

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROFESORA GUÍA: SRTA. ISABEL FLORES



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

“PROPOSICIÓN DE MEJORAS A LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO MANTENCIÓN MECÁNICA, MOLYCOP CHILE S.A.”

TRABAJO DE TITULACION PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS
REQUISITOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.

CONCEPCIÓN, Abril de 2004

MARITZA ALARCÓN FICA.
CRISTIAN HERNÁNDEZ DÍAZ.

INTRODUCCIÓN.

Las empresas hoy en día, ante la imperiosa necesidad de ser cada vez más competitivas, han tenido que ser más eficientes en todas sus áreas, en donde la gestión de mantenimiento como herramienta, ha demostrado con creces ser un aspecto relevante a considerar por las organizaciones productivas.

La gestión de mantención, tiene como objetivos principales aumentar la disponibilidad de las máquinas involucradas en el proceso productivo, como también disminuir los costos concernientes a la mantención.

MolyCop Chile S.A., actualmente no cuenta con una gestión de mantenimiento adecuada a sus reales necesidades, considerando que se trata de una empresa netamente productiva, en donde posee diversos sistemas y maquinarias complejas de producción.

El presente Proyecto, pretende dar a conocer un diagnostico de la situación actual del departamento de mantención mecánica, en la cual se analizaran falencias, de modo de proponer mejoras en la gestión de mantenimiento de la empresa.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES GENERALES DEL TEMA.....	2
1.1 Origen Del Tema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos Del Estudio.....	3
1.3.1 Objetivos Generales.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Alcances O Límites Del Estudio.....	4
1.5 Metodología Propuesta.....	5
CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.....	6
2.1 Descripción De La Empresa.....	6
2.2 Misión De Empresa.....	7
2.3 Visión De Empresa.....	7
2.4 Plan De Acción.....	7
2.5 Sistema De Operación.....	7
2.5.1 Modelo General De Administración.....	7
2.5.2 Organización Del Área Productiva.....	8
2.6 Descripción General Del Proceso.....	10
2.7 Análisis Del Mercado Y Proyección De La Demanda De MolyCop Chile S.A.....	11
2.7.1 Introducción.....	11
2.7.2 Análisis De Mercado.....	12
2.7.3 Situación Actual Del Sector Minero En Chile.....	12
2.7.4 Presente.....	13
2.7.5 Futuro.....	14
2.7.6 Proyección de La Demanda.....	15
2.7.6.1 Producción.....	16
CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	20
3.1 Introducción.....	20
3.2 Información En Mantención.....	20
3.2.1 Actividad Inherentes A La Planificación.....	20
3.2.2 Actividades Inherentes A La Programación.....	21
3.2.3 Actividades Inherentes A La Ejecución.....	21
3.2.4 Actividades Inherentes A La Evaluación Y Control.....	21
3.3 Control De La Gestión De mantención.....	23
3.3.1 Indicadores De Costos.....	24
3.3.2 Indicadores De Administración.....	25
3.3.3 Indicadores De Efectividad.....	26
3.3.4 Auditorias.....	27
3.3.5 Indicadores De Objetivos Estratégicos.....	28
3.3.6 Indicadores.....	29
3.4 El Banco De Datos De Mantenimiento.....	30
3.4.1 Inventario Y Catastro.....	30

3.4.2 Instrucciones De Mantenimiento Y Recomendaciones De Seguridad.....	33
3.4.3 Programación del Mantenimiento.....	34
3.4.4 Informes De Falla.....	36
3.5 Sistema De Orden De Trabajo.....	37
3.5.1 Propósito De La Orden De Trabajo.....	37
3.5.2 Tipos De Orden De Trabajo.....	38
3.5.2.1 Orden De Trabajo General.....	38
3.5.2.2 Ordenes De Trabajo Especiales.....	39
3.5.3 Información General De Apertura De Una Orden De Trabajo.....	39
3.5.3.1 Información Para La Planificación Y Presupuesto.....	39
3.5.3.2 Sistema De Control De Equipo.....	40
3.5.3.3 Acerca Del Trabajo Realizado.....	40
3.5.3.4 Código De Prioridad De Trabajos De Mantenición.....	41
3.5.3.5 Códigos De Trabajo.....	42
3.6 Mano De Obra Disponible.....	42
3.7 Datos De Operación.....	43
3.8 Registro de Medición (o Variación de Especificaciones).....	43
3.9 Tipos De Mantenimiento.....	44
3.9.1 Mantenición Correctiva o la Falla.....	44
3.9.2 Mantenición Preventiva.....	44
3.9.3 Mantenimiento Predictivo o Sintomático.....	45
3.9.4 Mantenimiento Proactivo.....	46
3.9.5 Mantenimiento Autónomo.....	46
CAPITULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	50
4.1 Introducción.....	50
4.2 Recursos Humanos Y Técnicos	51
4.2.1 Organigrama del Departamento De Mantenición Mecánica.....	51
4.2.2 Recursos Humanos (Contratistas Y Contratados).....	52
4.2.3 Recursos Técnicos de Importancia.....	53
4.3 Actividades Del Departamento De Mantenición Mecánica.....	54
4.4 Control De Las Actividades Del Personal De Mantenición.....	55
4.5 Mantenición Preventiva.....	56
4.6 Procedimiento Para Los Avisos De Fallas En Las Líneas De Producción.....	58
4.7 Descripción Del Proceso Productivo.....	60
4.8 Análisis De Los Tiempos De Detención De La Línea De Producción Forja 6.....	68
4.8.1 Diagrama De Pareto Para Los Sistemas Que Conforman La Línea De Producción Forja 6.....	73
4.8.2 Análisis Del Diagrama De Pareto.....	75
4.9 Análisis De Costos Del Departamento De Mantenición.....	80
4.9.1 Introducción.....	80
4.9.2 Costos De Mantenición.....	81
4.9.3 Costos Actuales de Mantenición en MolyCop Chile S.A.....	82
4.9.3.1 Costos Asociados A La Forja 6.....	83
4.9.4 Estimación De Los Costos Por Fallas No Programadas.....	90
CAPITULO 5. PROPOSICIONES DE MEJORAS PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENCIÓN.....	91
5.1 Introducción.....	91
5.2 Establecimiento De Áreas Y Ubicaciones Técnicas.....	92
5.2.1 Definición De Áreas Asociadas A La Línea Forja 6.....	93

5.2.2 Definición De Códigos A Sistemas Y Equipos Principales.....	94
5.2.3 Definición De Ubicaciones Técnicas De La Línea Forja 6.....	96
5.3 Estructura Para La Determinación De Equipos Críticos De La Línea Forja 6.....	101
5.4 Método De Determinación De Equipos Críticos.....	104
5.4.1 Grados De Mantenimiento.....	104
5.4.2 Código De Criticidad.....	104
5.4.3 Parámetros De Criticidad.....	105
5.4.4 Método Para Establecer Criticidad.....	105
5.4.4.1 Criterios Para La Codificación De Prioridades De Equipos Críticos.....	106
5.4.4.2 Diagrama De Criterios De Prioridad: Niveles De Mantenimiento.....	108
5.4.4.3 Modelo De Mantenimiento Recomendada (Grado De Mantenición).....	109
5.4.4.4 Tabla De Mantenimiento Según Criticidad.....	110
5.4.4.5 Tabla De Prioridades De Importancia De Mantención.....	111
5.5 Aplicación Del Método ABC De Nivel De Criticidad.....	116
5.6 Resultados.....	119
5.7 Bases Para Un Sistema De Orden De Trabajo.....	120
5.7.1 Fichas Técnicas De Los Equipos.....	121
5.7.2 Centros De Costos.....	123
5.7.3 Definición de Costos de la Ordenes de Trabajo.....	125
5.7.4 Puestos De Trabajo Responsables Y Directos.....	126
5.8 Propuesta De Método De Codificación De Equipos.....	129
5.8.1 Estructura Del Numero De Golpe.....	130
5.8.2 Codificación Equipos.....	131
5.9 Proposición de Procedimiento de Avisos y Ordenes De Mantenimiento.....	133
5.9.1 Descripción Del Procedimiento Actual De Aviso De Mant. De Fallas No Programadas.....	133
5.9.2 Proposición De Procedimiento Para Los Avisos De Mantenimiento.....	137
5.9.2.1 Procedimiento General De Aviso De Mantenimiento.....	138
5.9.2.2 Procedimiento De Orden De Mantenimiento.....	140
CAPITULO 6. REPOSICIÓN DE INVENTARIO DE REPUESTOS CRÍTICOS EN BODEGA.....	143
6.1 Introducción.....	143
6.2 Abastecimiento De Repuestos Críticos.....	144
6.3 Determinación De Repuestos Críticos Para La Línea Forja 6.....	145
6.4 Pronóstico De La Demanda De Repuestos Críticos	146
6.4.1 Método De Pronóstico.....	146
6.5 Inventario De Repuestos.....	147
6.5.1 Demanda Independiente Versus Demanda Dependiente.....	148
6.6 Aplicación Del Modelo.....	153
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
ANEXO 1.....	158
ANEXO 2.....	162
ANEXO 3.....	168
ANEXO 4.....	172
ANEXO 5.....	173

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme en este proceso y darme la fortaleza en los momentos difíciles donde he sentido su compañía.

Dedico este trabajo a mis padres Griselda y Dante, que siempre han estado conmigo y que con cariño me han brindado su apoyo incondicional.

Agradezco a mis hermanos por sus consejos y comprensión.

Doy las gracias a las personas que siempre estuvieron conmigo durante mi carrera, a mis amigos y compañeros, con los cuales he vivido una hermosa etapa de mi vida.

Maritza Alarcón Fica.

Quiero agradecer a Dios por darme equilibrio, tanto en mis derrotas como en mis triunfos y por darme dirección en los momentos en que tuve que tomar importantes decisiones.

También agradezco a mi familia , a mis padres Berta y Arnoldo, que me han apoyado en forma incondicional en todos los desafíos que he debido afrontar y que gracias a ellos he llegado a donde estoy, también a mi hermana Marioly por su apoyo y preocupación.

Por ultimo quiero agradecer a mis amigos con quienes he compartido momentos maravillosos.

Cristián Hernández Díaz.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES GENERALES DEL TEMA

1.1 Origen Del Tema.

El estudio se realizará en la empresa MolyCop Chile S.A., ubicada en el sector industrial de Talcahuano, en Avda. Gran Bretaña 2075.

En la actualidad, dicha empresa cuenta con un sistema de mantención, que se ha ido aplicando en los últimos años, tomando como base la experiencia que tienen del comportamiento de las diferentes líneas de producción a través del tiempo, permitiéndoles diseñar un plan de mantención que actualmente utilizan y que les ha llevado a reducir gradualmente sus costos. La medición de los costos se ha efectuado considerando una línea de producción como un “gran” Equipo completo, al cual ingresa materia prima y sale producto terminado.

Esta forma de cuantificar los costos, según se nos dijo, no les ha logrado dar un fundamento sólido que les permita establecer qué medidas tomar para mejorar algún aspecto de las actividades del mantenimiento y de esta forma seguir optimizando la disponibilidad de éstos, junto con la reducción de los costos.

1.2 Justificación

La justificación del proyecto viene dado por la importancia que tienen las actividades de mantención en toda empresa productiva y la necesidad de éstas por mejorar sus métodos de administrar los recursos, tanto desde el punto de vista de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, así como del modo de disminuir sus costos de producción, y con ello, aumentar su competitividad dentro del mercado. Para esto, se propondrá a la empresa una forma de gestión de la mantención, en la cual se pueda establecer un adecuado ordenamiento de los diferentes equipos que conforman las líneas de producción, y por medio de ello, evaluarlos a través de indicadores de gestión, lo cual permitirá establecer qué medidas correctivas tomar y a la vez, un adecuado uso de los recursos disponibles para las diferentes actividades de mantención.

1.3 Objetivos Del Estudio.

1.3.1 Objetivo General

El desarrollo de este tema consiste en diagnosticar y evaluar las estrategias de mantenimiento actuales de la empresa, para así proponer mejoras en la gestión de mantenimiento a MolyCop Chile S.A., teniendo en cuenta sus necesidades de producción, con el fin de vislumbrar las oportunidades que una adecuada estrategia de gestión de mantención ofrece para mejorar la competitividad de la empresa.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Analizar la importancia que tiene la disponibilidad de las líneas de producción, en relación con la proyección de demanda.
- Analizar los planes de mantenimiento actuales que posee el departamento de mantención.
- Proponer un método de codificación de equipos comprometidos directamente con la producción, así como también, la codificación de sus respectivos componentes, ubicaciones técnicas y los responsables de la mantención.
- Proponer un ordenamiento de las fichas técnicas de los equipos existentes y en caso de no existir, realizar la creación de éstas.
- Establecer Índices de Gestión concernientes al área de mantenimiento, ya sean de costos, administración y efectividad, con el fin de obtener un conocimiento y estructura de acción de modo de optimizar la gestión de los recursos disponibles en mantención, por medio de informes de gestión.
- Establecer criticidad de los equipos comprometidos en la producción, mediante alguna metodología, para así proponer un plan de mantención más adecuado, de acuerdo a las necesidades de producción.

1.4 Alcances O Límites Del Estudio

Este estudio está orientado al área de producción de MolyCop Chile S.A., donde se analizará la situación actual de la empresa en la gestión de mantenimiento, con el fin de proponer, según se estime conveniente, una estructura de mantención de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Algunas limitaciones de este trabajo serán:

- Limitamos este trabajo sólo a MolyCop Chile S.A. Talcahuano.
- Sólo se orientará a la línea de producción Forja 6.
- Que los canales de comunicación de la empresa, estén abiertos para recibir opiniones, sugerencias y propuestas.

Entre los alcances se destacan:

- Proponer una metodología de gestión e indicar un criterio para el manejo de la información obtenida en terreno.
- Se realizará en un semestre académico.

1.5 Metodología Propuesta

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo será:

- Por medio de un análisis del mercado actual y sus proyecciones, estimar la proyección de la demanda de MolyCop Chile S.A, para así lograr establecer las necesidades de producción a planificar, lo cual está directamente ligado con la disponibilidad de las líneas.
- Mediante el análisis de Planos mecánicos, hidráulicos y neumáticos, conocer los equipos involucrados en el proceso productivo, para así discriminar la importancia de ellos, desde el punto de vista técnico y económico.
- A través de un análisis de tiempos de fallas no programadas o algún otro método, llegar a establecer la criticidad de los equipos (disponibilidad), de modo de proponer tipos de mantención.
- Por medio de un análisis estadístico de los recursos utilizados en el departamento de mantención mecánica, como son los repuestos de bodega, lograr establecer un periodo de reposición de éstos, de modo de evitar contratiempos en las labores de mantención.
- Con un análisis de recopilación de datos de los equipos más relevantes que conforman una línea de producción, lograr proponer la creación de fichas técnicas, codificación de sus componentes, ubicación técnicas en terreno (este último, mediante normas estándares de codificación), y así sugerir un sistema de órdenes de trabajo.

CAPITULO 2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA.

2.1 Descripción De La Empresa.

La empresa MolyCop Chile S.A. se encuentra ubicada en el sector industrial de Talcahuano, precisamente en la Avda. Gran Bretaña 2075, entre Cementos Bío – Bío al norte e Inchalam al sur.

Esta empresa se dedica a la fabricación de bolas de acero forjado para la molienda de minerales, las cuales actualmente son muy cotizadas por el sector minero debido a su prestigio de calidad ante sus competidores, ya que cuenta con la certificación de la norma de calidad ISO 9001 – 2000, contando con políticas y objetivos sólidos de calidad.

En la actualidad, MolyCop Chile S.A. cuenta con clientes mineros como El Soldado, La Disputada, El Teniente, Barrik y Pascua, además realiza exportaciones a Perú, Argentina, Uruguay, Brasil y Bolivia

Actualmente, la empresa posee una superficie aproximada de 47.000 m², la cual consta de una nave para la fabricación de sus productos, con una superficie aproximada de 5950 m², dentro de ella está ubicada la maestranza de mantención y el taller de mantención eléctrica.

La nave cuenta actualmente con cuatro maquinas de producción para sus productos, fabricando bolas de acero de 1", 1. ½", 2", 2. ½", 3", 3. ½", 4", 5", 6", ésto de acuerdo a los pedidos solicitados con anterioridad.

Las bolas son producidas por dos procesos distintos, laminación y forjado, siendo procesadas posteriormente por un tratamiento térmico, para así obtener una mayor calidad, lo que radica en una mayor dureza y ductilidad de la bola, características esenciales para la utilización de este producto en la molienda de minerales.

Las máquinas de forjado son las que producen las bolas de mayor diámetro (4", 5" y 6"), mientras que los Roll Former se dedican a la fabricación de las bolas de diámetros menores.

2.2 Misión De La Empresa

Mantener una participación predominante en el mercado de bolas, revestimientos, reactivos y otros insumos esenciales para la actividad minera, brindando a los clientes un servicio integral de excelencia, ayudándoles a efectuar mejor sus trabajos.

2.3 Visión De Empresa

Acompañar el desarrollo de la actividad minera.

2.4 Plan De Acción

Mantener una Participación Predominante en el Mercado

- Desarrollo de Proveedores Alternativos.
- Instalar nueva Planta de Bolas en Lima.
- Ingeniería para la Reubicación parcial de nuestras instalaciones en Antofagasta.
- Desarrollo de nuevos productos "Costo-Efectivos" para la molienda convencional y semiautógena.
- Promover el reconocimiento de Calidad de Producto.
- Promover espacios para el registro, expansión y difusión de Nuestra Base de Conocimientos, a nivel Corporativo (+ Mas Group).
- Migrar hacia una mayor conectividad, tanto interna (ERP, video conferencia) como externa (e-commerce).

2.5 Sistema De Operación.

2.5.1 Modelo General De Administración.

Continuando con la etapa de conocimiento de la empresa, se analiza el sistema de operación de la planta, cuyo modelo general de administración se divide en las siguientes áreas:

- Área Comercial
- Área de Producción

- Área de Administración, Relaciones Humanas e Informática.
- Área de Finanzas.

2.5.2 Organización Del Área Productiva.

El presente trabajo se realiza en el área de Producción, para lo cual se debe analizar su funcionamiento, con el fin de poseer una visión más general del rol que desempeña ésta dentro de la empresa.

El área de Producción se encuentra dividida en los siguientes departamentos:

- Departamento de Mantención
- Departamento de Metalúrgica
- Departamento de Seguridad
- Departamento de Planificación y control de la Producción
- Departamento de Ingeniería
- Departamento de Adquisiciones.

A continuación se presenta el organigrama del área de producción.

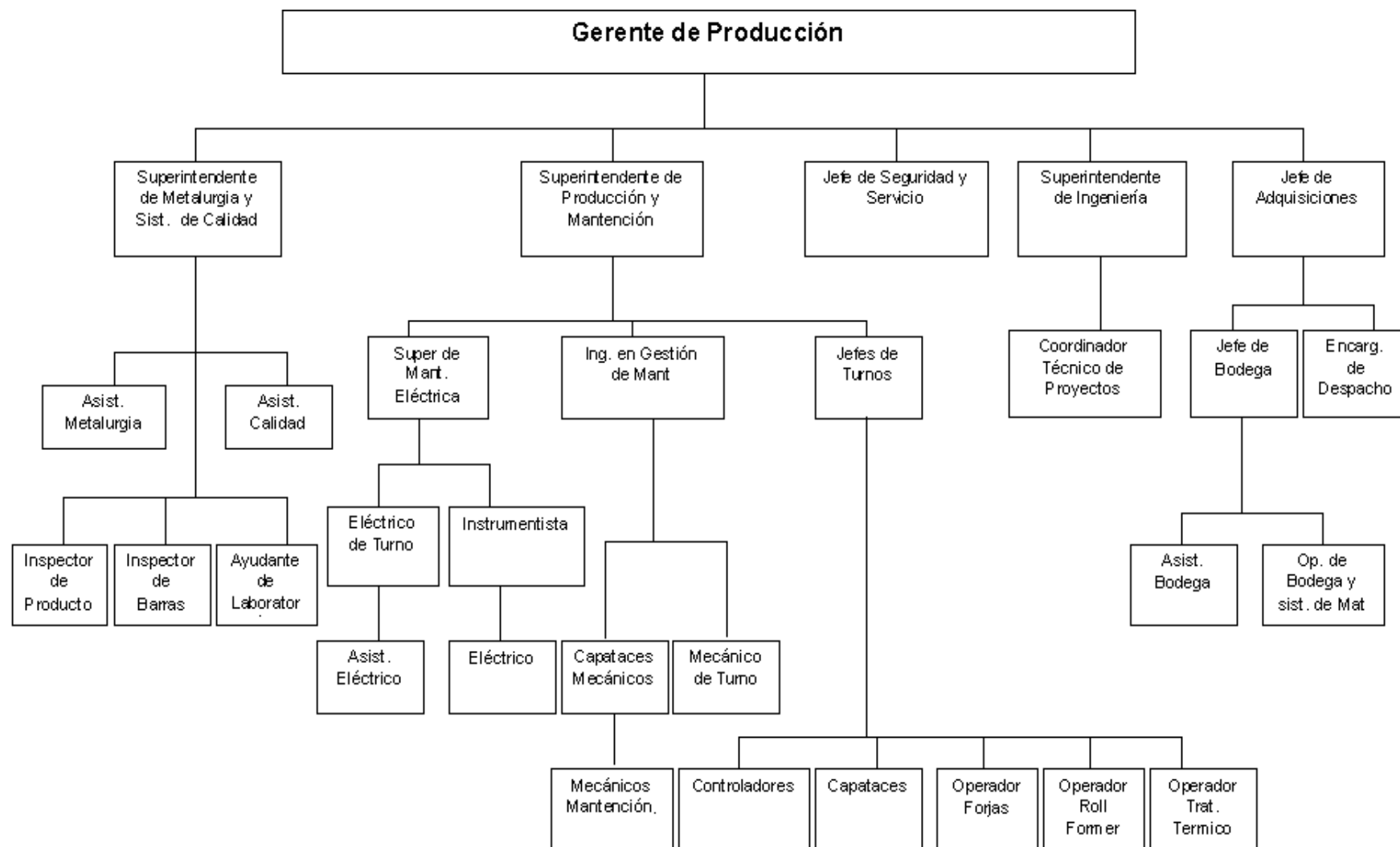


Figura 2.1:

Organigrama Del Área De Producción

2.6 Descripción General Del Proceso.

Las bolas de acero para la molienda de minerales se fabrican a partir de aleaciones especiales, cuya especificación depende del diámetro del producto, asegurando así una estructura de Martensita-austerita adecuada para lograr el mejor rendimiento en la molienda de minerales. Las bolas se forjan y calibran para conseguir un producto esférico, desprovisto de rebabas y deformaciones además de participar en otros procesos que le otorgan la resistencia a la abrasión e impacto necesaria para una molienda continua y eficiente.

Estrictos procedimientos de control de calidad se aplican durante todo el proceso, desde la materia prima hasta la inspección del producto final. Las barras de acero a partir de las cuales se fabrican las bolas deben cumplir con estrictas especificaciones químicas y físicas. Durante todo el proceso de fabricación, se toman muestras para medir la dureza superficial y transversal, y para examinar interiormente la homogeneidad de la estructura del acero. Al cumplirse estas exigentes normas, se tiene como resultado un producto de alta calidad y óptimo rendimiento.

La fabricación de productos comienza con el abastecimiento de materia prima, las cuales son barras de acero de distintos diámetros, según el tipo de bolas a fabricar. Más del 60% de las barras utilizadas en el proceso son importadas de países como Perú, Corea, Sudáfrica y Rusia, mientras que la materia prima restante es proveída por la siderurgia Huachipato, la cual llega directamente al patio de la empresa por medio de carros ferroviarios. Luego estas barras son depositadas en una mesa de alimentación, donde son dirigidas hacia una mesa de inducción, la cual está compuesta por una serie de bobinas, encargadas del aumento progresivo de la temperatura de la barra mientras se traslada, alcanzando una temperatura aproximada de 1020° C. Luego, esta barra pasa por el proceso de forja o de Roll Former, con el objetivo de darle forma de bola según los requerimientos de producción previamente establecidos. A continuación, es trasladada hacia el tratamiento térmico de temple, el cual le otorga dureza a la

bola, propiedad importante para los clientes. Luego, el producto pasa por un Horno de Revenido, el cual le otorga a la bola la liberación de tensiones internas producida por el temple previo.

Finalmente, las bolas son depositadas en buncckers para su enfriamiento paulatino a temperatura ambiente, almacenándolas para su posterior traslado a los distintos puntos de entrega.

2.7 Análisis Del Mercado Y Proyección De La Demanda De Molycop Chile S.A.

2.7.1 Introducción

Chile es reconocido a nivel mundial por su principal recurso minero, el cobre, por lo cual la minería se ha transformado en el eje dinamizador de muchos sectores de la economía.

Entre el año 1994 y 1999, la reactivación de la economía mundial y la consecuente alza en la demanda de algunos metales básicos, a pesar de lo sucedido con la crisis asiática, han provocado un efecto muy positivo tanto en nuestra economía como en el desarrollo del sector.

El nivel de inversión extranjera en minería en el país alcanzó la cifra de US\$ 9.800 millones, lo que representa alrededor del 46 % de la inversión extranjera.

Si a esto último se agrega la inversión realizada por las empresas mineras estatales, vale decir la Corporación del Cobre de Chile (Codelco-Chile), la Empresa Nacional de Minería (Enami) y la Empresa Nacional del Petróleo (Enap), la inversión sectorial tanto en minería metálica como no metálica, en el período 1994-1999, superó los US\$ 13 mil millones. Para el sector minero, ello constituye un récord histórico difícil de igualar.

2.7.2 Análisis De Mercado.

El objetivo de analizar el mercado en el cual la empresa se encuentra inmersa es, para adelantarse de manera más exacta hacia las futuras metas de producción. Esto implica a la vez, tener en cuenta la disponibilidad de las líneas de producción, con el fin de satisfacer las demandas futuras y cumplir con los clientes a tiempo.

Por ésto, MolyCop Chile S.A., prevee invertir cerca de 9,6 millones de dólares en la construcción de una segunda planta productora de bolas forjadas para la molienda de minerales en el puerto de Mejillones, en la II Región. Esto, provocado básicamente por la creciente demanda de este tipo de productos ligados a la actividad minera y por una estrategia de localización de mercado, en relación con sus clientes y competidores más cercanos. Además, la cercanía con el puerto de Mejillones, lo cual traerá consigo una reducción de los costos por concepto de transporte de materia prima, que en cierto porcentaje es importada.

El proyecto será construido sobre una superficie de 19.600 m² e implica la ocupación de 200 puestos de trabajo, tanto para las obras de construcción como de operación.

2.7.3 Situación Actual Del Sector Minero En Chile

En 1990, producto del aumento de confianza en los inversionistas, se llegaron a concretar 16 proyectos de gran envergadura, por una inversión total cercana a los US\$ 20.000 millones.

El "boom minero" experimentado por Chile consolidó el liderazgo mundial de nuestro país en el sector, dando un fuerte impulso a las actividades productivas y de servicios en las regiones donde se instalaron los proyectos.

Las nuevas inversiones realizadas lograron triplicar la producción chilena de cobre durante la década de los '90. La llegada al país de grandes compañías mineras internacionales transformó a Santiago y a la Región de Antofagasta en centros mundiales de la minería.

El desarrollo minero influyó fuertemente en los niveles de crecimiento de la economía chilena durante la década de los '90, los cuales fueron los más altos de todo el siglo XX.



2.7.4 Presente

En la actualidad, al hacer una comparación con otros sectores económicos del país, se aprecia que la Gran Minería presenta destacados resultados en términos de productividad. Ello es resultado de la introducción de modernas prácticas de gestión, fuerte inversión en capacitación y desarrollo de competencias, tecnología de punta, nuevo perfil del trabajador minero y las relaciones de cooperación que hay entre la industria y sus trabajadores.

El sector minero es altamente intensivo en capital. Su desarrollo viene acompañado de cuantiosas inversiones, las que tienen un fuerte impacto en el crecimiento de otras actividades productivas que son requeridas por la minería.



2.7.5 Futuro

La Gran Minería ha incrementado continuamente el nivel de recursos disponibles para la explotación, mediante una exitosa labor de exploración de reservas. En relación con el cobre, por ejemplo, las reservas crecieron de 74,7 a 162,3 MTM de cobre fino entre 1990 y 2000. La tasa de explotación es menor que la tasa de nuevos descubrimientos. Es importante mantener esta tendencia en el tiempo, por nuevas inversiones en exploración, nuevas tecnologías, desarrollo de proyectos existentes y mejoras en el precio de los metales.

Además se debe considerar la implicancia de la apertura de nuevos mercados, como la Comunidad Europea, EE.UU. , Canadá y Asia, lo cual va a dinamizar varios sectores de nuestro país, en especial al sector minero. Sin ir más lejos, el precio del cobre en el último tiempo ha alcanzado un precio de transacción histórico en la Bolsa de Metales de Londres (BML), los cuales han sido cifras record en los últimos meses (Finales 2003 y Comienzos 2004). Todo esto radica en un crecimiento de la demanda por este metal, y por ende, un aliciente para el sector minero, lo cual incide en el aumento de la producción de bolas de acero, en donde MolyCop Chile S.A. juega un rol protagónico en el mercado.

Se pronostica que en este sector entraran nuevas minas de cobre o la reapertura de otras, con el objetivo de satisfacer el aumento de demanda del cobre, en especial al mercado asiático (China), por lo cual el mercado a través de la oferta y demanda se estabilizará, pero a su vez, dinamizará a más empresas vinculadas a este sector.

Se puede vislumbrar, debido al excelente escenario que presenta este mercado, que la demanda futura de bolas de acero aumentará en el corto plazo, debido a la contingencia del mercado señaladas anteriormente.

2.7.6 Proyección De La Demanda.

Se debe señalar que el tipo de producto de MolyCop Chile S.A., es mas bien inelástico, ésto quiere decir que, ante una variación del precio del producto (TM de bolas de acero) la demanda no se ve afectada mayormente.

Por ésto, MolyCop Chile S.A. basa sus proyecciones según los contratos de ventas que realiza de antemano con sus clientes, por lo cual la proyección de la demanda es conocida y varía sólo en un pequeño porcentaje, el cual depende del aumento de la demanda del cobre.

En la actualidad, el mercado nacional que abarca MolyCop Chile S.A. es de aproximadamente un 60%, en donde sus competidores más cercanos son PROACER y Santa Ana de Bolueta con un 17% y 5% de participación de mercado respectivamente, y en donde el porcentaje restante corresponde a importaciones.

Con respecto a sus clientes, MolyCop Chile S.A. ha logrado satisfacer sus demandas, ya que éstas son planificadas y programadas a largo plazo para cumplir a tiempo con los contratos de venta.

En la actualidad MolyCop Chile S.A., cuenta con los siguientes clientes:

Cliente (Minera)	% De compra Aproximado
La Escondida	18
Pelambres	14
Codelco	11
Candelaria	6
Collahuasi	5
Los Bronces	5
Alumbrera	8
Otras	33

Tabla 2.1: Clientes actuales de MolyCop Chile S.A.

2.7.6.1 Producción.

La empresa, como se señala anteriormente, cuenta con cuatro líneas de producción en la actualidad, Roll Former 1, Roll Former 2, Forja 5 y Forja 6.

Poseen una **capacidad de producción** de 350.000 TM/año. Cabe señalar que, la capacidad de producción para el presente año en la planta de Talcahuano, sin la Forja 6 y sin la línea de producción Roll Former (trasladadas a Antofagasta), se estima que será de 125.000 (TM/año).

En cuanto a la línea de producción en estudio, la Forja 6, se puede señalar que durante el año 2003 la producción total aproximada fue de 99.000 TM.

Como se observa en el **Gráfico 2.1**, el 47% de la producción total corresponde a la línea Forja 6, la cual produce bolas de acero forjado de 4.0", 4.5", 5.0", 5.25", 5.5", y 6.0". El 32% de la producción total corresponde a la línea "Roll Former 1", la cual produce bolas de acero laminado 2.0", 2.5", 3.0" y 3,5".

El 21% de la producción total corresponde a la línea "Roll Former 2", la cual produce bolas de acero laminado de 1.0", 1.5", 2.0", 2.5" y 3.0". La línea Forja 5 no presenta niveles de producción, debido a que comenzó a operar en diciembre del 2003 y se encuentra en etapa de acondicionamiento para el presente año.

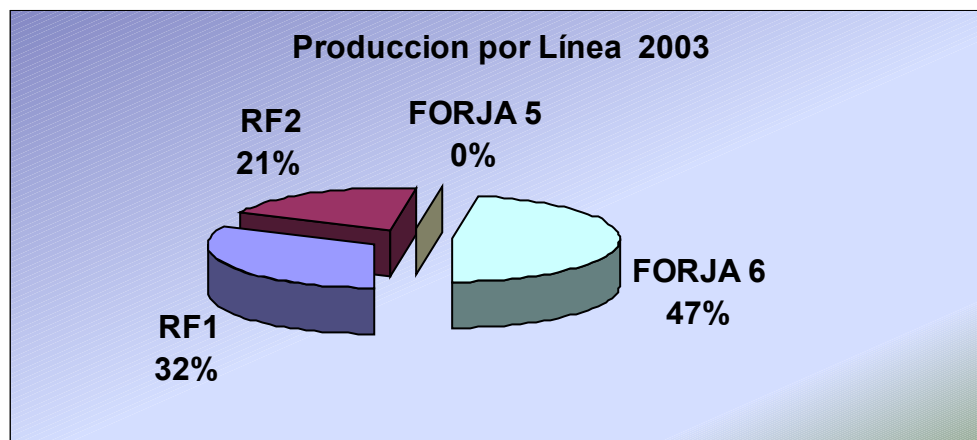


Gráfico 2.1: Porcentaje de Producción por cada Línea

La producción total de la planta durante el año 2003 fue de alrededor de 209.000 TM, en donde el 75,45% es destinada al mercado nacional y el 24,55% corresponde a exportaciones. Bajo esta producción, se estima un crecimiento variable de la demanda para los próximos cinco años.

Este crecimiento estimado se representa en la siguiente tabla:

Año	2004	2005	2006	2007	2008
% Crecimiento de la Demanda	2	19	10	8	21

Tabla 2.2: Crecimiento Anual de Demanda

Estos porcentajes de crecimiento se estiman tomando como base el año anterior, los cuales variarán dependiendo de la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros en el país.

Durante el año 2005 se prevé un aumento considerable de la demanda, con una tasa de crecimiento aproximada del 19%.

En el siguiente gráfico se representa la tasa de crecimiento de la demanda proyectada para los próximos cinco años, con respecto al año anterior.

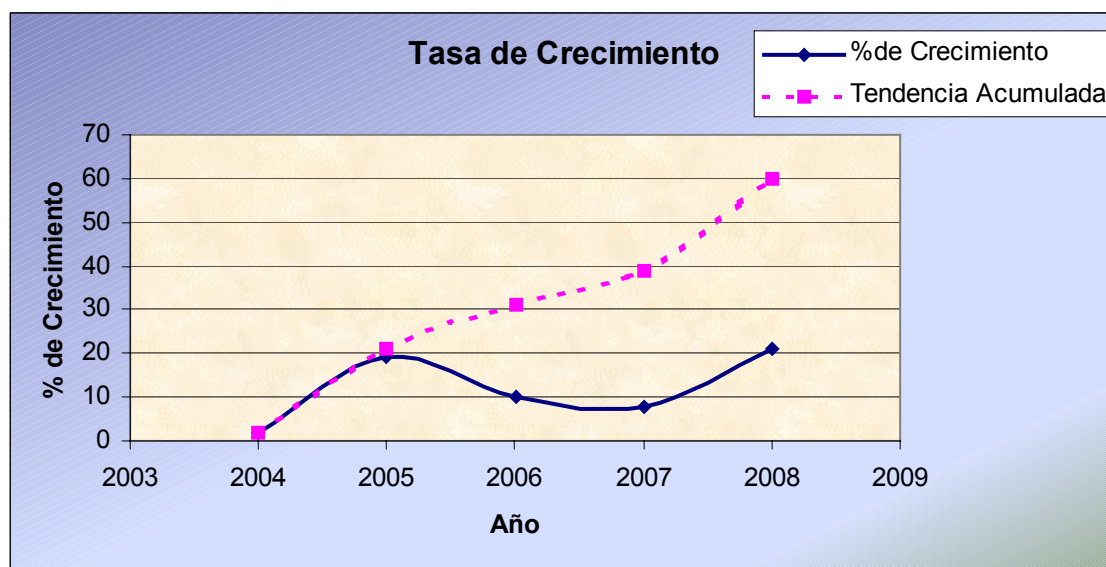


Gráfico 2.2: Proyección de la Tasa de Crecimiento de la Demanda

Como se ha señalado anteriormente, la tasa de crecimiento de la demanda se verá afectada por nuevos proyectos mineros, por lo cual la proyección de demanda de bolas de acero, debería aumentar producto de la actual alza de la demanda del cobre (variables de contingencia).

Sin embargo, a pesar del evidente crecimiento de la demanda para los próximos años, se debe tener en cuenta el tiempo en que las líneas Forja 6 y Roll Former 1, se encontrarán en operación en la planta de Talcahuano durante el presente año, ya que pronto, serán trasladadas a la nueva planta de Mejillones (actualmente en etapa de puesta en marcha). Por lo cual, el departamento de planificación considerará tres meses de producción de la “Forja 6” y nueve meses de producción del “Roll Former 1” en la planta de Talcahuano, estimando un nivel de producción para el presente año de 200.000 Toneladas Métricas, castigando de esta manera la producción para este año en aproximadamente un 8.36%, con relación a los niveles normales de producción.

A continuación, se representa gráficamente la tendencia de la demanda para los próximos cinco años, tomando en cuenta la tasa de crecimiento proyectada anteriormente.

