

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA SALA DE  
CALDERAS DE UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE  
GASEOSAS EN LIMA METROPOLITANA

## **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

**CÓRDOVA HERNÁNDEZ, CÉSAR AUGUSTO**

**PROMOCIÓN**

**1986-II**

**2009**

## **Dedicatoria y Agradecimientos**

***A mi querida Esposa Liliana, por su amor, apoyo e infinita paciencia***

***A mis hijos Diana y Gary, por el reto que me brindaron de ser un buen ejemplo***

***A mi hermana Luisa, porque de ella aprendí lo que es ser un buen hermano***

***A mis padres, porque sin ellos nada hubiera sido posible***

***A mis amigos, simplemente por serlo***

***A Jehová Dios, porque sino nada tendría sentido.***

## CONTENIDO

<b>PROLOGO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos .....	6
<b>1.3 ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>10</b>
<b>MANTENIMIENTO DE CALDERAS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 LA CALDERA.....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Clasificación de las Calderas.....	11
2.2.2 Elementos de funcionamiento de una caldera .....	22
2.2.3 Controles para manejo y seguridad de agua (Calderas pirotubulares).....	26
2.2.4 Equipos de combustión.....	28
2.2.5 Unidades de potencia de calderas.....	37
<b>2.3 PROCESOS DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>39</b>
2.3.1 Mantenimiento Planificado.....	39

2.3.2 Mantenimiento No Planificado .....	43
<b>2.4 ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO 3.....</b>	<b>47</b>
<b>ESTADO ANTERIOR DEL MANTENIMIENTO DE LA SALA DE CALDEROS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN .....</b>	<b>47</b>
3.1.1 Infraestructura de la Planta .....	47
3.1.2 Equipamiento y Procesos de Producción .....	50
<b>3.2 EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3 INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>52</b>
<b>3.4 Organización y Funciones del área de Mantenimiento.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5 EQUIPAMIENTO DE LA SALA DE CALDEROS .....</b>	<b>57</b>
<b>3.6 MANTENIMIENTO DEL ÁREA DE CALDERAS .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>59</b>
<b>PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....</b>	<b>60</b>
4.2.1 Organización y Funciones .....	60
<b>4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....</b>	<b>60</b>
4.3.1 Fichas de Trabajo .....	61
4.3.2 Manuales de mantenimiento.....	61
4.3.3 Almacén.....	62
4.3.4 Evaluación .....	62

#### **4.4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

<b>PREVENTIVO.....</b>	<b>64</b>
4.4.1 Registro de Equipos .....	64
4.4.2 Análisis de Criticidad.....	65
4.4.3 Descripción de las Actividades de Mantenimiento.....	71
4.4.4 Plan Estratégico.....	73
4.4.5 Orden de Trabajo.....	74
4.4.6 Solicitud de Repuestos y Materiales.....	76
4.4.7 Reporte semanal de mantenimiento.....	76
4.4.8 Historial del Equipo.....	76
4.4.9 Manuales de mantenimiento.....	77
4.4.10 Almacén de repuestos .....	78
4.4.11 Índices de mantenimiento.....	79
4.4.12 Repuestos Críticos .....	83
<b>CAPITULO 5.....</b>	<b>85</b>
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS .....</b>	<b>85</b>
<b>5.1 COSTOS INVOLUCRADOS EN EL MANTENIMIENTO .....</b>	<b>85</b>
5.1.1 Análisis de los Costos de Mantenimiento .....	88
<b>5.2 RETORNO DE LA INVERSIÓN.....</b>	<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>92</b>

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I: INVENTARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>ANEXO II: CRITICIDAD Y CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....</b>	<b>7</b>
<b>ANEXO III: REGISTRO DE EQUIPOS .....</b>	<b>10</b>
<b>ANEXO IV: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>ANEXO V: PLAN ESTRATÉGICO .....</b>	<b>15</b>
<b>ANEXO VI: ORDEN DE TRABAJO.....</b>	<b>17</b>
<b>ANEXO VII: SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES .....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO VIII: REPORTE SEMANAL DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO IX: HISTORIAL DEL EQUIPO .....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO X: INSTRUCCIONES DE SERVICIO, CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO XI: MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO XII: MANUAL PARA ELIMINAR AVERÍAS DEL EQUIPO.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO XIII: ALMACÉN.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO XIV: INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO XV: REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO XVI: DEFINICION DE TERMINOS.....</b>	<b>46</b>

## PROLOGO

Durante el pasado y presente siglo, se han realizado investigaciones referidas al tema del mantenimiento, los mismos que han permitido definir nuevos conceptos, estilos ó filosofías de mantenimiento que han facilitado y orientado la aplicación y administración de procesos básicos del mantenimiento, como lo son: reparación, inspección, lubricación y monitoreo de equipos y componentes. Todo esto, enfocado a incrementar la durabilidad y confiabilidad de los equipos.

Para el presente proyecto se ha diseñado un plan de mantenimiento preventivo para la sección de calderas de una planta embotelladora, indicándose la secuencia de operaciones, así como la documentación a ser utilizada.

El Capitulo 1 corresponde a la Introducción del presente proyecto, el mismo que consiste en la exposición de la situación problemática que da origen al proyecto; se presenta el objetivo general, los objetivos específicos, el alcance del proyecto y su justificación e importancia.

El Capitulo 2, trata sobre los aspectos teóricos del proyecto, se hace una descripción completa del proceso funcional de una sala de calderas, se explica su operación, para luego pasar a detallar cada uno de los equipos incluyendo sus especificaciones técnicas; de igual manera para los

accesorios, sistemas y subsistemas de la sala de calderas. Se presenta también una descripción sucinta de los aspectos generales del mantenimiento, su filosofía, evolución y tipos de mantenimiento.

En el Capítulo 3, se hace una descripción del estado en que se encontraba el mantenimiento de la Sala de Calderas, se explica en forma genérica la organización e infraestructura, describiéndose todo el equipamiento que es sujeto de mantenimiento. Se hace una referencia a cómo se llevaba a cabo el mantenimiento planificado, no planificado y cuáles eran los índices de mantenimiento. Se trata de identificar los problemas más importantes en el mantenimiento de la sala de calderas, analizándolos desde varios puntos de vista: Administrativo, Organizacional, Políticas de operación, Registros y análisis de fallas, Administración de reparables, Políticas de stock de repuestos, etc. Finalmente se hace un resumen general de toda la problemática.

En el Capítulo 4, se formula la Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la sala de calderas, se presentan alternativas de solución para la situación anterior del mantenimiento, dándose alternativas reales de solución para cada problema analizado. También, se efectúa un análisis de la criticidad de los equipos instalados; se definen las actividades a realizar por cada equipo, sistema y/o componente indicándose la forma de preparar el plan de mantenimiento. Finalmente se señalan las directivas técnicas, el establecimiento de stock mínimo, la implementación de órdenes de trabajo, y la implementación de los sistemas de control.

En el Capítulo 5, se realiza una estructuración de costos de los servicios y materiales necesarios para la ejecución del plan, al igual que el nivel de inversión para la implantación del mismo. También se presenta el tiempo en que se recuperará la inversión y la pérdida de producción comparada con el costo por mantenimiento

Finalmente, se presentan conclusiones generales y conclusiones a nivel administrativo, técnico y económico del presente proyecto.

En los Anexos, se presentan los cuadros, fichas de trabajo, formatos propuestos, tablas de datos técnicos, manuales, catálogos técnicos, tablas de costos, etc.

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

En el campo de las calderas y en la gama de equipos generadores de vapor en general, es común encontrar que se ha relegado el mantenimiento a la corrección de fallas y paradas en el instante en las que estas se presentan. De igual manera, la literatura correspondiente a la aplicación de las filosofías de mantenimiento a calderas generadoras de vapor, no es escasa, pero sí desordenada y poco metódica, no agrupan los conceptos teóricos y prácticos que deberían ser tomados en cuenta.

La Sala de Calderas motivo del presente análisis, se encuentra a cargo del Departamento de Mantenimiento y cuenta con todos los medios necesarios para un correcto funcionamiento. Consta de una caldera pirotubular que trabaja en forma continua, con todos sus sistemas y equipos auxiliares, se abastece de petróleo Industrial N° 6 y recibe el agua tratada por medio de tuberías que vienen de un patio externo donde se encuentran los ablandadores de agua.

La Sala de Calderas trabaja los tres turnos, acorde con los turnos de producción de la embotelladora de gaseosas, y es atendida por un operario exclusivamente por cada turno, pero también se encuentra bajo la supervisión constante del Ingeniero Supervisor de turno. A la Sala de Calderas nunca se le había aplicado un mantenimiento preventivo planificado técnico, limitándose el mantenimiento sólo a la práctica de labores correctivas y a revisiones anuales de inspección, aprovechándose que la fabrica paraliza sus actividades en forma total una vez al año, procediéndose a la verificación de todos los componentes de sus procesos productivos.

En consecuencia a lo largo del año, sólo se realizaban operaciones de mantenimiento de emergencia y se permitía en algunos casos que los equipos funcionaran a menos del 100% de confiabilidad, generándose de esta manera, muchas paradas por mantenimiento no programado, es decir, se tenía un bajo nivel de disponibilidad. Por tanto la única manera de revertir esta situación era realizando un correcto y completo programa de mantenimiento preventivo, tarea laboriosa y complicada de por sí.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la Sala de Calderas de una compañía embotelladora de bebidas gaseosas, que permita optimizar la confiabilidad de los equipos de generación de vapor y generar un ahorro comparativo entre el mantenimiento correctivo que se realizaba y el mantenimiento preventivo propuesto.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Estudio y análisis de los elementos críticos de la Sala de Calderas
- Creación del plan de mantenimiento preventivo
- Elaboración de los documentos del plan de manteniendo preventivo

## **1.3 ALCANCE DEL PROYECTO**

El presente proyecto se centrará en el estudio y análisis del sistema de producción de vapor de la sala de calderas de la empresa embotelladora. Comprenderá la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de producción de vapor, el mismo que servirá para optimizar la confiabilidad de los equipos. Se confeccionarán los documentos necesarios para las labores de mantenimiento, los mismos que comprenderán las fichas de trabajo (orden de trabajo, solicitud de repuestos y materiales, reporte semanal de mantenimiento, e historial de los equipos); manuales de

mantenimientos (manual de mantenimiento de los equipos, manual para eliminar averías del equipo), y la elaboración del listado de stock mínimo de repuestos necesarios. Asimismo, se elaborará la estructuración de costos del plan de mantenimiento.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO**

La aplicación de un sistema organizado de mantenimiento permite a los operadores y usuarios de los calderos comparar los costos actuales en que vienen incurriendo en el mantenimiento de sus equipos y luego poder optimizarlos y reducirlos.

La importancia de un sistema como el descrito anteriormente, radica también en que un adecuado plan de mantenimiento desarrollará un aumento de la calidad de los procesos y seguridad y preservación del medio ambiente; además de disminuir las paradas intempestivas que conllevan a pérdidas de tiempo y por lo tanto a pérdidas de capital. Hoy en día el mantenimiento preventivo es de vital importancia para el desarrollo eficiente de las actividades de producción en las empresas.

Por lo anterior, cada uno de los equipos que conforman el sistema de vapor deberá contar con un alto valor de confiabilidad para reducir paradas y así evitar pérdidas de productividad.

## **1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La realización del presente proyecto, se inicia con el análisis de los antecedentes de mantenimiento aplicado al sistema de producción de vapor de la sala de calderos como se resume en el cuadro 5.1 que registra el costo anual del mantenimiento correctivo del año 2002. Para este efecto se identifico problemas de ocurrencia frecuente, analizándolos desde los puntos de vista: administrativo, organizacional, de las políticas de operación, de los registros y análisis de fallas, de la administración de reparables, de las políticas de stock de repuestos, etc.

Se formularán alternativas de solución para la problemática identificada, se efectuará un análisis de la criticidad de los equipos instalados; luego con esta clasificación se desarrollaran las actividades de mantenimiento a realizar para cada equipo, sistema y/o componente, la forma de preparar el plan de mantenimiento, las directivas técnicas, el establecimiento del stock mínimo, la implementación de las órdenes de trabajo, y la implementación de los sistemas de control. Además, se va a hacer una estructuración de costos de los servicios y materiales necesarios para la ejecución del programa, al igual que el nivel de inversión para la adecuada implantación, así mismo se determinará el tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente, se establecerán las conclusiones resultantes del análisis de nuestro estudio en lo concerniente a los costos y se harán las recomendaciones más convenientes para que el programa implementado no decaiga con el tiempo, sino por el contrario mejore.

## CAPITULO 2

### MANTENIMIENTO DE CALDERAS

#### 2.1 GENERALIDADES

Las definiciones de generador de vapor o caldera son múltiples, diremos que es un cuerpo de presión cerrado, construido con materiales resistentes, que genera vapor de agua a presiones superiores a la atmosférica, por medio de la energía térmica liberada en el proceso de combustión y transmitida al agua que contiene; por medio de los procesos de radiación, conducción y convección. El vapor transporta así esa energía térmica, para ser transformada en trabajo mecánico en una máquina térmica.

#### 2.2 LA CALDERA

*“Una caldera es un intercambiador de calor en el que la energía se aporta generalmente por un proceso de combustión, o también por el calor contenido en un gas que circula a través de ella. En ambos casos, el calor aportado se transmite a un fluido, que se vaporiza o no, y se transporta a un consumidor, en el que se cede esa energía”.<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> EREN – ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN, España - Prof. Ing. Carlos Revilla. Organismo que desarrolla, unifica, e integra a nivel territorial y de forma efectiva todas las políticas aprobadas e instrumentadas en las distintas áreas energéticas,

*“El término caldera se aplica estrictamente a aquella parte de la unidad en la cual el agua (u otro liquido, en general) se vaporiza. Al principio, un generador de vapor consistía solamente en una caldera, nombre que se ha aplicado a todos los tipos de generadores de vapor.”<sup>2</sup>*

Sobre el concepto del termino “generador de vapor” que muchas veces se utiliza al referirse a una “caldera”, encontramos las siguientes definiciones que establecen la diferencia:

*“Las expresiones generador de vapor o unidad generadora de vapor significan la caldera con su hogar más todos los diversos accesorios, como el equipo quemador de combustible, el recalentador, los serpentines de los rerrecalentadores, el economizador y el calentador de aire”.<sup>3</sup>*

*“Un generador de vapor es un elemento de transferencia de calor cuya finalidad es convertir el agua en vapor a una presión y temperatura previamente determinada; este cambio de estado es producido por el aprovechamiento del calor producto de una combustión; generalmente es un proceso a presión constante.*

*Componentes:*

- *Partes sometidas a presión (superficies de calefacción, Tanques de almacenamiento Superficies de recalentamiento)*
- *Local ó instalación*
- *Equipo de combustión*
- *Órganos auxiliares<sup>4</sup>*

## **2.2.1 Clasificación de las Calderas**

### **a) Clasificación de las calderas por su aplicación<sup>5</sup>**

efectiva todas las políticas aprobadas e instrumentadas en las distintas áreas energéticas, orienta sus actuaciones al fomento del ahorro energético y la utilización racional de las fuentes energéticas, con el especial aprovechamiento de las energías renovables.

<sup>2</sup> Virgil Moring Faires, TERMODINÂMICA Pág. 353

<sup>3</sup> Idem Pág. 353

<sup>4</sup> Manual de Laboratorio de Maquinas Térmicas de la FIM

Teniendo en cuenta su aplicación, las calderas se clasifican en los siguientes grupos esenciales:

- Para usos domésticos
- Para generación de energía en plantas termoeléctricas
- Para plantas de cogeneración
- Para aplicaciones marinas en barcos
- Para generación de energía en plantas industriales

Sus características particulares en cada uno de estos grupos, son las siguientes:

- **Calderas para usos domésticos<sup>5</sup>:**

Se utilizan para la calefacción doméstica, bien individual, o comunitaria de pequeño tamaño. Son de pequeñas potencias, y no se consideran dentro de la presente descripción.

- **Calderas de generación de energía para plantas termoeléctricas:**

Se utilizan para la generación de vapor sobrecalentado a altas presiones, como fluido motriz de grupos turboalternadores, para generar energía eléctrica. Son de grandes potencias, y tampoco se van a considerar dentro del objetivo de la presente descripción.

---

<sup>5</sup> EREN – ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN, España

<sup>6</sup> EREN – ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN, España

- **Calderas para plantas de cogeneración:**

*“Utilizan los gases calientes del escape de turbinas de gas, o de motores de combustión interna para que, circulando a través de ellas, cedan su calor a fin de elevar la temperatura de un fluido térmico que se transporta hasta un consumidor, donde cede su energía, que como el caso anterior puede ser vapor sobrecalentado”<sup>7</sup>.*

Son calderas llamadas de recuperación de calor, y que generalmente corresponden a grandes potencias.

- **Calderas para aplicaciones marinas en barcos:**

*“Se instalan en los barcos como generadores de su vapor motriz. La presente descripción se ocupa solo de las calderas terrestres, pero, es evidente, que, las calderas marinas no difieren sensiblemente de las estacionarias, si bien, se instalan hoy día en barcos en muy pocas ocasiones”<sup>8</sup>.*

- **Calderas para generación de energía en plantas industriales:**

Generan energía para consumo interior propio de una fábrica. Su instalación es estática y evidentemente terrestre y sus aplicaciones específicas son, fundamentalmente, las siguientes:

- Generación de vapor, para aplicaciones directas en procesos de producción.

---

<sup>7</sup> ídem

<sup>8</sup> EREN – ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN, España

En algunas aplicaciones puntuales el vapor generado a alta presión, es sobrecalentado y primeramente se le utiliza para producir energía eléctrica propia, accionando un grupo turboalternador y utilizando el vapor de contrapresión a su salida para las aplicaciones directas en los procesos de producción.

- Generación de agua sobrecalentada para calefacción industrial de sus propias instalaciones y para aplicaciones directas en procesos de producción.

#### **b) Clasificación de las Calderas por su Diseño**

Teniendo en cuenta el diseño, las calderas para generación en plantas industriales, se clasifican en dos grandes grupos:

- Piro-tubulares, o de tubos de humos.
- Acuotubulares, o de tubos de agua.

El 95% de las calderas de vapor que operan en forma industrial, son del tipo tubos de humo.

La caldera de tubos de humo, que viene siendo la parte medular en la generación de vapor industrial, tiene sus limitantes en cuanto a capacidades (máximo 1500 BHP. = Caballos Caldera) y a sus presiones de operación (máximo 20 Bar).

Cuando se requiere de un tamaño mayor, es conveniente, si es posible, dividir la capacidad de caldera requerida, en 2 ó más calderas de tubos de humo, o de plano elegir una caldera de tubos de agua. Cuando se requiera de una presión mayor, será necesario elegir una caldera de tubos de agua.

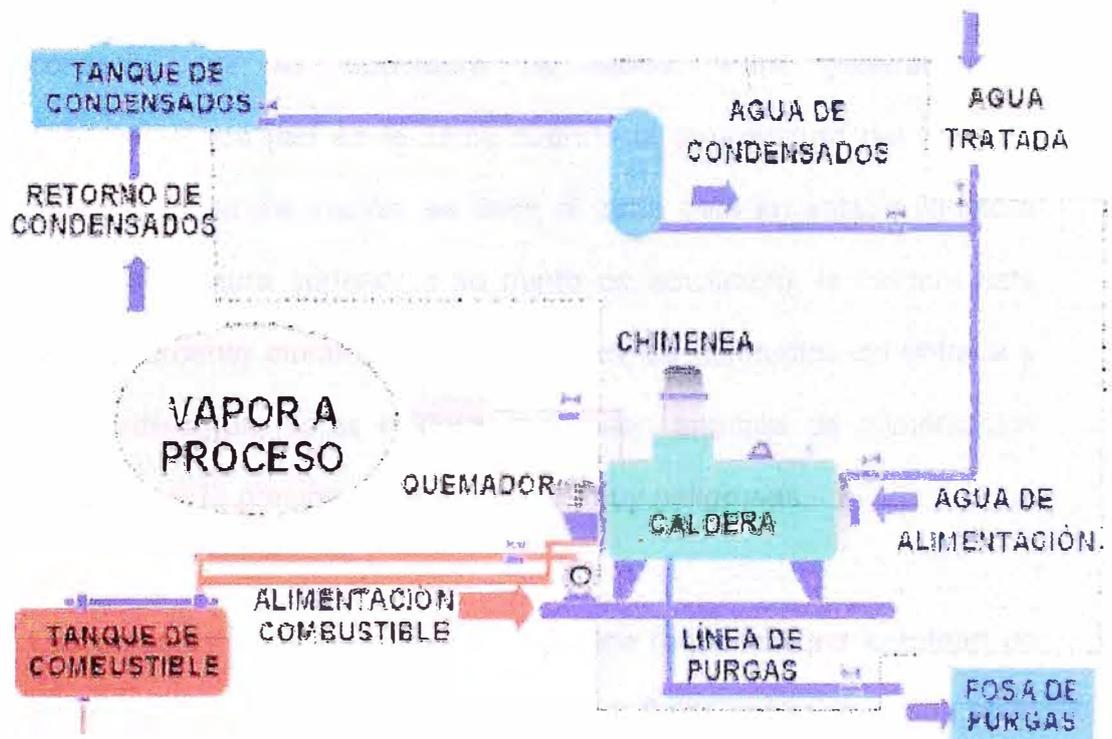


Fig. 2.1 Esquema de una central de generación de vapor

- **Calderas Piro-tubulares, o de tubos de humo:**

Se caracterizan porque la llama de la combustión se forma dentro de cada hogar cilíndrico de la caldera, pasando los humos generados por el interior de los tubos de los pasos siguientes (normalmente dos), para ser conducidos a la chimenea de evacuación. De ello, se deriva su otro nombre de calderas de tubos de humo.

En estas calderas, tanto los hogares, como los tubos de humo, se hallan en el interior de la virola completamente rodeados de agua. De ello, su otro nombre, poco usual, de calderas de hogar interior. Para generar vapor, se regula el nivel medio del agua en su interior de forma que varíe dentro de una banda prevista, sirviendo su cámara superior de separador del vapor generado, desde donde sale para el consumo por la tubuladura de salida. Para generar agua sobrecalentada (así se le llama cuando la temperatura del agua es mayor a la de saturación, es decir el agua esta en estado líquido a una temperatura superior a su punto de ebullición), la caldera está completamente inundada, siendo iguales los conductos de entrada y salida de agua, estas calderas necesitan bombas de alimentación para elevar la presión y las fugas son muy peligrosas.