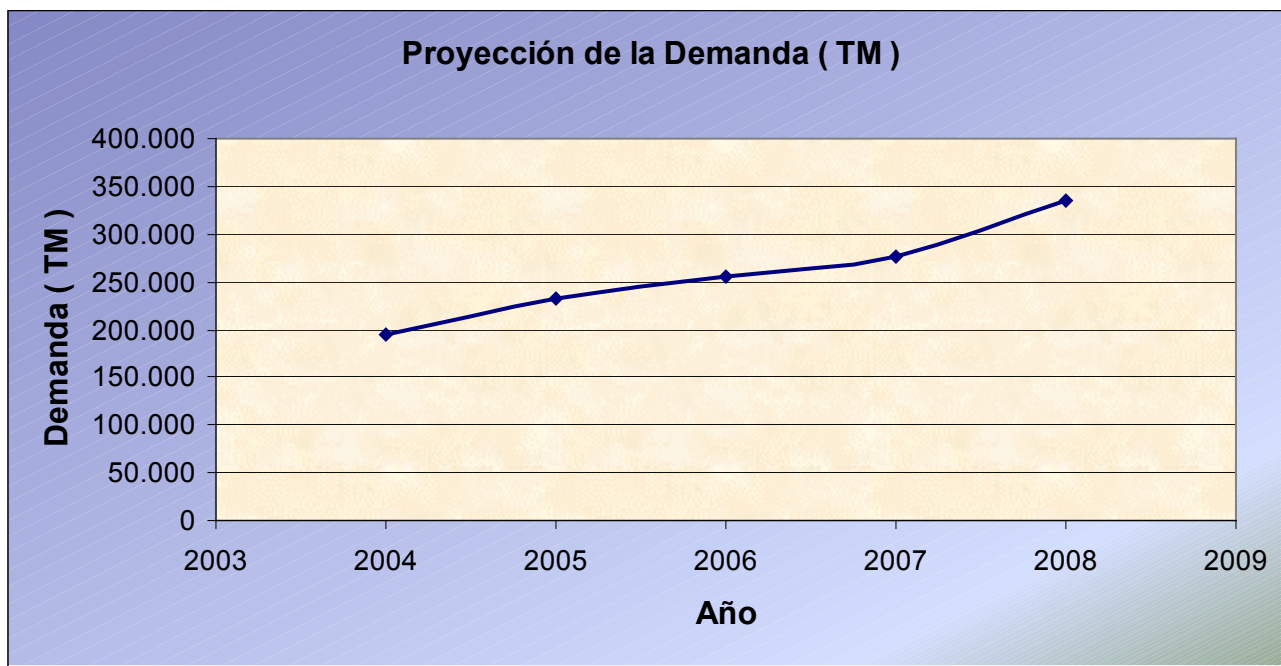


Gráfico 2.3: Proyección de la Demanda

Como se puede observar en el gráfico anterior, la estimación de la demanda para el año 2008 es de aproximadamente 350.000 TM, ésto toma relevancia al considerar la capacidad de producción de la planta (Roll Former 1, Roll Former 2, Forja 5 y Forja 6) la cual es de 350.000 TM. De ésto se puede señalar, que la empresa se encuentra en buen momento de aumentar progresivamente la disponibilidad de sus líneas de producción con el fin de cumplir con sus proyecciones de demanda futuras, mediante la disminución de los tiempos de detención no programados actuales. Además de aumentar la razón de uso de los recursos en mantenimiento predictivo v/s mantenimiento correctivo. Esto ultimo forma parte de los objetivos del programa de calidad de MolyCop Chile S.A., para el presente año.

Una estrategia de lograr lo señalado anteriormente es, mediante un sistema de gestión de mantenimiento, que tiene la finalidad de utilizar de la forma más eficaz y eficiente los recursos con que cuenta mantención, de modo de permitir aumentar la disponibilidad de las líneas de producción, conjuntamente con una reducción de los costos asociados a estas labores.

CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO.

3.1 Introducción

Para poder introducir este tema, se debe tener una base teórica de lo que es la gestión del mantenimiento, de modo de lograr identificar las herramientas necesarias para desarrollar de mejor forma el trabajo y así estructurar de manera lógica las tareas a realizar: En este capítulo, se da a conocer de forma general, el tipo de información y la utilidad que proporciona, de modo de proponer un sistema que cumpla con el objetivo de administrar de la mejor forma posible los recursos de mantención.

3.2 Información En Mantención

El objetivo de la información, es lograr el control de las actividades que le son propias. Los aspectos de control básico a considerar son:

- Control de cumplimiento de Planes y Programas de Mantención
- Control de comportamiento del recurso humano
- Control de comportamiento de equipos
- Control de carga de trabajo
- Control de costos
- Control de pronósticos y presupuestos.

Las actividades de mantención que requieren información, se pueden desglosar a partir del análisis de la organización funcional de mantención: Planificación - Programación - Ejecución y Control.

3.2.1 Actividades Inherentes A La Planificación

1. *Planificación de trabajos*: requiere antecedentes sobre estándares de ejecución de trabajo y mano de obra utilizada, tiempo de ejecución, costos de ejecución, materiales en stock, etc.
2. *Plan matriz de mantención*: requiere antecedentes acerca de pautas y planes de mantenimiento de aplicación repetitiva (archivo de planes y pautas), relación y familia de equipos, rutas de mantención de aplicación repetitiva, utilización real y prevista de equipos e instalaciones, etc.

3. *Planificación de recursos*: requiere información sobre proyecciones de utilización de recursos humanos, materiales y financieros, establecidos por el plan matriz de mantención, así como de información de antecedentes históricos de utilización de dichos recursos.
4. *Estudios de métodos, técnicas y proyectos*: información relativa a la utilización de equipos, duración de componentes, tiempo de ejecución de trabajos, productividad del personal, utilización de materiales, estandarización de equipos, proyectos de inversión, etc.

3.2.2 Actividades Inherentes A La Programación.

1. *Coordinación de programación*: Información sobre los trabajos a programar, los trabajos que detienen equipos, las fechas requeridas, la existencia de los materiales requeridos para el trabajo, etc.
2. *Asignación de recursos*: Antecedentes relativos a la carga de trabajo pendiente, la prioridad de ejecución, las holguras definidas para la ejecución del trabajo, la disponibilidad de equipos e instalaciones para ejecutarlos, etc.

3.2.3 Actividades Inherentes A La Ejecución.

1. *Trabajos planificados a ejecutar*: Información sobre el plan de trabajo definido, sus actividades las variables a controlar durante él, los cambios de componentes a efectuar, la imputación de mano de obra, etc.
2. *Trabajos no planificados y emergencias*: Antecedentes del equipo o instalación a intervenir, imputación de mano de obra, descripción del trabajo a ejecutar, etc.

3.2.4 Actividades Inherentes A La Evaluación Y Control

1. *Identificación de equipos e instalaciones*: Antecedentes sobre los equipos existentes, su ubicación, la unidad operacional de la que forman parte, antecedentes históricos del fabricante, cargo contable asignado, variables de control de su utilización, equipos similares, etc.
2. *Estructuración de la información*: Antecedentes sobre la calidad, cantidad y frecuencia de la información proporcionada, nuevos requerimientos de información, etc.

3. *Cumplimientos de planes y programas:* Información relativa a la efectividad de la planificación y programación de trabajos, cumplimiento de actividades estipuladas en el plan matriz, desviaciones de presupuesto, pronósticos de consumos de materiales, etc.
4. *Comportamiento de los recursos mano de obra y materiales:* Antecedentes acerca de índices de productividad de mano de obra, calidad de los materiales, duración de componentes, comportamiento de componentes alternativos, etc.
5. *Comportamiento de equipos:* Antecedentes sobre disponibilidad, utilización, confiabilidad, tiempos de detención por mantención, evaluación de componentes alternativos, etc.
6. *Evaluación de la organización:* Antecedentes de carga de trabajo pendiente, cotizaciones y costos de reparación, utilización de la mano de obra y materiales, niveles de sobre tiempo, distribución de gastos de mantención a las fases del producto, niveles de utilización de terceros (contratistas), costos alternativos de terceros, etc.

Algunos de los elementos básicos a considerar en el diseño de un sistema de información para mantención son los siguientes:

- Establecimiento de un sistema de Ordenes de Trabajo
- Establecimiento de la planificación y programación de trabajos como actividades formales
- Establecimiento de planes y pautas de mantención preventiva
- Mantenimiento de un historial de reparación de equipos
- Coordinación en el suministro de materiales y repuestos
- Formalización de la ingeniería de mantención.

3.3 Control De La Gestión De Mantención.

El objetivo del control de la mantención es verificar que la actividad de mantenimiento se realiza en conformidad a lo programado y con los estándares establecidos en la planificación. El análisis de los resultados debe cubrir todos los aspectos del mantenimiento, tanto técnicos como económicos.

Aspectos importantes a considerar son:

- Porcentaje de ejecución del programa de mantenimiento
- Eficiencia de servicio de los equipos incluidos en el programa
- Tiempos perdidos por fallas imprevistas
- Distribución de la mano de obra en la ejecución del programa
- Evaluación del personal en el cumplimiento de sus funciones
- Incidencia del mantenimiento en el costo por unidad de producto
- Consumo de repuestos y nivel de inventario
- Gastos de mantención por líneas de producción o equipos.

La evaluación de la gestión de mantención se realiza a través de **INDICADORES DE MANTECIÓN**. Una técnica nueva es la de “**precios de no-conformidad**” (PONC). También existe una técnica cuyo objetivo es determinar la posición de la empresa con respecto a otras del mismo rubro; esta técnica se denomina “**Benchmarking**”.

Típicamente, los indicadores se clasifican en:

- **Indicadores de costos**
- **Indicadores de administración**
- **Indicadores de efectividad**

Algunos de estos indicadores propuestos son los siguientes:

3.3.1 INDICADORES DE COSTOS

C1 = Costo unitario de mantención

$$C1 = \frac{\text{COSTO ANUAL DEL MANTENIMIENTO}}{\text{PRODUCCION}}$$

C2 = Tasa de variación del costo unitario de mantención

$$C2 = \frac{\text{COSTO UNITARIO DEL AÑO} - \text{COSTO UNITARIO DEL AÑO BASE}}{\text{COSTO UNITARIO AÑO BASE}}$$

C3 = Costo de mantención en relación al costo directo de producción

$$C3 = \frac{\text{COSTO ANUAL DEL MANTENIMIENTO}}{\text{COSTO DIRECTO DE PRODUCCION}}$$

C4 = Costo de mantención en relación al activo de la empresa

$$C4 = \frac{\text{COSTO ANUAL DEL MANTENIMIENTO}}{\text{VALOR DEL ACTIVO FIJO (VALOR DE REPOSICION)}}$$

C5 = Valor del inventario de repuestos en relación al activo fijo de la empresa

$$C5 = \frac{\text{VALOR PROMEDIO ANUAL DEL INVENTARIO DE REPUESTOS}}{\text{VALOR DEL A.F. EN MAQUINAS Y EQUIPOS}}$$

C6 = Valor del inventario de repuestos en relación al inventario total de la empresa

$$C6 = \frac{\text{VALOR PROMEDIO ANUAL DEL INVENTARIO DE REPUESTOS}}{\text{VALOR PROMEDIO ANUAL DEL INVENTARIO TOTAL}}$$

C7 = Relación entre el costo de la mano de obra y el costo de repuestos y materiales

$$C7 = \frac{\text{COSTO DE LA MANO DE OBRA ANUAL}}{\text{COSTO DE REPUESTOS Y MATERIALES}}$$

3.3.2 INDICADORES DE ADMINISTRACIÓN

A1 = Eficiencia de la planificación de la mano de obra

$$A1 = \frac{\text{HH PLANIFICADA PARA LOS TRABAJOS}}{\text{HH EMPLEADAS EN LOS TRABAJOS}}$$

A2 = Sobre tiempo mensual

$$A2 = \frac{\text{TOTAL HORAS SOBRETIEPO TRABAJADAS}}{\text{TOTAL DE HORAS TRABAJADAS}}$$

A3 = Cobertura de programación

$$A3 = \frac{\text{HH PROGRAMADAS SEMANALMENTE}}{\text{HH TOTALES DISPONIBLES}}$$

A4 = Cumplimiento de los costos planificados

$$A4 = \frac{\text{CANTIDAD DE TRABAJOS EJECUTADOS DENTRO DE + / - 25% DEL COSTO PLANIF.}}{\text{TOTAL DE TRABAJOS EJECUTADOS QUE TENIAN PLANIFICACION}}$$

A5 = Productividad de la mano de obra

$$A5 = \frac{\text{TIEMPOS EN MANOS ACTIVAS MAS ACTIVIDADES DE APOYO}}{\text{JORNADA DE 8 HORAS}}$$

A6 = Cobertura de la mantención preventiva

$$A6 = \frac{\text{CANTIDAD DE HH TRABAJADAS EN MP}}{\text{TOTAL HH TRABAJADAS}}$$

3.3.3 INDICADORES DE EFECTIVIDAD

E1 = HH empleadas en trabajos de emergencia

$$E1 = \frac{\text{HH TRABAJADAS EN TRABAJOS DE EMERGENCIA}}{\text{HH TOTALES DE TRABAJOS EJECUTADOS}}$$

E2 = HH empleadas en trabajos de emergencia y trabajos no program. y no planificados

$$E2 = \frac{\text{HH EN TRABAJOS DE EMERGENCIA Y NO PLANIFICADOS}}{\text{HH TOTALES DE TRAB. EJECUTADO}}$$

E3 = Disponibilidad de equipo

$$E3 = \frac{\text{TIEMPO DE OPERACION DEL EQUIPO}}{\text{TIEMPO DE OPERACION + TIEMPO DETENIDO}}$$

También se puede definir indicadores para cada centro ejecutor. Por ejemplo:

$$I_a : \text{INDICE DE ATENCION} = \frac{\text{HH ATENDIDAS}}{\text{HH DEMANDADAS}}$$

Corresponde a la probabilidad que una OT sea atendida en el periodo.

$$I_t : \text{INDICE DE TERMINO} = \frac{\text{HH TERMINADAS}}{\text{HH EN PROCESO}}$$

Probabilidad que una OT abierta sea terminada

$$I_o : \text{INDICE OCUPACIONAL} = \frac{HH \text{ ATENDIDAS}}{DOTACION}$$

Es el grado de ocupación del personal

$$I_d : \text{INDICE DE DEMANDA} = \frac{HH \text{ DEMANDADAS}}{DOTACION}$$

Es el grado solicitud que tiene el servicio de manutención

$$I_e : \text{INDICE DE EFICACIA} = \frac{HH \text{ REALES}}{HH \text{ PLANEADAS}}$$

Es la probabilidad que una OT sea ejecutada según lo planeado

$$I_{ac} : \text{INDICE DE ACUMULACION} = \frac{HH \text{ PENDIENTES}}{DOTACION}$$

Es la medida de la incapacidad real para atender la carga de trabajo

3.3.4 Auditorias

Todo jefe debe realizar auditorias periódicas con el fin de asegurarse de que las metas, objetivos, políticas y procedimientos de mantención están siendo bien ejecutados. Es recomendable que el siguiente sistema de prioridades de auditorias sea seguido para asegurarse de que los esfuerzos de análisis sean aplicados en la secuencia adecuada y para asegurarse que este esfuerzo no es mal gastado en funciones mal realizadas. (Por ejemplo, no debería realizarse auditorias sobre métodos de trabajo cuando del tiempo total, una cuadrilla esta gastando 30% en desplazamientos, 30% en espera de material, 10% en espera de herramientas, 20% de ocio y solo el 10% en el trabajo propiamente tal. En este caso, la auditoria debe hacerse en primer lugar sobre los tiempos de desplazamientos y de espera u obtención de materiales).

3.3.5 Indicadores De Objetivos Estratégicos

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	INDICADORES
• Reducción de costos de mantenimiento • Mejor estimación de los gastos de trabajo	• Tasa de reducción de costos • Cumplimiento del gasto presupuestado
• Asegurar la disponibilidad en funcionamiento de equipos y plantas • Aumentar la satisfacción del cliente	• Tasa de disponibilidad de equipos • Tasa de disponibilidad de planta • Encuesta de satisfacción • Desviación del programa de producción
• Compromiso en la gestión de cambio hacia el trabajo bien hecho, seguro y a la primera • Mejorar la atención al cliente • Anticiparse a las futuras solicitudes de las plantas • Lograr un nivel óptimo de eficiencia y eficacia en la mantención	• Cumplimiento del programa de prevención total de riesgos • Tasa de reincidencia de fallas • Proporción de atrasos • Eficiencia de la manutención • Capacidad de mantenimiento • Índice de anticipación • Productividad del personal
• Motivación del grupo de trabajo • Aumentar la satisfacción del grupo de trabajo • Mejorar la capacitación del grupo de trabajo	• Participación del personal • Nivel de sobre tiempo • Ausentismo laboral • Cumplimiento del programa de gestión participativa • Índice de capacitación • Capacitación en máximo

Tabla 3.1

3.3.6 Indicadores

1. Tasa de reducción de costos	$= \frac{\text{Costos totales periodo } i}{\text{Costos totales periodo } i - 1}$
2. Cumplimiento del gasto presupuestado	$= \frac{\text{Gastos reales de mantenimiento}}{\text{Gastos programados de mantenimiento}}$
3. Tasa de disponibilidad de planta	$= \frac{\text{Horas de paro de planta}}{\text{Horas totales trabajadas}}$
4. Encuesta de satisfacción	Tributos (calidad, tiempo de repuesta; eficacia y eficiencia), relacione c/ clientes (responsabilidad; cumplimiento; etc.) e imagen
5. Desviación del programa de producción	$= \frac{\text{Cantidad producida a la fecha (m3)}}{\text{Cantidad programada a la fecha (m3)}}$
6. Cumplimiento del programa de prevención total de riesgos	$= \frac{\text{Actividades ejecutadas al periodo } i}{\text{Actividades programadas al periodo } i}$
7. Tasa de reincidencia de fallas	$= \frac{\text{Numero de trabajos repetidos}}{\text{Total de trabajos relizados}}$
8. Proporción de atrasos	$= \frac{\text{Horas de atraso}}{\text{Horas programadas de trabajo}}$
9. Eficiencia de la mantención	$= \frac{\text{Numero de ordenes relizadas}}{\text{Numero de ordenes planeadas}}$
10. Capacidad de mantenimiento	$= \frac{\text{Total de mantenciones}}{\text{Capacidad de mantencion}}$
11. Índice de anticipación	$= \frac{\text{Cantidad de trabajos preventivos}}{\text{Cantidad de trabajos totales}}$
12. Productividad del personal	$= \frac{\text{Productividad periodo } i}{\text{Productividad periodo } i - 1}$
13. Participación del personal	$= \frac{\text{Numero de sugerencias}}{\text{Numero de personas}}$
14. Nivel de sobre tiempo	$= \frac{\text{Hora de sobretiempo}}{\text{Hoars totales disponibles}}$
15. Ausentismo laboral	$= \frac{\text{Dias no trabajados}}{\text{Dias del mes}}$
16. Cumplimiento del programa de gestión participativa	$= \frac{\text{Actividades realizadas a la fecha}}{\text{Actividades programadas a al fecha}}$
17. Índice de capacitación	$= \frac{\text{HH dedicadas a capacitacion}}{\text{HH totales trabajadas}}$
18. Capacitación en máximo	$= \frac{\text{HH dedicadas a capacitacion en Maximo}}{\text{HH totales dedicadas a capacitacion}}$

Tabla 3.2

Donde:

Horas de sobre tiempo = Horas totales trabajadas – Horas de trabajo normales o programadas

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO}}{\text{HH UTILIZADAS EN MANO DE OBRA DIRECTA}}$$

3.4 El Banco De Datos De Mantenimiento.

Para implantar un sistema de control del mantenimiento, es recomendable iniciar el proyecto de recopilación de datos, con la identificación de los elementos que componen la instalación industrial o de servicios, su localización y utilidades.

3.4.1 Inventario Y Catastro.

Este conjunto de informaciones, llamado **Inventario**, correlaciona cada equipo con su respectiva área de aplicación, función, centro de costos y posición física o geográfica en el área de producción y ofrece ayudas al personal de la gerencia, para el dimensionamiento de los equipos de operación y mantenimiento, calificación necesaria al personal, definición de instrumentos, herramientas y máquinas, además de la proyección del plan general de construcción y distribución de los talleres de apoyo.

Una vez identificados los equipos que componen la instalación, los registros se complementan, en la medida de lo posible, en base a un estándar, con las demás informaciones las cuales deben ser suficientemente amplias para absolver consultas de especificación, fabricación, adquisición, traslado, instalación, operación y mantenimiento. A este conjunto de información la llamamos **Catastro**, que es definido como:

"Registro del mayor número de datos posibles de los equipos, a través de formularios o pantallas estandarizadas, que archivados(as) de forma conveniente, posibiliten el acceso rápido a cualquier información necesaria, para: mantener, comparar y analizar condiciones operativas, sin que sea necesario recurrir a fuentes diversas de consulta".

Estos datos pueden ser:

- Manuales y Catálogos Dibujos Lubricantes Códigos
- Solicitudes de Compra
- Recomendaciones del fabricante
- Costos asociados
- Valores nominales Tensión / corriente, Dimensiones
- Luces y Ajustes
- Repuestos.

Por lo tanto, el catastro debe reunir para cada tipo de equipo: los datos de construcción (manuales, catálogos y diseños), de compra (adquisición, solicitudes, presupuesto, fechas y costos), de origen (fabricante, proveedor, tipo y modelo), de transporte y almacenamiento (dimensiones, peso y recomendaciones), de operación (características normales y límites operativos) y de mantenimiento (lubricantes, repuestos generales y específicos, curvas características, recomendaciones de los fabricantes, límites, holguras y ajustes).

Por lo tanto, al "Código de Catastro" (o "Código de Familia") pasaron a ser asociadas las características administrativas y técnicas de la familia de equipos. Considerándose que en una instalación industrial que tuviese "x" bombas iguales, sería suficiente la compilación de apenas un grupo de registros.

En los registros de datos específicos, el código de catastro fue asociado al número de identificación que individualizaba cada equipo de la instalación. Ese número de identificación podía ser el número de serie suministrado por el fabricante, o el número que recibe del órgano de control de bienes patrimoniales de la empresa, o en el caso de ausencia de ambos, un número secuencial dado por el propio sistema, que es impreso o troquelado en el equipo. Tal número de identificación caracteriza un conjunto de datos individuales a cada equipo y así, para el ejemplo considerado, sería necesario compilar "x" formularios de datos específicos, uno para cada bomba de la instalación.

Tanto en los datos generales (o comunes) como en los datos específicos, existen registros de naturaleza administrativa (fechas, costo, números de

documentos, localización etc.) y de naturaleza técnica, entre las cuales se destaca su función en el proceso o servicio.

La correlación entre el código de catastro, el número de identificación y el código de posición operativa ("tag" o código de equipo), permite la obtención de información para una "familia " de equipos (código de catastro) o para un equipo específico (número de identificación), o para los equipos que operan en una determinada localización de la instalación (código de equipo), lo que representa una inmensa ventaja para el análisis y decisión de los gerentes de mantenimiento.

Con el recurso de la utilización de una red de computadoras personales, el catastro puede ser efectuado aportando la información directamente al sistema informatizado, sin que sea necesario el desarrollo de formularios para esa finalidad.

Los archivos de catastro general y de catastro específico, pueden ser independientes (en este caso, correlacionados por el código de catastro) o comunes (en este caso, con el recurso de "duplicación de datos") o sea, la compilación de datos iguales de un nuevo equipo, es hecha sobre los datos de otro existente con las mismas características de construcción (Ver Anexo 1).

La compilación de datos de catastro debe ser de simple operación, donde el sistema sea capaz de abrir automáticamente la tabla correspondiente de cada dato a ser registrado, en el caso de "inclusión" o "modificación" y sobre la información a ser tratada en el caso de "consulta", recordando que, normalmente el usuario no tiene conocimientos de informática y de esta forma no tendrá acceso al programa para adaptarlo a sus necesidades.

La separación de los registros en dos grupos de datos de catastro (común y específico) trae como ventaja adicional la posibilidad de establecer la correspondencia entre las "familias" y los repuestos a ésta aplicados.

La emisión de los listados de catastro podrá ser efectuada para uno, algunos o todos los equipos, de acuerdo a la necesidad del usuario. Análogamente, debe ser prevista la emisión de estas listas bajo varios requerimientos, de acuerdo con la definición hecha durante la fase de Proyecto del Sistema.

Tanto en el Catastro por el Sistema Manual, como en los Sistemas Automatizados o por Computadora, podría ser necesario definir los criterios de arreglo de la información archivada.

Entre las varias opciones de agrupación de la información objetiva facilita el análisis, como por ejemplo:

- Agrupación por línea de producción
- Agrupación por tipo de equipo
- Agrupación por área geográfica
- Agrupación por unidad de producción
- Agrupación por importancia operacional
- Agrupación por unidad móvil.

Es frecuente que se realice, en una misma empresa, la consulta de datos de catastro bajo diferentes formas de agrupación; cuando esto sucede en el catastro por el sistema manual, el proceso de archivo se torna más complejo, existiendo la necesidad de composición de nuevas tablas auxiliares de periodicidad, y en algunos casos, duplicidad de registros. En el catastro a través de sistemas automatizados, estas inconveniencias son eliminadas, puesto que, a través de programas adecuados, la computadora presenta la información bajo diferentes formas de agrupación, en función de la necesidad y deseo del usuario.

3.4.2 Instrucciones De Mantenimiento Y Recomendaciones De Seguridad

Para normalizar los servicios de las actividades programadas del mantenimiento, es recomendable el desarrollo de **Instrucciones de Mantenimiento**, orientando objetivamente a la ejecución del mantenimiento en esas actividades para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento u olvido (Ver Anexo 1).

Estas instrucciones, deben ser desarrolladas, aprovechando el conocimiento del personal técnico de ejecución, con más experiencia y las recomendaciones de los fabricantes y montadores, indicaciones de los catálogos, manuales, diseños y referencias de profesionales con experiencia de otras empresas similares, relativas a cada equipo.

Cada línea de instrucción es conocida como "tarea". Por lo tanto, una instrucción de mantenimiento es un conjunto de tareas una vez compuestas, es

recomendable que se estime su valor en horas-hombre para su ejecución, el cual es conocido como "tiempo patrón".

El "tiempo patrón" debe ser ajustado a la realidad, en la medida en que sean obtenidos los datos reales de cada actividad. Una forma simple de efectuar este ajuste es utilizar el valor medio entre el existente en el archivo y el obtenido en la realidad.

Las instrucciones pueden ser de carácter genérico o específico, en función al nivel de detalle deseado. Una instrucción de mantenimiento de carácter genérico, no detalla los puntos de ejecución de cada etapa de la tarea que describe y, puede ser utilizada para la ejecución de la misma actividad en cualquier equipo de iguales características operativas; mientras que la Instrucción de Mantenimiento de carácter específico, indica en forma detallada las tareas a ser ejecutadas, normalmente sólo útil al equipo para la cual fue elaborada.

Como variante de las instrucciones de mantenimiento, existen los archivos de **Recomendaciones de Seguridad**, normalmente asociados a la naturaleza del equipo y que tienen por finalidad, evitar actos inseguros durante la ejecución del mantenimiento o el mantenimiento en condiciones inseguras.

3.4.3 Programación del Mantenimiento

Se llama Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos.

El montaje tradicional del Programa Maestro de Mantenimiento Preventivo, en el sistema de control manual ocurre a través de mapas, donde son registrados: en la primera columna, el código de localización (código de equipo), es correlacionado en las columnas siguientes, con el: Nombre del equipo, los códigos de instrucción de mantenimiento y la página de registro de datos, el órgano responsable por el mantenimiento y la periodicidad.

Es común la elaboración de más de un mapa de programa maestro, siendo uno para Mantenimiento Preventivo Sistemático (para periodos iguales o

superiores al trimestre con desmontaje total o parcial del equipo), otro para mantenimientos de rutina (para lapsos de tiempo inferiores al trimestre y generalmente sin desconexión del equipo, donde en lugar de codificar la instrucción de mantenimiento se realiza una descripción resumida de la actividad a ser ejecutada) y un tercer mapa para lubricación, cuyas columnas indican la parte del equipo a ser lubricado, tipo de lubricante, código, cantidad de lubricante a ser adicionado, número de puntos a ser lubricados, tipo de servicio a ejecutar entre las opciones de adicionar, analizar y cambiar y por último, la periodicidad, que es seguida por las columnas para las semanas o meses, siendo en este caso registrado en la casilla el día de la semana y el mes, en que el servicio debe ser ejecutado.

Normalmente al final de cada semana, los encargados de los sectores de mantenimiento, o el responsable por el control de programación, controlan en el mapa los servicios previstos para la semana siguiente y los registran en formularios de programación semanal, uno para cada sector, los cuales son discutidos en la reunión de evaluación de esas actividades, especialmente en lo que se refiere al relacionamiento interno entre diferentes sectores.

La utilización de este proceso de programación, trae como desventaja el perjuicio en la visualización de las actividades ejecutadas, reprogramadas, pendientes y canceladas, sin embargo, además de la ventaja de eliminar los errores de selección arriba identificados, facilita el manejo cuando los formularios pueden ser encuadernados armando el libro base de programación, que puede ser hecho en varias reproducciones para su distribución a los encargados.

En el sistema de control informatizado, no existe necesidad de elaborar mapas, toda la información es archivada en la computadora, la cual, semanalmente (o diariamente) emite la relación de los servicios a ser ejecutados bajo dos formas: listados para seguimiento de las actividades programadas por el supervisor y solicitudes de trabajo parcialmente compiladas para el uso del ejecutante. Se hace necesario solo un sistema de retorno de informaciones de los mantenimientos ejecutados integral o parcialmente, o reprogramados, lo que puede ser echo a través de la compilación de algunos registros de la propia Orden de Trabajo.

En el Anexo 1 se presenta un modelo de pantalla con los datos existentes en una programación seleccionada.

El sistema debe permitir la emisión de listados ordenados: por el nombre del equipo o componente, por el código, por las semanas, o cualquier otra ordenación deseada por los usuarios.

Dentro del orden posible de las listas de programación, se resaltan:

por orden alfabético de equipos o de componentes; **por orden de semana para una semana específica** - emitida para el Supervisor de Mantenimiento, para el seguimiento de las actividades programadas para una semana elegida.

3.4.4 Informes De Falla

Los registros de una información de retroalimentación precisa sobre las fallas es una de las funciones más importantes del supervisor de mantenimiento, la información que se requiere es la siguiente:

- Una descripción precisa del problema.
- Una descripción de la parte que fallo.
- La opinión de un supervisor acerca de que causo la falla.

Para formalizar el proceso de análisis de fallas se sugiere crear documentos especiales, los que constituyen el sistema de informe de falla.

El informe de falla (Ver Anexo 1) debe ser dividido de acuerdo a los responsables de dicha información, ésta se encuentra definida de la siguiente manera:

- 1) Informe del iniciador: Esta sección del informe de falla, es de responsabilidad de quien detecto la falla, por lo general de un operador.
- 2) Informe del reparador: Esta sección del informe de falla, es de responsabilidad de quien esta a cargo de solucionar el problema o de reparar un equipo, puede ser de responsabilidad de, un operador, un mantenedor eléctrico o mecánico, en el cual además de indicar cuales fueron las causas de la falla y trabajo realizado, debe emitir un registro de los repuestos utilizados.

- 3) Informe del analista: esta es la sección asignada al planificador, el cual analiza la causa de la falla para luego emitir recomendaciones de modo de evitar la reiteración de esta.

3.5 Sistema De Orden De Trabajo.

La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las Ordenes de Trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

La orden de trabajo es el documento usado para registrar los trabajos de mantención y análisis de falla.

3.5.1 Propósito De La Orden De Trabajo

Los propósitos básicos del sistema orden de trabajo son los siguientes:

- *Desde el punto de vista de la autorización*: proporciona un medio para filtrar y autorizar los trabajos y el presupuesto.
- *Desde el punto de vista de la ejecución*: medio de comunicación, mandato e información para los ejecutores.
- *Desde el punto de vista de la evaluación de la mantención*: proveer información sobre costos, materiales, repuestos, herramientas y equipos utilizados, cantidad de horas-hombre utilizadas (por trabajo, por equipo), sobretiempo (por trabajo, por equipo), horas de espera (causas), horas de equipos detenidos (causas), cumplimientos de trabajos.

- Desde el punto de vista del aumento de la confiabilidad: análisis de falla.
- Desde el punto de vista de la planificación: pronósticos.

Por lo tanto, **el diseño de la orden de trabajo** debe ser tal que permita:

- Proporcionar datos de costos desagregados de una forma lógica.
- Proporcionar retro-información sobre las fallas repetitivas para fines de análisis.
- Proporcionar una herramienta para facilitar la planificación y programación de los trabajos de mantención.
- Facilitar el control de la productividad.

Los documentos básicos del sistema orden de trabajo son: **solicitud de servicio y orden de trabajo**.

El procedimiento de las S.S. y O.T. requiere:

- Crear los documentos del sistema
- Asignar responsabilidades administrativas
- Definir el rol de los planificadores
- Plantear los flujo - gramas de la información

3.5.2 Tipos De Orden De Trabajo

Una orden de trabajo es un documento que es usado de dos maneras: como una **orden de trabajo general** o como una **orden de trabajo especial**, (Ver Anexo 1).

3.5.2.1 ORDEN DE TRABAJO GENERAL. Son usadas con dos propósitos:

- Para trabajos pequeños rutinarios, para los cuales el costo de una orden de trabajo individual, puede exceder el costo del trabajo. Estas ordenes de trabajo normalmente son escritas solo una vez al año. Cuando un hombre hace un trabajo bajo la orden de este tipo, él solo carga el tiempo que empleo al final del día, con lo que se ahorra el tiempo y costo de llenado y procesamiento de una orden especial.
- Cuando un trabajo corresponde a una rutina, tal como un trabajo de lubricación. En este caso, el lubricador hace lo mismo todos los días. Su trabajo es repetitivo y preplaneado.

3.5.2.2 ORDENES DE TRABAJO ESPECIALES.

Una orden de trabajo especial, es escrita para cualquier otro trabajo individual. Esto requiere sin embargo, que el trabajo sea lo suficientemente importante como para justificar una aprobación por separado y un reporte de todos los hechos pertinentes acerca del trabajo.

La información específica en una orden de trabajo (OT), es de diferente naturaleza y sus fines son también diversos, tal como se muestra a continuación.

3.5.3 Información General De Apertura De Una Orden De Trabajo

- Número de la O.T. (correlativo y jamás debe omitirse)
- Número de la máquina
- Descripción de la máquina
- Trabajo solicitado
- Centro de costo solicitante
- Nombre del solicitante
- Fecha de la solicitud
- Prioridad
- Título del trabajo

3.5.3.1 Información Para La Planificación Y Presupuesto

1. Número de horas y tamaño de la cuadrilla estimados
2. Estimación del costo de material
3. Estimación del costo de la labor
4. Estimación del costo total
5. Costo real de material
6. Costo real de la labor
7. Costo total real
8. Cumplimiento aprobado por
9. Fecha de cumplimiento
10. Código del tipo de trabajo

3.5.3.2 Sistema De Control De Equipo

Elementos de información en un informe de falla.

- Número y tipo de equipo
- Planta
- Fecha
- Fecha de la parada o falla
- Horas de operación
- Razón de la parada
- Primera indicación de falla
- Subsistema que falló
- Componente que falló
- Causa de la falla
- Acción tomada
- Disposición del componente
- Número de otras unidades también paradas
- Horas de parada
- Valor de la pérdida de producto
- Número de mecánicos empleados
- Horas-hombre
- Costo estimado de materiales
- Tiempo de ubicación de la falla
- Tiempo administrativo
- Tiempo esperando materiales
- Tiempo activo de reparación
- Número de arranque intentados
- Fecha y hora de arranque.

3.5.3.3 Acerca Del Trabajo Realizado

El **capataz** debe precisar el trabajo realmente realizado, lo cual debe incluir:

- Parte que falló
- ¿Que acciones correctivas fueron tomadas?
- ¿Qué causo la falla?
- ¿Qué acciones preventivas fueron o deberían ser tomadas?

3.5.3.4 Código De Prioridad De Trabajos De Mantención.

La definición de prioridades de los trabajos de mantención es esencial para la adecuada programación de estas actividades y **su definición recae principalmente en operaciones**. Demás esta decir, que las prioridades definidas deben ser rigurosamente respetadas. Aunque las prioridades definidas dependen de cada empresa en particular, a modo de referencia se presenta la siguiente tabla:

N°	NOMBRE	CRITERIO DEL NUMERO DE PRIORIDAD	ACCION
1	EMERGENCIA	La producción se detendrá a menos que la reparación se haga inmediatamente. Existe una condición extremadamente riesgosa. El equipo será dañado si no se repara inmediatamente.	Reparar inmediatamente. El “papeleo” se hace posteriormente.
2	URGENCIA	Existe un serio riesgo de seguridad y se debe reparar antes del fin de semana o en el próximo turno si es posible.	Se interrumpe la programación semanal y se coloca en la próxima programación diaria disponible.
3	NORMAL	Ha sido detectada una condición defectuosa. Esta condición no detendrá la producción ni causara daño a las instalaciones y personas si se corrige durante las próximas cuatro semanas.	Se interrumpe la programación semanal y se coloca en la próxima programación semanal disponible.
4	PROGRAMADA	Tendrán normalmente las reparaciones repetitivas pre-programadas, inspecciones periódicas, reparaciones mayores y construcciones.	Colocar en la próxima programación mensual disponible.
5	DE RELLENO	Trabajos que tienen poco o ningún requerimiento de plazos de realización.	Realizarlos cuando se pueda.

Tabla 3.3

3.5.3.5 Códigos De Trabajo

CODIGO	DESCRIPCION
R	REEMPLAZO
M	REPARACIÓN
A	AJUSTE
C	MODIFICACIÓN

Tabla 3.4

3.6 Mano De Obra Disponible

Se entiende, como mano de obra disponible de un órgano de ejecución del mantenimiento, el resultado de las horas -hombre efectivas, o sea, el producto del número de empleados de ese órgano por el número de horas trabajadas (normales y extras), menos el número de horas-hombre no presentes por motivo de vacaciones, enfermedad, servicio en otras unidades de la empresa, capacitación externa, accidente o cualquier otro motivo autorizado o no, que haya provocado la ausencia del personal.

Para la recolección de datos de disponibilidad de personal, para la ejecución del mantenimiento propio y de refuerzo en otras áreas de la empresa o de contratistas, es necesario el desarrollo de un formulario, que debe ser completado por el órgano administrativo de cada unidad de producción, a partir de los registros de las tarjetas horarias u otro sistema de control de horario adoptado en la empresa. En el caso de que este órgano, disponga de un sistema específico, para el registro de estos datos y que el sistema esté correlacionado con el de mantenimiento, estos puedan ser transferidos directamente de un sistema para otro.

3.7 Datos De Operación

Para permitir el procesamiento de información relativa a los informes de gestión de equipos y costos (facturación cesante), debe ser previsto el registro de los datos provenientes de operación, que debe constar básicamente de: horas de funcionamiento de los equipos por período de control (horizonte), pérdida o reducción de la producción debido al mantenimiento, además de la referencia a cada intervención, normalmente hecha a través de la indicación del número de la orden de trabajo (Ver Anexo 1).

Estos registros, deben ser hechos por los propios operadores, habiendo integración, esta información puede ser obtenida directamente de los bancos de datos de operación.

3.8 Registro de Medición (o Variación de Especificaciones)

Para el registro de los valores de las mediciones efectuadas, durante el mantenimiento de los equipos prioritarios (Clase A) y algunos secundarios (Clase B), para los cuales se juzgue conveniente acompañar las variables, para la implantación del Control Predictivo del Mantenimiento, se debe estandarizar mecanismos de registro específico, cuyos valores resultantes de medición, sean procesados para obtener las curvas de degeneración (Ver Anexo 1).

Debe aclararse que, generalmente los resultados prácticos del seguimiento de la variación de las variables de un equipo, con el objetivo de implantar el Análisis de Síntomas, no son inmediatos, pudiendo en algunos casos, presentar resultados tras varios años de seguimiento, siendo inclusive, recomendable que inicialmente sea realizada una evaluación, respecto a la validez del resultado en equipos que no comprometan el proceso productivo (Clase B).