Las calderas para generar fluido térmico (aquellas que emplean un fluido distinto del agua, por lo general un fluido orgánico al que se le llama aceite térmico), son similares a las de generación de agua sobrecalentada, pero más simples en su construcción. Tienen escasa demanda.

Para la selección de las calderas pirotubulares, se deberá tener en cuenta el estricto cumplimiento de las siguientes características esenciales:

- Que los hogares interiores, en los que se forma la llama sean ondulados en toda su longitud. Esta ondulación refuerza de manera importante estos tubos de hogar, y permite su imprescindible dilatación, que es diferente de la del resto de la caldera (Fig. 2.3)

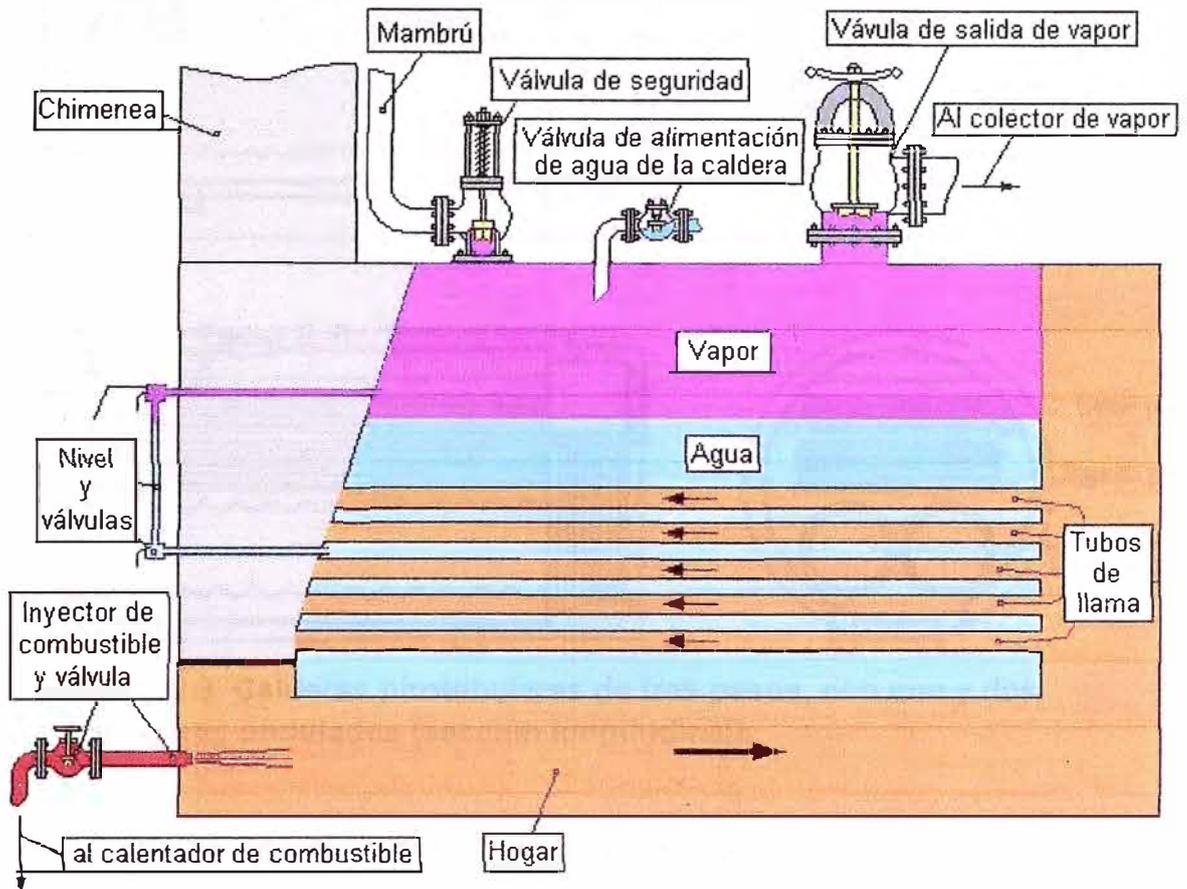
Que tenga tres pasos de humos, el primero a través de los hogares, y los otros, a través de los tubos de humo (Fig. 2.3).

Las calderas que se fabrican con dos pasos, el del hogar y, solamente uno, a través de los tubos de humo, tienen el rendimiento más bajo, y envejecen más rápido por estar sometidas a una mayor carga térmica.

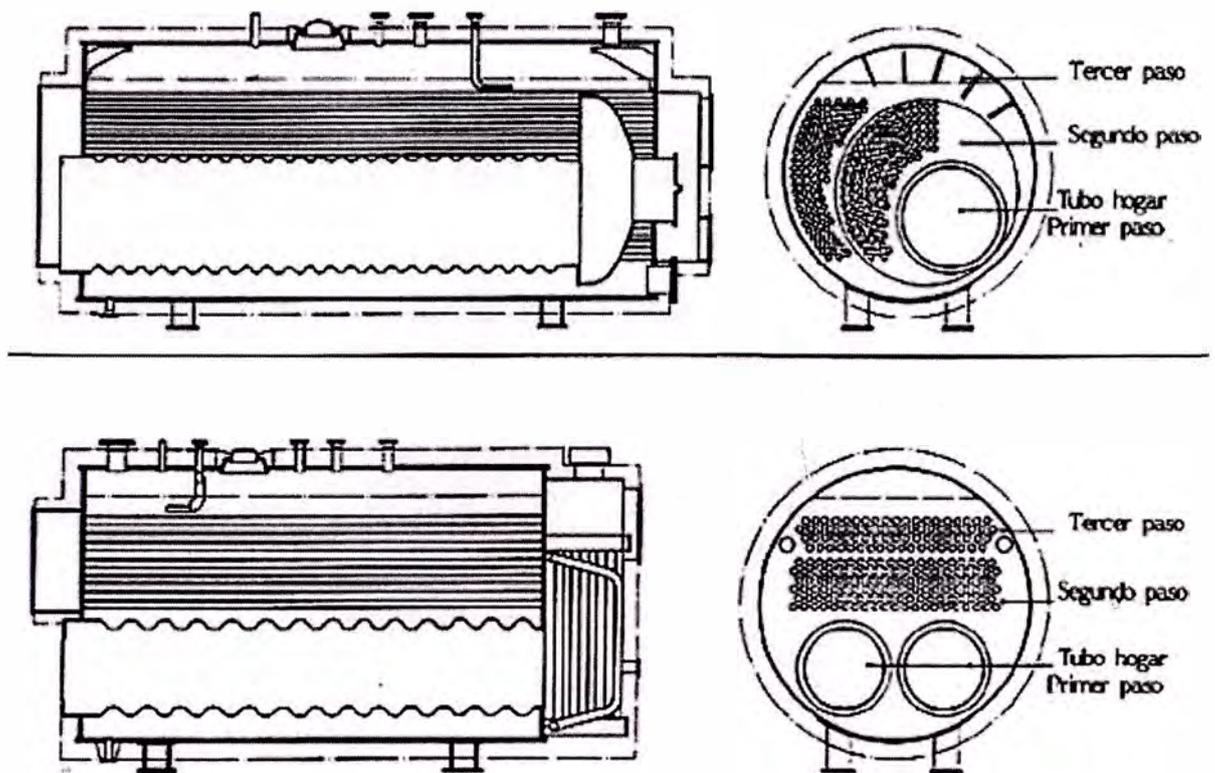
Que tengan dos hogares (un quemador en cada hogar) a partir de una determinada potencia, normalmente, de 20 t/h de vapor en adelante, para no producir cargas térmicas elevadas, que originen un envejecimiento prematuro de la caldera (Fig. 2.3)

- Que no tengan cierres de estanqueidad de gran tamaño en la cámara de agua, ya que esto provoca frecuentes fugas, difíciles de reparar, y hace el mantenimiento muy complicado.

### Caldera de tubos de retorno de llama



**Fig. 2.2** Caldera pirotubular de dos pasos



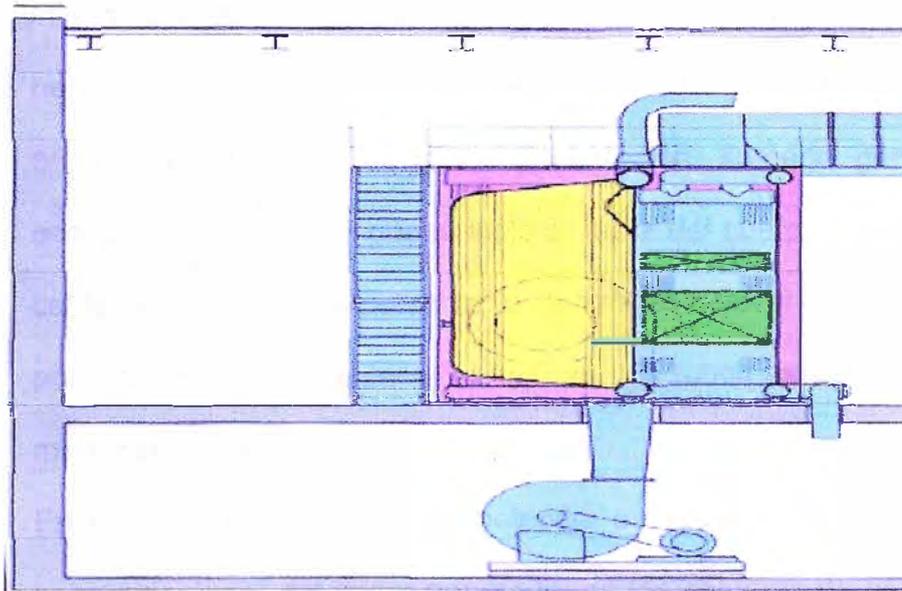
**Fig. 2.3 Calderas pirotubulares de tres pasos, con uno y dos hogares ondulados (sección longitudinal).**

- **Calderas Acuotubulares, o de tubos de agua:**

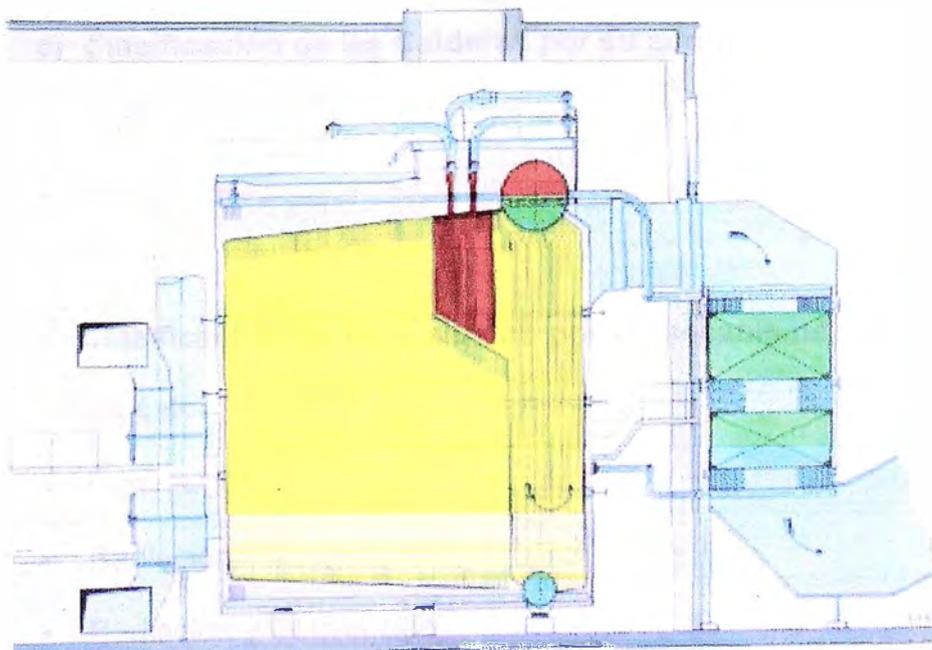
Se caracterizan porque la llama de los quemadores se forma dentro de un recinto formado por paredes tubulares en todo su entorno, que configuran la llamada cámara de combustión, pasando los humos generados por el interior de los pasos siguientes, y cuyos sucesivos recintos también están formados por paredes tubulares en su mayoría.