También es muy importante, la necesidad de establecer plazos límites ("horizonte") para que sean procesados, evitando que algunos informes de gestión carezcan de información o con errores por no computar todos los datos.

3.9 Tipos De Mantenimiento

3.9.1 Mantención Correctiva o la Falla.

Nace de la maquina y su filosofía básica es: “Cuando se rompe una maquina se repara”. Cuya operación se describe simplemente como: “se espera que se produzca un desgaste o avería y se procede a su reparación”.

El mantenimiento correctivo se aplica en las siguientes condiciones:

- En equipos de bajo costo y que no sea parte de un equipo mayor.
- En máquinas antiguas o equipos que no comprometan la producción.
- Cuando no se pueda aplicar mantención preventiva, debido a un largo periodo de detención de la producción.

3.9.2 Mantención Preventiva.

Es un conjunto de acciones tendientes a corregir defectos antes que estos sean de altos costos, por lo tanto, su objetivo es minimizar fallas en el proceso productivo de una empresa.

“Maquinas iguales deben presentar iguales desgastes y o fallas en tiempos iguales”. Este enunciado, es la filosofía básica a lo que se llama mantenimiento preventivo y tiene la siguiente operativa:

“El lapso de tiempo prefijado por la experiencia y generalmente informados por los fabricantes, se realizan ciertas pruebas y verificaciones, haciendo dos tipos de reparaciones:

- Las de rutina
- Las que surjan de la inspección realizada

Este sistema hace un aporte fundamental en las técnicas de mantenimiento y es adoptado en forma casi masiva, en aquellos lugares donde las fallas pueden ser de importancia, es decir, se implementa en las plantas de proceso continuo (por ejemplo acerías y petroquímicas).

3.9.3 Mantenimiento Predictivo o Sintomático.

Como su nombre lo indica, este tipo de mantenimiento aprovecha los síntomas de las fallas para programar las intervenciones a los equipos. Se efectúan mediciones periódicas con instrumentos especiales, para reconocer las fallas en sus etapas iniciales.

Este tipo de mantenimiento requiere de un mayor análisis técnico para determinar, por medio de los resultados, las fallas que se originan en los equipos.

Para llegar a concluir que se esta produciendo una falla, se requiere poseer los siguientes elementos:

- Valores indicativos del estado del equipo (obtenido en las inspecciones).
- Patrones que indiquen (por comparación, el estado en que se encuentra el equipo).
- Personal debidamente calificado para interpretar la información obtenida en las inspecciones.
- Instrumental adecuado a los requerimientos

Por lo tanto, comparando una o mas de las magnitudes físicas medidas se pretende establecer cual es la condición de la máquina.

Por lo tanto, la filosofía de mantenimiento predictivo es: "la mayoría de los desgastes, fallas y problemas de operación que sufre cualquier equipo, producen en funcionamiento una alteración en ciertas variables y la cuantificación, evaluación de estos parámetros, permite conocer desgastes o problemas de operación, sin sacar de operación al equipo, como tampoco efectuar desarmes".

Típicamente las variables a medir empleadas en la mantención predictiva de equipos rotatorios son: vibracionales, análisis de aceite, alineamiento y balanceo, parámetros eléctricos para detección de fallas en motores eléctricos, temperatura y variables de proceso.

En equipos estáticos y estructuras las variables controladas son: espesores metálicos, espesores de recubrimiento, fatigas en los materiales.

3.9.4 Mantenimiento Proactivo.

En esta estrategia de mantenimiento se identifican y corrigen las causas raíz de las fallas de la máquina, maximizando así la vida útil operativa. En este concepto de mantenimiento, se agrega al ingrediente la ingeniería de análisis de fallas o causa raíz de la falla, para estudiar y establecer la causa originante de las fallas que se detectan en su estado incipiente, empleando las técnicas predictivas. Una vez conocido el origen del inicio de alguna falla o variación anormal del parámetro que se está controlando, por ejemplo vibraciones, escurrimiento de aceite, etc., se toma la acción correctiva correspondiente en la primera oportunidad en que la planta permita efectuarla. No se espera a que la falla continúe progresando hasta llegar a límites prohibidos para tomar acción.

Este nuevo concepto proactivo ha llegado a redefinir los límites permisibles de las variables controladas, haciendo que estas sean substancialmente más estrechas que las consideradas aceptables por la industria en épocas pasadas, siendo su concepto idealizado: **“Eliminar para siempre el mantenimiento correctivo”**.

3.9.5 Mantenimiento Autónomo

Mantenimiento autónomo es otro paso importante en las organizaciones modernas. Consideramos que, el 60% de los factores, son causados por la operación, por lo que integrar el operador es la forma más adecuada de minimizar los riesgos. Al final nadie conoce mejor su equipo que el operador.

Su entrenamiento por el personal de mantenimiento para la ejecución de pequeñas reparaciones, alivia los hombres de mantenimiento, permitiendo que sean redireccionados para actividades más complejas.

En las modernas organizaciones el operador también debe ser entrenado para ejecutar otras tareas.

	TIPO DE MANTENCIÓN		
	Correctiva	Preventiva	Predictiva
Costo Total (Mantencción + Producción)	Alto	Mediano-Alto	Mediano-Bajo
Necesidad de Personal	Alto	Mediano	Mediano-Bajo
Requiere de Personal Especializado	Mediano	Mediano	Alto
Consumo de Materiales	Alto	Mediano-Alto	Mediano-Bajo
Necesidad de Stock de Materiales	Alto	Mediano-Alto	Mediano-Bajo
Fallas Imprevistas	Alto	Mediano	Bajo
Disponibilidad de Equipos	Bajo	Mediano	Alto
Nivel de Confiabilidad	Bajo	Mediano	Alto
Necesidad de Planificación	Bajo	Mediano	Alto
Anticipación a la Programación	Bajo	Mediano	Mediano
Necesidades de Manejo de Información	Bajo	Mediano-Bajo	Alto

Tabla 3.5: Requerimientos De Los Tipos De Mantencción

El tipo de mantención a realizar en una organización industrial depende del contexto operacional en que se situé, esto delimita la mejor estrategia para enfrentar el problema de la disponibilidad de los equipos y de los costos involucrados para tal efecto.

Tipo de mantenimiento	Filosofía básica	Accionar	Principal razón de su éxito reside en	Objetivo	Ligado a la idea de	Campos de acción
Correctiva	“Cuando ocurre una falla en un equipo, se repara	Se espera que se produzca una falla o desgaste y se repara.	Un buen taller (involucrando recurso humano y material)	Cura	Reparación	Total
Preventiva	“Maquinas iguales deben presentar fallas y desgastes idénticos en tiempos iguales”	Mide, evalúa y cuantifica algunas variables	Manejo de información y posibilidad de detener los equipos en el momento indicado.	Evitar la falla	Verificación	Muy generalizada
Predictiva	“La mayoría de las fallas, desgastes y problemas de operación que afectan a cualquier máquina, produce en operación una alteración en ciertas variables”. Su evaluación permite conocer anomalías.	Mide, evalúa y cuantifica algunas variables	La intervención de todos los elementos que conforman el mantenimiento de la planta	Analizar el equipo, a través de los síntomas y predecir la aparición de la falla	Estudio	Aquellos elementos que su costo o criticidad lo justifiquen.

Tabla 3.6: Matriz Comparativa De Los Mantenimientos

	MANTENCIÓN CORRECTIVA	MANTENCIÓN PREVENTIVA	MANTENCIÓN PREDICTIVA	MANTENCIÓN PROACTIVA
¿QUÉ HACER?	Se espera a que la falla ocurra, y se repara	Se realiza un plan de intervenciones	Se inspeccionan, evalúan y cuantifican las variables.	Se inspeccionan, evalúan y cuantifican las variables, permitiendo además, determinar la causa raíz de la falla.
¿CUÁNDO HACER?	Cuando ocurre una falla en el equipo, o cuando no satisface requerimientos de productividad.	De acuerdo a datos estadísticos se definen frecuencias de intervención.	Cuando los parámetros sobrepasan niveles estándar, niveles de alarma. Aquí se programa la intervención.	Cuando se descubre una variación en el parámetro, en este momento, se analiza.
¿CÓMO HACER?	Con equipos y personal capacitado y entrenado para solucionar imprevistos en cualquier instante que se presente.	Disponer de inventario de repuestos y equipo, elementos necesarios para el reemplazo, según plan preestablecido.	Se debe disponer de personal capacitado y equipos adecuados para censar e interpretar variables significativas.	Se debe disponer de personal capacitado y equipos adecuados para censar e interpretar variables significativas, mas la integración de técnicas complementarias para determinar el origen de la falla.
¿CUÁNTO HACER?	Esta dado por la ocurrencia de eventos de falla, no estando estos preestablecidos.	De acuerdo a análisis estadísticos e historia, se define, el volumen de intervenciones en un periodo determinado de tiempo	De acuerdo a análisis estadístico d la historia de síntomas y fallas, se definen las frecuencias de inspección.	De acuerdo a análisis estadísticos de la historia de los síntomas y fallas, se definen las frecuencias de inspección, dependiendo además, de las decisiones tomadas en las reuniones diarias.
¿CON QUIEN HACER?	Personal de turno capacitado para reemplazo de componentes y equipos	Depto. De planificación que formula planos y programas para llevar a cabo las intervenciones de acuerdo a planes preestablecidos.	Depto. De planificación, mas analistas predictivos con capacidad de censar y analizar los síntomas de los equipos.	Depto. Planificación y Analistas predictivos con mayor conocimiento de los equipos, permitiendo determinar la causa-origen y establecer las correcciones necesarias para eliminar la falla.
¿CON QUE HACER?	No se requiere material especial para entablar este sistema de manutención, solo los equipos necesarios para realizar las intervenciones.	Sistema de manejo de información que gatille la frecuencia de la intervención.	Sistemas computacionales software de análisis y equipos de captura de datos en terreno.	Sistemas computacionales Software de análisis y equipos de captura de datos en terreno, mas un sistema que permita integración de las tendencias de las distintas variables censadas.

Tabla 3.7: Matriz De Procedimiento De Mantención

CAPITULO 4. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Introducción.

En el presente capítulo se describe la situación actual del departamento de mantención mecánica, dándose a conocer los recursos humanos y técnicos con los cuales cuentan para poder realizar sus labores, así como también se detallan las actividades que realizan, el medio de control utilizado, el procedimiento para efectuar la mantención preventiva y las fallas no programadas.

Se analiza además, el proceso productivo de la línea Forja 6, identificando los sistemas que están asociados a dicha línea de producción.

Además de considerar, los tiempos de las detenciones no programadas por los sistemas definidos por la empresa que conforman la línea Forja 6, mediante el registro de bitácoras durante los años 2001, 2002 y 2003, de modo de determinar las fallas más recurrentes de la línea, y la relación entre los sistemas identificados en el análisis del proceso productivo y los sistemas definidos por la empresa.

Para finalizar la situación actual, se realiza un análisis de los costos de mantenimiento asociados a la línea en estudio, con la finalidad de destacar los factores más relevantes a los cuales dar mayor atención y que justifiquen la importancia de un sistema de gestión de mantenimiento.

4.2 Recursos Humanos Y Técnicos

En la actualidad, el recurso humano del departamento de mantención mecánica está conformado por personal contratado por MolyCop Chile S.A. y personal que presta servicio por medio de contratistas, ambos dedicados a atender los trabajos que se presentan en las diferentes líneas de producción, constituido por tres turnos:

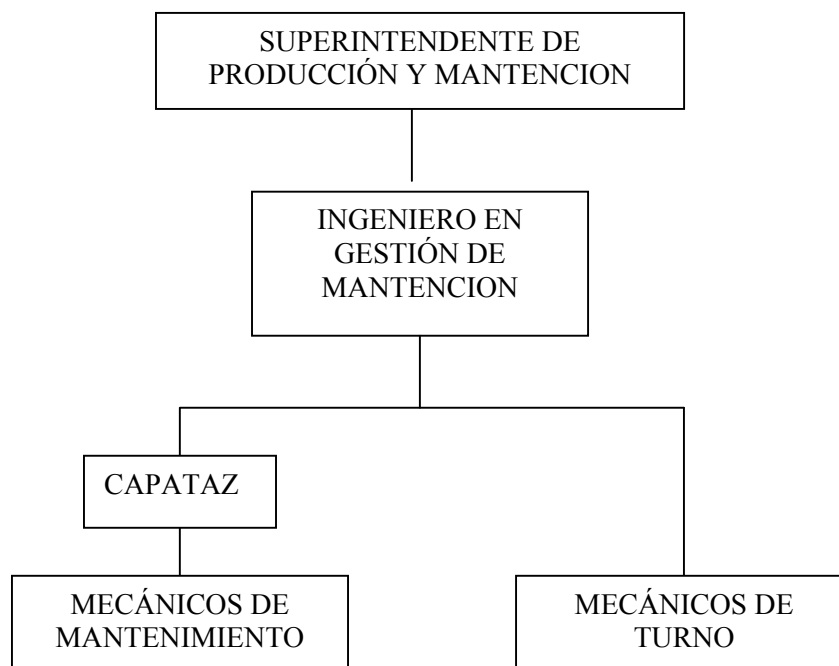
Turno A: 23:00 – 07:00 Hrs.

Turno B: 07:00 – 15:00 Hrs.

Turno C: 15:00 – 23:00 Hrs.

Tienen por finalidad mantener las líneas de producción operativas el mayor tiempo posible. En la actualidad, la mayoría de los trabajos de importancia, son dirigidos por una persona contratada que se encarga de dar las indicaciones al personal que presta servicios en la planta. También en la mantención de equipos de mayor complejidad, como por ejemplo los compresores, cuya mantención requiere de personal de mayor calificación, existen empresas de servicios que asumen tal responsabilidad.

4.2.1 Organigrama Del Departamento De Mantención Mecánica



Actualmente, el departamento de mantención mecánica cuenta con los siguientes recursos, para el cumplimiento de sus labores:

4.2.2 Recursos Humanos (Contratistas Y Contratados)

Cargo / Especialidad	Cantidad
Superintendente de producción y mantención	1
Ingeniero en gestión de mantención	1
Capataz mecánico	1
Operador torno CNC	2
Maestro mecánico	4
Maestro mecánico hidráulico-neumático	1
Lubricador	1
Encargado de Planta aceite	1
Armado de rodillos Roll Former	2
Recuperador de repuestos	1
Soldador de matrices	2
Mecánico de turno	4
Soldador de turno	2
Auxiliar	1

Tabla 4.1: Recursos Humanos

4.2.3 Recursos Técnicos De Importancia

Equipo	Cantidad
Torno horizontal AMERICAN PACEMAKER	1
Torno horizontal LEBLOND MAKINO	1
Fresadora vertical KEARNEY Y TRUCKER MILWAUKEE	1
Torno vertical king AMERICAN STEEL FOUNDRES	1
Taladro vertical AMERICAN	1
Mandriladora vertical AFD-100	1
Torno horizontal CNC AMERICAN	1
Prensa hidráulica vertical	1
Horno LINBERG	2
Maquina roscadora RIDGID	1
Esmeriles	2
Puente grúa capacidad máx. 10 Ton	1

Tabla 4.2:Recursos Técnicos

Los recursos técnicos anteriormente señalados, se encuentran en la maestranza con que cuenta la planta y sirven de apoyo directo e inmediato a la labor de mantención, en lo que tiene relación con, la fabricación y recuperación de elementos mecánicos que pueden ser requeridos durante una emergencia.

4.3 Actividades Del Departamento De Mantenimiento Mecánica

Las actividades que comúnmente realiza el personal de mantención son:

1. Recuperación de equipos que presentaron fallas, reductores, bombas y a los cuales se pueden realizar mejoras.
2. Confección de piezas y partes mecánicas de menores dimensiones, como ejes, bocinas, chavetas, etc., que comúnmente sufren desgaste o pierden su capacidad de operación, las cuales pueden construirse en la maestranza con la que cuenta la planta.
3. Confección de piezas y partes hidráulicas y neumáticas, lo cual permite mantener un stock de repuestos críticos, como cilindros hidráulicos y neumáticos, además de la reparación de bombas y motores hidráulicos.
4. Rectificación de los rodillos que conforman los Roll Former por medio de tornos CNC, los cuales pierden su capacidad de conformar la bola, afectando al proceso.
5. Recuperación o fabricación de estampas y cuchillos, para mantener en stock debido a su importancia en el proceso de obtención de bolas en la línea de forja y que son de constante rotación.
6. Recuperación de la capacidad operacional de partes de la línea de producción, y que son de fácil corrección, por medio de ajustes y calibraciones (mantención a la falla).
7. Montaje y desmontaje de elementos mecánicos y equipos de producción.

4.4 Control De Las Actividades Del Personal De Mantención

El control de las actividades de mantención se realiza mediante una Plantilla de trabajos, las que deben ser llenadas por el personal contratado y contratista. En ellas, el operario o el mecánico, especifica la fecha, el turno, el capataz de turno y el nombre de quién esta realizando el trabajo. Luego, se establece el equipo en el cual trabajó, la descripción del trabajo, la duración de éste, en horas ordinarias o extraordinarias en el caso de que el trabajo se haya extendido sobre el horario normal del turno.

Si el trabajo desempeñado por el mecánico no se realizó en alguna línea de producción, se establece como otros.

Estas plantillas, luego son utilizadas para hacer un análisis de las horas hombre que se utilizaron en forma mensual, y también para establecer cuántas horas extraordinarias fueron destinadas en mantención.

PLANTILLA DE TRABAJO MANT. MECÁNICA			
FECHA:		TURNO:	
C. TURNO:		MECÁNICO:	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	H.OR	H.EX
RF.-1			
RF.-2			
F.-6			
HI-1			
HI-3			
G-1			
G-2			
H. REV 2			
C.E.			
MET.			
OTROS-1			
OTROS-2			

Figura 4.1: Plantilla De Trabajos

4.5 Mantenimiento Preventiva

El tipo de mantenimiento que realiza la empresa es, por un lado a la falla, en las cuales se resuelven problemas que afectan al proceso productivo y que en general son de fácil solución, también existe la planificación de mantenimiento preventiva para las diferentes líneas de producción en las cuales se le asigna un determinado número de días, que generalmente son 6, en los cuales se detiene totalmente la línea a intervenir, con el objetivo de hacer cambios de repuestos, lubricar partes de difícil acceso en operación, rectificado de elementos mecánicos, etc.

Lo anterior permite tener un mayor grado de confiabilidad de la línea, utilizando un registro de la mantenimiento preventiva, la cual la denominan “sabana” de mantenimiento (Ver Figura 4.2). En esta se describen las tareas a realizar en el plazo previsto para la mantenimiento programada, ya sea, cambio, reparación e inspección de las componentes de cada sistema que conforman la línea en mantenimiento. Además se establecen los días de mantenimiento, los turnos que la realizaron, el capataz a cargo del trabajo y las observaciones pertinentes. Lo anterior, permite tener una guía para poder ejecutar los diferentes cambios relacionados con la mantenimiento propiamente tal.

La planificación de las detenciones de la línea, se hacen con un año de antelación y también se planifica, dentro del mes en que le corresponde mantenimiento a una línea, la cantidad de personal al igual que los repuestos y otros recursos que se deben tener en la fecha a efectuarse la mantenimiento.

FORJA 6 - MANTENCIÓN MECÁNICA

	PROGRAMA	INFORME : ACTIVIDADES REALIZADAS										Capataz	OBSERVACIONES
		LU 29		MA 30		MIE 01		JUE 02		VIE 03	SAB 04		
		B	C	B	C	B	C	B	C	B	B		
1	Sistema Carga : Mesa de Carga												
1.1	Estructura Mesa	Insp.	I	I								IP	
1.2	Gatos Mecánicos	Insp.	Reparar	R		R						IP	
1.3	Polines Impulsores	Cambiar		C		C		C				IP	Cambiar 9 c/u polines reparados
1.4	Ejes	Cambiar		C		C		C				IP	Cambiar 9 c/u polines reparados
1.5	Soportes	Cambiar		C		C		C				IP	Cambiar 18 c/u polines reparados
1.6	Mecanismo Rechazo Barra	Insp.	Reparar			R		R		R		IP	
1.7	Mecanismo Volteo (Sufrideras)	Insp.	Reparar					R		R		IP	Se cambiaron 2 c/u
1.8	Cilindros Mecanismo Volteo	Insp.	Reparar	I		R		R				IP	
1.9	Cilindro Accionamiento Polín	Insp.	Reparar							R		IP	
1.10	Sistema Neumático	Insp.	Reparar							R		IP	
1.11	Transmisión (Cadenas Renold, Sprockets)	Cambiar		C		C		C		C	L	IP	Cambiar 9 tramos de cadenas $\frac{3}{4}$ paso
1.12	Guías de deslizamiento	Cambiar		C		C						IP	Cambiar 8 c/u
2	Central Hidráulica - Mesa Carga												
2.1	Estanque	Insp.										IP	
2.2	Motor-Bomba	Insp.	Reparar	R		R						IP	Motor no se le hizo Mant. (pendiente)
2.3	Valvulas	Insp.	Reparar	R		R						IP	
2.4	Piping Y Flexibles	Insp.	Reparar	I								IP	
2.5	Filtros	Cambiar		C		C						IP	Cambiar filtro succión-retorno-venteo

Figura 4.2: "Sabana" De Mantenimiento Preventiva

4.6 Procedimiento Para Los Avisos De Falla En Las Líneas De Producción.

En la actualidad, el procedimiento para el aviso de la ocurrencia de fallas en las diferentes líneas de producción, es la siguiente:

1. Los operadores a cargo de la producción de las líneas identifican una falla dentro del proceso y establecen de qué tipo es. Estas fallas pueden ser:
 - Falla por sistema de operación de la forja. (falla de operación)
 - Falla por control de los dispositivos.

En el caso de una Falla por sistema de operación de la forja.

Las tareas de corrección se las dividen los mecánicos y los operadores. Los operadores son los responsables de los elementos mecánicos que dan forma al producto final (bola), es decir, se preocupan de la calibración, el cambio y ajuste de los cuchillos, estampa móvil y fija, interviniendo esos dispositivos cuando se encuentren anomalías en la cosmética (forma y calidad superficial) de la bola.

Los mecánicos serán los responsables de todos los demás sistemas en que se encuentren involucrados equipos y elementos de transmisión mecánica que impidan el normal funcionamiento de la línea de producción.

En el caso de una Falla por control de los dispositivos.

Los eléctricos serán responsables de la mantención de todos los dispositivos de control de los equipos que permiten el normal funcionamiento de la línea, como los MCC y PLC, además de la mantención de los motores eléctricos y otras instalaciones que tengan relación con su especialidad.

2. El modo de comunicación o de aviso de falla hacia los departamentos de mantención mecánica y eléctrica, es por medio de una alarma que se encuentra ubicada en las líneas de producción. Por medio de sonidos característicos, se identifica el personal necesario para que recurra a alguna emergencia. Estos avisos son:
 - **Dos sonidos de alarma largos:** se necesita personal de mantención mecánica para atender una falla.
 - **Un sonido de alarma largo y uno corto:** se necesita personal de mantención eléctrica para atender una falla.
 - **Tres sonidos de alarma cortos:** se necesita la grúa para realizar algún movimiento de material o producto.
 - **Un sonido de alarma largo:** se necesita al jefe de turno para que tome alguna decisión con respecto a alguna medida correctiva de parte de producción o mantención.
3. Una vez identificada la falla y el personal encargado de atenderla, la línea se detiene y se bloquean los equipos, para permitir la posterior intervención de éstos.
4. Al final del turno, se llena una bitácora electrónica en la cual se establece el tiempo de detención de la línea, las causas, fecha, etc., de modo de utilizar esta información para determinar la eficiencia de la línea.

4.7 Descripción Del Proceso Productivo

En la actualidad, la planta de Talcahuano cuenta con cuatro líneas de producción, existiendo dos llamadas Roll Former, las que producen bolas de pequeñas dimensiones (2" a 3.5" de diámetro), mientras que las dos restantes, llamadas Maquinas de Forja, producen bolas de 4" a 6" de diámetro (**Ver Tabla 4.3**). Ambos tipos de máquinas tienen al comienzo de su proceso similitudes, en lo que respecta a que las dos cuentan con mesas de alimentación de barras, las cuales son trasladadas a una serie de bobinas que van aumentando en forma gradual la temperatura de la barra, pero es en el conformado de la bola, en la cual se presenta la diferencia.

En los Roll Former una vez que la barra sale de las bobinas, ingresa entremedio de dos rodillos paralelos que permiten dar la forma a la bola por medio de laminación.

En cambio, en las máquinas de Forja, la barra luego que sale de las bobinas, entra a un sistema que la corta e inmediatamente le da forma de bola por medio del impacto de dos estampas, de las cuales una es fija y la otra es móvil.

La estampa móvil está constituida por una serie de elementos mecánicos, además de un motor eléctrico y un reductor de grandes dimensiones, que le permite realizar un movimiento alternativo.

TIPO DE PROCESO	LÍNEA
LAMINACIÓN	• ROLL FORMER 1 • ROLL FORMER 2
FORJADO	• FORJA 5 • FORJA 6

Tabla 4.3: Tipo De Proceso

Este estudio se centra en una de las líneas de producción del proceso de forjado, la Forja 6.

Se deben establecer los sistemas que están relacionados con la línea de producción y que permiten su correcto funcionamiento. Para ello, se define como sistemas principales, a aquellos con los cuales la materia prima o producto tiene contacto directo, y como sistemas secundarios, a los que tienen relación con el sistema principal, permitiendo su normal funcionamiento.

En los sistemas definidos, pueden existir equipos o sólo elementos de transmisión mecánica que para la línea de producción Forja 6, quedan definidas de la siguiente forma.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Mesa de Alimentación: Sistema conformado por elementos de transmisión mecánica y que tiene como función la acumulación y posterior traslado de las barras hacia la mesa de bobinas.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Central Hidráulica N° 1: Equipo encargado de dar movimiento a la mesa de carga por medio de cilindros hidráulicos que permiten accionar los retenedores de barras.
- Sistema Neumático (RED): Sistema que activa el movimiento de la mesa de carga por medio de cilindros neumáticos que permiten la caída de la barra a los rodillos, que posteriormente trasladará la barra hacia la mesa de bobinas.
- Sistema Motriz. Constituido principalmente por un motor eléctrico y un reductor. Estos permiten dar movimiento a los rodillos que trasladan la barra por medio del accionamiento de sprocket y cadenas.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Pinch Roll: Equipo constituido principalmente por elementos de transmisión mecánica, que permiten el movimiento de la barra en forma alineada hacia la mesa de bobinas.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Neumático (RED): Acciona el movimiento del Pinch Roll por medio de un cilindro neumático el cual cumple la función de dejar en forma horizontal la barra antes de llegar a la mesa de bobinas.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Mesa de Bobinas: Sistema conformado por 31 bobinas dispuestas en series, que cumplen la función de calentar las barras hasta la temperatura de forja antes de ingresar a los rodillos de alimentación y posteriormente al sistema de corte y estampa.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Torres de Enfriamiento de Bobinas: Permite el enfriamiento de ejes y bobinas por medio de agua desmineralizada, con lo cual se logra disminuir el efecto de la temperatura que lleva la barra.
- Sistema Motriz: Constituido principalmente por un motor eléctrico y un reductor. Estos permiten dar movimiento a los rodillos que trasladan la barra por medio del accionamiento de sprocket y cadenas.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Caja de Rodillos de Alimentación: Sistema conformado esencialmente por elementos de transmisión mecánica que, permiten el traslado en forma continua de la barra de acero hacia el sistema de corte y estampa.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Central Hidráulica N° 2: Equipo hidráulico que permite accionar un motor hidráulico que forma parte de los rodillos de alimentación, permitiendo el traslado de la barra hacia el sistema de corte y estampa.

- Sistema Neumático (RED): Conformado por dos cilindros neumáticos que cumple la función de mantener en forma alineada la barra que va en dirección al sistema de corte y estampa.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Sistema de Corte y Estampa: Sistema conformado por elementos mecánicos que cumple la función de cortar y luego por medio del estampado conformar la barra (a temperatura de forja) en bola.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Motriz: Conformado principalmente por un motor eléctrico de 450 HP y un reductor de mayor dimensión, que permite dar movimiento al sistema de corte y estampa por medio del accionamiento de engranajes y poleas.
- Sistema de Lubricación: Conformado por tres motores y tres bombas, los cuales suministran aceite a las diferentes partes que conforman el sistema de corte y estampa, de modo de aminorar el desgaste entre las partes mecánicas que conforman el sistema.
- Sistema Recuperador de lubricante: Permite recuperar el aceite lubricante utilizado en el sistema de corte y estampa, para posteriormente reutilizarlo en dicho sistema.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Elevador Scrap: Sistema mecánico que consta de un sistema motriz, el cual cumple la función de trasladar las bolas defectuosas en el proceso de corte y estampa, o aquellas que no alcanzan la temperatura de forja (cuando se inicia la operación de la línea) hacia los bunkers.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Motriz: Conformado básicamente por un motor eléctrico y un reductor, los cuales permiten dar movimiento a los elementos mecánicos.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Elevador de Bolas: Sistema conformado principalmente por elementos mecánicos, los cuales permiten el traslado de las bolas que producen el sistema de corte y estampa hacia la mesa de enfriamiento.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Motriz: Conformado básicamente por un motor eléctrico y un reductor, los cuales permiten dar movimiento a los elementos mecánicos.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Mesa de Enfriamiento: Sistema conformado por dos bandejas que contienen las bolas y las trasladan en forma progresiva hacia los tambores de temple. Tiene la finalidad de reducir la temperatura que originalmente presentaban desde el sistema de corte y estampa.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Motriz: Sistema conformado principalmente por un motor eléctrico y dos reductores de distintas dimensiones, con la finalidad de dar movimiento a las bandejas que contienen las bolas.

SISTEMA PRINCIPAL:

- Tambores de Temple 1 y 2: Mecanismo de enfriamiento brusco, con el fin de reducir la temperatura de la bola en forma considerable y que tiene como objetivo aumentarle sus propiedades mecánicas, en lo que respecta a la dureza, para su posterior traslado al proceso de revenido.

SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos):

- Sistema Motriz Tambores de Temple 1 y 2: Sistema conformado principalmente por un motor eléctrico y un reductor, los cuales tienen la finalidad dar movimiento a los tambores que contienen las bolas.

- Piscina Agua Temple: Sistema conformado por dos bombas que alimentan los tambores con agua a una temperatura aproximada de 50° C y que permite que se produzca el temple de las bolas.

Otro sistema que tiene relación con el funcionamiento de la línea forja 6 es:

- Bomba Extractora de Laminilla: Permite trasladar la laminilla que se acumula durante el proceso, en distintas partes de la línea, hacia una piscina de decantación.

De esta forma se observa en la Tabla 4.4 como quedan definidos los sistemas principales y secundarios que conforman la línea Forja 6.

SISTEMA PRINCIPAL	SISTEMAS SECUNDARIOS (Accionamientos)
MESA DE ALIMENTACIÓN	• Sistema Neumático • Central hidráulica • Sistema motriz
PINCH ROLL	• Sistema Neumático
MESA DE BOBINAS	• Sist. torres de enfriamiento bobinas • Sistema motriz
RODILLOS DE ALIMENTACIÓN	• Sistema neumático • Central hidráulica
CORTE Y ESTAMPA	• Sistema neumático • Sistema de lubricación • Sistema motriz • Sistema recuperador de lubricante
ELEVADOR SCRAP	• Sistema motriz
ELEVADOR DE BOLAS	• Sistema motriz
MESA DE ENFRIAMIENTO	• Sistema motriz
TAMBORES DE TEMPLE 1	• Sistema motriz • Piscina agua temple
TAMBORES DE TEMPLE 2	• Sistema motriz • Piscina agua temple
OTROS	• Bomba extractora de laminilla

Tabla 4.4: Sistemas Principales Y Secundarios

Para una mejor comprensión, en el siguiente esquema (Ver Figura 4.3) se muestra el proceso productivo de la línea en estudio, la Forja 6, desde el momento que entra materia prima (barras de acero) al proceso, hasta el primer tratamiento térmico al cual es sometida la bola.

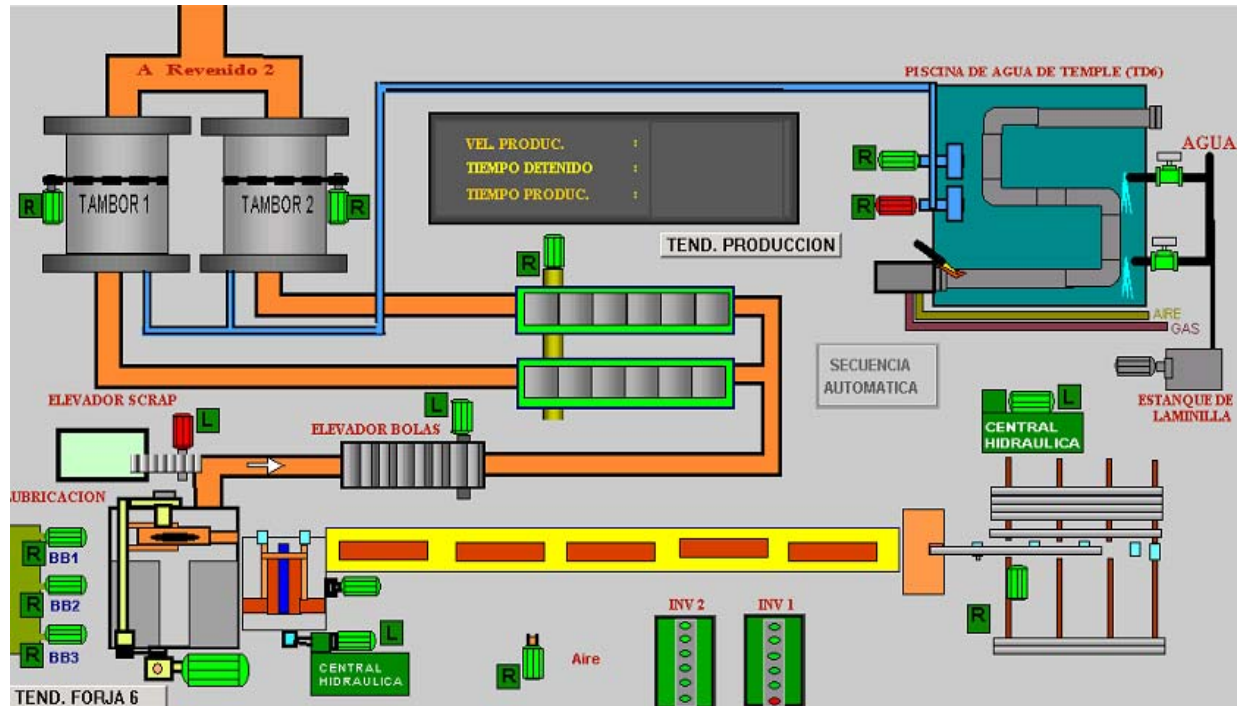


Figura 4.3: Esquema Del Proceso Productivo

4.8 Análisis De Los Tiempos De Detención De La Línea De Producción Forja 6.

La determinación del tiempo neto operacional para la línea Forja 6, se logra por medio de la **diferencia de tiempos** entre el **Tiempo Neto Disponible Para Producir y el Tiempo de Fallas No Programadas**.

Este último, se obtiene mediante el registro que realizan los jefes de turnos en las bitácoras, en donde se describen las causas de las fallas que han afectado al normal funcionamiento de la línea de producción y la duración de tiempo de éstas. Los encargados de la Planificación de la producción, han establecido sistemas característicos a los cuales se le asocian las fallas no programadas más recurrentes de la línea de producción Forja 6, esto para un mejor manejo de la información de la eficiencia de Tiempo de la línea en operación.

Los sistemas asociados a las causas de falla son:

- Carro de Corte y Cuchillo
- Eje Seccionado
- Cosmética y Ajuste
- Refrigeración
- Mesa de Carga
- Rodillo de Alimentación
- Bobina
- Block
- Estampa Móvil
- Eje Cigüeñal
- Sistema Motriz
- Dedo
- Stop Gauge (Retenedor de Barras)
- Elevador de Bolas
- Sistema Hidráulico
- Fuente de Poder
- Fuente Eléctrica
- Mesa de Enfriamiento

- Tambor de Temple
- Piscina de Agua de Temple
- Chutes Distribución.

Estos sistemas definidos por la empresa se denominarán “Sistemas Actuales”. Estos últimos se pueden relacionar con los sistemas principales y secundarios propuestos y que fueron definidos en la sección 4.7 (Tabla 4.4), quedando de la siguiente forma:

Sistemas Actuales	Sistemas Propuestos
Refrigeración	Torres de enfriamiento
Tambor de temple	Tambor de Temple 1 y 2
Carro de corte y cuchillo	Sistema de Corte y estampa
Cosmética y ajustes	Sistema de Corte y estampa
Eje seccionado	Sistema de Corte y estampa
Block	Sistema de Corte y estampa
Estampa móvil	Sistema de Corte y estampa
Eje cigüeñal	Sistema de Corte y estampa
Dedo	Sistema de Corte y estampa
Rod alimentación	Rodillos de alimentación
Piscina agua temple	Piscina Agua Temple
Mesa enfriamiento	Mesa de Enfriamiento
Bobinas	Mesa de Bobinas
Mesa de carga	Mesa de Alimentación
Stop gauge	Mesa de Alimentación
Elevador de bolas	Elevador de Bolas
Sistema motriz	De todos los sistemas
F Eléctrica	De todos los sistemas
F poder	De todos los sistemas
Chutes distribución	De todos los sistemas
Sist. Hidráulico	Central hidra. Mesa de alimentación y Central hidra. Rod. Alimentación

Tabla 4.5 Relación Entre Sistemas Actuales Y Los Sistemas Propuestos

A continuación se representa de manera grafica los Sistemas Actuales causantes de fallas v/s el tiempo de detención por fallas no programadas en horas durante los años 2001, 2002 y 2003.

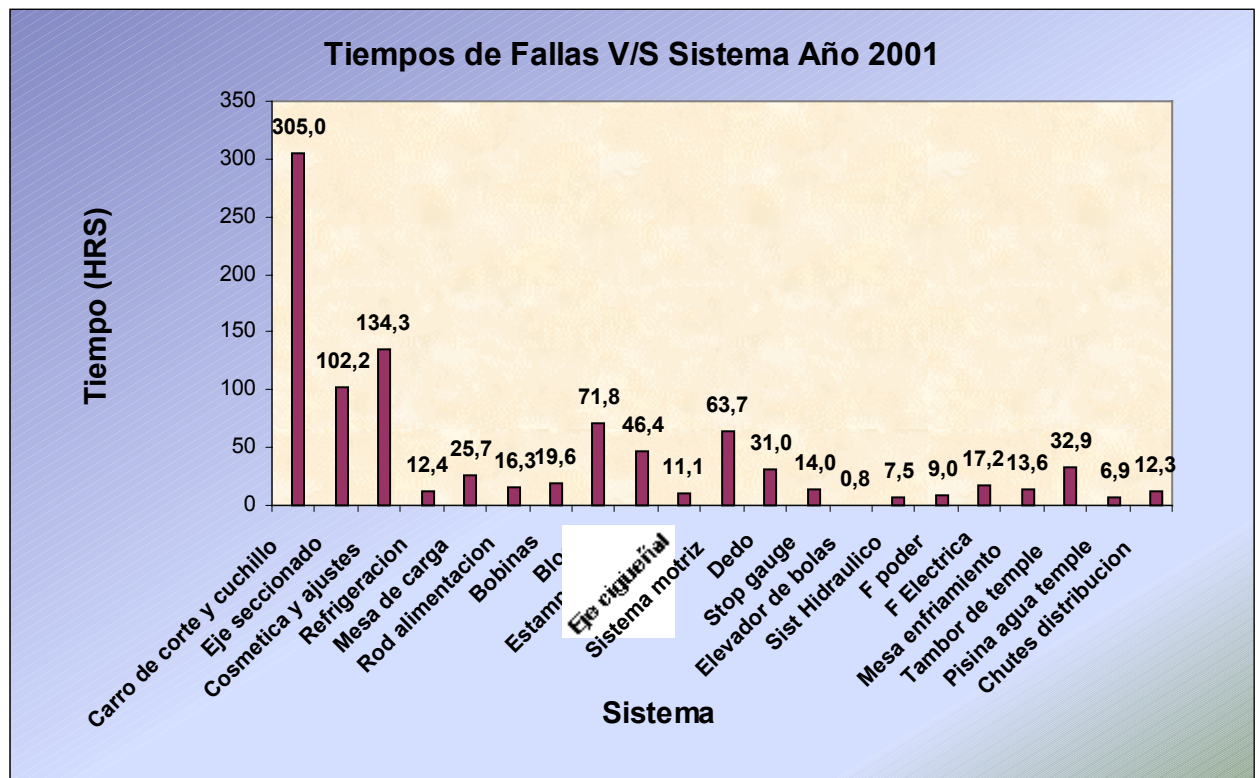


Gráfico 4.1: Tiempos de Falla v/s Sistema Año 2001

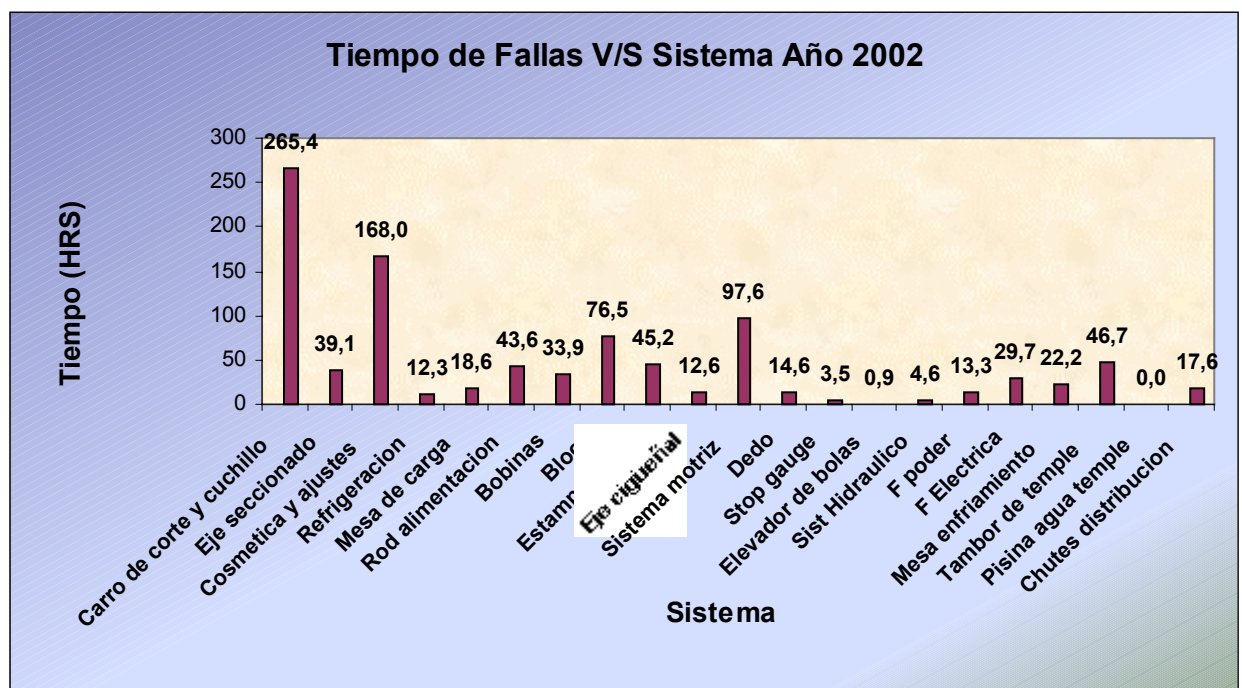


Gráfico 4.2: Tiempos de Falla v/s Sistema Año 2002

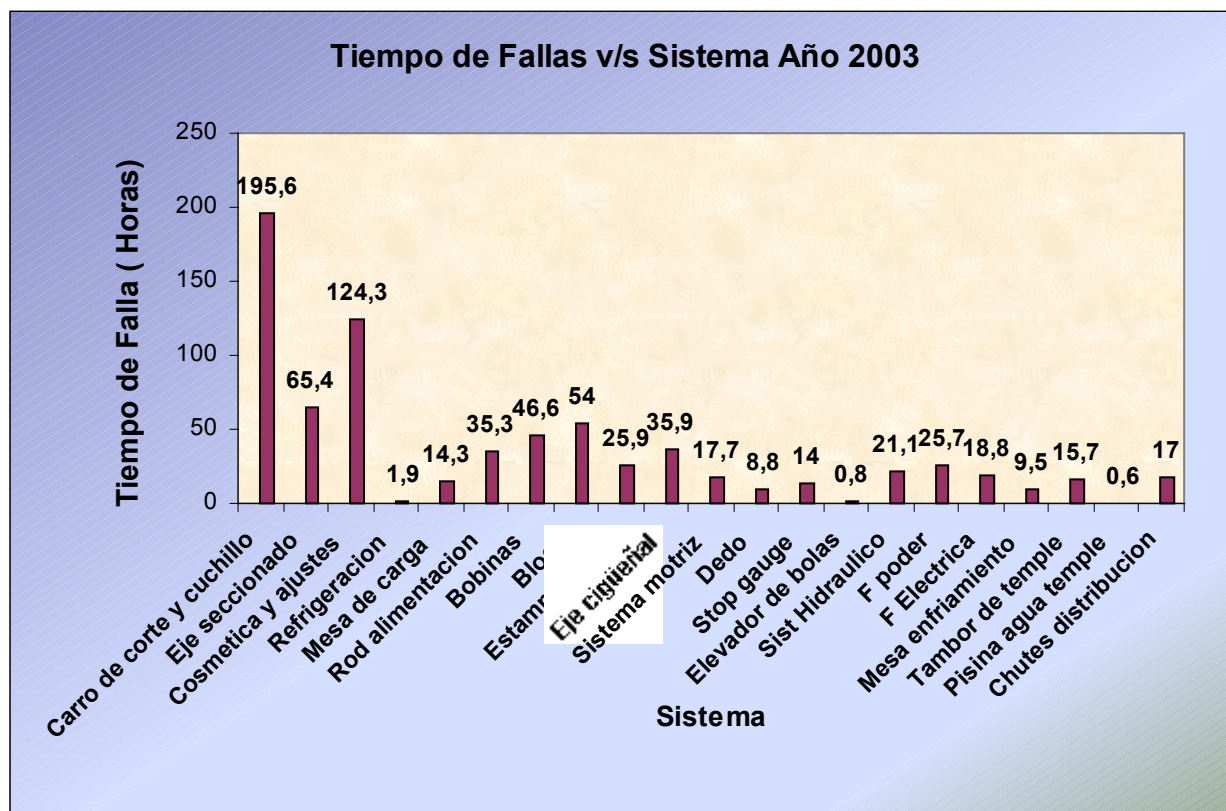


Gráfico 4.3: Tiempos de Falla v/s Sistema Año 2003

A continuación, se presentan los tiempos totales acumulados de los tres años 2001, 2002 y 2003 de detención por fallas no programadas (Tabla 4.6) de los “Sistemas Actuales” asociados a la línea de producción Forja 6.

Sistemas Actuales	Tiempos De Detención Acumulas Totales (Hrs)
Carro de corte y cuchillo	766
Cosmética y ajustes	426,6
Eje seccionado	206,7
Block	202,3
Sistema motriz	179
Estampa móvil	117,5
Bobinas	100,1
Tambor de temple	95,3
Rod alimentación	95,2
F Eléctrica	65,7
Eje cigüeñal	59,6
Mesa de carga	58,6
Dedo	54,4
F poder	48
Chutes distribución	46,9
Mesa enfriamiento	45,3
Sist. Hidráulico	33,2
Stop gauge	31,5
Refrigeración	26,6
Piscina agua temple	7,5
Elevador de bolas	2,5

Tabla 4.6: Tiempo De Detención Por Sistemas Actuales Forja 6

Cabe hacer notar, que los Sistemas Actuales definidos por la empresa, a los cuales se les designa como causantes de los tiempos de detención de la línea, sólo pueden dar una información general, ya que por ejemplo, cuando se habla que el Sistema Motriz provocó un tiempo de detención de la línea durante los tres años de 179 hrs., se refiere a que todos los sistemas motrices de la línea en conjunto dieron tal resultado, sin permitir un análisis mayor de algún equipo en particular que haya tenido mayor incidencia en los tiempos de detención.

Estos datos serán analizados con el fin de identificar los problemas más importantes, desde el punto de vista de la mantención, con el propósito de llegar a determinar las acciones de mejoramiento correspondiente. Este análisis se realizará mediante el Diagrama de Pareto que a continuación se describe.

4.8.1 Diagrama De Pareto Para Los Sistemas Que Conforman La Línea De Producción Forja 6.

De acuerdo a los “sistemas actuales” y teniendo en cuenta las detenciones de tiempos, ocasionadas por fallas no programadas en la línea de producción Forja 6 mediante los registros de bitácoras, entonces ahora se debe realizar un análisis que nos permita visualizar los reales problemas que son de mayor impacto en la línea, con el fin de obtener un uso más efectivo de los recursos disponibles.

Para ésto, se utiliza el Diagrama de Pareto, el cual permite clasificar las detenciones de tiempos por fallas no programadas en orden decreciente, que presentan cada uno de los “sistemas actuales” relevante de la línea, para luego graficar los tiempos por fallas no programadas acumuladas v/s los sistemas relevantes de la línea Forja 6 definidos por la empresa.

La idea anterior contiene el llamado principio de Pareto, este es “Pocos Vitales y Muchos Triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos, en nuestro caso sistemas, generan la mayor parte del efecto, para nuestro caso Tiempos de Detención por Fallas no Programadas, y el resto de los sistemas generan muy poco del efecto total. Por lo cual, podemos darnos cuenta que como en toda organización, de la totalidad de los problemas, solo unos pocos son realmente importantes. Es por esto, la relevancia del Diagrama de Pareto, para detectar los problemas de mayor significación que se están produciendo en la línea, y así poder identificarlos.

A continuación se presenta el Diagrama de Pareto (Ver Gráfico 4.4):

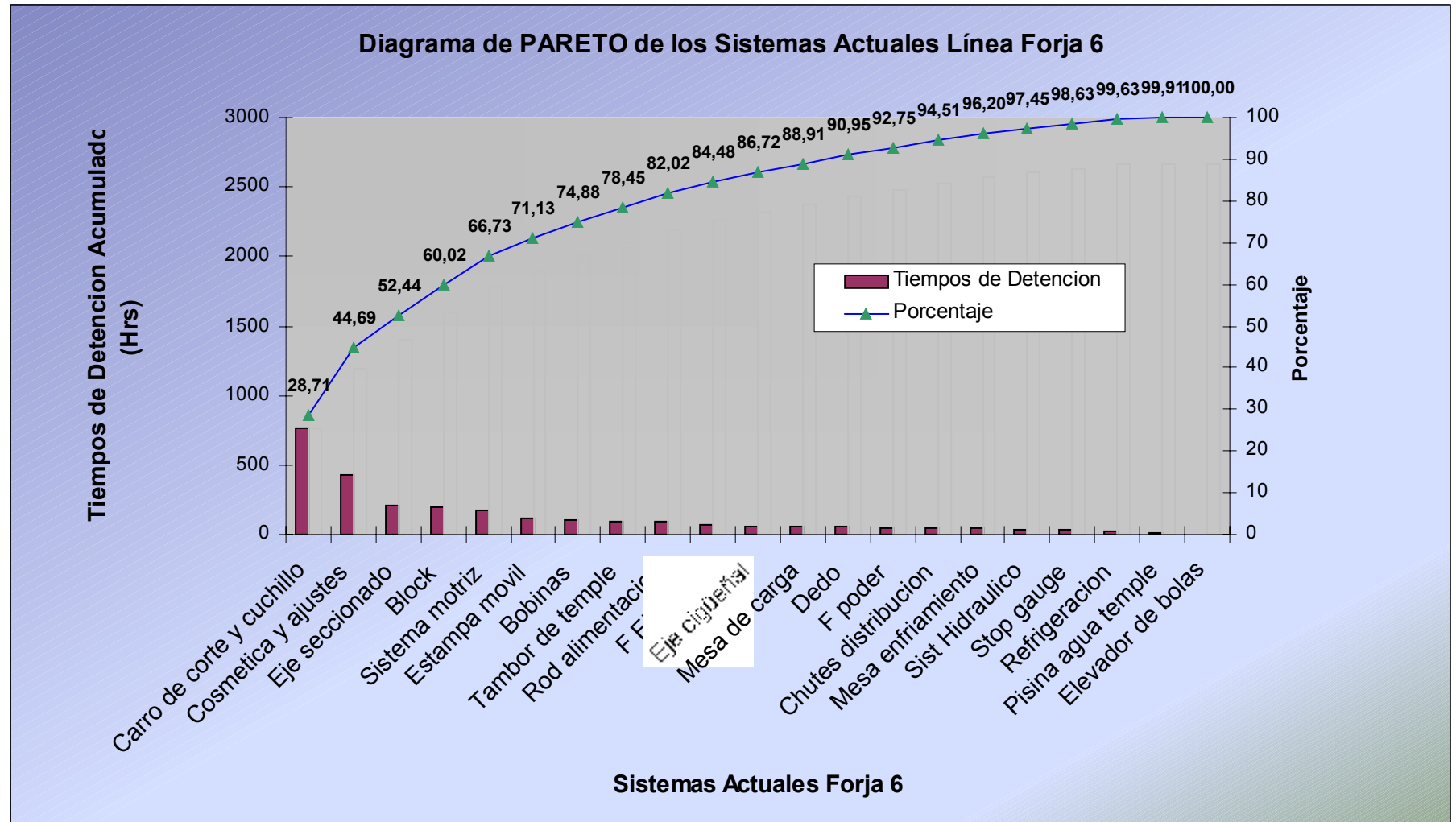


Gráfico 4.4: Diagrama De Pareto Para Los Sistemas Actuales Línea Forja 6

4.8.2 Análisis Del Diagrama De Pareto

Del Diagrama de Pareto se establece que aproximadamente el 28% de los sistemas Actuales involucrados de la línea de Forja 6 (Carro de Corte y cuchillo, Cosmética y ajustes, Eje seccionado, Block, Sistema motriz y Estampa móvil), presentan alrededor de un 70% de los tiempos de detención por fallas no programadas, en tanto que el 72% restante de los sistemas, sólo representan alrededor de un 30% de los tiempos de detención por fallas no programadas.

Los sistemas Actuales antes señalados, a excepción del sistema motriz, como ya se mencionó en la tabla 4.5, pertenecen al sistema de corte y estampa, ver tabla 4.7.

Sistemas Actuales	Sistemas Propuestos
Carro De Corte Y Cuchillo	Sistema De Corte Y Estampa
Cosmética Y Ajuste	Sistema De Corte Y Estampa
Eje Seccionado	Sistema De Corte Y Estampa
Block	Sistema De Corte Y Estampa
Estampa Móvil	Sistema De Corte Y Estampa
Sistema Motriz.	Todos Los Sistemas

Tabla 4. 7: Sistema Actuales De Mayor Importancia Asociado A Los Sistemas Propuestos

Las fallas pueden ser básicamente por, mantención u operación, las cuales quedan establecidas en la siguiente tabla:

Sistema Actuales	Tipo De Falla	Causa De Falla
Carro De Corte Y Cuchillo	Operación	Desgaste De Repuestos
Cosmética Y Ajustes	Operación	Desgaste De Repuestos
Eje Seccionado	Operación	Desgaste por impactos (vibraciones)
Block	Operación	Desgaste De Repuestos
Sistema Motriz	Operación / mantención	Desgaste de repuestos / falta de mantención
Estampa Móvil	Operación	Desgaste De Repuestos

Tabla 4.8: Tipo Y Causa De Fallas Asociados A Los Sistemas Actuales

Para su mejor detalle, a continuación se presentan las tendencias de los tres últimos años de los “Sistemas Actuales” causantes de fallas, que presentan los mayores tiempos de Detenciones por Fallas No Programadas, los cuales se obtuvieron del Diagrama de Pareto.

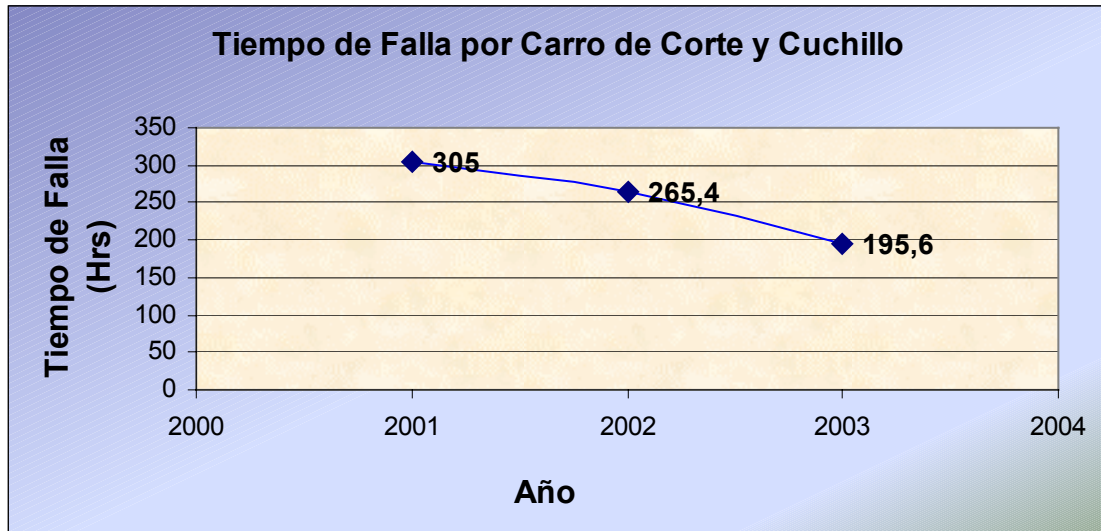


Gráfico 4.5: Tiempo De Falla Por Carro De Corte Y Cuchillo V/S Año

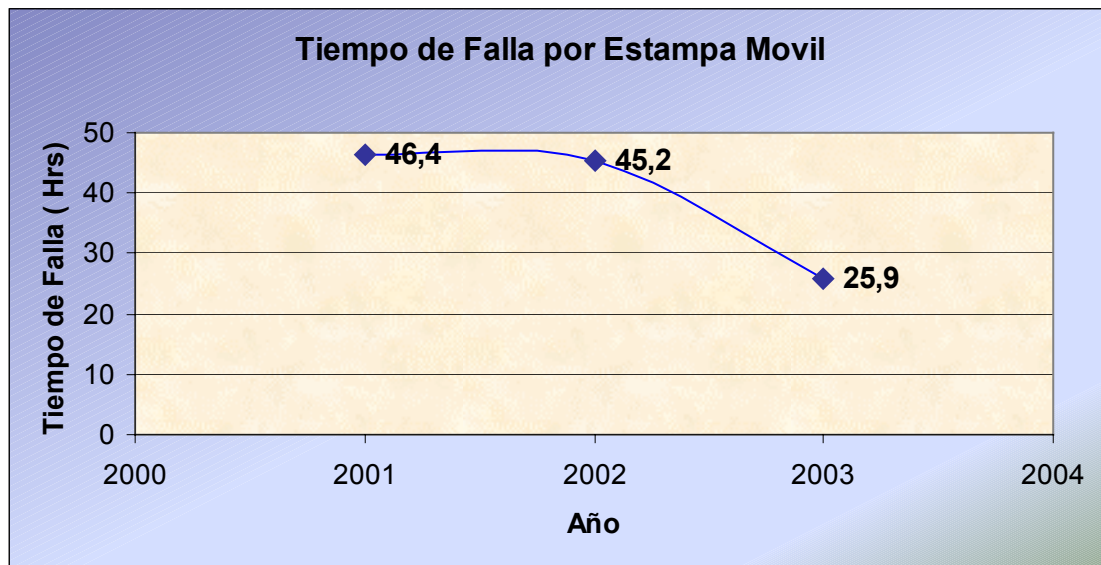


Gráfico 4.6: Tiempo De Falla Por Estampa Móvil v/s Año

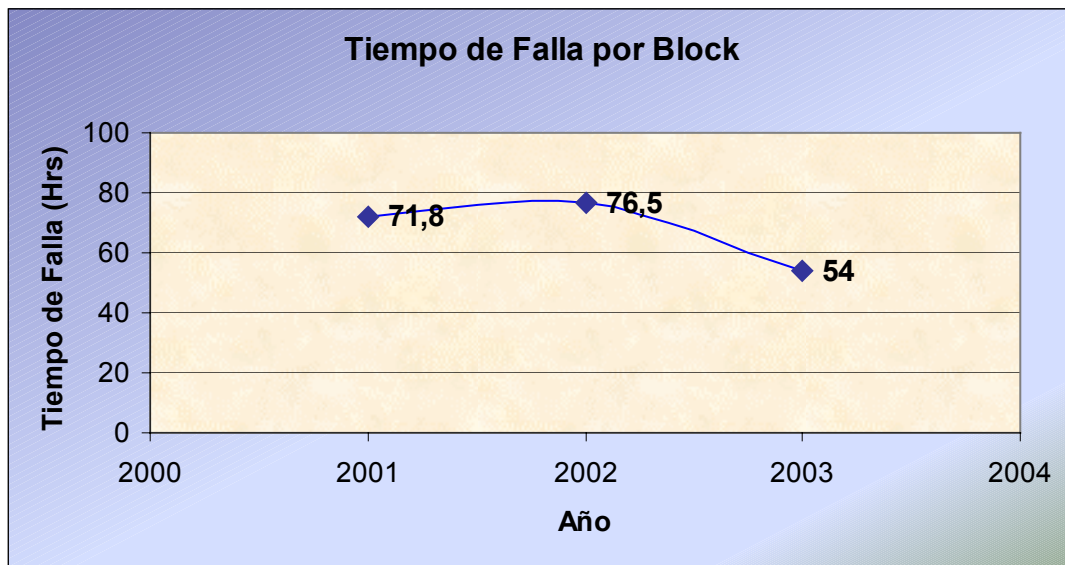


Gráfico 4.7: Tiempo De Falla Por Block V/S Año

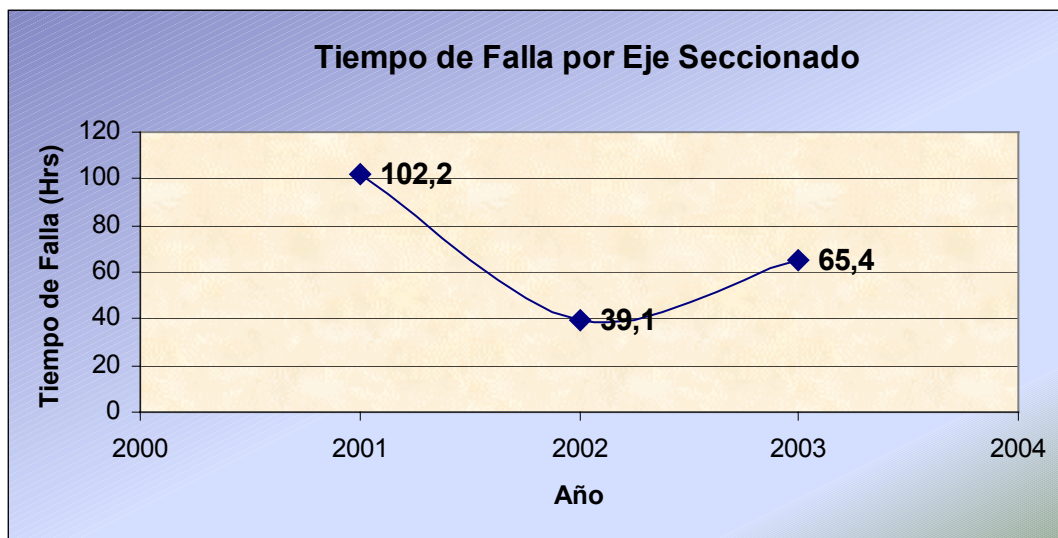


Gráfico 4.8: Tiempo De Falla Por Eje Seccionado V/S Año

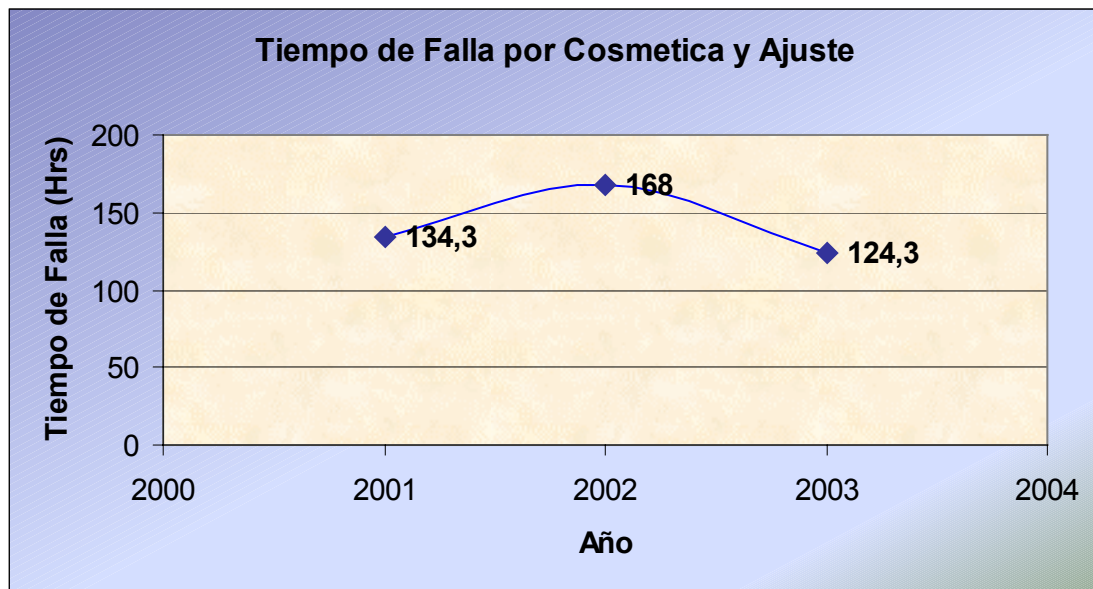


Gráfico 4.9: Tiempo De Falla Por Cosmética Y Ajuste V/S Año

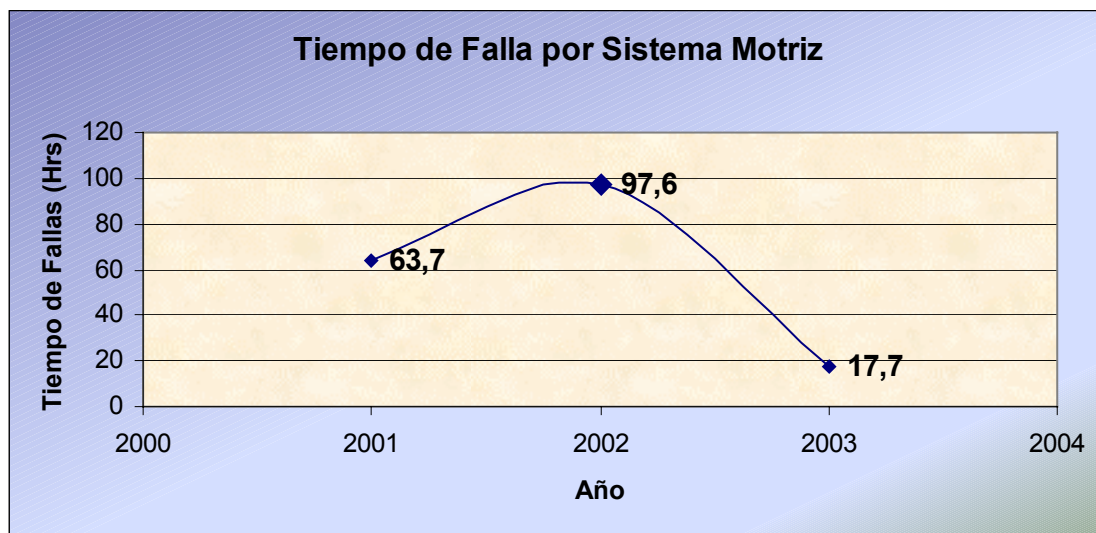


Gráfico 4.10: Tiempo De Falla Por Sistema Motriz V/S Año

De los gráficos anteriores, se puede señalar que el Carro de Corte y Cuchillo (Gráfico 4.5), la Estampa Móvil (Gráfico 4.6) y el Block (Gráfico 4.7), que son las partes que dan forma a la bola, han experimentado una tendencia a la baja en sus tiempos de fallas no programadas, debido principalmente a que los operarios, por medio de la experiencia, lograron determinar el tiempo de duración de estos componentes según sus condiciones de operación.

Los operarios lograron determinar que la duración de los Block y la Estampa Móvil era menor a 24 horas, por lo cual, sobrepasado ese tiempo se procede a cambiar esos repuestos, evitando de esta forma que produzca bola defectuosa. Algo similar ocurre con los Cuchillos, los cuales se cambian cada tres días, estos repuestos son fabricados en la maestranza de la planta y se mantiene un stock permanente de modo de evitar contratiempos en el momento de la reposición.

En relación con los tiempos de fallas no programadas, por Eje Seccionado (Gráfico 4.8) y por Cosmética y Ajustes (Gráfico 4.9), se puede observar que ambos tipos de fallas, van a depender en mayor medida de las condiciones de operación de la línea, como por ejemplo, el número de golpes por minuto, el tipo de barra utilizada y los cambios de medida producidos en la línea. Una de las causales de las fallas en el Eje Seccionado es, la magnitud de los impactos para conformar la bola, lo cual produce vibraciones que se traducen en fatiga de material.

Por último, los tiempos de falla por Sistema Motriz (Gráfico 4.10), han experimentado una baja, ésto puede ser producto de la efectividad de la mantención y por una adecuada condición de operación de los equipos.

Para poder tener un análisis más detallado, se recomienda realizar un análisis de fallas, en la cual, se puedan establecer de manera más certera las causas y poder tomar medidas correctivas. Esto se lograría de manera más confiable mediante Informes de Fallas, los cuales deben ser diseñados de modo de obtener la mayor información posible.

4.9 Análisis De Costos Del Departamento De Mantención.

4.9.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo analizar, desde un punto de vista general, los costos relacionados con el mantenimiento, como por ejemplo, los costos en repuestos provenientes de bodega, costos en materiales por cargo directo, costos de mantenimiento anual por línea. Todo esto, con la finalidad de analizar el comportamiento de los costos de mantenimiento de la línea “Forja 6” en relación con las otras líneas de producción de la planta.

La finalidad de analizar los costos es, visualizar en qué aspectos de la mantención se debe dar mayor énfasis cuando éstos aumentan de manera considerable en relación con los costos programados, es decir, resaltar aquellos factores que tienen los mayores costos en mantención

Los costos de Mantención son de vital importancia en toda empresa productiva, por lo cual se debe tener en cuenta los factores que inciden en la determinación de estos costos, como son los recursos empleados en esta área, horas – hombre, materiales utilizados, etc.

A continuación, se realiza un análisis de los costos que están involucrados en la línea de producción Forja 6, además de realizar una estimación de los costos por no producir en esta línea.

4.9.2 Costos De Mantención.

Es de vital importancia conocer los aspectos relevantes dentro de una estructura de costos, ya que como en cualquier área de una empresa, el conocimiento de los costos ayuda a lograr una retroalimentación entre lo que se estima y lo realizado realmente, generando una búsqueda constante en soluciones que contribuyan a la disminución de los costos.

Los costos de mantención se generan, a partir de una intervención que se realiza a los equipos involucrados en la línea para su óptimo funcionamiento, ya sea tanto, en su reparación como en su inspección.

Los Costos de Mantenimiento en MolyCop Chile S.A. se dividen de la siguiente manera.

- **Materiales Propios:** Son aquellos materiales de uso exclusivo de la empresa, los cuales se utilizan al momento de llevar a cabo una reparación o mantenimiento.
- **Mano de obra Propia de Mantenimiento:** Son los costos asociados a las personas que trabajan en maestranza, en donde su labor es la reparación y fabricación de piezas.
- **Mano de obra de terceros en Mantenimiento:** Son los costos de mano de obra de personal externo a la empresa, los cuales realizan algún tipo de mantenimiento específica.
- **Costos de fallas Propias del Mantenimiento (No programadas):** Son los costos asociados a una falla no programada, lo cual radica en un costo de no producir por parte de la línea.

El aumento de los costos de mantenimiento puede ser producido por los siguientes aspectos:

- Mayor gasto de mantenimiento por envejecimiento de los equipos.
- Incremento sostenido del nivel de producción.
- Trabajo realizado de manera errónea o ineficiente.
- Decisiones incorrectas relativas a la organización y planificación del mantenimiento.

De los factores mencionados anteriormente, los primero dos resultan determinantes en los gastos del departamento de mantenimiento, ya que al haber un incremento sostenido en la producción provoca un desgaste más acelerado de los equipos y se hace más costoso mantenerlos operativos, debido a que un grado mayor de utilización provoca cadena de reacciones como: mayor desgaste y en consecuencia mayor consumo de repuestos, mayor frecuencia de mantenimiento, mayor utilización de mano de obra, etc.

4.9.3 Costos Actuales de Mantenimiento en MolyCop Chile S.A.

Los costos actuales de mantención en MolyCop Chile S.A., representan el 1% de los costos totales de la empresa. A la vez, los costos de mantención representan alrededor del 10 % de los costos de operaciones. Con respecto a los porcentajes entregados por el departamento de planificación de producción de la empresa, y compararlos con los márgenes teóricos (2% de los costos totales y 31% de los costos de operación) podemos señalar que los costos de mantención de MolyCop Chile S.A. no sobrepasan las referencias teóricas.

Actualmente, la distribución de los costos de mantenimiento se encuentra dado por los centros de costos, los cuales se representan gráficamente a continuación para el año 2003:

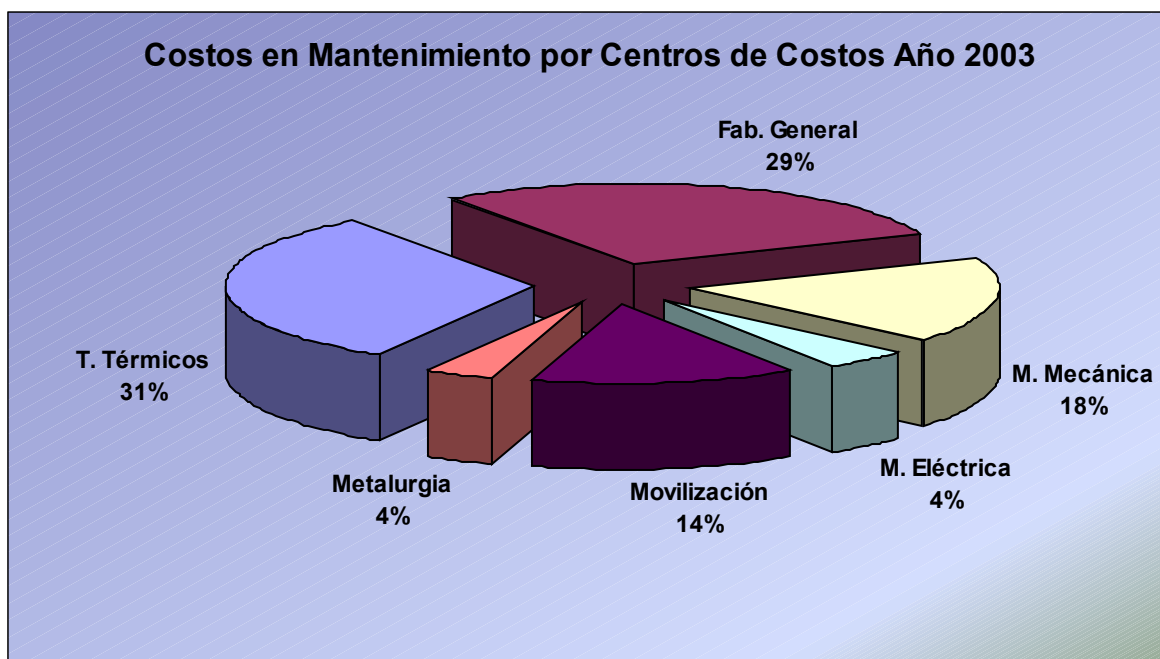


Gráfico 4.11: Costos En Mantenimiento Por Centros De Costos

- Como se puede observar, los costos en mantenimiento más representativos pertenecen a fabricación general, el cual incluye entre otros aspectos, el abastecimiento de materiales en bodega.
- En cuanto a los costos pertenecientes tanto a mantención mecánica y eléctrica, se puede observar que los costos más elevados pertenecen a mantención mecánica con un 18% de los costos en mantención, en tanto que mantención eléctrica posee solo un 4% de los costos en mantención.

4.9.3.1 Costos Asociados A La Forja 6.

Para conocer de manera más detallada el comportamiento de los costos en mantención de la Forja 6, durante los periodos 2002 y 2003 en función de los aspectos más relevantes considerados por la empresa, se presentan los siguientes gráficos con los costos unitarios anuales en mantención.