La cualidad que identifica a estas calderas, es que todos los tubos que integran su cuerpo, se encuentran llenos de agua, o al menos llenos de mezcla agua-vapor en los tubos hervidores, en los mismos

que se transforma parte del agua en vapor cuando generan vapor como fluido final de consumo. Estas calderas pueden generar indistintamente, vapor, o agua sobrecalentada (Fig.2.4 y 2.5)



**Fig. 2.4 Caldera acuotubular para generación de agua sobrecalentada (sección transversal)**



**Fig. 2.5 Caldera acuotubular para generación de vapor (sección transversal)**

Las calderas acuotubulares cuando se destinan a la generación de vapor, disponen normalmente de un calderín superior y de otro inferior. El calderín superior trabaja como separador del vapor generado, y el inferior cuando existe, como distribuidor del agua a través de los tubos hervidores. También disponen de un paquete tubular de precalentamiento del agua de alimentación, llamado genéricamente economizador, que se puede instalar fuera del cuerpo de la caldera en calderas de mediana potencia, o dentro de éste en calderas de gran potencia. En estas calderas el flujo por los tubos hervidores se realiza mediante circulación natural (Fig. 2.5)

En las calderas de mediana potencia es opcional la previsión de un sobrecalentador del vapor generado; en las calderas de gran potencia, siempre se prevé este sobrecalentador.

### **c) Clasificación de las Calderas por su configuración**

- Vertical
- Horizontal

### **d) Clasificación de las Calderas por el mecanismo de transmisión de calor**

- Convección
- Radiación
- Radiación y Convección

**e) Clasificación de las Calderas por el combustible empleado**

- Combustibles sólidos
- Combustibles líquidos
- Combustibles gaseosos
- Combustibles especiales (Licor negro, bagazo, etc.)
- De recuperación de calor de gases
- Mixtas
- Nucleares

**f) Clasificación de las Calderas por el tiro**

- De tiro natural
- De hogar presurizado
- De hogar equilibrado

**g) Clasificación de las Calderas por el modo de gobernar la operación**

- De operación manual
- Semiautomáticas
- Automáticas

**2.2.2 Elementos de funcionamiento de una caldera**

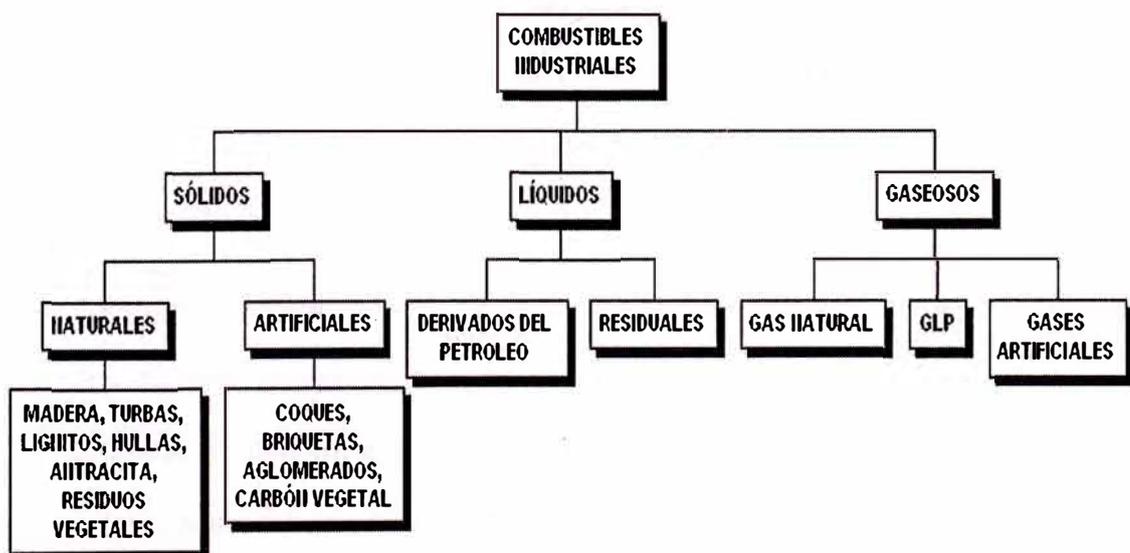
- a) Fuego: Debe existir un buen proceso de Combustión.
- b) Agua: Deben existir rigurosos controles de su calidad.

- c) **Áreas de Intercambio de Calor:** Los tubos y superficies de intercambio deben estar en óptimas condiciones de limpieza.

A continuación describiremos brevemente estos elementos:

**a) Fuego.-** El proceso de combustión es de suma importancia en la operación de las calderas, debe ser lo mas optimo posible en cuanto a su consumo y además de que no contamine el medio ambiente.

Para que se produzca el proceso de combustión, es necesario que exista un combustible, un comburente (aire) y un agente externo que inicie la ignición (chispa); cuando esto sucede se produce la reacción química del combustible con el oxígeno, lo que origina gases de combustión y libera energía en forma de trabajo y calor, el mismo que es aprovechado en las calderas para evaporar el agua.



**Fig. 2.6 Tipos de Combustibles, algunos usados en calderas**

**b) Agua.-** Al agua obtenida de ríos, pozos y lagos se le denomina agua dura, y no debe utilizarse directamente en una caldera.

El agua para calderas debe ser tratada químicamente mediante procesos de descarbonatación, ablandamiento, o desmineralización total. Adicionalmente según la presión manejada por la caldera, es necesario controlar los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, material orgánico, gases disueltos ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ ), de no llevarse a cabo este tipo de tratamiento, la caldera sufrirá problemas de incrustaciones, sedimentación, desgaste por material particulado, etc.

**c) Superficie de intercambio de calor.-** La tubería por la que circulan los gases en las calderas pirotubulares o el agua en las acuotubulares es fundamental para una eficiente transferencia de calor. De la buena combustión y tratamiento de agua, así como de las características físicas del material de intercambio de calor, depende que el flujo de energía que transmiten los gases de combustión hacia el agua, sea lo más eficiente posible. También se debe tomar en cuenta a las siguientes cámaras:

➤ **Cámara de agua.**

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera, el nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cm por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. En consecuencia a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, que define la cámara de agua. Según

la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

Las calderas de gran volumen de agua son las más sencillas y de construcción antigua, se componen de uno a dos cilindros unidos entre sí y tienen una capacidad superior a 150 Hl. de agua por cada m<sup>2</sup> de superficie de calefacción.

Las calderas de mediano volumen de agua están provistas de varios tubos de humo y también de algunos tubos de agua, con lo cual se aumenta la superficie de calefacción sin aumentar el volumen total del agua.

Las calderas de pequeño volumen de agua están formadas por numerosos tubos de agua de pequeño diámetro, mediante los cuales se aumenta considerablemente la superficie de calefacción.

Como características importantes podemos considerar que las calderas de gran volumen de agua tienen la cualidad de mantener más o menos estable la presión del vapor y el nivel del agua, pero tienen el defecto de ser muy lentas en el encendido y debido a su reducida superficie producen poco vapor, adicionalmente son muy peligrosas en caso de explosión y además son poco económicas.

Por otro lado, las calderas de pequeño volumen de agua, por su gran superficie de calefacción, son muy rápidas en la producción de vapor, tienen muy buen rendimiento y producen grandes cantidades de vapor; debido a esto requieren especial cuidado en la alimentación del agua y regulación del fuego, pues de faltarles alimentación, pueden secarse y quemarse en breves minutos.

➤ **Cámara de vapor.**

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, el cual debe ser separado del agua en suspensión. Cuanto más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara, de manera que aumente también la distancia entre el nivel del agua y la toma de vapor.

### **2.2.3 Controles para manejo y seguridad de agua (Calderas pirotubulares)**

a) Control de nivel por flotador:

Sistema que habilita el contactor de la bomba por intermedio de un interruptor para controlar el agua en la caldera.

b) Control de nivel (Auxiliar) Warrick.

Se acciona cuando el control de flotador falla, protege la caldera por bajo nivel de agua apagando el quemador, posee un electrodo que al dejar de censar agua inhabilita el quemador.

Es importante tener presente, que en el caso de detectar el nivel de agua por debajo de la mitad del volumen total, no suministrar agua fría a la caldera, porque se ocasionaría un choque térmico brusco.

c) Controles para manejo y seguridad del combustible

El sistema encargado del manejo del combustible, esta compuesto por elementos funcionales indispensables para una optima operación de transporte del combustible a la zona de quema a condiciones especiales de temperatura y presión. Estos elementos deben funcionar correctamente, puesto que manejan líquidos o gases inflamables, que pueden ocasionar accidentes.

Constituyen un sistema de manejo de combustible, con sus respectivas funciones, los siguientes equipos:

- Filtro: garantiza la protección contra cuerpos extraños al sistema.
- Bomba: turbo máquina para el transporte del combustible.
- Precalentador eléctrico y a gas: Eleva la temperatura del combustible para mejorar su fluidez.
- Válvula desaireadora: Saca el aire en el precalentador eléctrico.
- Válvula termostática: Localizada a la entrada del calentador de vapor, si baja la temperatura del combustible se abre.

- Válvula Reductora: Reduce la presión de vapor de la línea al precalentador según lo requerido por este.
- Trampa: Desaloja los condensados a la salida del precalentador.
- Manómetro y termómetro: Se instalan después del filtro y muestran presión de atomización y temperatura.
- Válvula Modulante: Regula la presión y la cantidad de combustible al quemador principal.
- Válvulas Solenoides: Abren y cierran el flujo de combustible.

d) Control para el manejo y seguridad de la atomización aire-vapor

El presostato es el dispositivo que controla la existencia de atomización, cerrando o abriendo las válvulas solenoides del sistema de combustión

e) Controles para manejo y seguridad aire combustible

Control que garantiza la existencia de flujo de aire y habilita el control de combustión, para que siga la secuencia de encendido.

#### **2.2.4 Equipos de combustión**

Lo constituyen el conjunto de elementos necesarios para generar la llama en el interior del hogar de las calderas de forma regulada y segura.

a. Tipos de quemadores

- b. Bombas de combustibles líquidos
- c. Ventiladores de aire de combustión
- d. Medios auxiliares
- e. Sistemas de regulación de la carga
- f. Combustibles

Como se sabe, el proceso de combustión que genera la llama, es la reacción exotérmica de los combustibles utilizados con el oxígeno del aire atmosférico. A continuación, se describirán los elementos esenciales que forman parte de los equipos de combustión.