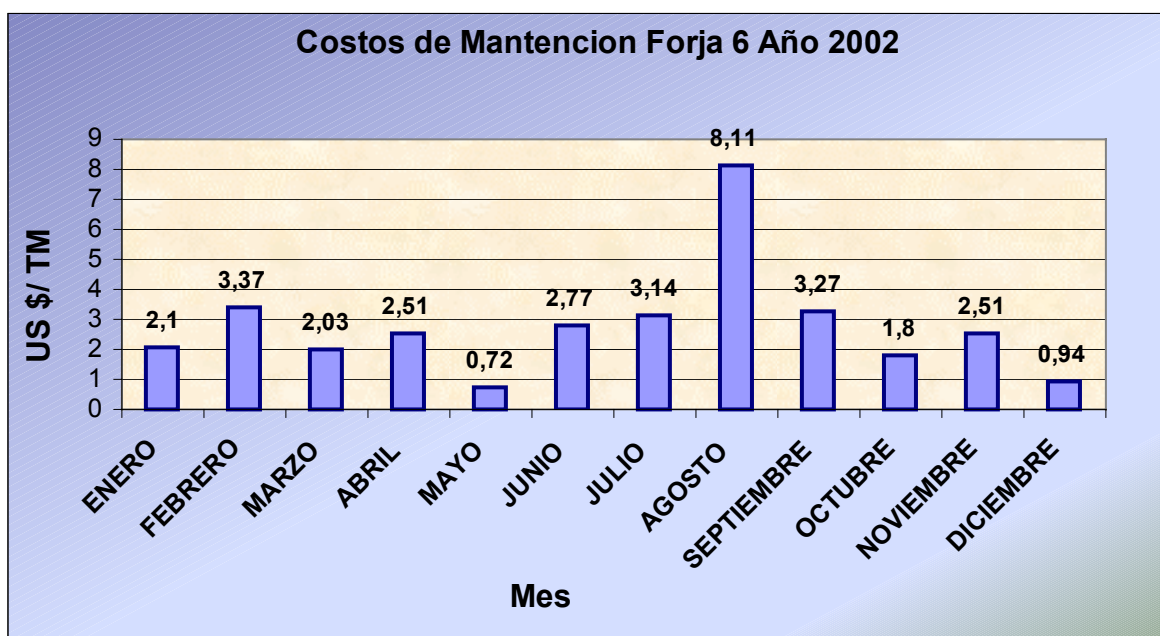


Gráfico 4.12: Costos De Mantención Forja 6

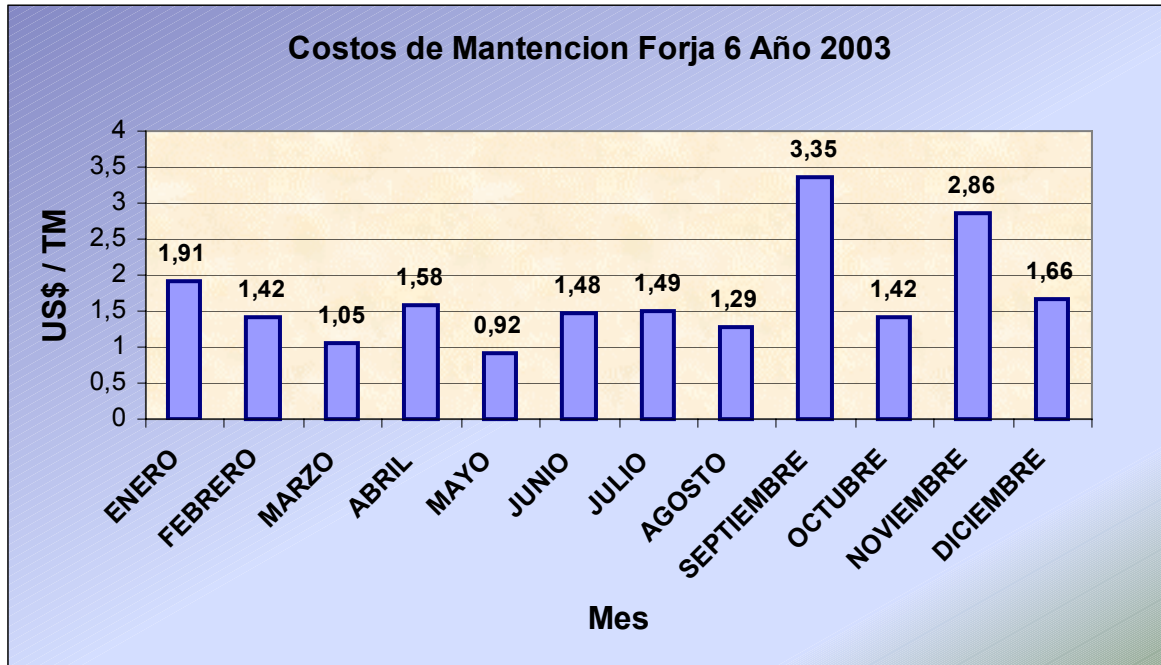


Gráfico 4.13: Costos De Mantención Forja 6

Para obtener una idea mas acabada de los costos unitarios, se grafica de manera comparativa ambos periodos, obteniendo la siguiente grafica.



Gráfico 4.14: Tendencia De Costos De Mantención Forja 6

Si comparamos los costos unitarios de mantención para la línea Forja 6, durante los periodos 2002 y 2003, podemos observar que la reducción de éste durante el último período ha sido significativa, viéndose reflejado en un indicador de Tasa de Reducción, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Tasa de reducción de los Costos de Mantención (US\$ / TM)} = 1 - (\text{Costos Totales en Mantención en el periodo i}) / (\text{Costos Totales en Mantención en el periodo i-1}),$$

En donde:

- Tasa de Reducción de Costos de Mantención = 0.386
- Con respecto a lo anterior, podemos señalar además, que el porcentaje de reducción de los costos en mantención entre el año 2002 y 2003 es del orden de un 38.6%.
- La reducción en los costos de mantenimiento de la Forja 6, se debió a que en el año 2002 se produjo una falla en el motor eléctrico (equipo crítico) del sistema motriz de la máquina de Forja, lo cual provocó un aumento considerable en los costos de mantenimiento para dicho año.

Sin embargo, producto de la reducción de los costos unitarios entre el año 2002 y 2003, se debe realizar una comparación de los costos de la línea Forja 6 de manera comparativa, con las restantes líneas de producción, con el fin de tener una idea mas completa en cuanto a los costos de mantención de las líneas.

A continuación, se presenta en forma gráfica los costos unitarios en mantención durante el año 2003 obtenidos por las tres líneas de producción en funcionamiento.

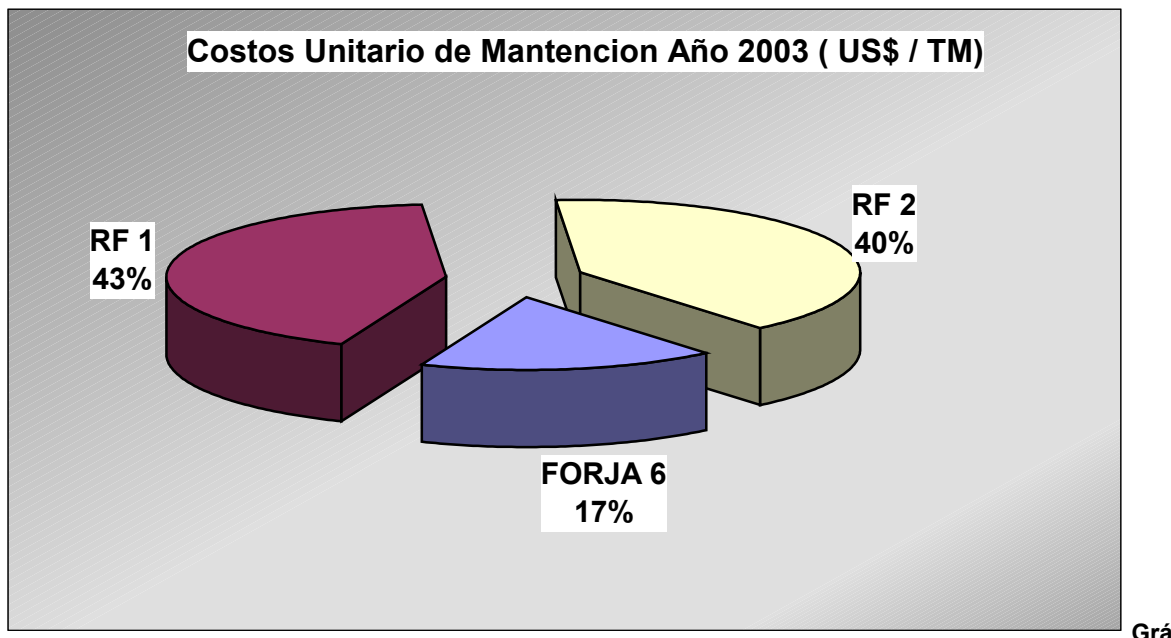


Gráfico 4.15: Proporción De Costos En Mantención Por Línea De Producción

Como se puede observar, la línea Forja 6 obtiene un 17 % de los costos de mantenimiento totales de las líneas de producción, ubicándose muy por debajo de las otras dos líneas (Roll Former 1 y Roll Former 2).

Con el fin de seguir con el análisis de los costos de mantención, que le competen a la línea Forja 6, es necesario destacar aquellos aspectos, considerados como relevantes por la empresa, en la estimación de los costos de mantención de la línea, siendo uno de éstos aspectos los asociados a la compra de materiales demandados por la línea para reparación o mantención, para su óptimo funcionamiento.

Se debe señalar que la demanda de repuestos por una línea puede ser abastecida de dos maneras:

1° A través de Cargo Directo (C.D), es decir, se realiza la cotización y/o compra de repuesto a proveedores externos, pudiendo ser éstos nacionales o extranjeros.

2° A través de Bodega, es decir, se mantiene un stock óptimo de repuestos, que aseguren en cierta medida, la disponibilidad de los equipos de producción.

De esta forma, para analizar los costos en repuestos y/o materiales según los procedimientos de abastecimiento descritos anteriormente, se presentan los

costos asociados a la demanda de repuestos en Bodega por cada una de las líneas durante los periodos 2002 y 2003.

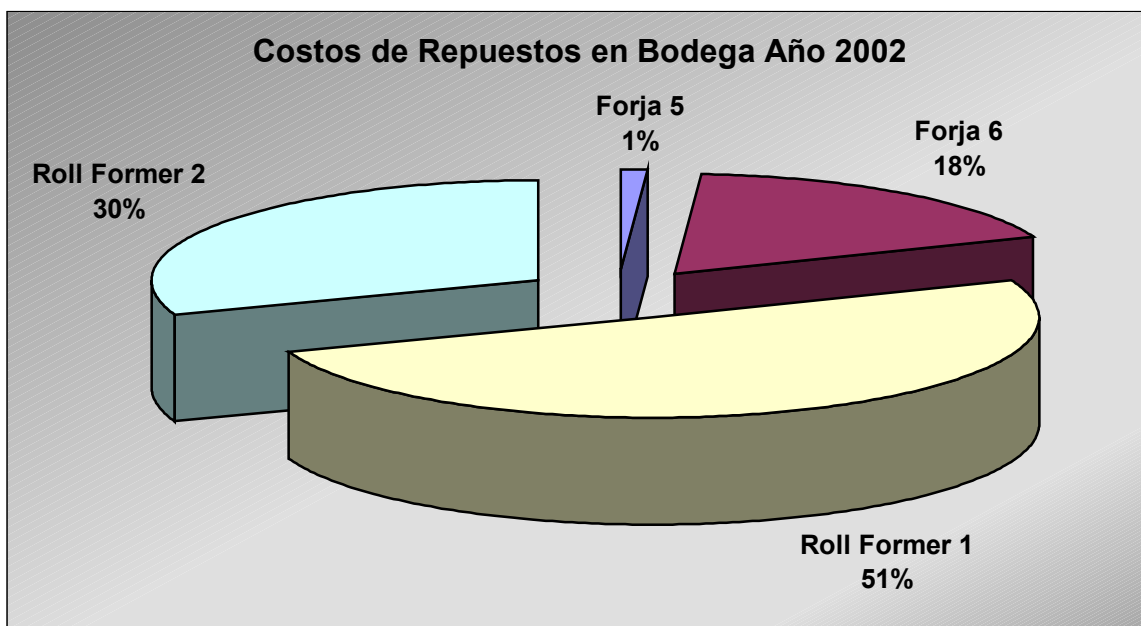


Gráfico 4.16: Proporción De Costos De Repuestos En Bodega Por Línea De Producción

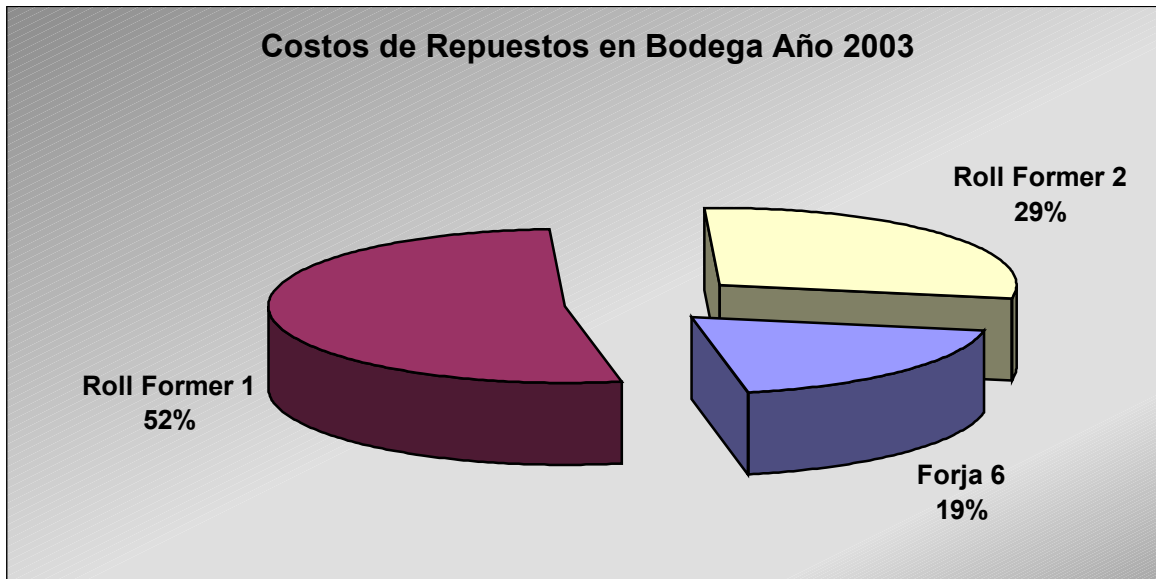


Gráfico 4.17: Proporción De Costos De Repuestos En Bodega Por Línea De Producción

- Como se puede observar, los porcentajes de costos de inventario de repuestos en bodega utilizados por la Forja 6 en relación con el inventario total durante los periodos 2002 y 2003, son relativamente similares entre un periodo a otro.
- Se puede observar que, los costos de repuestos en bodega utilizados en la Forja 6, son significativamente menores que los costos en repuestos en bodega utilizados por las otras líneas de producción. En donde, la línea de producción Roll Former 1, es la que presenta los mayores costos en repuestos en bodega en ambos periodos.

Con el fin de comparar los costos en repuestos, tanto en bodega como por cargo directo, a continuación se presentan los costos en repuestos por cargo directo de cada una de las líneas de producción durante los periodos 2002 y 2003.

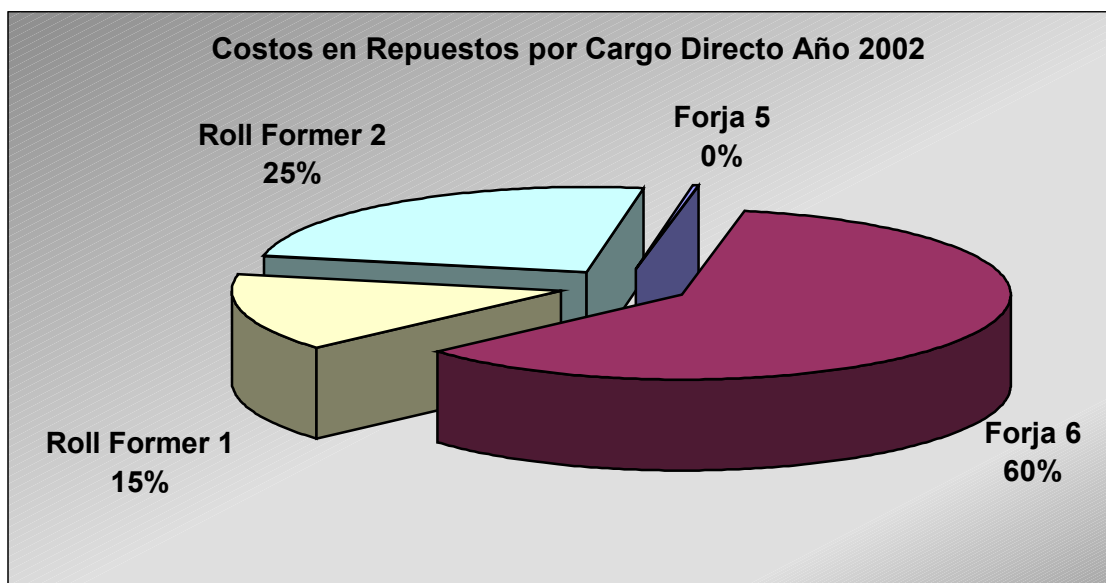


Gráfico 4.18: Proporción De Costos De Repuestos Por Cargo Directo Por Línea De Producción

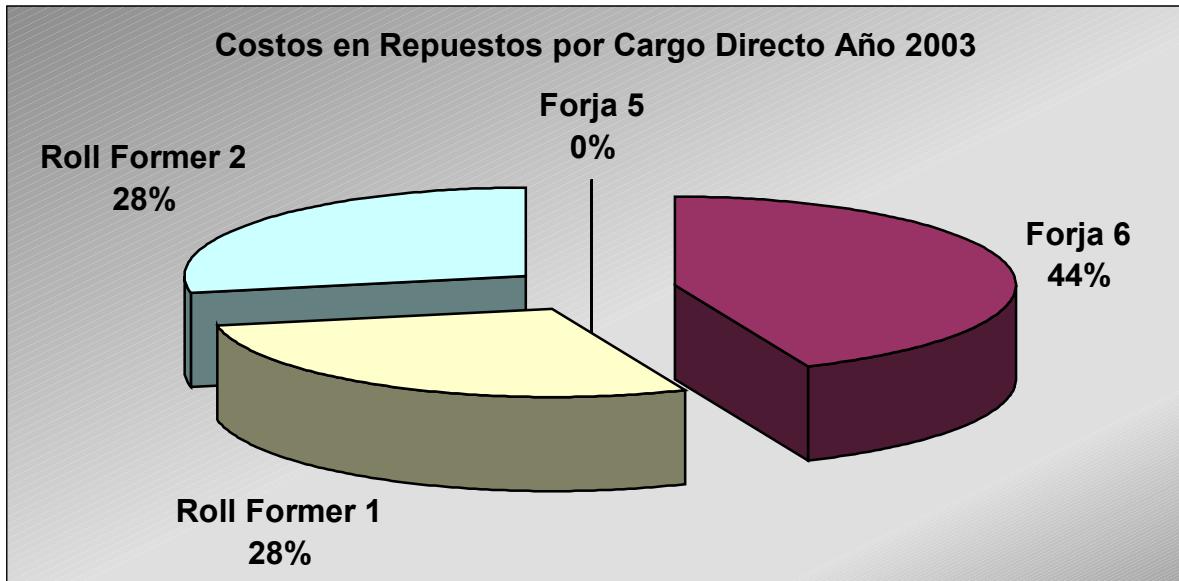


Gráfico 4.19: Proporción De Costos De Repuestos Por Cargo Directo Por Línea De Producción

- Como se puede observar, los costos de repuestos mediante cargo directo utilizados por la Forja 6, en relación con el costo total de repuestos utilizados por las otras líneas, es significativamente mayor, en donde se observa que durante el año 2002, la Forja 6 obtiene el 60% de los costos en repuestos por C.D y durante el año 2003 el 44% de éstos.
- Además, se puede señalar que, los costos en repuestos más significativos para la línea Forja 6, son aquellos costos por cargo directo. Esto debido a la naturaleza compleja de varios repuestos de la Forja.

4.9.4 Estimación De Los Costos Por Fallas No Programadas.

La línea de Producción Forja 6, representa el 47% de la producción total de la planta, es por eso que se hace tan prioritaria la necesidad de velar por su continuo funcionamiento. Se puede señalar que, la Forja 6 produce 480 toneladas métricas diariamente, a capacidad promedio, sujeto a la medida de diámetro de la bola a producir.

El departamento de planificación, estima que las pérdidas asociadas a no producir por esta línea, se obtienen mediante el total de los tiempos de detenciones por fallas no programadas, el cual se multiplica por el precio del producto y la productividad, en donde se obtienen los US\$/ Año por concepto de no producir. Cabe señalar que estos valores son información confidencial de la empresa.

El objetivo de minimizar estos costos, es de gran relevancia para el departamento de mantención, lo cual se hará más fácil mediante un Sistema de Gestión de Mantenimiento adecuado, creando para ello planes de mantención que ayuden a evitar imprevistos, y por ende, disminuir los costos asociados a fallas no programadas por la línea y analizar cuáles son las fallas más repetitivas para así poder mejorar y disminuir estos costos.

CAPITULO 5. PROPOSICIONES DE MEJORAS PARA UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENCIÓN

5.1 Introducción

La gestión de mantención tiene dos objetivos claros, por un lado la reducción de los costos asociados a la mantención y por otro, el aumento de la disponibilidad de la planta industrial.

El presente capítulo, consiste en proponer mejoras para poder implementar un sistema de gestión de mantenimiento, el cual permita llevar un control ordenado de los recursos con que cuenta el departamento de mantención.

En primer término, se describe el procedimiento para el establecimiento de áreas dentro de la línea en estudio. Posteriormente, se procede a establecer ubicaciones técnicas a los sistemas de mayor relevancia que se encuentran en dichas áreas.

Luego, se determina los equipos críticos de la Forja 6, mediante el método ABC, tomando en cuenta aquellos equipos que representan un mayor valor económico y, a la vez, que sean de vital importancia para el funcionamiento de la línea, es decir, los activos fijos.

Para finalizar se da a conocer a conocer las bases para la implementación de un sistema de orden de trabajo.

5.2 Establecimiento De Áreas Y Ubicaciones Técnicas.

Una ubicación técnica representa, un espacio físico en el cual se encuentran en operación equipos y repuestos los cuales representan, por un lado, un valor para la organización, por concepto de mantener, y que es importante de evaluar desde el punto de vista económico, por otro lado, desde el punto de vista productivo, es el que permite evaluar la disponibilidad que ha tenido para poder producir, en lo que tiene relación con los recursos humanos y técnicos invertidos en aquella ubicación.

Esta forma de evaluar los equipos permite, llevar un control del consumo de repuestos asociados a la ubicación técnica y el costo de aumentar la vida útil de un equipo. Lo anterior, permite poseer una herramienta que permita la toma de decisiones, por ejemplo, del período de reemplazo de equipos o del análisis de alternativas de equipos de valor económico, que cumpla la misma función de un modo más barato (análisis de Ingeniería).

También, permitirá analizar y planificar los recursos humanos y técnicos (HH, cantidad de personal, herramientas a utilizar, etc.) según la información que se obtenga de las órdenes de trabajo e informes de fallas, que serán analizadas por el planificador de mantenimiento, de modo de diseñar procedimientos que permitan realizar los trabajos de mantención en la forma más adecuada y en el menor tiempo posible, lo que ayuda al objetivo de aumentar la disponibilidad de las líneas.

Todo lo anterior permite evaluar la utilización de los recursos humanos, técnicos y económicos, de modo de tomar acciones de mejoramiento continuo.

A las ubicaciones técnicas se le asigna un código que debe ser impreso en la ubicación física en la cual esté.

En toda organización industrial, existen zonas características de la planta que se diferencian por proceso o ubicación física, a ésta es conveniente definirlas como áreas de la planta, las cuales tendrán un conjunto de ubicaciones técnicas dentro de su espacio físico asignado, lo que permite un ordenamiento mayor de la información de mantención.

5.2.1 Definición De Áreas Asociadas A La Línea Forja 6.

En el análisis realizado de la línea de producción de la Forja 6, se considera dividir por áreas, en donde se asignan ubicaciones técnicas a los equipos que forman parte de esa área.

El objetivo de definir áreas es poseer un control, tanto en los costos como en la planificación de los equipos disponibles en dicha zonas.

El criterio para establecer áreas, es básicamente la definición de ubicación de sistemas que se encuentran comprometidos con la línea de producción Forja 6, pero que a la vez, estos sistemas se diferencian, por un lado, en su ubicación física dentro de la planta y por otro, por su función dentro del proceso.

Por ejemplo; el sistema neumático (sala de compresores) ocupa un área relevante, no sólo para la línea Forja 6, sino también para las restantes líneas de producción, de ahí la importancia de asignar o definir un área.

De la misma forma para la línea de Forja 6 (que va desde la Mesa de Alimentación hasta el Elevador de Bolas), se puede hacer una diferenciación con el proceso de Tratamientos Térmicos Primarios (que va desde la Mesa de Enfriamiento hasta la salida de los Tambores de Temple), ya que por un lado la línea de Forja, produce una transformación de la materia prima en producto semiterminado (de barra a bola forjada), en cambio el proceso de Tratamientos Térmicos Primarios mejora la calidad de las propiedades metalúrgicas del producto, el cual concluye con el tratamiento Térmico final en el Horno Revenido 2. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede definir dos áreas de importancia para la línea.

Por último, el sistema de Torre de Enfriamiento, si bien es cierto, es de importancia para el correcto funcionamiento de la línea de producción Forja 6, físicamente se encuentra ubicada al exterior de la planta, por lo cual se tiene claro que corresponde a un área distinta a las señaladas anteriormente.

De acuerdo a lo anterior se define cuatros áreas de relevancia para línea de producción Forja 6. (**Ver tabla 5.1**)

ÁREA	DEFINICIÓN
01	TORRES DE ENFRIAMIENTO
02	SALA DE COMPRESORES
03	LÍNEA FORJA 6
04	TRATAMIENTOS TÉRMICOS PRIMARIOS

Tabla 5.1: Definición de Áreas

Cada área esta compuesta por sistemas, los cuales se clasifican en sistemas principales y sistemas secundarios (Accionamientos), definidos en el capítulo 4. Con lo cual se establecerá un código que represente a dichos sistemas.

5.2.2 Definición De Códigos A Sistemas Y Equipos Principales

El método utilizado para el establecimiento de códigos, tanto de los sistemas principales como de los sistemas secundarios, considera relacionar al máximo ambos sistemas, de modo de facilitar un análisis posterior, tanto técnica como económicamente, de manera de evaluar en forma más rápida y eficiente que incidencia tienen los distintos dispositivos involucrados en el correcto funcionamiento de los sistemas principales.

El criterio de codificación propuesto, describe el sistema por dígitos que representen a través de las iniciales el nombre del sistema relacionado. En el caso en que exista mas de un sistema de iguales características en la planta, es decir, con el mismo nombre, entonces el tercer dígito será el encargado de diferenciarlo, mediante un número correlativo.

La definición de los códigos de los respectivos sistemas, y sus áreas asignadas, queda establecido en la **Tabla 5.2**:

N°	AREA	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	CÓDIGO SISTEMA	CATEGORÍA
1	01	Torre de Enfriamiento Bobinas 1	TEB1	Sist. Secundario
2	01	Torre de Enfriamiento Bobinas 2	TEB2	Sist. Secundario
3	01	Torre de Enfriamiento Inversores	TEI	Sist. Secundario
4	02	Sistema Neumático	SNN	Sist. Secundario
5	03	Mesa de Alimentación	MA1	Sist. Principal
6	03	Pinch Roll	PR1	Sist. Principal
7	03	Mesa de Bobinas	MB1	Sist. Principal
8	03	Rodillos de Alimentación	RA1	Sist. Principal
9	03	Sistema de Corte y Estampa	CE1	Sist. Principal
10	03	Elevador Scrap	ES1	Sist. Principal
11	03	Elevador de Bolas	EB1	Sist. Principal
12	03	Recuperador de Lubricante	RL1	Sist. Secundario
13	03	Bomba Extractora de Laminilla	BEL	Sist. Secundario
14	04	Mesa de Enfriamiento	ME1	Sist. Principal
15	04	Tambor de Temple 1	TT1	Sist. Principal
16	04	Tambor de Temple 2	TT2	Sist. Principal
17	04	Piscina Agua Temple	PAT	Sist. Secundario

Tabla 5.2: Códigos Asignados A Los Sistemas

A continuación, se define los códigos a los equipos principales, relacionados con los sistemas anteriormente mencionados.

De esta forma, los códigos asociados a los equipos principales se muestran en la **Tabla 5.3**:

EQUIPOS PRINCIPALES

Nº	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES	CÓDIGO
1	Sistema motriz: Torre de enfriamiento inversores 1	SMTEI1
2	Sistema motriz: Torre de enfriamiento inversores 2	SMTEI2
3	Sistema motriz: Torre de enfriamiento bobinas 1	SMTEB1
4	Sistema motriz: Torre de enfriamiento bobinas 2	SMTEB2
5	Central Hidráulica Mesa de Alimentación	CHIMA1
6	Central Hidráulica Rodillos de Alimentación	CHIRA1
7	Sistema de Lubricación	SLCE1
8	Sistema Motriz piscina agua temple 1	SMPAT1
9	Sistema Motriz piscina agua temple 2	SMPAT2

Tabla 5.3: Códigos Asignados A Los Equipos Principales

Una vez definidos los sistemas y los equipos principales se pueden definir ubicaciones técnicas, que permiten establecer la ubicación física de los equipos y repuestos, asociado a cada ubicación técnica.

5.2.3 Definición De Ubicaciones Técnicas De La Línea Forja 6.

La estrategia de establecer ubicaciones técnicas tiene como finalidad el control de los recursos de mantención para su posterior análisis de los datos, tanto técnicos como económicos, ésto permite evaluar nuevas alternativas y estrategias de mantención, de modo de poder alcanzar un equilibrio en lo que tiene relación a la disponibilidad de los equipos versus los costos de mantención.

El método utilizado para la creación de las ubicaciones técnicas asociadas a la línea de producción forja 6 se explicará mediante un ejemplo:

Campo Código	Descripción
MC01	Planta
F6	Centro Operacional
03	Área de la Planta
MA1	Sistema o Equipo Principal
MOT001	Correlativo Equipo

Tabla 5.4: Estructura De Códigos

La Ubicación Técnica cuenta con cinco campos, que se definen de la siguiente forma:

1. **Planta:** Representa a qué planta pertenece dicha ubicación técnica, pudiendo ser esta la nueva planta de Mejillones (MC02) o la actual planta de Talcahuano (MC01).

Para el ejemplo: MC01 representa la planta de Talcahuano.

2. **Centro operacional:** representa la línea de Producción a la cual se hace referencia, en donde se encuentra la ubicación técnica.

Para el ejemplo: F6 representa la línea de producción Forja 6.

3. **Área de la planta:** Representa el Área de la planta en la cual se encuentran un conjunto de ubicaciones técnicas y viene justificado, ya que la línea se encuentra dividida en tres áreas definidas anteriormente.

Para el ejemplo: representa el Área 03 definida como línea Forja 6.

4. **Sistema o Equipo principal:** Representa los sistemas (principales y secundarios), relacionados con la línea de producción Forja 6, (definidos en la **Tabla 5.2**). o los equipos que permiten proveer de fluidos o accionar dispositivos que se encuentran en los Sistemas Principales (definidos en la **Tabla 5.3**).

Para el ejemplo: MA1 representa el sistema mesa de alimentación.

5. **Correlativo equipo:** Representa la identificación individual de un equipo que esté en operación en aquella ubicación técnica, mediante un código correlativo. A estos equipos estará asociado una ficha técnica e historial.

Para el ejemplo: **MOT001** representa el motor eléctrico N°1 de la línea Forja 6 (en la sección 5.8 se menciona los métodos de codificación de equipos).

De esta forma, se establecen las ubicaciones técnicas, que se muestran en la Tabla 5.5.

A continuación, se presenta las ubicaciones técnicas para todos los equipos involucrados en el proceso de la “Forja 6”

ÁREA	SISTEMA	UBICACIÓN TÉCNICA	OBS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE BOBINAS	MC01-F6-01- SMTEB1	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE BOBINAS	MC01-F6-01- SMTEB2	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE INVERSORES	MC01-F6-01- SMTEI1	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE INVERSORES	MC01-F6-01- SMTEI2	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE BOBINAS	MC01-F6-01- TEB1	1MOTOBOMBA + MOTOR + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE BOBINAS	MC01-F6-01- TEB2	1MOTOBOMBA + MOTOR + REPUESTOS
1	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE INVERSORES	MC01-F6-01 –TEI	1MOTOBOMBA + MOTOR + REPUESTOS
2	SISTEMA NEUMÁTICO	MC01-NN-02-SNN	3 COMPRESORES
3	SISTEMA NEUMÁTICO	MC01-NN-02-SNN	REPUESTOS NEUMATICOS DE LA PLANTA
3	MESA DE ALIMENTACIÓN	MC01-F6-03-MA1	MOTOR + REDUCTOR
3	MESA DE ALIMENTACIÓN	MC01-F6-03-MA1	REPUESTOS
3	MESA ALIMENTACIÓN	MC01-F6-03-CHIMA1	MOTOR + BOMBA HID. + REPUESTOS
3	PINCH ROLL	MC01-F6-03-PR1	REPUESTOS
3	MESA DE BOBINAS	MC01-F6-03-MB1	MOTOR + REDUCTOR
3	MESA DE BOBINAS	MC01-F6-03-MB1	REPUESTOS
3	RODILLOS DE ALIMENTACIÓN	MC01-F6-03-RA1	REPUESTOS
3	RODILLOS DE ALIMENTACIÓN	MC01-F6-03-CHIRA1	MOTOR + BOMBA HID + MOTOR HID.+ REPUESTOS
3	SISTEMA DE CORTE Y ESTAMPA	MC01-F6-03-CE1	REPUESTOS
3	SISTEMA DE CORTE Y ESTAMPA	MC01-F6-03-CE1	MOTOR + REDUCTOR
3	SISTEMA DE CORTE Y ESTAMPA	MC01-F6-03-SLCE1	3 MOTORES + 3 BOMBAS HID + REPUESTOS
3	BOMBA EXTRACTORA DE LAMINILLA	MC01-F6-03-BEL	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
3	RECUPERADORA DE LUBRICANTE S.C.E.	MC01-F6-03-RL1	6 MOTORES + 3 BOMBA HID + 2 BOMBA
3	ELEVADOR SCRAP	MC01-F6-03-ES1	REPUESTOS
3	ELEVADOR SCRAP	MC01-F6-03-ES1	MOTOR + REDUCTOR
3	ELEVADOR DE BOLAS	MC01-F6-03-EB1	REPUESTOS

ÁREA	SISTEMA	UBICACIÓN TÉCNICA	OBS
3	ELEVADOR DE BOLAS	MC01-F6-03-EB1	MOTOR + REDUCTOR
4	MESA DE ENFRIAMIENTO	MC01-F6-04-ME1	REPUESTOS
4	MESA DE ENFRIAMIENTO	MC01-F6-04-ME1	MOTOR + 2 REDUCTORES
4	TAMBOR DE TEMPLE 1	MC01-F6-04-TT1	REPUESTOS
4	TAMBOR DE TEMPLE 1	MC01-F6-04-TT1	MOTOR + REDUCTOR
4	TAMBOR DE TEMPLE 2	MC01-F6-04-TT2	REPUESTOS
4	TAMBOR DE TEMPLE 2	MC01-F6-04-TT2	MOTOR + REDUCTOR
4	PISCINA AGUA TEMPLE	MC01-F6-04-PAT	REPUESTOS
4	PISCINA AGUA TEMPLE	MC01-F6-04-SMPAT1	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS
4	PISCINA AGUA TEMPLE	MC01-F6-04-SMPAT2	MOTOR + BOMBA + REPUESTOS

Tabla 5.5: Definición de Ubicaciones Técnicas

5.3 Estructura Para La Determinación De Equipos Críticos De La Línea Forja 6

En primer término, se debe hacer notar que los sistemas que conforman la línea, en general, se dividen en elementos de transmisión mecánica y sistemas motrices. Dentro de los sistemas motrices, por lo general, existe un motor eléctrico y un reductor que son equipos de mayor valor económico y que su mantención representa el aumento de la vida útil de un activo fijo.

En cambio, en los elementos de transmisión mecánica, su mantención representa un gasto de reemplazo de elementos en mal estado.

El estudio se centra, en los equipos que representan un mayor valor económico y que además, sean de vital importancia para el correcto funcionamiento de la línea.

Para ello, se identifica el tipo de equipo y su ubicación dentro de los sistemas principales y secundarios definidos en el capítulo 4, Tabla 4.4

A continuación, se presentan los equipos que componen la línea Forja 6, (Ver Tabla 5.6), los cuales pertenecen a su vez a un sistema, con sus áreas respectivas, definidas en el capítulo anterior.

Sistema	EQUIPO	CONDICIÓN	CÓDIGO
Torre De Enfriamiento Bobinas	Torre de enfriamiento N°1	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Bobinas	MOTOR ELÉCTRICO	En respaldo	100 000 06
Torre De Enfriamiento Bobinas	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	100 000 8
Torre De Enfriamiento Bobinas	BOMBA	En respaldo	S.C.
Torre De Enfriamiento Bobinas	BOMBA	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Bobinas	MOTOBOMBA	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Bobinas	MOTOBOMBA	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Inversores	Torre de enfriamiento N°2	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Inversores	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Inversores	MOTOR ELÉCTRICO	En respaldo	75 000 13
Torre De Enfriamiento Inversores	BOMBA	En respaldo	S.C.
Torre De Enfriamiento Inversores	BOMBA	En operación	S.C.
Torre De Enfriamiento Inversores	MOTOBOMBA	En operación	S.C.
Sistema Neumático	COMPRESOR 1	En operación	GA 50 VSD
Sistema Neumático	COMPRESOR 2	En operación	ELCFG-2
Sistema Neumático	COMPRESOR 3	Sin operación	GA 45
Sistema Motriz Mesa De Alimentación	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	05 000 80
Sistema Motriz Mesa De Alimentación	REDUCTOR	En operación	S.C.
Central Hidráulica Mesa De Alimentación	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	20 000 26
Central Hidráulica Mesa De Alimentación	BOMBA HIDRÁULICA	En operación	S.C.
Sistema Motriz Mesa De Bobinas	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	75 000 65
Sistema Motriz Mesa De Bobinas	REDUCTOR	En operación	S.C.
Mesa De Bobinas	BOBINA	En operación	S.C.
Central Hidráulica Rodillos De Alimentación	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	75 000 12
Central Hidráulica Rodillos De Alimentación	BOMBA HIDRÁULICA	En operación	S.C.
Central Hidráulica Rodillos De Alimentación	MOTOR HIDRÁULICO	En operación	S.C.
Sistema Motriz Forja	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Sistema Motriz Forja	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Sistema Motriz Forja	REDUCTOR	En operación	S.C.
Sistema De Corte Y Estampa	MAQUINA DE FORJA	En operación	S.C.
Sistema De Lubricación	MOTOR ELÉCTRICO 1	En operación	S.C.
Sistema De Lubricación	MOTOR ELÉCTRICO 2	En operación	S.C.
Sistema De Lubricación	MOTOR ELÉCTRICO 3	En operación	S.C.
Sistema De Lubricación	BOMBA 1	En operación	S.C.

Sistema	EQUIPO	CONDICIÓN	CÓDIGO
Sistema De Lubricación	BOMBA 2	En operación	S.C.
Sistema De Lubricación	BOMBA 3	En operación	S.C.
Elevador Scrap	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Elevador Scrap	REDUCTOR	En operación	S.C.
Bomba Extractora De Laminilla	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Bomba Extractora De Laminilla	BOMBA	En operación	S.C.
Elevador De Bolas	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	010 000 17
Elevador De Bolas	REDUCTOR	En operación	S.C.
Sistema Motriz Mesa Enfriamiento	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Sistema Motriz Mesa Enfriamiento	REDUCTOR 1	En operación	S.C.
Sistema Motriz Mesa Enfriamiento	REDUCTOR 2	En operación	S.C.
Tambor De Temple N°1	TAMBOR DE TEMPLE	En operación	S.C.
Sistema Motriz Tambor De Temple N°1	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	20 000 03
Sistema Motriz Tambor De Temple N°1	REDUCTOR	En operación	S.C.
Tambor De Temple N°2	TAMBOR DE TEMPLE	En operación	S.C.
Sistema Motriz Tambor De Temple N°2	MOTOR ELÉCTRICO	En operación	S.C.
Sistema Motriz Tambor De Temple N°2	REDUCTOR	En operación	S.C.
Sistema Piscina De Agua Temple	MOTOR ELÉCTRICO 1	En operación	S.C.
Sistema Piscina De Agua Temple	MOTOR ELÉCTRICO 2	En operación	S.C.
Sistema Piscina De Agua Temple	BOMBA 1	En operación	S.C.
Sistema Piscina De Agua Temple	BOMBA 2	En operación	S.C.

Tabla 5.6: Equipos que componen la línea Forja 6

Estos son los equipos que se encuentran en los diferentes sistemas, los cuales permiten el funcionamiento de la línea de forja 6.

5.4 Método De Determinación De Equipos Críticos

5.4.1 Grados De Mantenimiento

Al hablar de mantenimiento, es importante definir el grado o intensidad con que se aplican los recursos y las políticas de mantenimiento a los equipos que conforman la línea de producción forja 6, para el cumplimiento de este objetivo se utiliza el criterio de Grado ABC (propuesto y conocido por planta), en el que el grado A representa el máximo de la intensidad de aplicación de mantenimiento, el grado B corresponde a las aplicaciones normales de mantenimiento que comprende los casos más comunes y generales en las máquinas de una planta, y el grado C, representa la condición mínima de esfuerzo de mantenimiento.

La determinación del grado o intensidad ABC de mantenimiento que se aplica a un equipo, se define fundamentalmente por su importancia o criticidad dentro de un proceso productivo. Esta criticidad se evalúa en niveles ABC, de forma de establecer una relación coherente entre los grados ABC de mantenimiento y los niveles ABC de criticidad. Así, el grado A de mantenimiento se aplicará al equipo de criticidad A, el grado B de mantención corresponde al equipo de criticidad B y, el grado C de mantenimiento corresponde al equipo de criticidad C (mostrados mas adelante en las **tablas 5.4.4.3**).

A continuación, se presenta el método ABC de niveles de criticidad.

5.4.2 Código De Criticidad

Existe otro código tan importante como los códigos de equipo y clase, el cual mide al grado de importancia que el equipo tiene en el conjunto de la empresa o en su proceso productivo. Este código se denomina nivel de **criticidad**.

Para definir la importancia de este código se usa el **criterio ABC** de nivel de criticidad, para evaluar la influencia mayor o menor que tiene el equipo dentro de la empresa. Así un nivel de criticidad:

- **A:** Corresponde a las condiciones máximas o muy importantes del equipo.
- **B:** Corresponde a condiciones generales, comunes, del equipo.
- **C:** Corresponde a condiciones mínimas o de poca importancia del equipo.

5.4.3 Parámetros De Criticidad

Para definir un grado A, B o C de criticidad, se usaba como único parámetro el efecto sobre la **producción** que el equipo tiene, pero en la actualidad, las empresas competitivas han incorporado otros tres parámetros más de evaluación, tales como: Seguridad y Medio Ambiente, Calidad y Mantenibilidad.

- ✓ **Seguridad y Medio Ambiente:** Dice relación con los efectos de Seguridad, tanto en las personas e instalaciones, como impacto de contaminación al medio ambiente, de la empresa y su entorno.
- ✓ **Calidad:** Es el factor más importante de competitividad, su logro y sostenimiento están regidos por las nuevas normas internacionales ISO.
- ✓ **Mantenibilidad:** Es el factor que dice relación con la creciente complejidad técnica de los nuevos equipos de alta producción y el alto costo del personal especializado para su mantenimiento.

5.4.4 Método Para Establecer Criticidad

A continuación, se describe un procedimiento que permite agrupar los equipos de una planta en función a sus niveles de criticidades relativas A, B y C, y consecuentemente definir el tipo o grado de mantenimiento que se debe aplicar.

El método consiste básicamente, en que si un equipo da como resultado un tipo A de mantención, se le recomienda un plan ideal de mantención Tipo A y, por consiguiente, el equipo es **Critico**. Así, si un equipo da una mantención tipo B este es **Semi-critico** y se le recomienda una mantención ideal Tipo B y, lo mismo sucede si un equipo da como resultado una mantención Tipo C.

En el procedimiento propuesto se utilizan los parámetros de Criticidad: Seguridad y Medio Ambiente (SM), Calidad (C), Producción (P), y Mantenibilidad (M) aplicados a cada uno de los equipos de la Forja 6.

Las ponderaciones de los factores que se indican para cada parámetro en las tablas de codificación de prioridades (Ver tablas **5.4.4.1**), mostradas a continuación, pueden ser modificadas en cada empresa para adaptarse mejor a sus realidades y políticas de mantenimiento propias. De igual manera, el Diagrama de criterios de prioridad **5.4.4.2**, que se incluye mas adelante, usado para establecer el tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos, el cual puede ser cambiado en el orden de los análisis de los parámetros SM-C-P-M o del sentido indicado por las flechas de flujo, para adaptarse a otras condiciones y ponderaciones propias a la empresa en que se apliquen.

5.4.4.1 Criterios Para La Codificación De Prioridades De Equipos Críticos

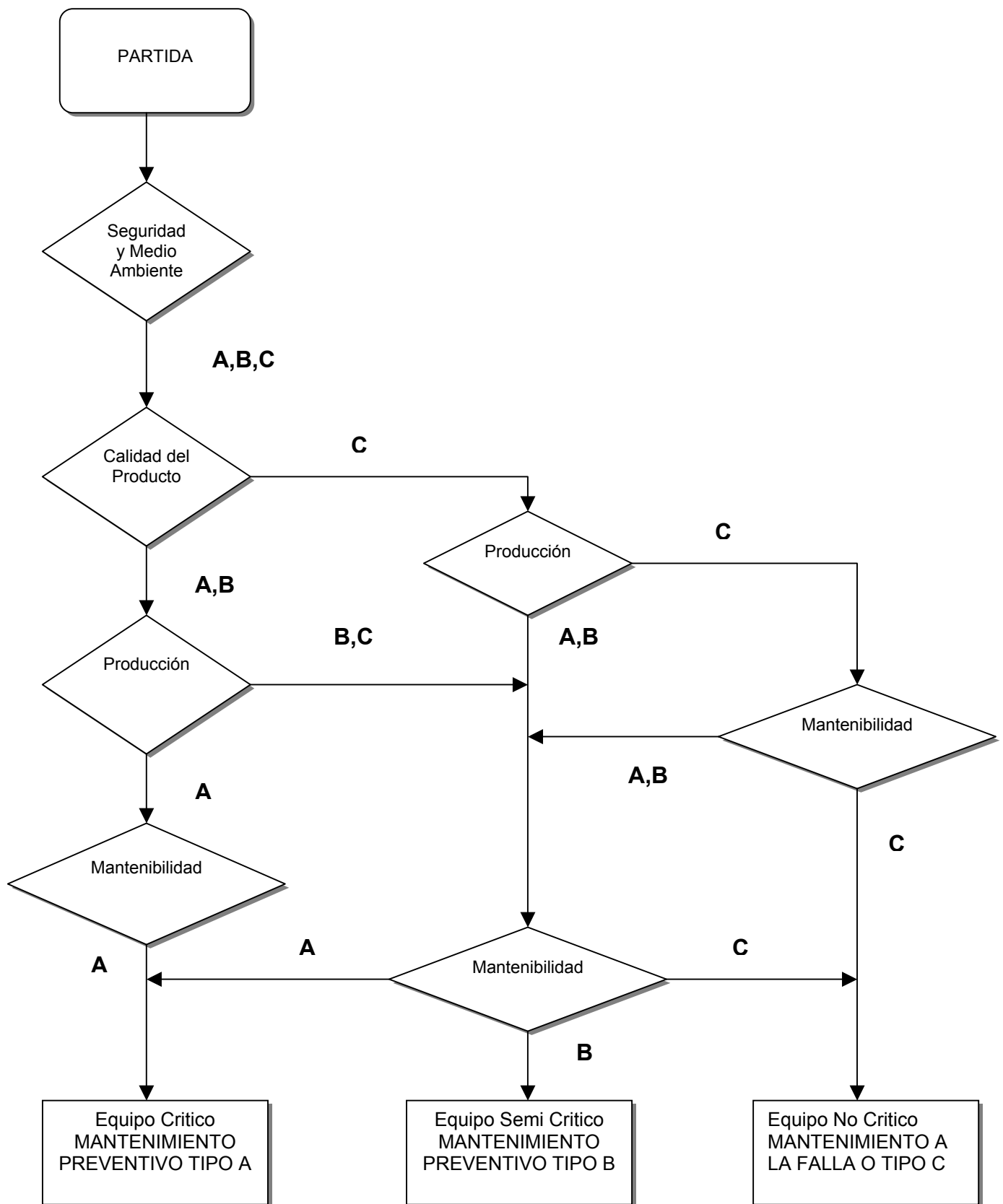
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	
A	1) Caída y/o derrame de producto de metal caliente liquido. 2) Peligro directo de explosión. 3) Contaminación por escape de gases altamente tóxicos en lugares confinados 4) Contaminación fuerte por derrames o evacuación de productos altamente corrosivos, en áreas amplias 5) Peligro de contactos directos con altos voltajes
B	1) Riesgo normales y previsibles a persona o equipos. 2) Efectos moderados sobre las condiciones ambientales. 3) Contaminaciones fuertes pero en áreas localizadas.
C	1) Muy pequeña o ninguna influencia en la seguridad.

CALIDAD DEL PRODUCTO	
A	1) Afecta directamente la calidad final de un producto de una planta o departamento. Origina rechazos de clientes. 2) Afecta fuertemente la calidad de un proceso y origina rechazos internos de producción
B	1) Afecta moderadamente la calidad final de la producción de un departamento. (Dentro de tolerancias de calidad). 2) Afecta la calidad en una línea o proceso, pero existe la posibilidad de corregir fácil posteriormente.
C	1) Ninguna o muy pequeña influencia

PRODUCCIÓN	
A	1) Detiene producción la producción de un departamento o un proceso de una planta. No hay equipos de alternativa. 2) Produce atrasos irre recuperables en el programa de producción de un departamento o proceso.
B	1) Detiene una línea de proceso, pero existe otra alternativa. 2) Reduce la producción de un departamento, pero hay posibilidad de recuperación dentro del programa de producción.
C	1) No afecta la producción del proceso o departamentos.

MANTENIBILIDAD DEL EQUIPO	
A	1) El equipo es de alta tecnología y complejidad técnica. 2) Se requiere planificación y gran cantidad de recursos en HH y maquinas. 3) Su mantención y/o reparación debe efectuarse de inmediato en el menor tiempo posible.
B	1) Mantención de complejidad técnica normal. 2) Mantención con recursos y plazos normales. 3) Costos normales.
C	1) Mantención sin complejidad técnica. 2) Se puede iniciar cuando sea posible. 3) Costo mínimo.

5.4.4.2 Diagrama De Criterios De Prioridad: Niveles De Mantenimiento.



5.4.4.3 Modelo De Mantenición Recomendada (Grado De Mantenición)

Mantenición Tipo A requiere:
1. Repuestos Originales de Fabrica.
2. Plan de Mantenición Preventiva (plazo fijo) y Mantenición Predictiva
3. Historial Completo del Equipo
4. Personal Calificado, especializado.
5. Información técnica completa de la maquina
6. Repuestos Técnicos 100% en Bodega.
7. Información a niveles de jefes de departamento.

Mantenición Tipo B requiere:
1. Puede usar repuestos originales o alternativos
2. Plan de Mantenición Preventivo y Predictivo
3. Historial de partes más importantes del equipo.
4. Mano de obra especializada y calificada.
5. Solo información técnica necesaria.
6. Cierta % de repuestos técnicos en bodega (recomendado por análisis)
7. Información en el ámbito de supervisores.

Mantenición Tipo C requiere:
1. Repuestos reacondicionados o alternativos
2. Plan de mantenimiento Preventivo y Predictivo.
3. Historial básico del equipo
4. Mano de Obra Calificada
5. Información Técnica necesaria
6. Repuestos en Bodega (necesarios)
7. Información en el ámbito de Supervisores

5.4.4.4 Tabla De Mantenimiento Según Criticidad.

SM	C	P	M	TIPO
A	A	A	A	A
BC	A	A	A	A
BC	B	A	A	A
BC	B	BC	A	A
BC	B	BC	B	B
BC	B	BC	C	C
BC	C	AB	A	A
BC	C	AB	B	B
BC	C	AB	C	C
BC	C	C	A	A
BC	C	C	B	B
BC	C	C	C	C

SM	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
C	CALIDAD DEL PRODUCTO
P	PRODUCCIÓN, PRODUCTIVIDAD
M	MANTENIBILIDAD DEL EQUIPO
TIPO	TIPO DE MANTENCIÓN

5.4.4.5 Tabla De Prioridades De Importancia De Mantención.

TIPO DE MANTENCIÓN ORDEN DE IMPORTANCIA					
CÓDIGO		NIVELES DE CRITICIDAD			
A	1	A	A	A	A
	2	A	A	A	BC
	3	A	A	BC	BC
	4	A	BC	BC	BC
B	5	B	B	B	B
	6	B	B	B	C
	7	B	B	C	C
	8	B	C	C	C
C	9	C	C	C	C
		*	*	*	*

La tabla anterior **5.4.4.5** de orden de importancia, también juega un rol muy importante en la determinación de equipos críticos, ya que ésta entrega las bases para priorizar el cuidado o la importancia de los equipos en cuestión.

Definición De Orden De Importancia.

A1: La criticidad del equipo es extrema, efectuar una mantención rígida de acuerdo al plan (A / A / A / A).

A2: La criticidad del equipo es grave, efectuar la mantención conforme al plan (A / A / A / BC).

A3: El equipo sigue con criticidad importante, efectuar la mantención adecuada de acuerdo al plan (A / A / BC / BC).

A4: El equipo sigue siendo critico, efectuar la mantención conforme al plan (A / BC / BC /BC).

B5: La criticidad del equipo es normal, actuar conforme al plan (B / B / B / B).

B6: La criticidad del equipo es normal, se debe actuar conforme al plan normal (B / B/ B / C).

B7: La criticidad del equipo es normal mínima, por lo tanto se debe actuar conforme al plan menos rígido (B / B / C / C).

B8: La criticidad del equipo es normal mínima, actuar de acuerdo a un plan adecuado (B / C / C / C).

C9: La criticidad del equipo es mínima o de poca importancia, luego se debe actuar de acuerdo al plan propuesto.

El objetivo de establecer criterios de criticidad para los equipos es, aplicar los distintos niveles de mantenimiento a los equipos que conforman la línea de “Forja”.

Se aplica el método descrito anteriormente a personas involucradas en el proceso, como jefe de turno de línea, operarios y capataces, realizando una encuesta con datos cualitativos, por cada uno de los equipos que presentan un mayor valor económico para la empresa.

Determinación De Criticidad Para Equipos Eléctricos De La Forja 6

ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO / SISTEMA	SM	C	P	M	TIPO
01	100 000 06	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento bobinas	B	C	B	B	B
01	100 000 08	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento bobinas	B	C	B	B	B
01	S.C.	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento inversores	B	C	B	B	B
01	75 000 13	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento inversores	B	C	B	B	B
01	S.C.	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento bobina (Ventilador)	C	C	B	B	B
01	S.C.	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento bobina (Ventilador)	C	C	B	B	B
01	S.C.	Motor Eléctrico Torre de enfriamiento inversores (Ventilador)	C	C	A	B	B
03	05 000 80	Motor Eléctrico Sistema Motriz Mesa de Alimentación	B	C	B	B	B
03	20 000 26	Motor Eléctrico Central Hidráulica Mesa de Alimentación	B	C	B	B	B
03	75 000 65	Motor Eléctrico Sistema Motriz Mesa de bobinas	B	B	B	B	B
03	75 000 12	Motor Eléctrico Central Hidráulica Rodillos de Alimentación	B	B	B	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico Sistema Motriz Forja (FRENO)	B	C	C	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico Sistema Motriz Forja	A	B	B	A	A
03	S.C.	Motor Eléctrico 1 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico 2 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico 3 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico Elevador Scrap	B	C	C	B	B
03	S.C.	Motor Eléctrico Bomba extractora de laminilla	B	C	C	B	B
03	010 000 17	Motor Eléctrico Elevador de Bolas	B	B	B	B	B
04	S.C.	Motor Eléctrico Sistema Motriz Mesa enfriamiento	B	A	B	B	B
04	20 000 03	Motor Eléctrico Sistema Motriz Tambor de temple N°1	B	B	B	B	B
04	S.C.	Motor Eléctrico Sistema Motriz Tambor de temple N°2	B	B	B	B	B
04	30 000 18	Motor Eléctrico 1 Sistema Piscina agua temple	B	B	B	B	B
04	S.C	Motor Eléctrico 2 Sistema Piscina agua temple	B	B	B	B	B

Tabla 5.7: Equipos Eléctricos

Determinación De Criticidad Para Equipos Mecánicos De La Forja 6

ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO / SISTEMA	SM	C	P	M	TIPO
01	S.C.	Bomba Torre de enfriamiento bobinas	C	C	B	B	B
01	S.C.	Bomba Torre de enfriamiento bobinas	C	C	B	B	B
01	S.C.	Bomba Torre de enfriamiento inversores	C	C	B	B	B
01	S.C.	Bomba Torre de enfriamiento inversores	C	C	B	B	B
03	S.C.	Reductor Sistema Motriz Mesa de Alimentación	C	C	B	B	B
03	S.C.	Reductor Sistema Motriz Mesa de bobinas	C	C	B	B	B
03	S.C.	Reductor Sistema Motriz Forja	B	C	A	A	A
03	S.C.	Maquina de Forja Corte y estampa	B	A	A	A	A
03	S.C.	Bomba 1 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Bomba 2 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Bomba 3 Sistema de lubricación	B	C	B	B	B
03	S.C.	Reductor Elevador Scrap	C	C	C	B	B
03	S.C.	Bomba extractora de laminilla	C	C	A	B	B
03	S.C.	Reductor Elevador de Bolas	C	C	A	B	B
04	S.C.	Reductor 1 Sistema Motriz Mesa enfriamiento	C	B	B	B	B
04	S.C.	Reductor 2 Sistema Motriz Mesa enfriamiento	C	B	B	B	B
04	S.C.	Reductor Sistema Motriz Tambor de temple N°1	C	B	B	B	B
04	S.C.	Reductor Sistema Motriz Tambor de temple N°2	C	B	B	B	B
04	S.C.	Bomba 1 Sistema Piscina de agua temple	C	B	B	B	B
04	S.C.	Bomba 2 Sistema Piscina de agua temple	C	B	B	B	B

Tabla 5.8: Equipos Mecánicos

EN DONDE:

SM	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE
C	CALIDAD DEL PRODUCTO
P	PRODUCCIÓN, PRODUCTIVIDAD
M	MANTENIBILIDAD DEL EQUIPO
TIPO	TIPO DE MANUTENCIÓN
S.C.	SIN CÓDIGO

Determinación De Criticidad Para Equipos Hidráulicos De La Forja 6.

ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO / SISTEMA	SM	C	P	M	TIPO
03	S.C.	Bomba hidráulica Central Hidráulica Mesa de Alimentación	B	C	B	A	A
03	S.C.	Bomba hidráulica Central Hidráulica Rodillos de alimentación	B	C	B	A	A
03	S.C.	Motor hidráulico Central Hidráulica Rodillos de alimentación	B	C	B	A	A

Tabla 5.9: Equipos Hidráulicos

Determinación De Criticidad Para Equipos Neumáticos De La Forja 6.

ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO / SISTEMA	SM	C	P	M	TIPO
02	S.C.	Compresor 1 Sistema Neumático	C	C	A	A	A
02	S.C.	Compresor 2 Sistema Neumático	C	C	A	A	A
02	S.C.	Compresor 3 Sistema Neumático	C	C	A	A	A

Tabla 5.10: Para Equipos Neumáticos

Determinación De Criticidad Para Otros Equipos De La Forja 6.

ÁREA	CÓDIGO	EQUIPO / SISTEMA	SM	C	P	M	TIPO
01	S.C.	Torre de enfriamiento N°1 Torre de enfriamiento bobinas	C	C	B	B	B
01	S.C.	Motobomba Torre de enfriamiento bobinas	C	C	B	B	B
01	S.C.	Motobomba Torre de enfriamiento bobinas	C	C	B	B	B
01	S.C.	Torre de enfriamiento N°2 Torre de enfriamiento inversores	C	C	B	B	B
01	S.C.	Motobomba Torre de enfriamiento inversores	C	C	A	B	B
03	S.C.	Bobina Mesa de bobinas	B	B	B	B	B
04	S.C.	Tambor de Temple Tambor de temple N°1	C	B	C	C	C
04	S.C.	Tambor de Temple Tambor de temple N°2	C	B	C	C	C

Tabla 5.11: Otros Equipos

5.5 Aplicación Del Método ABC De Nivel De Criticidad

A continuación, se explica mediante un ejemplo, la aplicación del método ABC para la determinación de los equipos críticos que fueron seleccionados:

Procedimientos:

- ⇒ Se obtuvo una lista de los equipos existentes que conformaban o tenían alguna incidencia en la Línea Forja 6.
- ⇒ Se solicitó a un grupo de operarios y personal de basta experiencia, pertenecientes a diferentes secciones, que aplicaran el método bajo los parámetros propuestos, los cuales dieron los resultados mostrados en las tablas divididas por especialidad (**Tablas 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 y 5.11**).

Ejemplo 1: Para el equipo **05 000 80** (código definido por la empresa), Motor Eléctrico/Sistema Motriz/Mesa de alimentación, que pertenece a los Equipos Eléctricos (**Tabla 5.7**).

Aplicando los parámetros de la **tabla 5.4.4.1** de Criterios de Codificación se obtuvo para:

- ✓ **SM:** Nivel **B** de criticidad, lo que significa que este equipo cumple por lo menos, con una de las tres condiciones propuestas, que son:

- 1) Riesgo normales y previsibles a persona o equipos.
- 2) Efectos moderados sobre las condiciones ambientales.
- 3) Contaminaciones fuertes pero en áreas localizadas.

- ✓ **C:** Nivel **C** de criticidad, éste cumple la condición propuesta, que:

- 1) Ninguna o muy pequeña influencia.

- ✓ **P:** Nivel **B** de criticidad, este equipo cumple por lo menos con uno de los siguientes criterios, que son:

- 1) Detiene una línea de proceso, pero existe otra alternativa.
- 2) Reduce la producción de un departamento, pero hay posibilidad de recuperación dentro del programa de producción.

- ✓ **M:** Nivel **B** de criticidad, el equipo cumple por lo menos con uno de los criterios propuestos, estos son:

- 1) Mantenimiento de complejidad técnica normal.
- 2) Mantenimiento con recursos y plazos normales.
- 3) Costos normales.

⇒ Ahora se procede a utilizar el Diagrama de criterios de prioridad **5.4.4.2** (Árbol de Decisión), el cual da como resultado el tipo de mantenimiento que se recomienda, avalada por la tabla **5.4.4.4** de mantenimiento según criticidad. Para nuestro ejemplo, se tiene en SM (B), C (C), P (B) y M (B). Por lo anterior, el tipo de mantenimiento que se recomienda es el **TIPO B**, que se obtuvo del modelo de mantenimiento recomendada **5.4.4.3**, que además permite determinar que el Equipo **05 000 80** Motor Eléctrico Sistema Motriz Mesa de carga es un equipo semicrítico.

Luego, se propone el Plan de mantenimiento que sigue para el equipo seleccionado:

- 1) Puede usar repuestos Originales o Alternativos.
- 2) Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- 3) Historial de partes más importantes del equipo
- 4) Mano de obra especializada y calificada.
- 5) Solo información técnica necesaria.
- 6) Cierta % de repuestos técnicos en bodega (recomendado por análisis).
- 7) Información en el ámbito de supervisores.

⇒ Finalmente, de la tabla de Importancia de Mantenimiento **5.4.4.5**, para el equipo **05 000 80**, Motor Eléctrico Sistema Motriz Mesa de carga, se obtiene la prioridad **B6**, ya que se tiene tres parámetros de criticidad B y uno tipo C. Que la prioridad sea **B6** quiere decir que es de una criticidad normal.

Ejemplo 2: Para el Reductor Sistema Motriz Forja, que pertenece a los Equipos Mecánicos (**Tabla 5.8**)

En donde se obtuvo:

- ✓ SM: Parámetro de criticidad **B**
 - ✓ C: Parámetro de criticidad **C**
 - ✓ P: Parámetro de criticidad **A**
 - ✓ M: Parámetro de criticidad **A**
-
- Se obtiene el Tipo de mantención **TIPO A**, que resulta al utilizar el diagrama de criterios de prioridades **5.4.4.2**, la cual es ratificada por la tabla de mantención según criticidad **5.4.4.4**. Por lo tanto, éste es un equipo crítico.
 - Por último, dentro de la tabla de Prioridades de Importancia de Mantención **5.4.4.5**, para el equipo elegido, éste resulta con una prioridad **A3**, ya que tiene dos parámetros A uno B y C, lo cual quiere decir, que el equipo es de importancia crítica para el proceso de la línea de producción.

5.6 Resultados.

Podemos señalar que, de acuerdo al método utilizado (Método ABC), los equipos que presentan un alto grado de criticidad, es decir, equipos críticos de la línea Forja 6, son los que se señalan en la **Tabla 5.12**, en donde, además el tipo de mantenimiento debe ser Tipo A.

Equipo / Sistema	Tipo de Mantenimiento
Motor Eléctrico / Sistema Motriz Forja	A
Reductor / Sistema Motriz Forja	A
Maquina de Forja / Corte y estampa	A
Bomba Hidráulica / Central Hidráulica Mesa de Alimentación	A
Bomba Hidráulica / Central Hidráulica Rodillos de Alimentación	A
Motor Hidráulico / Central Hidráulica Rodillos de Alimentación	A
Compresor 1 / Neumático	A
Compresor 2 / Neumático	A

Tabla 5.12: Equipos De Alto Grado De Criticidad

El mantenimiento adecuado para estos equipos consiste en:

- ⇒ Repuestos Originales de Fábrica.
- ⇒ Plan de Mantención Preventiva (plazo fijo) y Mantención Predictiva.
- ⇒ Historial Completo del Equipo.
- ⇒ Personal Calificado, especializado.
- ⇒ Información Técnica completa de la máquina.
- ⇒ Repuestos Técnicos 100% en Bodega.
- ⇒ Información, al nivel de Jefes de Departamento.

De los resultados obtenidos anteriormente, se puede hacer una comparación con los análisis realizados en el Capítulo 4, sección 4.8, en donde se logró establecer, mediante el diagrama de Pareto, que los sistemas definidos por la empresa en la actualidad, presentan los mayores tiempos de detención por fallas no programadas, lo que coincide con el sistema de corte y estampa propuesto. De esta forma, queda confirmado mediante el método ABC, la criticidad de la maquina de Forja.

5.7 Bases Para Un Sistema De Orden De Trabajo.

Para poder implementar un sistema de orden de trabajo, se debe realizar una serie de trabajos previos. Estas actividades van desde la identificación de los equipos con que cuenta la organización industrial, hasta la creación de fichas técnicas de éstos, lo que permite entregar información detallada de los equipos de mayor valor económico y que debe estar en el banco de datos del sistema, sobre todo si es un sistema automatizado de mantención (Programas mas avanzados, S.A.P., Máximo u otro realizado por la empresa). Todo lo anterior, tiene como propósito **facilitar el control, la planificación y la ejecución de las actividades de mantenimiento.**

Las tareas a realizar, de las cuales se carece en la actualidad, son las siguientes:

1. Establecer Áreas y ubicaciones técnicas de los sistemas involucrados en el proceso productivo, en que se identifiquen los equipos y elementos mecánicos que presentan un costo importante, y que se encuentran en cada ubicación técnica asignada.
2. Identificación de equipos, que son activos fijos de la empresa como, motores eléctricos, reductores, compresores, bombas, etc.
3. Establecer centros de costos.
4. Creación de fichas técnicas de los equipos, en los cuales se presenten datos técnicos, lista de materiales e historial.
5. Asignar códigos a los diferentes equipos.
6. Asignar códigos a los repuestos.
7. Establecer responsables de la mantención de los equipos según especialidad (Mecánica, Eléctrica, Hidráulica, Neumática, Terceros).
8. Diseñar un procedimiento de orden de trabajo (O.T.).
9. Establecimiento de índices de gestión.

De las tareas antes señaladas, los puntos 1 y 2 se realizó para la línea de producción Forja 6 en la **sección 5.6.1 (Tabla 5.8) y Sección 5.6.3 (Tabla 5.12)**, respectivamente. A continuación, se describe como se deben abordar las restantes tareas.

5.7.1 Fichas Técnicas De Los Equipos

Luego de la definición de las áreas y ubicaciones técnicas, se debe proceder a la identificación de los equipos, que presentan un mayor valor económico y que se encuentran en aquella posición física, para ello se deben confeccionar **fichas técnicas**, las cuales debe presentar la siguiente información:

- Características técnicas asociadas al equipo.
- Lista de materiales del equipo.
- Historial del equipo.

Esto permite establecer el stock de repuestos a mantener en bodega y aquellos que se envían a fabricar a empresas externas y que son de cargo directo. Mediante el historial del equipo se podrá controlar las intervenciones efectuadas y las modificaciones hechas, además de observar el comportamiento de los costos de mantención asociado al equipo.

La construcción de los archivos de datos pasa por las siguientes etapas:

1. **Inventario de Equipos e Instalaciones** en la planta, acompañada de la confección de los planos de implantación física y lógica de las áreas del proceso industrial, mostrando la ubicación y el rol de los equipos en diagrama de flujo.
2. **Codificación de Equipos** incluyendo su pertenencia a las áreas y a los subsistemas operativos del proceso y su relación de criticidad en el conjunto de la producción, de acuerdo a la tabla de criticidades definidas.
3. **Cartilla de registro básico**: dimensiones, capacidad, potencia, plano, fabricante, modelo y tipo.

4. **Relación Equipo-material**: permite abrir un verdadero catalogo de partes constructivas de cada equipo o instalación de la planta y vincular todos los archivos de equipos del sistema computacional con las realidades y métodos del abastecimiento de repuestos y materiales.

5. **Carpetas individuales de Equipos**, en las cuales se encuentra una información amplia y uniforme basada en planos, notas técnicas, listas de partes, croquis dimensionados, historial.

FICHA TÉCNICA	
CÓDIGO EQUIPO: 300001	DESCRIPCIÓN: REDUCTOR
UBICACIÓN TÉCNICA: MC01-F6-03-SM01	MARCA: SUMITOMO
PROVEEDOR: SUMITOMO	MODELO / TIPO: VERTICAL
Nº SOLICITUD DE COMPRA: EG-11.235-12	FECHA DE RECEPCIÓN: 12/05/01
FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: 20/05/01	COSTO: \$1.500.000
MEDICIONES: 500 MM LARGOX 200MM ALTO X 100MM ANCHO	PESO: 50 Kg.
REFERENCIA: MANUAL REDUCTORES SUMITOMO Nº2	PLANOS: CAD 50 -150 - 01
CRITICIDAD: B	
DATOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS RAZÓN DE TRANSMISIÓN: 30/1, POTENCIA: 150 HP,..... FUNCIÓN: transmisión de potencia de la mesa de alimentación.	

Figura 5.1: Formato De Ficha Técnica

5.7.2 Centros De Costos

Los centros de costos son definiciones que hace la empresa con relación a actividades, procesos o departamentos que permiten realizar las distintas labores necesarias para el correcto funcionamiento de la planta industrial y que significan un costo para la organización. Para nuestro caso, se analiza los centros de costos de mantenimiento relacionadas con el área de producción, y en particular, aquellos que tengan directa relación con la línea de producción Forja 6.

Para implementar el sistema de gestión de mantenimiento, se debe establecer a qué centro de costos, ya existentes en la empresa, quedan sujetos las distintas áreas definidas anteriormente en la línea Forja 6 (**Sección 5.6.1. Tabla 5.8**).

Los centros de costos de mantenimiento que actualmente rigen en la empresa son:

CENTRO DE COSTOS	CÓDIGO
T. Térmicos	5053
Fab. General	5054
M. Mecánica	5055
M. Eléctrica	5056
Movilización	5057
Metalurgia	5059
Forjas	5052

Tabla 5.13: Códigos Asociados A Los Centros De Costos

De este modo, se asocian las áreas definidas a los centros de costos de mantenimiento descritos anteriormente, quedando de la siguiente forma:

ÁREA	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	CENTRO DE COSTOS	NOMBRE CONTABLE
01	Torres de enfriamiento	5052	Forjas
02	Sala de compresores	5054	Fab. general
03	Línea de forja 6	5052	Forjas
04	Tratamientos térmicos primarios	5053	T. térmicos

Tabla 5.14: Áreas Y Centros De Costos Directos De Producción De La Línea Forja 6

Otros centros de costos que tienen relación con la línea en estudio son:

ÁREA	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	CENTRO DE COSTOS	NOMBRE CONTABLE
(*)	Laboratorio	5059	Metalurgia
(*)	Control de Calidad	5059	Metalurgia

Tabla 5.15: Áreas Y Centros De Costos De Administración y Producción.

ÁREA	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	CENTRO DE COSTOS	NOMBRE CONTABLE
(*)	Superintendencia de Mant y Prod.	5055	M. mecánica,
(*)	Mantenimiento Mecánica	5055	M. mecánica,
(*)	Maestranza	5055	M. mecánica
(*)	Mantenimiento Eléctrica	5056	M. eléctrica
(*)	Talleres Eléctricos	5056	M. eléctrica

Tabla 5.16: Áreas Y Centros De Costos De Mantenimiento

ÁREA	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	CENTRO DE COSTOS	NOMBRE CONTABLE
(*)	Abastecimiento y Bodega	5054	Fab. general

Tabla 5.17: Áreas Y Centros De Costos De Administración

(*) : En la actualidad estas Áreas no cuentan con códigos definidos por la empresa.

5.7.3 Definición De Costos De La Órdenes De Trabajo

Una de las tareas importantes a establecer con relación a los costos, es definir un criterio en el cual se especifique cuando una Orden de trabajo de Mantenimiento es un **Gasto** o un **Activo** de una unidad contable que estén presentes en las líneas de producción.

Para ello, se deben mencionar los tipos de actividades o tareas de mantención y a ello definirle su costo asociado. Comúnmente, las clasificaciones de las órdenes de trabajo de mantención y su definición, esta dada de la siguiente forma:

Actividad	Definición
OPERACIÓN MENOR	<i>Gasto.</i>
ESTUDIO DE PROBLEMAS Y DETECCIÓN DE FALLAS	<i>Gasto.</i>
MANTENCIÓN PREVENTIVA Y REPARACIONES	Aumento vida útil de la unidad contable: Establecer condiciones económicas en el cual, si se cumple es un <i>Activo</i> , de lo contrario, será <i>Gasto</i> .
MEJORA Y MODIFICACIÓN	Establecer condiciones económicas en el cual, si se cumple es un <i>Activo</i> , de lo contrario será <i>Gasto</i> .
FABRICACIÓN DE REPUESTOS	<i>Activo</i> (Existencias de repuestos).
NUEVO PROYECTO DE INVERSIÓN	<i>Activo</i>
ADICIONES	<i>Activo</i>
ADQUISICIONES	Especificar el monto mínimo para que se considere como <i>Activo</i>

Tabla 5.18: Actividades A Definir Como Activo O Gasto

Los limites en las condiciones económicas anteriores, deben ser definidas por Gerencia de Finanzas y revisados anualmente para comunicar de las posibles modificaciones o la continuación de su vigencia por un nuevo período.

5.7.4 Puestos De Trabajo Responsables Y Directos.

En la estructura para la implementación del sistema de Orden de trabajo, se deben definir los puestos de trabajo responsables de la mantención de los diferentes equipos y éstos deben ser divididos por especialidad (Eléctrica, Mecánica, hidráulico y neumático),

El Puesto de Trabajo Responsable (PTR) es el encargado de velar porque el trabajo que se va a realizar sea exitoso, para lo cual, coordinará las acciones de los Puestos de Trabajo Directo (PTD), asimilando los costos en que éstos van a incurrir durante la ejecución del trabajo.

Los Puestos de Trabajo Directo (PTD), son aquellos que ejecutan los servicios requeridos y detallados en las Operaciones de la Orden de Trabajo de Mantenimiento.

Los puestos de Trabajos Responsables (PTR) y los Trabajos Directos (PTD) de los departamentos de mantención mecánica, eléctrica y producción quedaron definidos de la siguiente forma:

Departamento De Mantención Mecánica:

Código	Denominación del Puesto de Trabajo	Puesto de Trabajo
(*)	Mecánico de turno	PTR / PTD
(*)	Soldador de matrices	PTR / PTD
(*)	Soldador turno	PTR / PTD
(*)	Maestro mecánico hidráulico-neumático	PTR / PTD
(*)	Operador torno CNC	PTR / PTD
(*)	Lubricador	PTR / PTD
(*)	Maestro mecánico	PTR / PTD
(*)	Armado de rodillos Roll Former	PTR / PTD
(*)	Recuperador de repuestos	PTD
(*)	Maestranza	PTD

Tabla 5.19: Definición De Puesto De Trabajo De Mantención Mecánica

Departamento De Mantenición Eléctrica:

Código	Denominación del Puesto de Trabajo	Puesto de Trabajo
(*)	Instrumentista Eléctrico	PTR / PTD
(*)	Eléctrico de Turno	PTR / PTD
(*)	Asistente de Eléctrico de Turno	PTD
(*)	Taller Eléctrico	PTD

Tabla 5.20: Definición De Puesto De Trabajo De Mantenición Eléctrica

Departamento De Producción:

Código	Denominación del Puesto de Trabajo	Puesto de Trabajo
(*)	Operador de Línea	PTR / PTD
(*)	Jefe de Turno	PTR / PTD

Tabla 5.21: Definición De Puestos De Trabajo De Producción

(*) : En la actualidad, estos puestos de trabajo no cuentan con códigos definidos por la empresa.