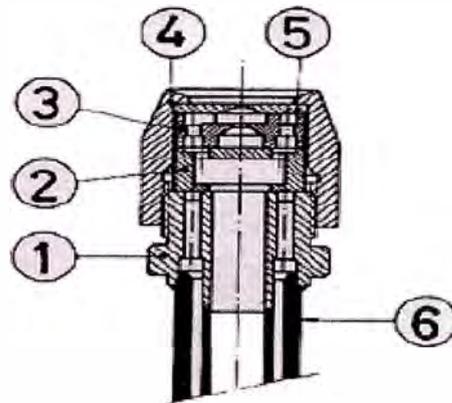
#### **a. Tipos de quemadores**

Los quemadores aplicables a las calderas de instalaciones industriales, pueden ser clasificados en los siguientes grupos esenciales, según sea la forma de tratar el combustible para configurar la llama:

- o **De pulverización mecánica, o por presión**

Es justamente el tipo que usa nuestra caldera, y solo acepta combustibles líquidos. Estos combustibles llegan por el interior de la caña a su extremo, y es en el interior de la cámara de combustión, en donde se encuentran instalados los mecanismos de pulverización. (Fig. 2.7)

1. Tuerca soldada
2. Distribuidor
3. Atomizador
4. Tuerca de bloqueo
5. Pastilla
6. Tubo del quemador



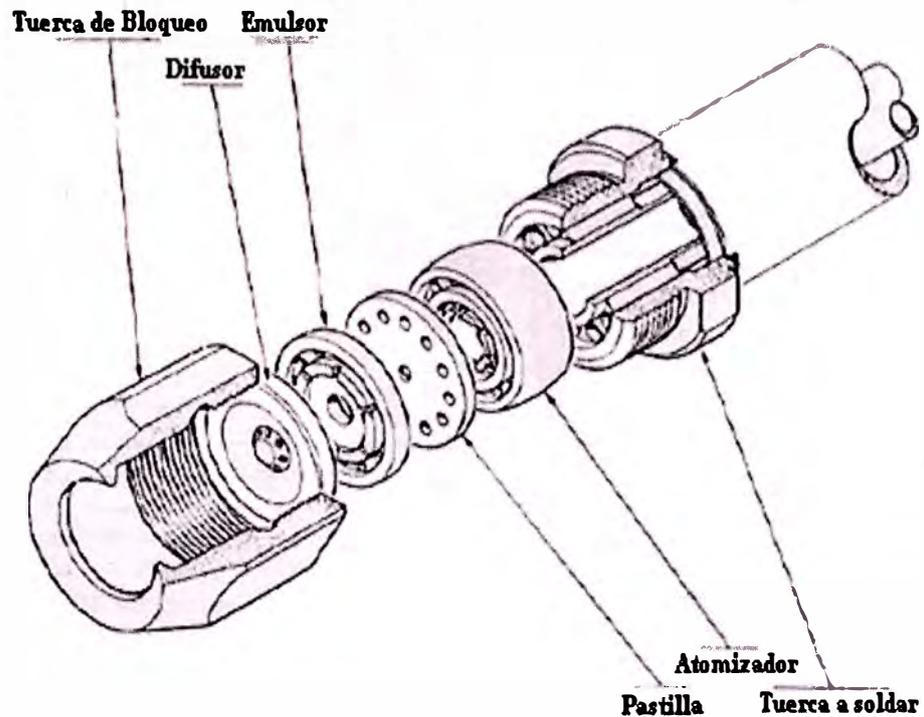
**Fig. 2.7 Cabeza del quemador para pulverización mecánica**

Para que se realice la pulverización, es imprescindible que el combustible ingrese a la caña con una presión que deberá oscilar entre 16 y 20 bar.

- **De pulverización asistida, o por inyección de fluido auxiliar**  
En estos quemadores, se queman exclusivamente combustibles pesados, pero también pueden quemarse combustibles líquidos. Se diferencian de los quemadores de pulverización mecánica, en que a través de la caña se conduce un fluido auxiliar que se inyecta en la cabeza del quemador y emulsiona el combustible formando una mezcla que se pulveriza más fácilmente, a una presión, generalmente algo más baja que en el caso de pulverización mecánica.

Preferiblemente, se inyecta vapor saturado a una presión de 8 a 12 bar, que se deriva del vapor generado, reduciéndosele y

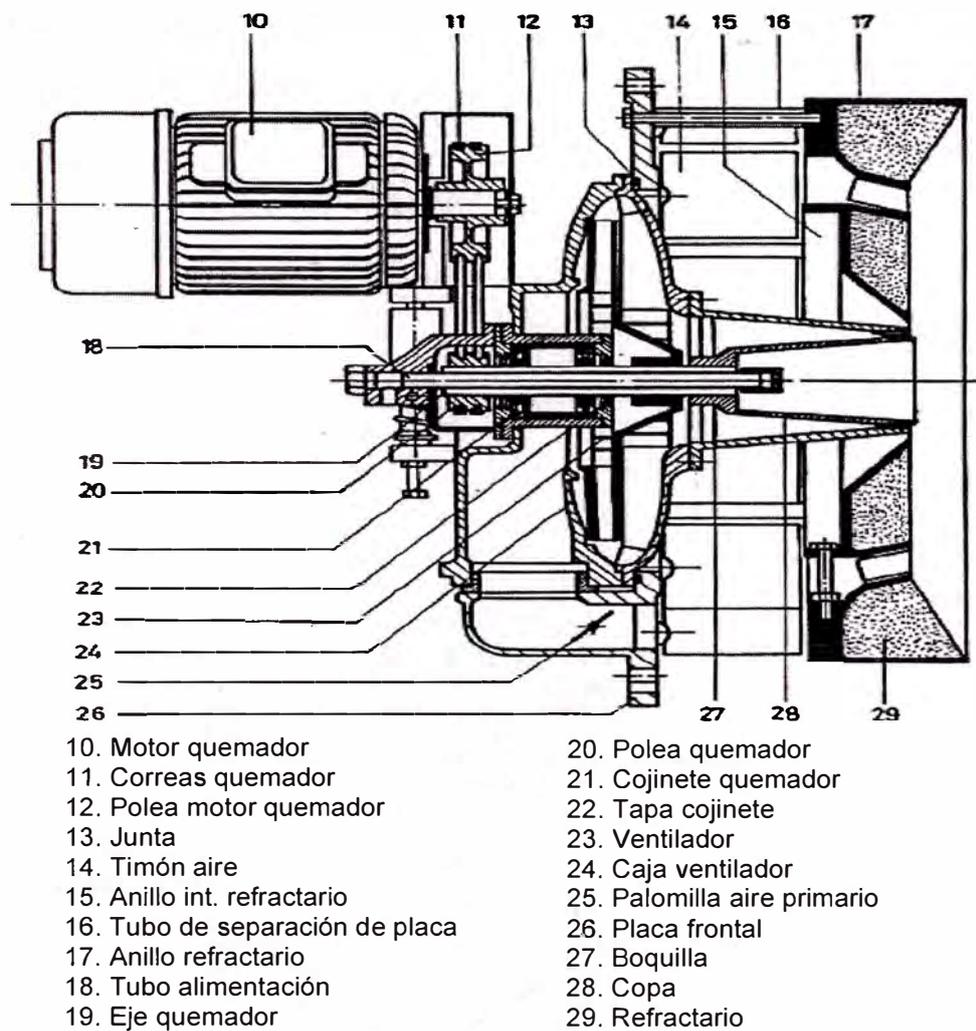
regulándosele a la presión requerida antes de inyectarlo al quemador (Fig. 2.8).



**Fig. 2.8 Cabeza de quemador para pulverización asistida**

- **Rotativos, de pulverización centrífuga**

En estos quemadores se queman combustibles líquidos, indistintamente, ligeros o pesados. La pulverización se consigue por la fuerza centrífuga que se comunica al combustible por medio de un elemento rotativo interno. El elemento rotativo suele ser una copa, que gira a gran velocidad, el mismo que distribuye el combustible y lo lanza perimetralmente hacia delante en forma de tronco de cono (Fig.2.9).



**Fig. 2.9 Esquema rotativo de combustibles líquidos**

○ **De flujo paralelo, con mezcla por turbulencia**

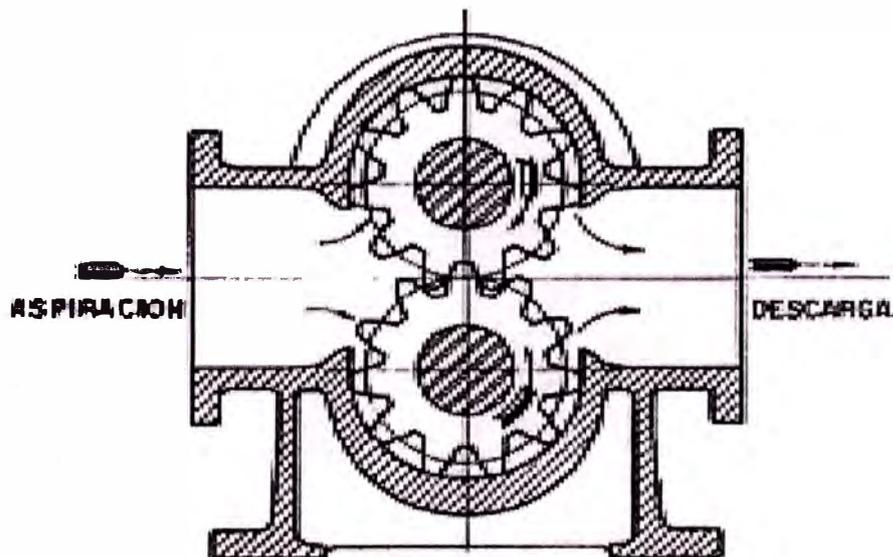
En estos quemadores se quemaban combustibles gaseosos como el gas natural.

**b. Bombas de combustibles líquidos**

Para hacer circular los combustibles líquidos, entre los depósitos de almacenamiento y los quemadores.

Se usan, preferentemente, bombas de impulsión del fluido por medio de engranajes (Fig.2.10) que ofrecen las siguientes ventajas, respecto de las centrifugas:

- Son más robustas
- Son más estables y trabajan de modo más uniforme.
- El propio combustible, al ser un producto petrolífero, actúa como lubricante de los engranajes, siendo su vida útil más larga.



**Fig. 2.10 Bomba de engranajes (esquema)**

### **c. Ventiladores de aire de combustión**

Son los elementos destinados a enviar el aire comburente al cajón, común o individual, en el que están alojados los quemadores. Tanto las calderas pirotubulares, como las acuotubulares realizan la combustión a sobrepresión, es decir, tienen los hogares y demás

compartimentos estancos, y trabajan a sobrepresión interior.

#### **d. Medios Auxiliares**

Además de las bombas y ventiladores, existen otros elementos que complementan los equipos de combustión, permitiendo su correcto funcionamiento y vigilancia, diferentes según sea el combustible que utiliza el quemador.