Esta información, es de gran relevancia para poder determinar si el tipo de falla que se presenta es de operación o de mantenimiento de los equipos. Si la falla es de operación, existen dos alternativas, una es que la falla sea de fácil corrección por parte de los operarios y en cuyo caso, éstos asumen como puestos de trabajo responsables y directos. De lo contrario, si la falla requiere del apoyo de personal de mantenimiento, los operadores asumen como puestos de trabajo responsables y los puestos de trabajo directos serían asumidos por mantención. En el caso en que la falla es de mantención, éstos asumen ambos puestos de trabajo.

Esta información es de gran utilidad para los planificadores de modo de analizar las causas de las fallas.

Otras de las informaciones relevantes para un sistema de gestión, que permitan tener una información más acabada, tanto de la ejecución como del control de los recursos de mantención, son:

- Cuentas de activos
- Prioridad del trabajo
- Clase de orden
- Status de la O.T.
- Indicador ABC (criticidad)
- Códigos de seguridad según tipos de trabajos
- Medidas de seguridad según las condiciones ambientales de trabajo
- Clase de actividad mantenimiento
- Estado de instalación

5.8 Propuesta De Método De Codificación De Equipos.

La necesidad de identificar con certeza los equipos que conforman el activo fijo de una empresa ha llevado a la creación de esta entidad llamada, “código de numero de golpe”.

Pero como el nombre no se auto explica, se debe describir su naturaleza, utilidad y objetivo.

El número de golpes, es una identificación físicamente discernible, hecha mediante el estampado en frío de un número o clave en bajo relieve, mediante un fuerte golpe metálico sobre un macho o mediante un tallado con una máquina grabadora eléctrica o neumática de alta velocidad.

Así, queda estampado en el equipo escogido un número indeleble que lo identifica incuestionablemente.

Puede que el equipo tenga grabado su marca y número de serie, pero este número de golpe cumple una función distinta y más relacionada con el sistema de gestión del mantenimiento y sus requerimientos principales. Efectivamente, el “número de golpe”, cumple dos funciones inmediatas muy claras:

- a) Permite la individualización de cada unidad-equipos, para poder hacer de ella un sujeto de mantención, caracterizado por una historia de hechos, fallas, posiciones y costos.
- b) Permite una rápida identificación positiva de sus atributos técnicos más determinantes para optar a su colocación y uso, en una cierta requirente del proceso industrial.

5.8.1 Estructura Del Número De Golpe

El código del número de golpe, debe cumplir con los requerimientos funcionales de éste, al mismo tiempo de ser económico en espacio (pues no es fácil encontrar áreas planas muy extensas en ciertos equipos, por ejemplo un motor eléctrico).

En términos generales los datos más definitorios de los equipos electromecánicos son:

- a) Capacidad o potencia
- b) Velocidades
- c) Posición
- d) Dimensiones

Dentro de éstas, se debe elegir las más significativas para conformar un código que sea único y definitorio del equipo. Desde luego, debe ser encabezado por una letra identificativa del tipo de equipo, seguidamente llevará la velocidad y la potencia de ellos, después la posición o tamaño y finalmente el correlativo.

De este modo, el código de número de golpe será un complejo de cuatro campos Alfa numéricos, dispuestos del siguiente modo:

CAMPO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Nº DE DÍGITOS
1º	Potencia o Capacidad	KW o Ton / hora	4
2º	Velocidad o Presión	RPM - bar	4
3º	Posición o Tamaño	H o V – Longitud en metros	4
4º	Letra del equipo y correlativo general	De 1 a 9999	5

Tabla 5.22: Características Funcionales Que Conforman Un Código

5.8.2 Codificación Equipos

Existen muchas formas de codificación, lo importante es la realización de esta en forma coherente y efectiva.

Consideramos aquí, la forma de codificar los distintos equipos según su tipo definido en la lista de letras (**Ver Tabla 5.23**).

Estructura del código:

Equipo	Letra	1° Campo	2° Campo	3° Campo
Bombas	B	Potencia KW	Velocidad RPM	Posición – altura Desc (m) (H-V)
Motor Eléctrico	M	Potencia KW	Velocidad RPM	Montaje – Tamaño
Reductores	R	Potencia KW	Relación de velocidades	Posición – Tamaño
Compresores	C	Potencia KW	Velocidad RPM	Posición – Presión (bar)

Tabla 5.23: Estructura De Codificación De Equipos

Este método de codificación, se hace eficiente en el caso de que la codificación sea continua a través del tiempo, de modo que cuando llegue un equipo nuevo a la planta industrial, sea codificado de inmediato con los datos entregados por el fabricante, o que se encuentren en la placa, y por los datos técnicos de operación a la cual será destinado.

Por ejemplo:

Para la bomba numero uno, con los siguientes datos:

Potencia de construcción: 346 (Kw.)

Velocidad: 1490 (RPM)

Posición : Horizontal

Altura: 48 (m)

El Código individual de este equipo seria:

Letra	1° Campo				2° Campo				3° Campo				4° Campo			
B	0	3	4	6	1	4	9	0	H	0	4	8	0	0	0	1

B – 0346 – 1490 – H048 – 0001

En el caso en que la codificación de los equipos que se encuentran en operación en la planta no se hubiese realizado y no se contase con algunas características técnicas propias de los equipos, se debería realizar un tipo de codificación más básico de modo que a medida que éstos sufran intervenciones para su mantención, se puedan ingresar los datos a su ficha técnica.

Este tipo de codificación consiste en la asignación de letras características o números (en general dos dígitos), que definen un tipo de equipo, por ejemplo:

Equipo	Código por Letras	Códigos por números
Bombas	BOM	10
Motor Eléctrico	MOT	20
Reductores	RED	30
Compresores	COM	40

Tabla 5.24: Métodos De Codificación Básica

Para representar la bomba numero uno, del ejemplo anterior, se podría utilizar los siguientes códigos:

BOM0001

O mediante:

100001

También existen otros métodos para identificar los equipos, ello va a depender de la cantidad de información con que cuente la organización y el nivel de éstos que se quiera manejar.

5.9 Proposición de Procedimiento de Avisos y Órdenes De Mantenimiento

En primer término, para poder proponer un procedimiento de avisos y órdenes de mantención, se debe analizar el actual flujo de información de modo visualizar falencias y proponer mejoras.

5.9.1 Descripción Del Procedimiento Actual De Aviso De Mantención De Fallas No Programadas.

1. El operador de la línea detecta una falla, en donde debe discriminar si se trata de una falla de operación o de mantenimiento.
2. El operador detecta que la falla es de mantención, por lo cual ahora discrimina si se trata de una falla eléctrica o mecánica, dando aviso de ésta, ya sea a los mecánicos o eléctricos, mediante sonidos de alarma **(Ver Cáp. 4. Sec.4.6)**.
3. El operador, al ver que la falla es de operación, entonces procede a ejecutar el trabajo.
4. El operador registra en una bitácora electrónica el trabajo realizado, especificando causas de la falla, hora y tiempo de detención.
5. Los eléctricos que van a inspeccionar la falla que les compete, dimensionan la magnitud de ésta, evaluando a la vez si pueden solucionar el problema con recursos propios o requieren de apoyo de Terceros.
6. Los eléctricos, una vez que ya han dimensionado la magnitud de la falla que pueden solucionar con recursos propios, proceden a ejecutar el trabajo.
7. Una vez que los eléctricos involucrados con el trabajo, terminan la ejecución de éste, proceden a registrar las tareas realizadas en una plantilla de mantención, donde describen el trabajo realizado, línea intervenida, Horas empleadas, etc. **(Ver Cáp. 4. Sec. 4.6)**.
8. En el caso que los eléctricos establezcan que la magnitud de la falla requiere del apoyo de terceros, entonces se efectúa la descripción de las especificaciones técnicas del trabajo a realizar.

9. Los mecánicos que van a inspeccionar la falla que les compete, dimensionan la magnitud de ésta, evaluando a la vez si pueden solucionar el problema con recursos propios o requieren de apoyo de Terceros.
10. Los mecánicos una vez que ya han dimensionado la magnitud de la falla, que pueden solucionar con recursos propios, proceden a ejecutar el trabajo.
11. Una vez que los mecánicos involucrados con el trabajo, terminan la ejecución de éste, proceden a registrar las tareas realizadas en una plantilla de mantención, donde describen el trabajo realizado, línea intervenida, Horas empleadas, etc. **(Ver Cáp. 4 Sec. 4.6).**
12. En el caso que los mecánicos establezcan que la magnitud de la falla requiere del apoyo de terceros, entonces se efectúa la descripción de las especificaciones técnicas del trabajo a realizar.
13. De acuerdo a las especificaciones técnicas entregadas a terceros, ya sea por el departamento mecánico o eléctrico, éstos proceden a realizar el trabajo requerido.
14. Una vez concluido el trabajo requerido, entonces Terceros emite facturas en las cuales se especifica lo realizado y su costo, éstas van dirigidas al departamento de mantención eléctrica.
15. Una vez concluido el trabajo requerido, entonces Terceros emite facturas en las cuales se especifica lo realizado y su costo, éstas van dirigidas al departamento de mantención mecánica.

El diagrama de la **figura 5.2** muestra el flujo de información antes descrito.

Diagrama de Procedimiento Actual De Avisos De Mantención De Fallas No Programadas

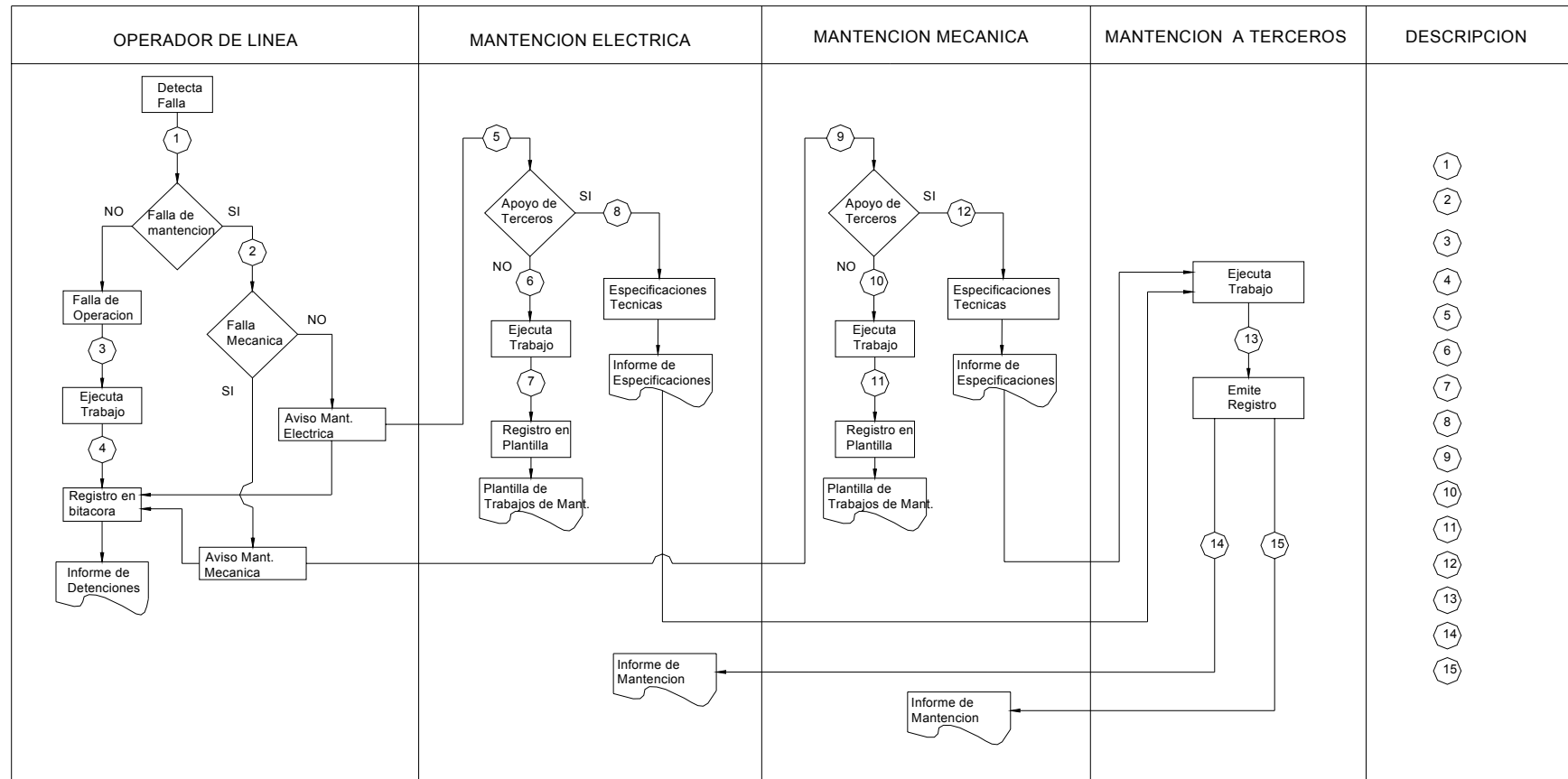


Figura 5.2: Procedimiento Actual De Aviso De Mantenimiento

Análisis

Como se ha visto del actual flujo de información, podemos decir que cada departamento, tanto mecánico como eléctrico, al ocurrir una falla, actúan como entes de planificación de los trabajos, sean éstos programados o no, y encargados en la toma de decisiones en cuanto a los recursos a emplear.

Además, se observa que la información que se obtiene de las actividades de mantención, procede de las bitácoras de las plantillas de trabajos de mantención y de la información relacionada con los trabajos asignados a terceros.

A través del registro de **bitácoras**, realizado por los operadores, actualmente solo se utiliza para analizar la eficiencia de las líneas por medio del registro de los tiempos de detención.

Las **plantillas de trabajos de mantención**, sirven para poder tener un control de las actividades realizadas por los trabajadores de ambos departamentos, en que solo se puede analizar las horas-hombre y en que línea prestaron servicio.

La **información entregada por Terceros**, comúnmente son facturas en que se especifica, costos de los repuestos utilizados y una descripción general del trabajo realizado.

Esta información **no** permite evaluar con certeza, que la toma de decisiones apunte a mejorar algún aspecto del trabajo realizado, ya que la información que se maneja es demasiado general.

5.9.2 Proposición De Procedimiento Para Los Avisos De Mantenimiento.

Una opción, que en mayor medida utilizan la mayoría de las empresas competitivas, es la creación de un Departamento de Planificación de mantención, o la asignación de personal calificado para estas labores, la cual estará encargada de la administración de los recursos de mantención de la forma más eficaz y eficiente posible. Esto permite poseer un ente de coordinación de los departamentos de mantención eléctrica y mecánica, y que en conjunto, pueden desarrollar mejoras continuas de sus procedimientos para enfrentar las diferentes actividades del mantenimiento.

El medio de información más utilizada como medio de análisis por los planificadores es la orden de trabajo, esta debe ser diseñada de modo de obtener de ella la mayor información necesaria y así poder evaluar de modo más confiable, y al mismo tiempo, definir estrategias de mantención de manera de aumentar al máximo la disponibilidad de las instalaciones de la organización al mínimo costo.

Para lograr lo anterior, se debe crear un sistema de orden de trabajo que permita un flujo de información lo más expedita posible, pero sin perder el control de los recursos involucrados para tal efecto.

La información en este tipo de sistema va desde el aviso de mantenimiento, hasta el cierre de una orden de trabajo de mantención, permitiendo un control permanente de los recursos utilizados en algún trabajo de mantención.

A continuación, se presentan las propuestas de procedimientos de avisos y órdenes de mantenimiento que permiten una recopilación de información eficiente.

5.9.2.1 Procedimiento General De Aviso De Mantenimiento.

Descripción Del Procedimiento General De Aviso De Mantenimiento.

1. Para canalizar los trabajos de Planta se utiliza el documento denominado Aviso de Mantenimiento, el que podrá ser emitido por cualquier persona que pertenezca a MolyCop Chile S.A.
2. Para el caso de **reparaciones de equipos en emergencias**, los trabajos requeridos **deberán** iniciarse de inmediato, **sin necesidad de tener Aviso de Mantenimiento.**
3. Normalmente, para cada trabajo a desarrollar, deberá emitirse un Aviso de Mantenimiento. En dicho Aviso el emisor deberá especificar una descripción resumida del trabajo a realizar, la ubicación técnica y/o el número del equipo a intervenir.
4. Si el equipo es reparado en condiciones de emergencia, el Supervisor de mantención correspondiente o el Jefe de Turno **tendrá la obligación** de emitir a la brevedad posible el Aviso de Mantenimiento y la Orden de Mantenimiento para regularizar pedidos de materiales, consumo de horas hombre, Solicitud de Pedidos, Información Histórica, Información de Costos.
5. El Supervisor de mantención correspondiente o el Jefe de Turno, genera la Orden de Mantenimiento. A cada orden, el sistema le asigna un número correlativo y único, el cual es utilizado para controlar los movimientos desde el punto de vista de gestión administrativo.

El diagrama de la **figura 5.3** muestra el flujo de información antes descrito.

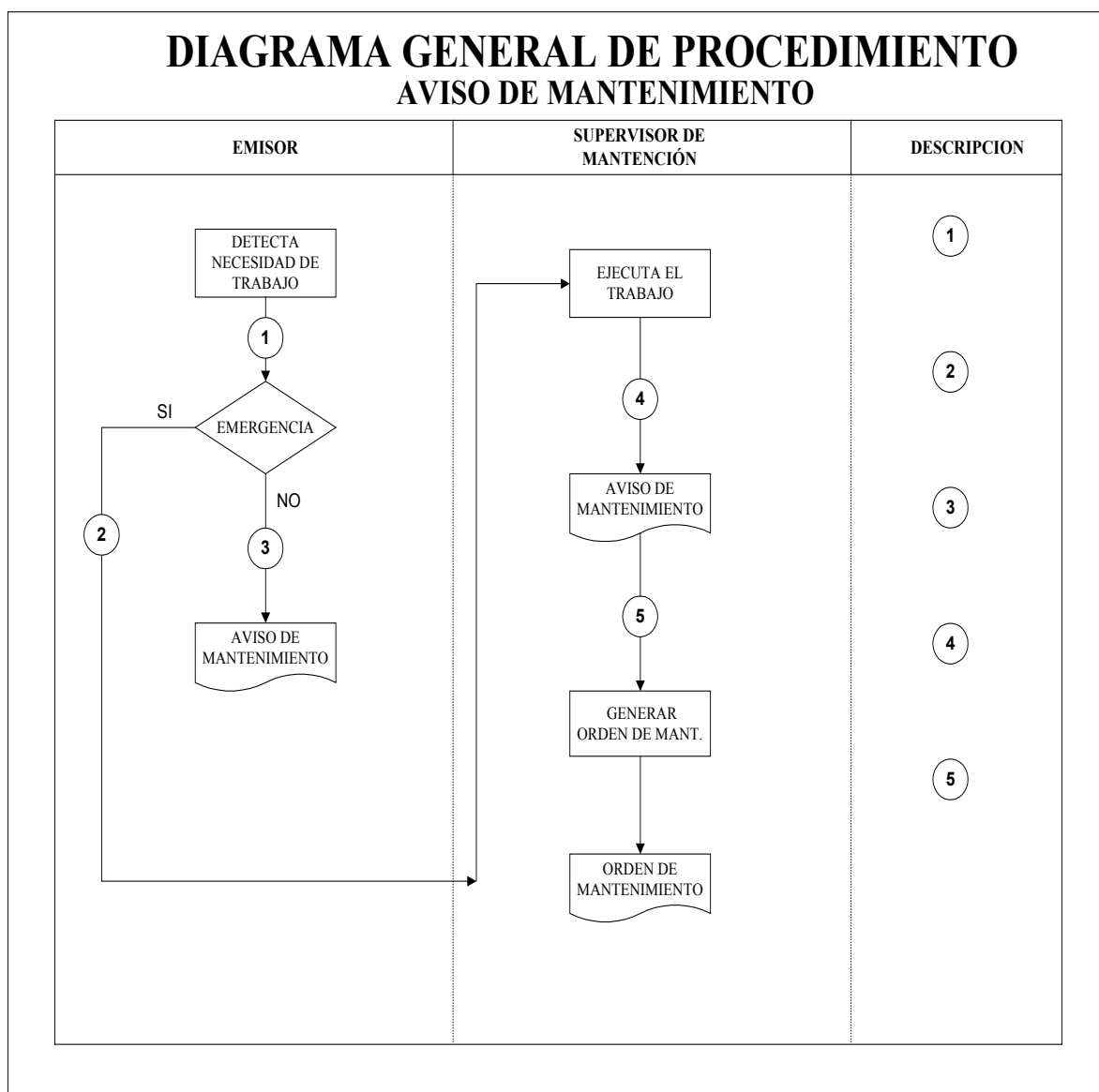


Figura 5.3: Procedimiento De Aviso De Mantenimiento.

5.9.2.2 Procedimiento De Orden De Mantenimiento.

Descripción Del Procedimiento De Orden De Mantenimiento.

1. Una vez que el Puesto de Trabajo Responsable genera la Orden de Mantenimiento, a partir del Aviso de Mantenimiento, ésta debe ser Planificada, es decir, establecer los recursos internos o externos necesarios para la ejecución del trabajo.
2. El Planificador revisa la codificación y planificación de la Orden de mantenimiento, aprobándola.
3. Si la Orden de mantenimiento que esté relacionada con Modificación de objeto técnico, Estudio de Mantención, Estudio de Operación o Estudio de Ingeniería, ésta debe ser autorizada por el jefe del departamento que solicita el trabajo. Sin embargo, si el trabajo tiene como respaldo un código de inversión o un fondo de libre disposición, la autorización la ejecuta el Jefe de Planificación o a quién él designe.
4. El Planificador, debe establecer la norma de liquidación de Orden de mantenimiento, indicando a que objeto contable se imputarán los costos reales, debiendo lanzar la Orden para su ejecución.
5. Si la Orden de Mantenimiento es rechazada, el Planificador la deja como Orden de mantenimiento Rechazada, por lo cual no podrá ser ejecutada e informada al emisor.
6. Si la Orden de Mantenimiento, fue rechazada por el Planificador, el Puesto de Trabajo Responsable deberá emitir una nueva Orden de Mantenimiento para someterla a los procesos ya descritos.
7. Si la Orden de Mantenimiento se va a ejecutar con recursos externos, el Puesto de Trabajo deberá emitir desde la Orden de Trabajo, la Solicitud de Pedido correspondiente y dirigir las especificaciones técnicas del trabajo a adquisiciones para la contratación de los recursos necesarios.

8. Por cada trabajo que se ejecute con recursos externos, adquisiciones deberá cotizar entre diferentes contratistas y sugerir el que ofrezca las mejores alternativas, considerando para ello la calidad, plazos y los costos involucrados en el trabajo.

La formulación de la adjudicación del trabajo queda expresa a través del documento oficial, emitido por adquisiciones, con copia a Planificación y al Puesto de Trabajo Responsable.

9. Si la Orden de Mantenimiento se ejecuta con recursos internos, el Puesto de Trabajo Responsable coordinará las acciones que permitan el buen desarrollo del trabajo.

10. En la medida que se vayan ejecutando o se den por terminado los trabajos, los Puestos de Trabajo notificarán las horas hombre utilizadas durante la jornada. Posteriormente, se debe completar el Aviso de Mantenimiento, de modo de almacenar información histórica del trabajo ejecutado, concluyendo las medidas realizadas.

11. Planificación liquida todos los costos reales cargados a la Orden de Mantenimiento, sin necesidad de que el trabajo se haya ejecutado completamente o se haya realizado la notificación final de éste. La liquidación de la Orden, también puede ser realizada después del cierre técnico de la Orden de Mantenimiento.

12. Luego de realizadas las actividades ya descritas, le corresponde al Planificador cerrar técnicamente la Orden de Mantenimiento.

El diagrama de la **figura 5.4** muestra el flujo de información antes descrito.

DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO ORDEN DE MANTENIMIENTO

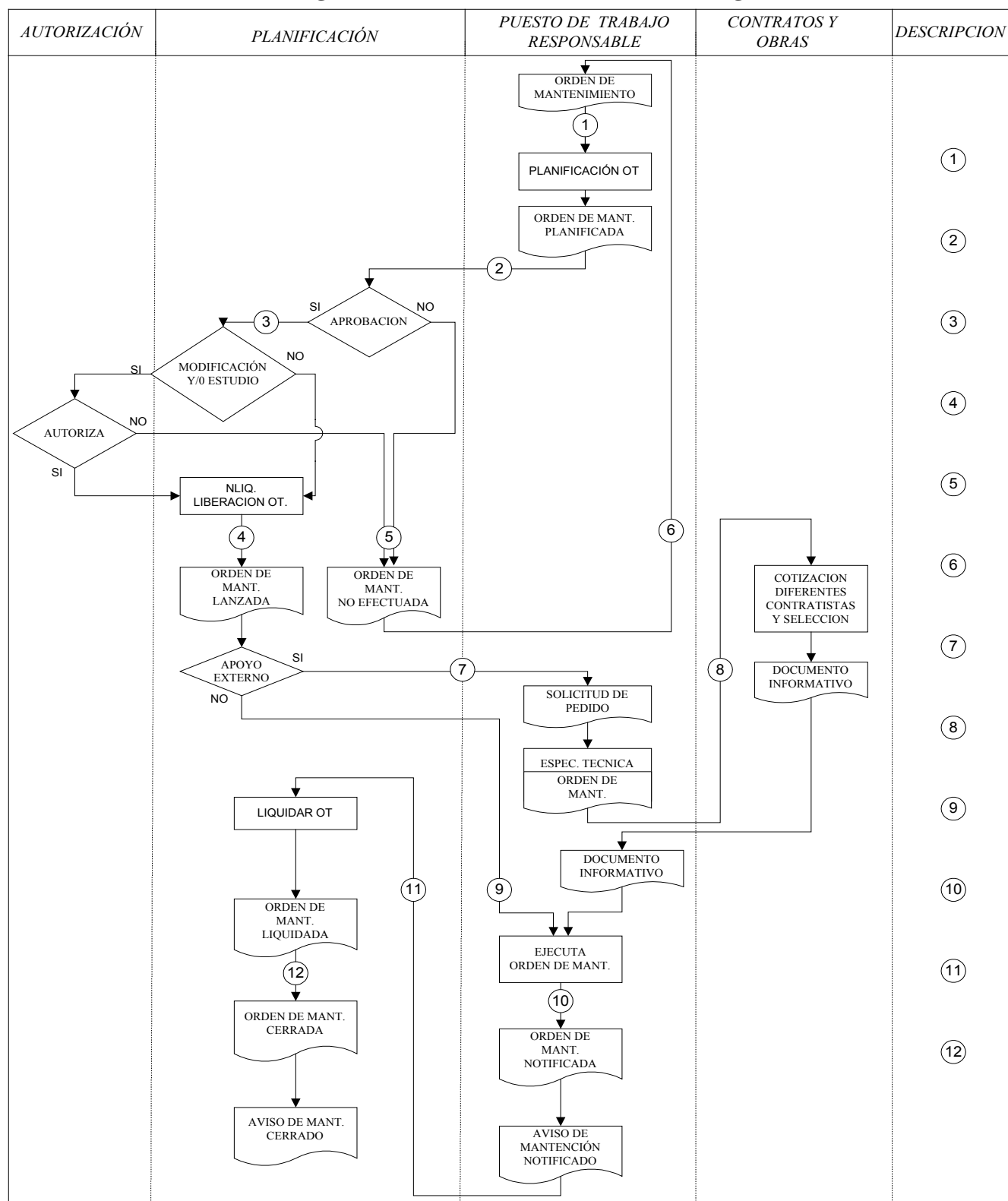


Figura 5.4: Procedimiento De Orden De Mantenimiento.

CAPITULO 6. REPOSICIÓN DE INVENTARIO DE REPUESTOS CRÍTICOS EN BODEGA.

6.1 Introducción.

El objetivo de la Reposición de Inventario de Repuestos Críticos es, lograr establecer un stock de inventario óptimo que permita mantener un respaldo de repuestos de aquellos equipos críticos que conforman la línea “Forja 6”. Además, minimizar los costos de pedido y los costos de almacenamiento, pero antes que nada ¿qué se entiende por inventario?. En cuanto a este concepto, hay varias definiciones de autores, unas más conservadoras que otras, sin embargo, una de las más sencillas de entender lo siguiente: “***Un inventario es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para facilitar la producción o para satisfacer la demanda del consumidor***”. Esta definición se ajusta muy bien al punto de vista del área de operaciones, como un proceso de transformación (Materia Prima - Productos en Procesos – Productos Terminados), en donde se requiere la óptima disponibilidad de los equipos involucrados en la línea de producción.

La reposición de Inventario debe poseer un stock mínimo y un stock máximo, los cuales se deben almacenar en bodega, de acuerdo a estas fluctuaciones, se puede contar con ciertas garantías de respaldo y así lograr obtener un stock óptimo de repuestos de los equipos críticos de la línea Forja 6.

MolyCop Chile S.A., actualmente cuenta con un sistema de pedido de repuesto, el cual consiste en que, el responsable de una determinada área comunique la necesidad de repuesto al encargado de bodega, el cual verá si el repuesto se encuentra físicamente almacenado, de no ser así, entonces se realizan cotizaciones y/o compra de repuestos a proveedores, ya sean estos nacionales o extranjeros, dependiendo del tipo de repuesto. Este último procedimiento se conoce con el nombre de cargo directo (C.D).

La reposición de inventario se realiza una vez que el stock actual sea inferior al stock mínimo de repuesto.

6.2 Abastecimiento De Repuestos Críticos.

El tipo de abastecimiento que realiza la empresa, es de forma conjunta entre el departamento de Adquisiciones y Bodega. Este último, informa la adquisición de los repuestos necesarios que deben reponerse u obtener, para así mantener un stock óptimo que permita la disponibilidad necesaria de las líneas de producción. Bodega a su vez, debe trabajar en conjunto con los distintos departamentos de la empresa. Para este caso, el departamento de Mantenimiento Mecánica, solicita mediante los supervisores correspondientes, los repuestos necesarios para el funcionamiento de la línea. Esta solicitud puede ser porque; se ha producido una falla no programada en la línea, porque se deben tener los repuestos requeridos al momento de realizar la mantención Programada o simplemente porque se debe efectuar un tipo de cambio de repuesto de manera rutinaria para algún equipo determinado.

El sistema de solicitud de materiales dentro de la empresa, es mediante un sistema computarizado, el cual permite tener un control de los materiales en bodega. Este sistema administra información relevante, como por ejemplo:

- Código de Material.
- Planta
- Descripción de Material.
- Responsable del Pedido de solicitud.
- N° de Pedido
- Tipo de Pedido. (Compra o Servicio).
- Fecha Emisión.
- Estado (Terminado, Ingresado, Anulado, Cotizado, etc.)
- Etc.

Los distintos departamentos en MolyCop Chile S.A, poseen acceso a este sistema computarizado, por lo cual, estos deben coordinarse según sus requerimientos.

6.3 Determinación De Repuestos Críticos Para La Línea Forja 6.

El objetivo de determinar los repuestos críticos, es poder priorizar el suministro de éstos en bodega al momento en que sea requerido por parte del departamento de mantención, dado que estos repuestos forman parte fundamental para el funcionamiento de los equipos y de los sistemas críticos, por lo cual la no-disponibilidad de éstos, generara una mayor probabilidad de provocar una detención de la línea de producción.

En el capítulo 5, se definieron los equipos críticos de la línea Forja 6, mediante el método cualitativo ABC. (Ver Tabla 6.1)

De acuerdo a esto, se obtuvo los siguientes equipos críticos:

Área	Equipo / Sistema	Tipo de Mantenimiento
03	Motor Eléctrico / Sistema Motriz Forja	A
03	Reductor / Sistema Motriz Forja	A
03	Maquina de Forja / Sistema Corte y estampa	A
03	Bomba Hidráulica / Central Hidráulica N° 1	A
03	Bomba Hidráulica / Central Hidráulica N° 2	A
03	Motor Hidráulico / Central Hidráulica N° 2	A
02	Compresor 1 / Sistema Neumático	A
02	Compresor 2 / Sistema Neumático	A

Tabla 6.1: Equipos Críticos de la Línea Forja 6

Dado que se poseen los equipos críticos de la línea Forja 6, entonces se puede realizar una clasificación de los repuestos asociados a cada uno de estos equipos críticos.

6.4 Pronóstico De La Demanda De Repuestos Críticos

En MolyCop Chile S.A., la selección de abastecimiento de repuesto, no cuenta con un método analítico para determinar el comportamiento que presenta la demanda de repuestos y materiales que se requieren para poseer un respaldo de los equipos críticos, ésto debido básicamente al tipo de mantención que se realiza, mantención a la falla. Por lo cual, este procedimiento se realiza mediante una estimación de los repuestos que presentan una mayor rotación en bodega durante un determinado periodo de tiempo (año). Sin embargo, este procedimiento en gran medida es aleatorio.

6.4.1 Método De Pronóstico.

Considerando el tipo de demanda de repuesto, la cual es de tipo aleatorio y no estacionario, entonces el método a utilizar es: “Suavizamiento Exponencial de Primer Orden”, en donde su ecuación viene dada de la siguiente forma:

$$\hat{y}_{t+1} = \hat{y}_t + \alpha (y_t - \hat{y}_t)$$

Donde:

α : Coeficiente de suavizamiento; $0 \leq \alpha \leq 1$.

$\hat{y}_{t+1}$: Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t+1.

$\hat{y}_t$: Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.

y_t : Demanda real para el periodo t.

Coeficiente de Suavizamiento.

Respecto al coeficiente de suavizamiento (α), su elección dependerá de las características que presente la demanda. El rango de valores de α se encuentra entre:

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Los valores menores a α o los que más se acercan a cero, poseen un alto efecto suavizador sobre la proyección de la demanda, en cambio los valores más grandes o los valores que más se acercan a 1, poseen un bajo efecto suavizador, ésto provoca que el pronóstico de la demanda responda rápidamente ante los cambios de la demanda real, reflejando de esta forma una porción de los cambios aleatorios, es decir, si los valores de α son:

$\alpha \approx 1 \implies$ Se cree en los datos recientes.

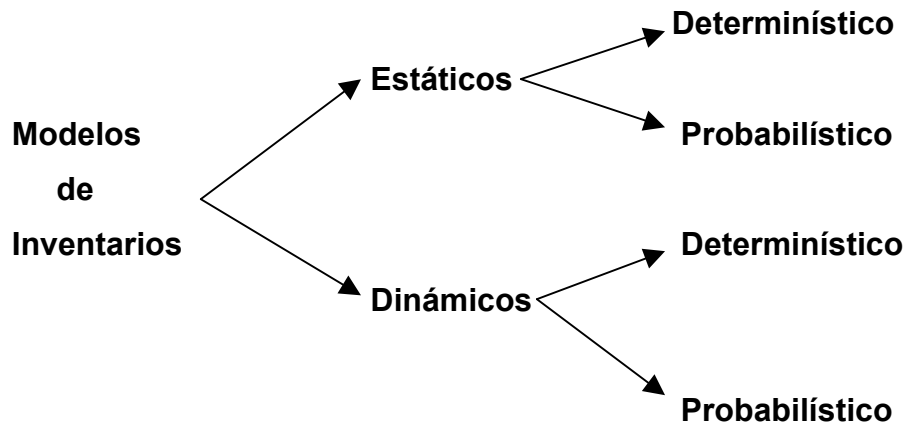
$\alpha \approx 0 \implies$ Se cree en los datos pasados.

Una expresión bastante utilizada para la obtención de la constante de suavizamiento exponencial es:

$\alpha = 2 / (n + 1)$; donde “n” es el número de períodos considerados.

6.5 Inventario De Repuestos.

Los modelos de inventarios se clasifican según el siguiente esquema:



6.5.1 Demanda Independiente Versus Demanda Dependiente.

Una distinción crucial en la administración de inventarios es, saber si la demanda es independiente o dependiente. La demanda **Independiente** está influenciada por las condiciones del mercado **fuera de control de operaciones**; es por lo tanto, independiente de las operaciones. Los inventarios de productos terminados y las **partes de repuestos para reemplazo**, generalmente tienen demanda independiente. La demanda Dependiente está relacionada con la demanda de otro artículo y el mercado no la determina independientemente. Las demandas dependientes e independientes tienen **patrones diversos de demanda**. Dado que la demanda independiente esta sujeta a las fuerzas del mercado, con frecuencia presenta algún patrón fijo en tanto que, también responde a las influencias aleatorias. Por otro lado, la demanda dependiente presenta un patrón intermitente, una vez si, una vez no, debido que la producción está generalmente programada en lotes.

En definitiva, para los diferentes patrones de demanda se requieren diferentes enfoques para la administración del inventario. Esto quiere decir, que para la demanda **Independiente**, es apropiada una filosofía de **Reposición**. Es decir, que se utilizan las existencias, se repone con objeto de tener materiales a la mano para futuras eventualidades.

Para artículos de demanda **Dependiente**, se utiliza una filosofía de **Requerimientos..**

De acuerdo a lo anterior, es posible darse cuenta del tipo de demanda de los repuestos críticos para la línea de producción Forja 6, siendo esta Independiente.

Ya que se tiene el tipo de demanda (Independiente), entonces ahora se debe determinar el método que considere este tipo de demanda. Estos son:

- **Cantidad Económica de Pedido:** Este método supone una tasa de demanda constante, un tiempo de entrega constante, un tiempo de colocación fijo, no inexistencias, compra de lotes, no descuentos y un solo producto.
- **Sistema de Revisión Continua:** Este método proporciona una forma para manejar la demanda aleatoria. Cuando la posición de existencias

cae hasta el punto de reorden **R**, entonces se ordena una cantidad fija **Q**. El tiempo de órdenes varía dependiendo de la demanda real.

- **Sistema de Revisión Periódica:** Este método proporciona una forma para manejar la demanda aleatoria. La posición de existencias se revisa a intervalos fijos **P** y se ordena una cantidad igual al inventario objetivo **T** menos la posición de existencias. La cantidad que se ordena en cada periodo de revisión varia dependiendo de la demanda real.

Además, se debe tener en cuenta el tipo de repuesto que se está analizando, ya sean éstos críticos o no, lo cual va a definir las condiciones de **control en el inventario** de éstos.