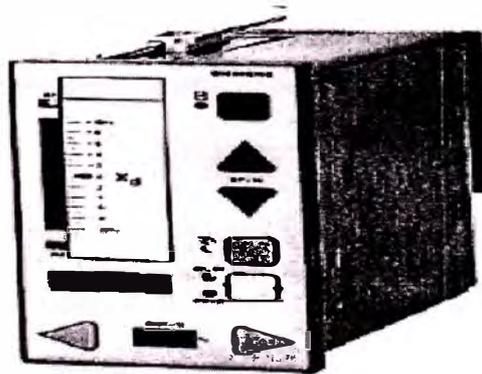
Elementos esenciales que comprende:

- Las válvulas y elementos de control
- Elementos de seguridad sobre el aire de combustión y el petróleo combustible
- Circuito de aire comprimido
- Elementos de seguridad sobre quemadores
- Tanque de condensados
- Trampas de vapor
- Redes de distribución
- Equipos consumidores
- Sistemas de recuperación de calor

#### **e. Sistema de Regulación de la Carga para generación de Vapor**

La señal primaria de gobierno es el valor de a presión efectiva del propio vapor generado, que se toma a la salida de la caldera (a la salida del sobrecalentador, cuando dispone de él), por medio de un

transmisor, que a través del correspondiente convertidor la transforma en señal de salida de 4 a 20 mA que llega al regulador principal del sistema. Este regulador compara la señal recibida con su valor de consigna y posiciona las válvulas de combustible. El fabricante del sistema de combustión tiene establecida una curva de combustión en la que, para cada porcentaje de carga, le corresponde una posición de las válvulas de combustible y, a su vez, a cada posición de las válvulas de combustible, le corresponde una posición de las clapetas de regulación del aire de combustión a los quemadores. Obteniéndose en cada punto de esta curva el coeficiente de exceso de aire, y un contenido de CO<sub>2</sub>, en los humos. Las válvulas de combustible y las clapetas del aire de combustión van variando su posición, en función de la variación del valor de la presión del vapor o, lo que es lo mismo, de la demanda de carga de la caldera,



**Fig. 2.11** Regulador de la alimentación de agua a caldera

#### **f. Combustibles**

A continuación, se citan los combustibles de uso más importante para las calderas:

○ **Combustibles Líquidos, de las siguientes características<sup>9</sup>:**

● **Petróleo Industrial N° 4:**

Densidad, a 15°C: < 0,9 kg/l

Viscosidad cinemática, a 40°C: min 5,5 – máx. 24,0 mm<sup>2</sup>/s

Azufre, en peso: 0,2 %

Poder calorífico inferior: min. 9.700 kcal/kg

● **Petróleo Industrial N° 5:**

Viscosidad, a 50°C: min. 40 - máx. 80 mm<sup>2</sup>/s

Azufre, en peso: máx. 2,0 %

Poder calorífico inferior: mínimo 9.600 kcal/kg

● **Petróleo Industrial N° 6:**

Viscosidad, a 50°C: min. 81 - máx. 640 mm<sup>2</sup>/s

Azufre, en peso: máx. 3,5 %

Poder calorífico inferior min. 9.400 kcal/kg

○ **Combustibles Gaseosos, cuyas características son:**

● **Gas natural:**

(Metano CH<sub>4</sub>: 96,6%, Etano C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: 3,2 %, Nitrógeno N<sub>2</sub>: 0,2 %)

Poder calorífico superior: 9.900 a 10.900 kcal/m<sup>3</sup>N

Poder calorífico inferior: 8.900 a 9.800 kcal/m<sup>3</sup>N

Índice de WOBBE: 11.520 a 13.860 kcal/m<sup>3</sup>N

Peso molecular, a 0° C y 760 mm Hg: 15 a 16 g/mol

Peso específico: 0,7 a 0,9 kg/mol

<sup>9</sup> NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 321.002 – 2001 - INDECOPI

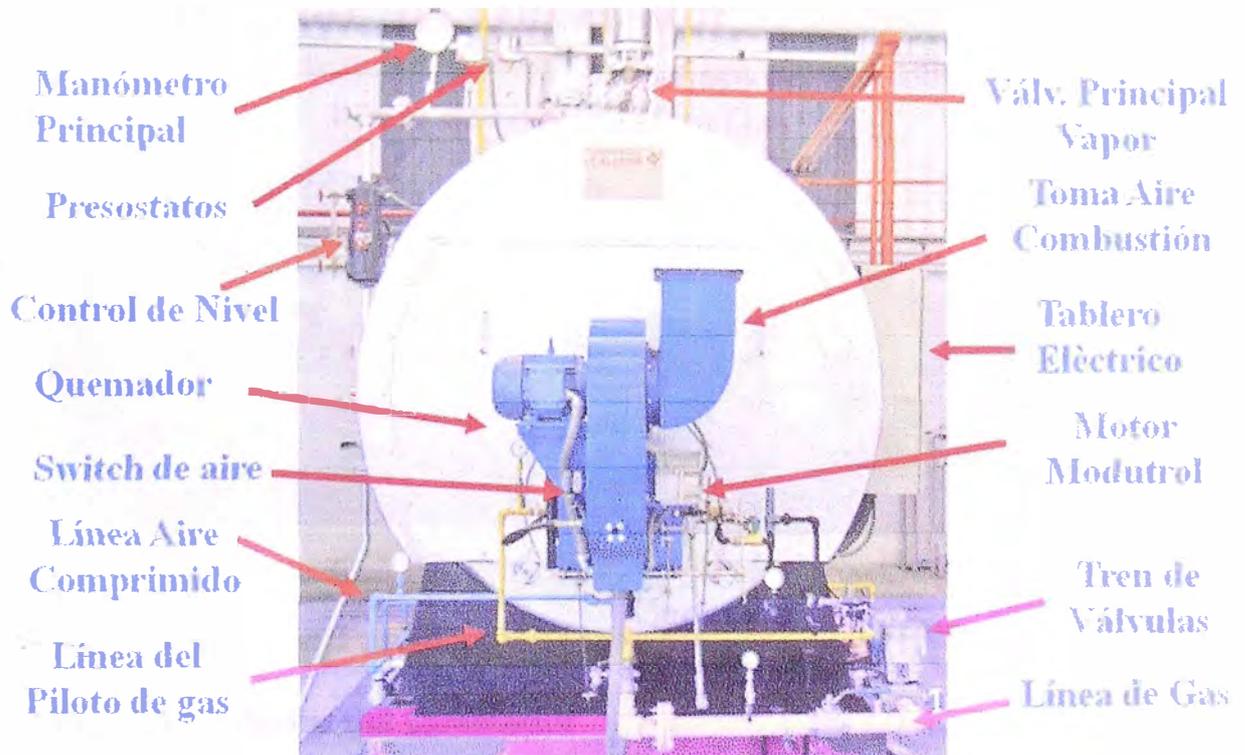
### 2.2.5 Unidades de potencia de calderas

BHP (Boiler Horse Power): Caballo de Caldera.

Se dice que una caldera tiene una capacidad de un BHP (Caballo de Caldera) cuando es capaz de producir 15.65 Kg/hr ó 34.5 lb/hr de vapor saturado de 100°C (212°F), utilizando agua de alimentación a 100°C (212°F).

1 BHP	33,479 BTU/Hr.
1 BHP	8,450 KCAL/Hr.
1 BHP	34.5 LB VAPOR/Hr.
1 BHP	15.65 KG VAPOR/Hr.

## Partes Principales de la Caldera



**Fig. 2.12 Partes principales de la caldera**

## Quemador

- Ventilador**
- Transformador de Ignición**
- Motor Modutrol**
- Válvula Solenoide Limpieza**
- Varillaje**
- Válvula Reg. Petróleo**
- Válvula Alivio "FULFLO"**



Fig. 2.13 Partes principales del quemador

## Interior del Quemador

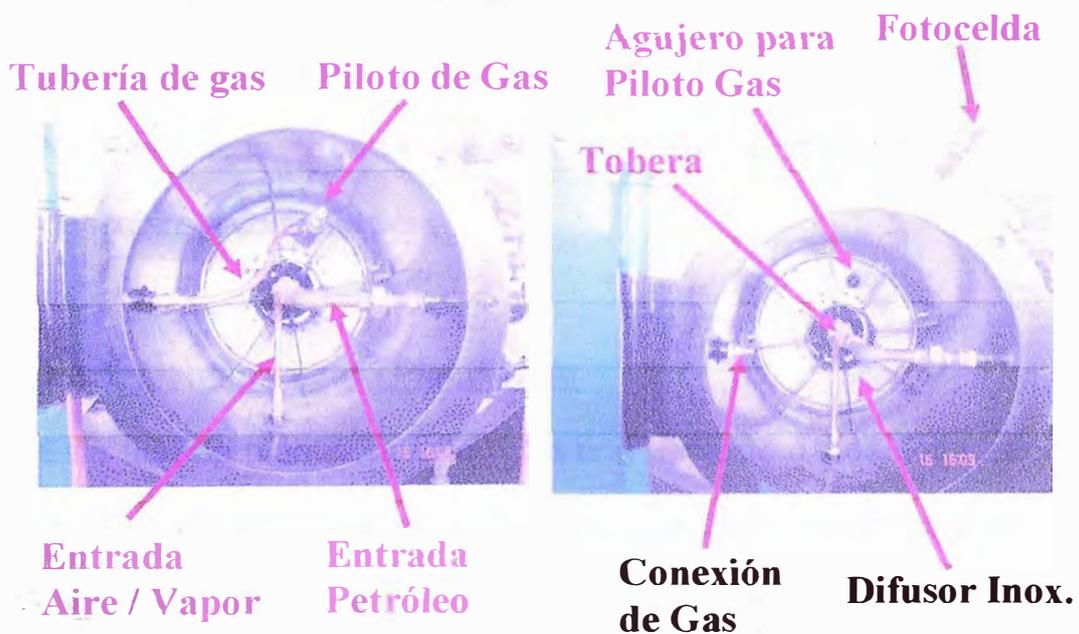
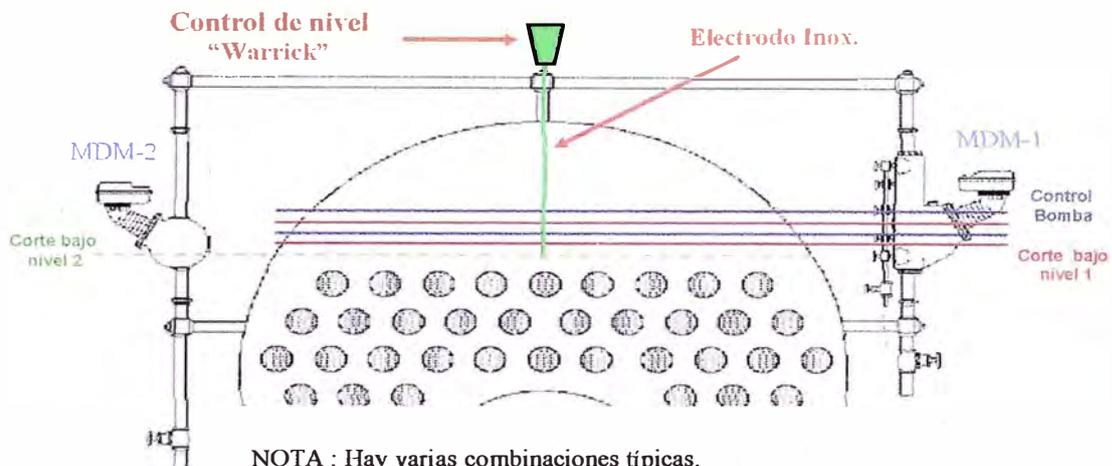


Fig. 2.14 Interior del Quemador

## INSTALACIONES TÍPICAS



NOTA : Hay varias combinaciones típicas.

- 1.- Un MDM con un control de nivel por electrodo.
- 2.- Dos MDM ( Uno principal y uno auxiliar: No.1 y No.2)

**Fig. 2.15 Instalaciones típicas de control de nivel**

### 2.3 PROCESOS DE MANTENIMIENTO

La atención de mantenimiento que se da en la actualidad, se basa en dos grandes conceptos, Mantenimiento Planificado y el Mantenimiento No Planificado, y cada una de ellos tiene su propio proceso, que se describirá a continuación:

#### 2.3.1 Mantenimiento Planificado

Este tipo de mantenimiento tiene una serie de pasos, los mismos que se ejecutan a lo largo de todo el proceso de operación de los equipos.

Dentro de este tipo de mantenimiento se encuentran los siguientes:

- Mantenimiento Preventivo:
- Mantenimiento Predictivo

- Mantenimiento Correctivo Planificado
- Mantenimiento Proactivo

- **Mantenimiento Preventivo**

Consiste en todas las actividades sistemáticamente predefinidas y repetitivas de mantenimiento, responsables por la continuidad del servicio de un ítem, englobando inspecciones, ajustes, conservación y eliminación de defectos, cuyo destino final es evitar o reducir fallas en los equipos, mejorar la confiabilidad de los equipos y la calidad de la producción.

El mantenimiento preventivo, se aplica parcialmente en la planta, es decir solo para algunos componentes y subsistemas.

Se hace necesario incorporar un mayor número de sistemas y componentes para su manejo como mantenimiento preventivo, pero a su vez, es necesario establecer un plan para programar el mantenimiento y mantenerlo incluido en el programa de mantenimiento, en este tema también se debe considerar el mantenimiento de rutina que tiene cada equipo.

La labor del departamento de mantenimiento debe de estar relacionada muy estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de

mantener en buenas condiciones, la maquinaria, las herramientas y los equipos de trabajo, lo cual permitirá un mejor desenvolvimiento y seguridad minimizando los riesgos en el área laboral. En general, podemos decir que luego de la implementación del programa de mantenimiento preventivo, se van a observar las siguientes mejoras:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.

Disminución de los costos de mantenimiento.

- Optimización de los recursos humanos.

- Maximización de la vida de la máquina.

Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.

Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.

Evitar detenciones inútiles o paro de máquinas.

Evitar accidentes

Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.

Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los equipos.

- **Mantenimiento Predictivo**

Esta constituido por los servicios atendidos debido al desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de

la medición y el análisis de síntomas y tendencias de parámetros físicos; para ello se emplean varias tecnologías que determinan la condición del equipo o los componentes, o estimación efectuada mediante evaluación estadística, extrapolando el comportamiento, con el propósito de determinar el punto exacto de cambio o reparación antes de que se produzca la falla.

- **Mantenimiento Proactivo**

Esta constituido por un salto de gestión y no por un cambio progresivo.

Consiste en la modificación de condiciones originales de un equipo o instalación.

Con el Mantenimiento Proactivo se busca conocer realmente y luego resolver los problemas de raíz que originan indisponibilidad y falta de fiabilidad de los equipos y sistemas. Para la solución de los problemas mediante este tipo de gestión, se requiere de una integración jerárquica.

- **Mantenimiento Correctivo Planificado**

Este tipo de mantenimiento es el que más se efectúa, se realiza por lo general en periodos de baja producción.

### **2.3.2 Mantenimiento No Planificado**

También se le conoce comúnmente como mantenimiento correctivo no planificado, o mantenimiento por fallas y siniestros imprevistos.

El mantenimiento no planificado preserva la siguiente secuencia de actividades:

1. Se inicia con el reporte de la falla
2. A través de diversos canales de comunicación, siempre el Ing. Jefe de Sección va a estar informado del reporte de falla, luego se registra la falla.
3. Según la severidad del problema, la falla es analizada
4. Se califica la reparación y se determina si va a ser necesaria la participación de un contratista, si se puede efectuar con los mecánicos de planta, o si será necesario recurrir al proveedor del equipo.
5. Dependiendo de lo determinado, se aperturará la orden de Trabajo
6. Se coordina la ejecución del mantenimiento y su control.
7. Finalmente se procede a registrar y plantear las situaciones para que no vuelva ocurrir la falla

El mantenimiento no planificado es un mantenimiento que no debería de suceder en ninguna planta, en todo caso, el número de intervenciones de este tipo de mantenimiento debería de ser mínimo; pero en nuestra realidad nacional las cantidades son altas; la gestión

del mantenimiento se basa en el mantenimiento no planificado, se está a la espera de que algo falle y no se programa ni anticipa nada.

El mantenimiento no planificado, también llamado mantenimiento correctivo, tiene un costo de operación y un costo administrativo muy alto, por ello se debe de tratar de disminuir este tipo de mantenimiento, ya que en plena operación de producción, ocasiona significativas pérdidas económicas. En su lugar se debería trabajar incorporando un mantenimiento preventivo y predictivo e ir adelantándose, programando labores de mantenimiento para los tiempos de paradas de la planta.

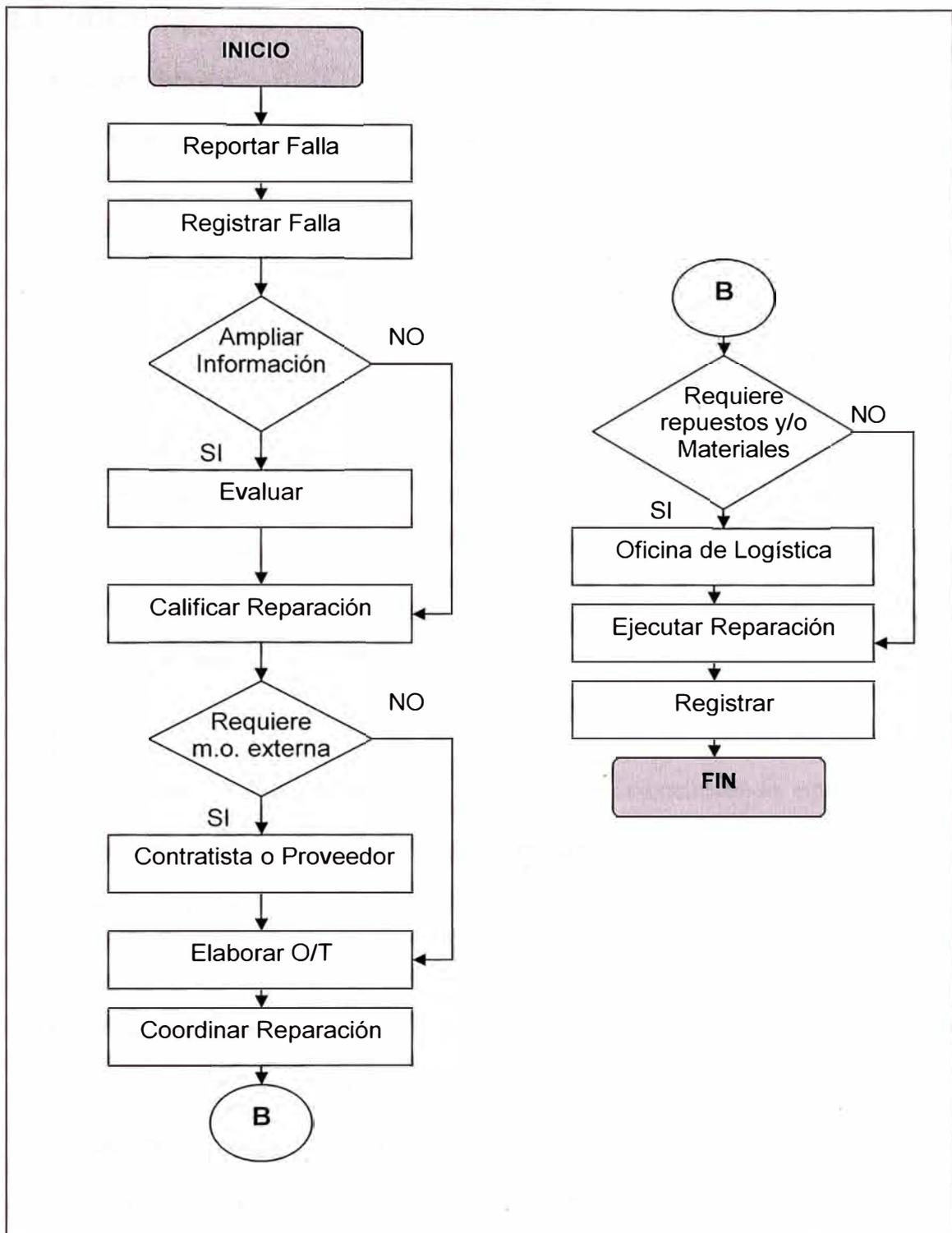


Fig. 2.16 Mantenimiento Correctivo No Planificado

## 2.4 ÍNDICES DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

- **Fiabilidad:**

Es la probabilidad que se tiene de que un componente de una máquina o producto **funcione adecuadamente** durante un período de tiempo dado. Asimismo, se dice también que es la probabilidad de que un equipo **cumpla una misión específica** bajo determinadas condiciones de uso, en un período de tiempo determinado. Por lo general se trata de la comparación con los promedios de tiempos de funcionamiento a lo largo de la vida útil del equipo. Cuanto más largos son los periodos de tiempo sin fallas, más confiabilidad tiene el equipo.

- **Mantenibilidad:**

Es la probabilidad de **devolver el equipo a condiciones operativas** en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos. Por lo general es la comparación de promedios del tiempo entre fallas.

- **Disponibilidad:**

Es una función que permite estimar en forma global el **porcentaje de tiempo total en que se puede esperarse que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado**. También se puede efectuar el cálculo, como el tiempo en que una máquina queda a disposición del área de producción versus el tiempo que no esta disponible.

## CAPITULO 3

### ESTADO ANTERIOR DEL MANTENIMIENTO DE LA SALA DE CALDEROS

#### 3.1 ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La jefatura del área de producción está a cargo del Jefe de Planta; ésta se responsabiliza del buen desenvolvimiento de la parte operativa. Su alta responsabilidad, la hace que trabaje estrechamente con cada área operativa de producción, que depende de la Jefatura; y también con la Gerencia de Producción.