Dependiendo de la criticidad que posean los repuestos, se puede determinar cuál es el modelo de inventario más apropiado según los requerimientos que presenten los repuestos, por lo cual tenemos que:

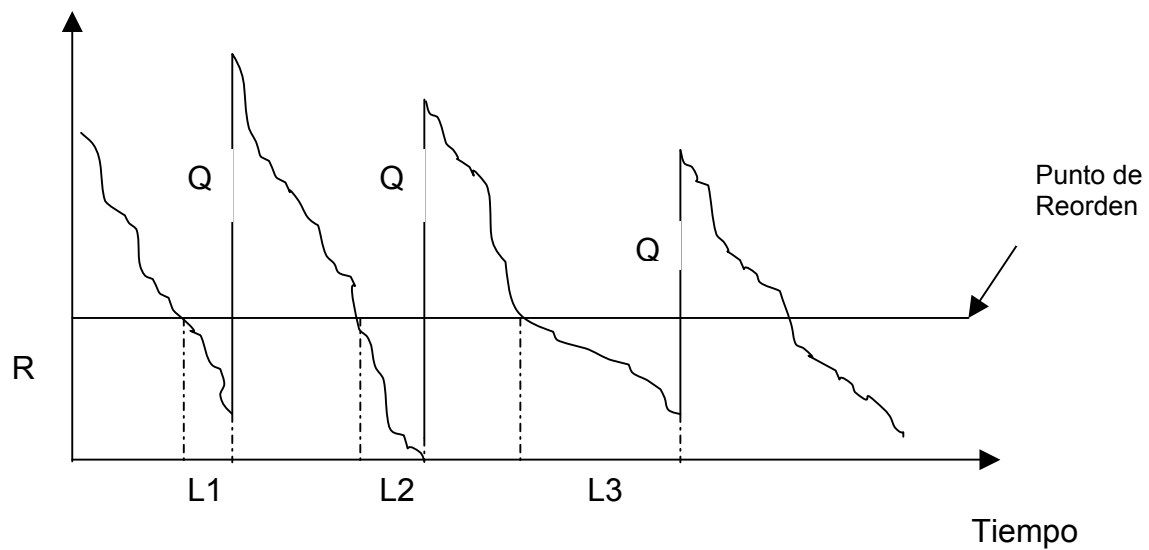
REPUESTO		
CLASIFICACIÓN	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Alta Criticidad	Revisión Continua	Control mas Estrecho de los Repuestos
Baja Criticidad	Periodo Fijo	No se requiere de un Control Intensivo

Tabla 6.2: Modelo de Inventario v/s Criticidad de Repuestos

Tomando en cuenta todo lo anterior, se establece el método mas adecuado para los repuestos críticos de la línea “Forja 6”, el cual es el “**Sistema de Revisión Continua**”, ya que éste acepta la demanda aleatoria, lo cual hace al modelo lo suficientemente flexible para utilizarse en la práctica de administración de inventario con demanda independiente. Además, al tratarse de repuestos críticos, se necesita un período de revisión continua, lo cual permite tener un mayor control sobre el inventario de estos repuestos.

A continuación, se presenta una gráfica de este sistema, en donde se representa que la posición de la existencia cae de forma irregular hasta que alcanza el punto de reorden **R**, donde se coloca una orden por **Q** unidades. La orden, se recibe posteriormente después de un tiempo de entrega **L** y entonces se repite el ciclo de utilización de reorden y recepción de material.

Nivel de Inventario



A continuación, se describen los parámetros del modelo:

Donde:

Q = Cantidad a pedir o lote económico.

R = Punto de Reorden.

L = Tiempo de Entrega.

Como la cantidad pedida es fija, el tiempo que transcurre (Lf) entre pedido varia, dependiendo de la naturaleza aleatoria de la demanda. Luego, este sistema queda determinado por los parámetros Q y R, que se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Para determinar la cantidad de reposición, tenemos:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * Y_t * S}{i * C}}$$

Donde:

Q* = Lote Económico Óptimo (Unidades)

Yt = Pronóstico de la Demanda para el periodo t (Unidades / Año)

S = Costo por Ordenar (\$)

C = Costo Unitario del Artículo (\$)

i = Tasa de interés anual por mantener inventario (% del valor de inventario)

El punto de reorden **R** se calcula de la siguiente manera:

$$R = m + St$$

Donde:

m = Demanda media (promedio) durante el tiempo de entrega

$$St = z * \sigma$$

Donde:

Z = Factor de Seguridad o Nivel de Servicio deseado. (Ver Anexo 4)

σ = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Entonces se tiene:

$$R = m + z * \sigma$$

En cuanto al punto de reorden, este se basa en la noción de una distribución de probabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega. La distribución más común de probabilidad de demanda independiente durante el tiempo de entrega, es la distribución normal.

6.5.2 Determinación De Costos De Inventario Para MolyCop Chile S.A.

Típicamente, los factores que se consideran son el “Costo de Pedir”, el “Costo de Mantener” y el “Costo de Compra” propiamente tal.

- **Costos de Ordenar (S):** El costo de ordenar pedido, está relacionado con la adquisición de un grupo o lote de repuestos. Este costo considera el gasto de una emisión, cotización y adquisición de los repuestos.

Los costos se pueden considerar fijos para cada compra, estimándose un promedio de los costos históricos. Dentro de éstos, se deben diferenciar entre:

Costos de Pedido Nacional y Costos de Pedido Importado.

- **Costos de Mantener (C*i):** Es el costo de oportunidad que se incurre al mantener una unidad en bodega. Este costo se expresa como un porcentaje del capital invertido o costo de compra (de 15% a 30%). El costo de mantener involucra el costo de capital, obsolescencia y deterioro.

- **Costos de Compra:** Es el costo en el cual incurre la empresa, para realizar la compra, es decir, es el valor de compra del repuesto propiamente tal.

En el caso del análisis de inventario de repuestos, se debe considerar el costo adicional debido a la eventual inexistencia del repuesto cuando el repuesto titular falla, es decir, **los costos asociados a los pedidos de urgencia**, serán mayores a los costos de pedido normal de repuesto, dada la limitante del tiempo, la cual debe ser lo más corta posible para solucionar la emergencia.

Tiempo de Entrega.

Los tiempos de entrega dado por los proveedores de repuestos con los que cuenta MolyCop Chile S.A., se consideran fijos, y este tiempo de entrega, sólo queda limitado por la procedencia de los proveedores, los cuales pueden ser Nacionales o Extranjeros. Se puede clasificar la estimación del tiempo de entrega, de acuerdo a la procedencia de los proveedores. Estos tiempos son los que se presentan en la siguiente tabla:

Procedencia Proveedor	Estado Repuesto	Tiempo de Entrega en Días (Lf)
Nacional	Normal	1
	Urgente	1
Importado	Normal	30
	Urgente	15

Tabla 6.3: Tiempo de Entrega de Repuestos

6.6 Aplicación Del Modelo.

El objetivo de describir un modelo de Inventario, es establecer parámetros cuantitativos de un determinado tipo de repuesto, como por ejemplo, la cantidad óptima a pedir y el punto de reorden de inventario.

Para determinar estos parámetros, es necesario estimar la cantidad de repuestos críticos que se demanda en el próximo período de tiempo (mes, año). Sin embargo, en MolyCop Chile S.A., actualmente es difícil distinguir estos datos por equipo, debido a que se desconoce la cantidad de repuestos que consume un equipo en particular de la línea, ya que sólo se contabiliza la cantidad total de repuestos que se consume para toda la línea, en nuestro caso, la cantidad de repuestos totales que se destina a una línea y no se discrimina hacia que equipo en particular va destinado el repuesto. Entonces por el momento, sólo se puede llegar a establecer un cierto porcentaje de estos repuestos que fueron consumidos por un equipo. Por ejemplo, como equipo crítico se tiene una bomba hidráulica de la línea Forja 6, en donde uno de sus repuesto más solicitados es un filtro de presión. Ahora supongamos que el consumo de este mismo repuesto sea diez durante un año, en donde sólo se indica la cantidad que fue destinada a cada línea, pero no se especifica la cantidad que se ocupó por cada bomba de la línea. Esto implica, que no se puede registrar que bomba de la línea esta consumiendo más cantidad de repuesto, lo cual sería de gran ayuda en el control de los costos de equipos por concepto de consumo de repuestos, como también detectar si el equipo está demandando más repuestos de lo normal, lo cual podría dar indicios de un tipo de falla en especial. En el caso que se disponga de la información de la cantidad de repuestos utilizados en un determinado período de tiempo, se logra obtener la estimación de la proyección del consumo de los repuestos asociados a los equipos críticos, mediante el método establecido anteriormente (suavizamiento exponencial de primer orden). Además, se debe disponer de información relevante como, el Precio Unitario del Repuesto (\$/unidad); el Costo por Mantener ($C * i$) y el Costo de Ordenar (% del valor del repuesto).

Tomando en cuenta estos últimos datos y obteniendo el pronóstico del consumo de aquellos repuestos críticos, entonces se está en condiciones de obtener las variables que determinarían la **Cantidad Optima del Pedido (Q)**, el **Punto de Reorden (R)**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

Al término de este trabajo nos hemos dado cuenta de la necesidad de las empresas por ser cada vez más eficientes en todas sus áreas. El mantenimiento no queda exento de esta necesidad, mas aún si se considera la relación estrecha entre el mantenimiento y la producción, tomando en cuenta la naturaleza de esta empresa, en donde un mantenimiento adecuado otorgaría un óptimo grado de disponibilidad de producción.

Actualmente, MolyCop Chile S.A., no cuenta con un sistema adecuado de mantención que le permita evaluar de manera más confiable los problemas de mayor significación, de modo de tomar decisiones en lo que respecta a evaluar nuevas estrategias con la finalidad de aminorarlas.

El trabajo realizado, permitió proponer las bases con que debe contar un sistema de gestión de mantenimiento, acorde a las necesidades reales de la empresa.

En base al desarrollo de los objetivos propuestos se concluye que:

1. Al analizar la capacidad instalada con la proyección de la demanda, se establece que la empresa debe realizar una ampliación de su capacidad productiva y/o aumentar la disponibilidad de sus líneas de producción.
2. Con el análisis de los planes de mantenimiento preventivo actuales, se identificaron cuales eran las falencias, tales como, falta de registro histórico de las intervenciones a los equipos, hora-hombre, repuestos, solicitudes de pedido, solicitudes de compra, en sí, los costos involucrados en un trabajo de mantención.
3. Por medio de este trabajo se propone una estructura lógica de acción, que va desde el establecimiento de áreas hasta la estructura de codificación de los equipos con que cuenta la organización, con la finalidad de tener un control más ordenado de los sistemas que conforma la línea de producción Forja 6.
4. Se estableció un formato de fichas técnicas, de modo de implementar una base de datos de los equipos de mayor valor económico (activos

ANEXO 1

Información Para La Gestión De Mantenimiento

Modelo de recopilación de datos de catastro.

CATASTRO DE EQUIPO	
Equipo: Compresor de aire #1	"FAMILIA":CA.MS.01
Fabricante: MAUSA S.A.	TIPO / MODELO: P/25-10-S
Origen del fabricante: Piracicaba – BR.	Proveedor: ENGIN S.A.
Condición de Almacenaje: Prendido para calentamiento	
Referencias: Manuales MS-2Y41/90 y MS-3J74/89	
Planos: MS-3789-R3 y MS-3801-R2	
Medidas: Largo: 1350 mm Ancho: 700 mm Altura: 800 mm Peso: 390 Kg.	
Planta: Fabrica San José	Código de Equipo: SJ.G2.AC.CA.01.B
Ubicación: Galpón 2- Junto a las turbinas	Nº Identificación: 153 829
Sistema Operacional: Aire Comprimido	Clase: B
Costo: \$3,82.00	Inicio de Operación: 22/07/92
DATOS TÉCNICOS	

Modelo de instrucciones de mantenimiento.

INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO: CHILLER	ACTIVIDAD: PREVENTIVA SISTEMÁTICA
SECTOR: MECÁNICO	TIEMPO PATRÓN: 2.0 HORAS
INSTRUCCIONES	
1) Servicio ejecutado con el área eléctrica e instrumentación	
2) Inspeccionar estado de conservación; corregir si es necesario	
3) Inspeccionar conexiones por eventuales perdidas; corregir si es necesario	
4) Inspeccionar válvulas de bloqueo; corregir e indicar anomalías	
5) Verificar suspensión libre del compresor; retirar la traba del carril si es necesario	
6) Verificar tornillo de fijación compresor /carril; apretar si es necesario	
7) Verificar estado /nivel del aceite lubricante; completar /cambiar si es necesario	
8) Verificar visor de la unidad línea de refrigeración; si no esta verde cambiar el filtro	
9) Verificar el controlador de estados; ajustar el control. Temperatura. Registrar medición	
10) Verificar presostatos del compresor; ajustar si es necesario. Registrar medición	
11) Inspeccionar manómetros alta /baja presión; corregir anomalías	
12) Inspeccionar manómetros entrada /salida agua /aire ; corregir indicando anomalías	
13) Inspeccionar termómetros entrada /salida agua /aire ; corregir indicando anomalías	
14) Verificar existencia de ruidos anormales; corregir si es necesario	
15) Verificar presión /temperatura de salida; corregir si es necesario. Registrar medición	

“Pantalla” de actualización de datos de programación

PROGRAMA MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
EQUIPO:	1G2TBCA1B	NOMBRE: COMPRESOR DE AIRE #1	
TABLAS COMPLEMENTARIAS	RC	S M	COMPONENTE: ROTOR Y ARMAZON
			ACTIVIDAD: PREV. SISTEMATICA
			SECTOR: MECÁNICO
INSTR. MANTENIMIENTO	CA2		TITULO: COMPRESOR DE AIRE- MEC
REC. SEGURIDAD	EP1		TITULO: EQ. NEUMÁTICO
REG. MEDICIONES	CA1		TITULO: COMPRESOR DE AIRE- MEC
CENTRO DE COSTO	105015		ÁREA: TALLERES
PERIODICIDAD SEMESTRAL 1ª SEM. 09/1999 CRITICIDAD 2 SEM. LIMITE EX. 12 SEM.			
CÓDIGO DE MATERIAL	128962	1 pc	RODAMIENTO XXXXXXXX
	773468	3 lt	ACEITE YYYYYY
	773409	100 g	GRASA ZZZZZZ
RECURSOS HUMANOS	M3	1	MECÁNICO 3
	M1	1	MECÁNICO 1
	Etc..		
MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	ML	1	MEDIDORES DE LUCES
	TQ	1	TORQUIMETRO
	Etc..		

Modelo De Informe De Falla

INFORME DE FALLA			
INFORME DEL INICIADOR			
INICIALES_____		FECHA FALLA:___/___/___	
HORAS/ MINUTOS ___/___			
INFORME DEL REPARADOR			
INICIALES	FECHA COMIEN. REP ___/___/___		OTM N° _____
SITIO_____	FECHA TERM. REP ___/___/___		HORAS – HOMBRE _____
COMPONENTE_____	CAUSA _____	ACCIÓN _____	ESPERA _____ HORAS ESPERA _____
TRABAJO REALIZADO:			
PROBLEMA:			
SEGUIMIENTO:			
REPUESTOS UTILIZADOS			
CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD	CÓDIGO REPUESTO	CANTIDAD
INFORME DEL ANALISTA			
INICIALES_____	PARADA POR_____	SISTEMA_____	FUNCIÓN_____
PROBLEMA_____	CÓDIGO FALLA_____	CAUSA_____	SEVERIDAD_____
PROBLEMA:			
RECOMENDACIÓN:			

Modelo de registro de medición

HOJA DE REGISTRO DE MEDICIONES DE BOMBA					
N° OT:			EQUIPO:		
MEDICIONES					
HOLGURAS DE LOS RODAMIENTOS DE COLUMNA					
LOCAL	VALOR ESPERADOS	VALOR MEDIDO	LOCAL	VALOR ESPERADO	VALOR MEDIDO
Superior			Interm. 1		
Interm. 2			Interm. 3		
Interm. 4			Interm. 5		
Interm. 6			Interm. 7		
Interm. 8			Inferior		
HOLGURAS DEL ANILLO DE DESGASTE					
LOCAL		VALOR ESPERADOS		VALOR MEDIDO	
1° Etapa					
2° Etapa					
3° Etapa					
DESGASTE DEL EJE EN LA ALTURA CORRESPONDIENTE A LOS RODAMIENTOS					
LOCAL	VALOR ESPERADOS	VALOR MEDIDO	LOCAL	VALOR ESPERADO	VALOR MEDIDO
Punto 1			Punto 2		
Punto 3			Punto 4		
Punto 5			Punto 6		
Punto 7			Punto 8		
DESPUÉS DE MONTAR Y ALINEAR, MEDIR VACÍO: VALOR ESPERADO_____ VALOR MEDIDO_____					
LUBRICANTE: COMPLETADO_____ CAMBIADO_____ ANALIADO_____					
EJECUTANTE		ENCARGADO		SUPERVISOR	

ANEXO 2

**Tablas De Tiempo De Detención Por Fallas No
Programadas Para La Línea Forja 6**

Tiempos de fallas no programadas , para los años 2001,2002 y 2003, de los sistemas que conforman la línea de producción Forja 6.

FALLAS AÑO 2001

Horas Maquina

Descripción de Fallas / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Carro de corte y cuchillo	7,7	24,7	14,8	41,2	30,5	18,5	58,7	4,1	25,1	25,1	44,4	10,2	305,0
Eje seccionado	29,3	25,5	4,5	3,4	2,0	1,1	5,2	1,7	10,2	1,8	7,4	10,1	102,2
Cosmética y ajustes	13,3	4,9	1,5	18,9	16,0	8,7	30,3	11,8	15,2	13,7			134,3
Refrigeración	1,1	2,8					4,0	2,9	0,6	1,0			12,4
Mesa de carga	1,8	0,9		3,5	10,8	3,3	1,8		0,3	0,4		2,9	25,7
Rod alimentación		1,9	1,0		0,5		2,3	1,3		8,5		0,8	16,3
Bobinas	4,0	3,1	6,7	2,8	0,3	0,8		1,5				0,4	19,6
Block	12,3	2,2	4,4	12,1	4,2	6,8	8,8	1,3	3,5	5,8	3,1	7,3	71,8
Estampa móvil	1,1	0,7	3,5	6,9		0,2	14,2	2,6	9,3	2,1	1,0	4,8	46,4
Eje cigüeñal	2,8		8,3										11,1
Sistema motriz	14,4	10,9	5,0		2,7	0,4	4,8	1,0		11,8	9,5	3,2	63,7
Dedo	3,7	2,6	2,3	1,8	6,7	1,2	1,8	3,3	6,3			1,3	31,0
Stop gauge			1,8	8,6	2,3	0,5	0,4		0,4				14,0
Elevador de bolas						0,8							0,8
Sist Hidráulico		1,8		0,8	0,5	1,1		0,5	1,3		1,5		7,5
F poder	0,7	1,8		0,3	0,9	3,8					0,2	1,3	9,0
F Eléctrica	1,7	8,2		0,5	0,3	1,0			0,5	1,0		4,0	17,2
Mesa enfriamiento	1,0	1,9	3,5	1,3	1,2	1,0	0,3	0,8		2,1	0,5		13,6
Tambor de temple				1,7	16,0	5,0	5,4		2,5		1,3	1,0	32,9
Piscina agua temple					2,0			0,5	4,4				6,9
Chutes distribución	1,5		4,6			0,3		1,5	2,6			1,8	12,3
Tiempo total en falla	96,4	93,9	61,9	103,8	96,9	54,5	138,0	34,8	82,2	73,3	68,9	49,1	953,7

FALLAS AÑO 2002

Horas Maquina

Descripción de Fallas / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Carro de corte y cuchillo	8,3	26,9	17,9	24,5	19,4	22,3	11,8	22,1	15,2	47,8	24,4	24,8	265,4
Eje seccionado								5,0	1,9	2,8	26,1	3,3	39,1
Cosmética y ajustes	11,2	12,7	8,3	10,0	7,7	21,5	13,1	10,3	13,5	30,3	5,8	23,6	168,0
Refrigeración		0,8	3,3			0,6		1,3	1,0	2,1	1,5	1,7	12,3
Mesa de carga		4,8	3,1	1,3	2,3	0,4	1,0	1,3			2,2	2,2	18,6
Rod alimentación	0,3	1,5	7,1	2,9	5,3	2,1	7,1	1,0	1,0	1,8	9,0	4,5	43,6
Bobinas	3,1	0,5	2,1	4,7				10,9	0,8	10,0	1,4	0,4	33,9
Block	6,3	6,0	6,3	7,4	2,3	5,7	1,7	5,8	7,2	12,5	5,7	9,6	76,5
Estampa móvil	0,4	4,3	4,1	7,8	5,3	2,1	1,3	0,3	2,6	3,2	9,4	4,4	45,2
Eje cigüeñal		7,5	3,4				0,6	0,8			0,3		12,6
Sistema motriz	0,3	2,9	9,0	22,4	1,4	12,4	16,8	4,3	11,6	14,7	1,5	0,3	97,6
Dedo		0,3		1,3	1,4	2,8	0,3	1,1	1,8	1,1	0,9	3,6	14,6
Stop gauge					1,2	0,8				0,5	1,0		3,5
Elevador de bolas									0,9				0,9
Sist Hidráulico			0,2				0,8			0,9	0,9	1,8	4,6
F poder	5,5	1,0		0,3	4,8							1,7	13,3
F Eléctrica	3,0	4,1	4,3	1,6	0,5	4,1		8,5		3,2		0,4	29,7
Mesa enfriamiento		0,5	1,2	8,0	1,8		5,3	0,3	1,2	2,9	1,0		22,2
Tambor de temple	4,1	12,7	4,3	7,5	4,3		4,3	5,7	3,8				46,7
Piscina agua temple													0,0
Chutes distribución	1,3		1,0	5,4	0,4	1,4	2,8	1,5	0,8	2,5		0,5	17,6
Tiempo total en falla	43,8	86,5	75,6	105,1	58,1	76,2	66,9	80,2	63,3	136,3	91,1	82,8	965,9

FALLAS AÑO 2003

Horas Maquina

Descripción de Fallas / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Carro de corte y cuchillo	17,3	50,7	10,9	16,3	10,4	5,5	6,3	14,8	7,0	13,4	31,4	11,6	195,6
Eje seccionado	2,7	17,3		5,5		1,1	8,9	4,4	1,3	13,8	9,2	1,2	65,4
Cosmética y ajustes	0,3	17,0	2,3	4,8	3,5	4,3	12,0	8,8	20,8	16,0	19,7	14,8	124,3
Refrigeración			0,3								0,5	1,1	1,9
Mesa de carga	2,5	3,6		0,4	0,9	0,7	1,5	0,3		1,7	1,2	1,5	14,3
Rod alimentación		1,3	6,4	2,4	1,9	0,4	11,3	4,7	0,8	0,8	2,5	2,8	35,3
Bobinas	1,3	1,1		1,2			3,4	6,9	1,8	7,8	12,2	10,9	46,6
Block	2,7	10,4	2,8	5,8	2,8	0,9	2,0	1,8	2,6	6,3	8,8	7,1	54
Estampa móvil	0,7	0,9	0,8	2,7	0,8	0,3	3,4	1,2	2,1	3,7	8,1	1,2	25,9
Eje cigüeñal		4,7	8,7	0,7			2,3				2,3	17,2	35,9
Sistema motriz	0,3		1,3			0,8	0,6		3,8	6,8	0,9	3,2	17,7
Dedo	0,2	0,9	1,2	1,8	0,6	1,3	0,1	1,2		0,3		1,2	8,8
Stop gauge		0,5			0,7			3,6	0,7	3,8	0,3	4,4	14
Elevador de bolas						0,8							0,8
Sist Hidráulico			0,5		1,4	5,0	8,8	0,2		0,4		4,8	21,1
F poder	5,0	1,9		0,4	4,0		0,8		2,2	4,6	4,8	2,0	25,7
F Eléctrica	8,3	2,0	5,5							1,4	1,3	0,3	18,8
Mesa enfriamiento	0,8	2,0					2,1		3,6		1,0		9,5
Tambor de temple	1,3	0,5						6,3		1,8	4,0	1,8	15,7
Piscina agua temple											0,6		0,6
Chutes distribución	6,9	4,8	0,9						0,7	0,9	2,8		17
Tiempo total en falla	50,3	119,6	41,6	42	27	21,1	63,5	54,2	47,4	83,5	111,6	87,1	748,9

Tiempos de fallas no programadas de los Subsistemas del sistema principal de Corte y Estampa.

Carro de corte y cuchillo

Año	Tiempo de falla
2001	305
2002	265,4
2003	195,6

Cosmética y ajustes

Año	Tiempo de falla
2001	134,3
2002	168
2003	124,3

Block

Año	Tiempo de falla
2001	71,8
2002	76,5
2003	54

Eje Seccionado

Año	Tiempo de falla
2001	102,2
2002	39,1
2003	65,4

Estampa móvil

Año	Tiempo de falla
2001	46,4
2002	45,2
2003	25,9

Eje cigüeñal

Año	Tiempo de falla
2001	11,1
2002	12,6
2003	35,9

Dedo

Año	Tiempo de falla
2001	31
2002	14,6
2003	8,8

Sistema Motriz

Año	Tiempo de falla
2001	63,7
2002	97,6
2003	17,7

Valor de tempos totales de los años 2001,2002y 2003, de los sistemas que conforman la línea de producción Forja 6.

SISTEMA / AÑO	AÑO 2001	AÑO 2002	AÑO 2003	Total Tiempos de Detención
Carro de corte y cuchillo	305	265,4	195,6	766
Eje seccionado	102,2	39,1	65,4	206,7
Cosmética y ajustes	134,3	168	124,3	426,6
Refrigeración	12,4	12,3	1,9	26,6
Mesa de carga	25,7	18,6	14,3	58,6
Rod alimentación	16,3	43,6	35,3	95,2
Bobinas	19,6	33,9	46,6	100,1
Block	71,8	76,5	54	202,3
Estampa móvil	46,4	45,2	25,9	117,5
Eje cigüeñal	11,1	12,6	35,9	59,6
Sistema motriz	63,7	97,6	17,7	179
Dedo	31	14,6	8,8	54,4
Stop gauge	14	3,5	14	31,5
Elevador de bolas	0,8	0,9	0,8	2,5
Sist Hidráulico	7,5	4,6	21,1	33,2
F poder	9	13,3	25,7	48
F Eléctrica	17,2	29,7	18,8	65,7
Mesa enfriamiento	13,6	22,2	9,5	45,3
Tambor de temple	32,9	46,7	15,7	95,3
Piscina agua temple	6,9	0	0,6	7,5
Chutes distribución	12,3	17,6	17	46,9

Ordenamiento de la información para el análisis del diagrama de Pareto.

Sistema	Tiempos De Detención	Acumulado	Porcentaje
Carro de corte y cuchillo	766	766	0,287
Cosmética y ajustes	426,6	1192,6	0,447
Eje seccionado	206,7	1399,3	0,524
Block	202,3	1601,6	0,600
Sistema motriz	179	1780,6	0,667
Estampa móvil	117,5	1898,1	0,711
Bobinas	100,1	1998,2	0,749
Tambor de temple	95,3	2093,5	0,785
Rod alimentación	95,2	2188,7	0,820
F Eléctrica	65,7	2254,4	0,845
Eje cigüeñal	59,6	2314	0,867
Mesa de carga	58,6	2372,6	0,889
Dedo	54,4	2427	0,909
F poder	48	2475	0,927
Chutes distribución	46,9	2521,9	0,945
Mesa enfriamiento	45,3	2567,2	0,962
Sist Hidráulico	33,2	2600,4	0,974
Stop gauge	31,5	2631,9	0,986
Refrigeración	26,6	2658,5	0,996
Piscina agua temple	7,5	2666	0,999
Elevador de bolas	2,5	2668,5	1,000

ANEXO 3

Análisis De Costos

Costos En Mantenimiento Por Centro De Costos Año 2003.

Centro de Costo	Total
T. Térmicos	79,988
Fab. General	73,815
M. Mecánica	45,951
M. Eléctrica	10,784
Movilización	33,292
Metalurgia	7,706

Costos Unitario En Mantención Por Línea De Producción Año 2003.

Línea	Total (US\$ / TM)
FORJA 6	20,43
RF 1	52,61
RF 2	50,42
TOTAL	123,46

Costos Unitario De Mantención Forja 6 Año 2002.

FORJA 6 -2002-		
MES	US \$/ TM	%
ENERO	2,1	6,31
FEBRERO	3,37	10,13
MARZO	2,03	6,10
ABRIL	2,51	7,54
MAYO	0,72	2,16
JUNIO	2,77	8,33
JULIO	3,14	9,44
AGOSTO	8,11	24,38
SEPTIEMBRE	3,27	9,83
OCTUBRE	1,8	5,41
NOVIEMBRE	2,51	7,54
DICIEMBRE	0,94	2,83
Total	33,27	100

Costos Unitario De Mantención Forja 6 Año 2003.

FORJA 6 -2003-		
MES	US \$/ TM	%
ENERO	1,91	9,349
FEBRERO	1,42	6,951
MARZO	1,05	5,140
ABRIL	1,58	7,734
MAYO	0,92	4,503
JUNIO	1,48	7,244
JULIO	1,49	7,293
AGOSTO	1,29	6,314
SEPTIEMBRE	3,35	16,397
OCTUBRE	1,42	6,951
NOVIEMBRE	2,86	13,999
DICIEMBRE	1,66	8,125
Total	20,43	100

Costos De Repuestos En Bodega Por Línea De Producción Año 2002.

Línea / Mes	Año 2002												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Forja 5			0	0	0	0	195.414	3.108.826	0	0	0	0	3304240
Forja 6	1.728.869	3.142.959	4.296.028	3.629.030	3.303.198	8.673.055	5.047.628	2.679.326	1.985.198	5.062.174	6.709.485	4.368.527	50.625.477
Roll Former 1	16.507.624	4.412.064	4.274.062	15.425.970	29.351.844	6.218.495	16.297.108	9.206.484	16.073.967	10.260.904	8.995.319	7.619.171	144.643.012
Roll Former 2	6.584.982	3.616.840	18.025.465	3.211.211	2.686.064	2.401.991	3.965.215	4.775.716	2.187.847	13.058.865	13.336.389	13.237.066	87.087.651
Total	24.821.475	11.171.863	26.595.555	22.266.211	35.341.106	17.293.541	25.505.365	19.770.352	20.247.012	28.381.943	29.041.193	25.224.764	285.660.380

Costos De Repuestos En Bodega Por Línea De Producción Año 2003.

Línea / Mes	Año 2003												Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre		
Forja 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Forja 6	3.965.354	3.643.690	3.668.993	3.580.425	2.509.434	3.109.119	3.757.122	4.725.977	14.252.133	5.972.435	5.908.174		55.092.856
Roll Former 1	9.608.186	8.254.796	14.045.529	12.889.302	11.860.884	11.634.986	10.064.733	21.051.515	17.670.584	10.495.226	22.301.020		149.876.761
Roll Former 2	3.871.568	9.594.057	1.431.100	4.941.185	13.768.172	11.844.465	4.576.814	7.635.349	1.293.584	13.231.651	9.901.187		82.089.132
Total	17.445.108	21.492.543	19.145.622	21.410.912	28.138.490	26.588.570	18.398.669	33.412.841	33.216.301	29.699.312	38.110.381		287.058.749

Costos De Repuestos Por Cargo Directo Por Línea De Producción Año 2002.

	Año 2002												
Línea / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Forja 5	50.000	50.000	0	0	0	0	368.521	212.234	0	0	0	0	680.755
Forja 6	7.295.271	16.494.928	10.951.672	9.086.846	1.277.726	5.765.251	10.156.907	55.429.458	15.200.095	8.197.584	6.059.937	1.489.911	147.405.586
Roll Former 1	489.952	2.788.578	1.152.047	2.770.997	4.984.288	5.334.262	3.274.594	1.904.021	4.769.335	4.364.769	3.617.056	1.080.592	36.530.491
Roll Former 2	1.686.036	5.509.400	4.185.729	14.899.582	2.757.479	4.202.431	4.197.641	1.147.485	588.680	6.535.194	8.300.538	6.202.612	60.212.807
Total	9.521.259	24.842.906	16.289.448	26.757.425	9.019.493	15.301.944	17.997.663	58.693.198	20.558.110	19.097.547	17.977.531	8.773.115	244.829.639

Costos De Repuestos Por Cargo Directo Por Línea De Producción Año 2003.

	Año 2003											
Línea / Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Forja 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forja 6	3.312.027	3.039.663	1.631.218	5.861.264	2.418.707	5.908.347	5.252.132	4.827.013	2.577.562	2.178.811	11.982.322	48.989.066
Roll Former 1	3.069.853	2.767.670	2.870.408	3.589.339	2.271.552	1.934.136	3.466.919	2.717.996	1.751.045	1.136.294	6.135.194	31.710.406
Roll Former 2	849.287	825.053	3.317.285	1.226.855	905.391	5.573.088	6.582.046	2.438.306	1.814.396	678.868	7.265.184	31.475.759
Total	7.231.167	6.632.386	7.818.911	10.677.458	5.595.650	13.415.571	15.301.097	9.983.315	6.143.003	3.993.973	25.382.700	112.175.231

ANEXO 4

Porcentajes De Demanda Con Distribución Normal.

Porcentajes De Demanda Con Distribución Normal.

Los porcentajes de la tabla provienen de la distribución normal. Estos valores representan la probabilidad de que la demanda caiga dentro del numero especificado de desviaciones estándar de la media. Dado un nivel de servicio particular deseado, será posible determinar **z** y por lo tanto el punto de reorden.

Z	Nivel de servicio (%)	Inexistencias (%)
0	50.0	50.0
0.5	69.1	30.9
1.0	84.1	15.9
1.1	86.4	13.6
1.2	88.5	11.5
1.3	90.3	9.7
1.4	91.9	8.1
1.5	93.3	6.7
1.6	94.5	5.5
1.7	95.5	4.5
1.8	96.4	3.6
1.9	97.1	2.9
2.0	97.7	2.3
2.1	98.2	1.8
2.2	98.6	1.4
2.3	98.9	1.1
2.4	99.2	0.8
2.5	99.4	0.6
2.6	99.6	0.5
2.7	99.6	0.4
2.8	99.7	0.3
2.9	99.8	0.2
3.0	99.9	0.1

ANEXO 5

Fotos Del Proceso Productivo De La Línea Forja 6











fijos), que ayude a la toma de decisiones al momento de generar una orden de mantención.

5. Se establecieron indicadores de gestión con el fin de evaluar las actividades de mantención, tales como: tasa de reducción de costos de mantenimiento, cumplimiento del gasto presupuestado, costo de mantención en relación con el costo directo de producción, etc.
6. Se estableció una estructura de codificación de equipos y ubicaciones técnicas, para planificar, controlar y evaluar los recursos disponibles en planta.
7. Por medio del método ABC, se logró establecer los equipos críticos para la línea de producción Forja 6, esto permitió establecer cuales eran los sistemas de mayor importancia para dar una mayor atención desde el punto de vista de la disponibilidad.
8. Al analizar el procedimiento actual de avisos de fallas no programadas, se establece un procedimiento general de aviso y orden de mantenimiento.
9. Las mejoras propuestas por este trabajo, rebajan a lo menos un 5% los tiempos de detención por fallas no programadas. Si se toma en cuenta las detenciones por fallas no programadas durante el año 2003 para la línea Forja 6, las cuales fueron de 750 horas/año, se obtiene una reducción de 37.5 horas/año (las cuales se convierten en horas disponibles para producir). Esta mayor disponibilidad de horas-máquina, produce un beneficio que se explica como sigue:

BENEFICIO DE LA MEJORA = aumento horas disponibles (5% total detenciones por fallas no programadas) * la producción promedio de la línea (TM/Hrs) * el precio del producto (US\$/TM).

10. En si, todas las proposiciones efectuadas en este trabajo, tienen como finalidad mejorar la gestión de mantenimiento actual, lo cual se verá

reflejado en el aumento de la disponibilidad de las líneas, reducción de costos de mantenimiento, adecuada utilización de los recursos y adelantarse a la futura utilización de un sistema de gestión informático.

RECOMENDACIONES.

Al termino del proyecto se pueden dar las siguientes recomendaciones:

- ✓ Realizar una modificación de las actuales plantillas de mantención, mediante la incorporación de nuevos campos en que se establezcan, hora de inicio y hora de termino de un trabajo (esto permitirá establecer el tiempo de detención de un equipo con lo cual se puede obtener el tiempo entre fallas), tipo de mantención, ya sean éstas, programadas, no programadas.
- ✓ Aprovechar los cambios de medida de diámetro, para realizar inspecciones o algún tipo de intervención a los equipos en forma planificada.
- ✓ Definir áreas de importancia dentro de la organización industrial.
- ✓ Definir ubicaciones técnicas para todos los equipos de mayor importancia desde el punto de vista productivo y valor económico, cuya mantención signifique un aumento en su vida útil (bien activable).
- ✓ Crear fichas técnicas e historial a todos los equipos de importancia con que cuenta la empresa y a los cuales esté asociado un historial.
- ✓ Asignar códigos a todos los equipos de importancia con que cuenta la empresa.
- ✓ Determinar la criticidad de los equipos de las restantes líneas de producción.
- ✓ Diseñar informes de fallas, de modo de poder obtener datos históricos del comportamiento de las diferentes líneas de producción y que permita la evaluación continua de modo de tomar decisiones para mejorar algún aspecto del mantenimiento.
- ✓ Realizar análisis de fallas de los equipos de mayor complejidad, mediante los informes de fallas.

- ✓ Asignar los códigos a los puestos de trabajo responsables (PTR) y puestos de trabajo directos(PTD) de los trabajos de mantención.
- ✓ Diseñar un sistema de orden de trabajo acorde a la realidad de la empresa,
- ✓ Diseñar la orden de trabajo en la cual se puedan obtener la información necesaria para evaluar, por medio de indicadores, la labor de mantención.
- ✓ Crear un sistema de control de los costos de mantención, con la finalidad de diferenciar los costos por especialidad (mecánico, eléctrico, hidráulico, neumático).
- ✓ Realizar un análisis de los tiempos de ejecución de los trabajos y el modo en que se efectúan, de modo de poder planificar a futuro procedimientos que permitan realizar un trabajo de forma optima y en el mínimo tiempo posible.
- ✓ Realizar un levantamiento de los repuestos existentes en bodega y eliminar aquellos en obsolescencia.
- ✓ Establecer un periodo de reposición fija de los repuestos críticos de todas las líneas de producción.
- ✓ Revisar la estructura de codificación de los repuestos.
- ✓ Establecer planes de mantenimiento a los equipos de todas las líneas de producción.
- ✓ Crear un organismo de planificación del mantenimiento o asignar éste trabajo a personal calificado, que permita administrar los recursos del departamento de mantención.
- ✓ Crear e implementar un sistema de información, con la finalidad de administrar los aspectos relevantes de un sistema de gestión de mantenimiento, antes señalados.

BIBLIOGRAFÍA

- Santiago Sotuyo Blanco, **“Optimización Integral De Mantenimiento”**, Mantenimiento Mundial, 1996.
- Luorival Augusto Tavaréz, **“Índices De Mantenimiento”**, Revista de mantenimiento, Chile, N° 32, 2000.
- Alta Tecnología En Mantención ATECMA, **“Manual de Metodologías de Codificación Y Criticidad”**.
- Schroeder Roger G, **“Administración de Operaciones”**.