##### 3.1.1 Infraestructura de la Planta

La planta objeto del estudio, se organiza de la manera siguiente:

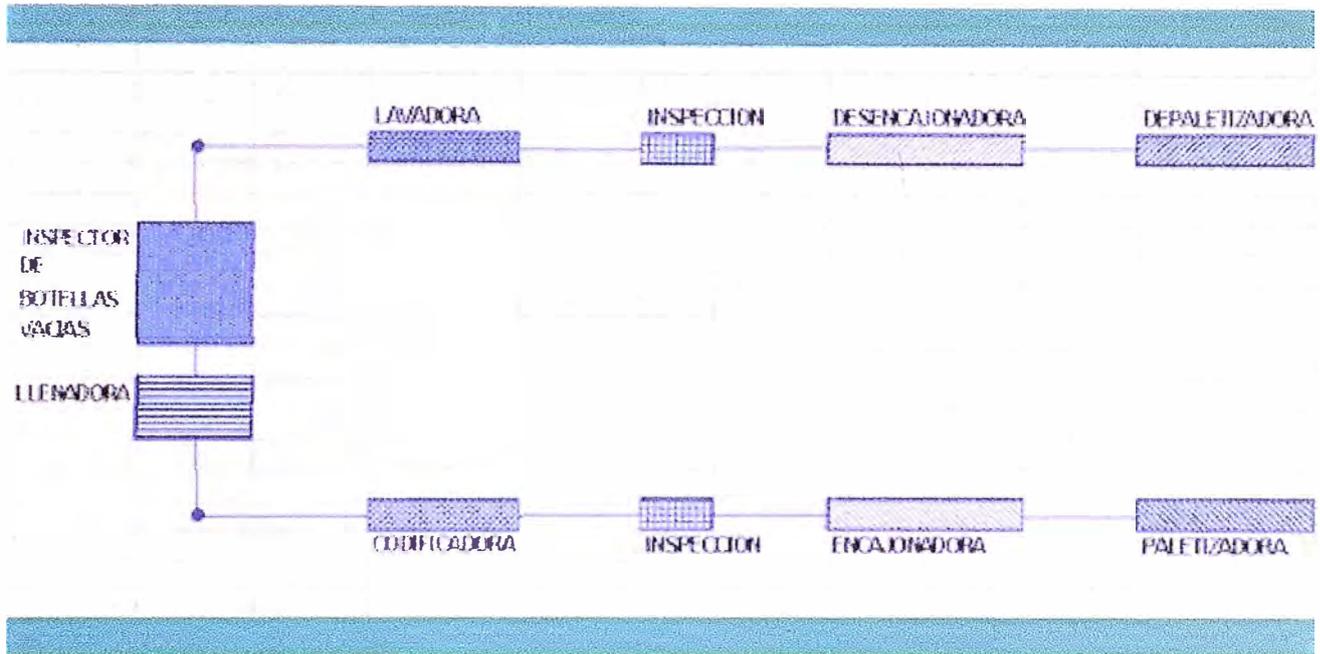
- **Área de envasado:** Responsable del proceso de embotellado de la bebida; cuenta con cuatro líneas de producción; cada línea produce bebidas de diversos tamaños, tipos de envase y sabor. Esta área cuenta con 14 operarios por turno a cargo de un supervisor de producción encargado de seguir la producción planeada y vigilar el buen funcionamiento de la línea, higiene según normas de calidad para este tipo de producto. El Supervisor informa diaria, semanal y mensualmente mediante un informe consolidado mensual al jefe de

planta y con estos datos el supervisor de planeamiento elabora el Sumario de producción mensual así como el análisis del comportamiento de las mermas

- **Área de mantenimiento:** Orgánicamente separada del área de producción. Se responsabiliza del buen funcionamiento de las máquinas de la línea de embotellado (lavadora, llenadora, encajonadora, desencajonadora, etc.); asimismo coordina con la jefatura administrativa y logística para la compra de repuestos; coordina también con el supervisor de producción para determinar el tipo de falla que presenta cada máquina, el personal de producción requerido y el tiempo que necesita para hacer el mantenimiento o reparación; de tal modo que el supervisor de planeamiento, adecue el programa de producción a estos requerimientos
- **Área de procesos:** Esta área esta a cargo de un supervisor de procesos que se responsabiliza del tratamiento de agua para sus diversos usos: ya sea para preparación de jarabes o para lavado de envases. Se encarga de vigilar la pureza, turbidez, acidez, dureza o grado de ablandamiento del agua; y además controla que el jarabe terminado cumpla con las especificaciones normalizadas para su preparación y posterior uso en la línea de embotellado.

- **Área de control de calidad:** Al igual que el área de mantenimiento, esta orgánicamente separada de Producción; pero es muy importante dentro del desarrollo productivo; es la encargada de velar por el cumplimiento de las normas de calidad establecidas a lo largo de todo el proceso productivo desde la obtención del agua tratada e incluso la apariencia final del producto envasado, para esto realiza mediciones en diversos puntos en el proceso productivo y con una periodicidad ya establecida. Además se encarga de controlar la calidad de los insumos necesarios para la obtención del producto terminado, como por ejemplo pesado y medición de envases y tapas nuevas, azúcar, gas carbónico, saborizantes, etc.
- **Área de PCP:** Esta área esta a cargo de un supervisor de planeamiento que depende directamente de la jefatura de planta. Es el área encargada de establecer y poner en funcionamiento un conjunto de planes y acciones sistemáticas que permitan una mejor utilización de los recursos. Dentro de las funciones que realiza están:
  - Proyección mensual y semanal de la producción.
  - Requerimiento semanal de Materias primas e insumos.
  - Cálculo de necesidad de envase operativo.
  - Coordinaciones con el área de producción y almacén

Dada su importancia esta en relación directa con las áreas de procesos, aseguramiento de la calidad, distribución y comercialización del producto; para mantener los niveles necesarios del producto terminado.



**Fig. 3.1 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción**

### **3.1.2 Equipamiento y Procesos de Producción**

El procedimiento industrial para la obtención de la bebida gaseosa esta conformado por una cantidad de procesos, a los cuales podemos definir de la siguiente forma:

- Materias primas
- Descarga de botellas vacías
- Despaletizadora
- Desencajonadora
- Lavadora de cajas

- Lavadora de botellas
- Inspector de botellas vacías
- Tratamiento del agua
- Fabricación de jarabe simple
- Fabricación de jarabe terminado
- Fabricación de bebida carbonatada
- Llenadora y capsuladora
- Codificado
- Inspector de nivel o de botellas llenas
- Etiquetadora
- Encajonadora
- Paletizadora
- Almacén
- Distribución

### **3.2 EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LA PLANTA**

En la planta de embotellado, el mantenimiento se realiza programadamente en algunas áreas, como mantenimiento correctivo; aunque algunas reparaciones se hacen cuando se presenta la avería. Para realizar dicho mantenimiento se cuenta con personal interno de la planta. Además los trabajos de reparación donde se usan equipos especiales como torno, fresa o cualquier otra máquina, son realizadas en talleres fuera de la empresa; así como también los trabajos especializados

de carpintería, albañilería, y algunas averías en los motores eléctricos como el embobinado de los mismos.

Esta área tiene como funciones, sin limitarse solo al mantenimiento, la lubricación, la instalación, el equilibrado, la alineación y todos los conceptos básicos sobre los equipos, etc.

### **3.3 INFRAESTRUCTURA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

El Departamento de Mantenimiento se encuentra conformado de la siguiente manera:

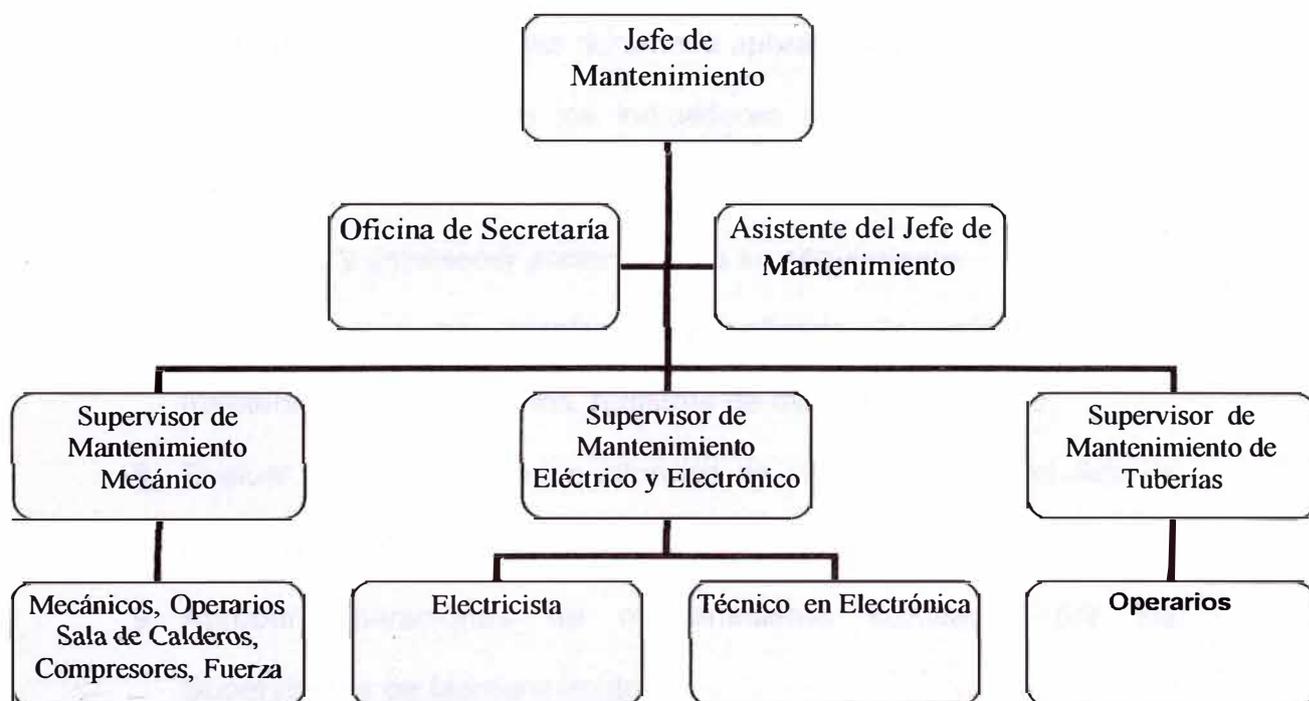
- 01 Sala de Fuerza
- 01 Sala de Compresores
- 01 Sala de Calderas
- 01 Taller de reparaciones mecánicas
- 01 Taller de reparaciones eléctricas
- 04 Líneas de Embotellado
- Oficina

El manejo, actualmente es administrado por tres supervisores, quienes a su vez son responsables de la administración del Mantenimiento de su sección.

### **3.4 Organización y Funciones del área de Mantenimiento**

La organización de las actividades de mantenimiento se encuentra a cargo del siguiente personal:

1. Jefe del Departamento de Mantenimiento
2. Asistente del Jefe de Mantenimiento
3. Supervisores de Mantenimiento
  - Supervisor de Mantenimiento Mecánico
  - Supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico
  - Supervisor de Mantenimiento de Tuberías
4. Operarios de la Sala de calderos, Sala de Compresoras y Sala de Fuerza
5. Mecánicos de Mantenimiento
6. Oficina de Secretaría



**Fig. 3.2 Organigrama del Departamento de Mantenimiento**

**Jefe de Mantenimiento**, sus principales funciones son las siguientes:

1. Coordinar con el Jefe de Producción para atender las Fallas registradas que no se puedan solucionar de acuerdo a las políticas de calificación y autorización de las actividades de Mantenimiento Correctivo.
2. Autorizar y efectuar seguimiento a las compras de materiales y repuestos que se realicen a través de la Gerencia de Logística
3. Efectuar inspecciones eventuales a las labores de mantenimiento Correctivo que se realicen en la planta.
4. Aprobar las ordenes de trabajo y efectuar el cierre de las mismas una vez efectuada la actividad de mantenimiento
5. Establecer acciones correctivas o preventivas para el mejoramiento del mantenimiento correctivo en función de la evaluación de las no conformidades detectadas durante la aplicación de este proceso
6. Evaluar periódicamente los indicadores de Mantenimiento, como son los indicadores de eficacia y eficiencia del mantenimiento Correctivo y establecer acciones para su seguimiento.
7. Asegurar que se mantenga actualizada la información de mantenimiento, inventarios, registros de mantenimiento, etc.
8. Evaluar periódicamente los informes de mantenimiento del Jefe de Mantenimiento.
9. Aprobar operaciones de mantenimiento solicitadas por los Supervisores de Mantenimiento.

10. Asegurar y efectuar las modificaciones de las actividades establecidas para la gestión de mantenimiento de la Planta.

**Oficina de Secretaría de Mantenimiento**, con las siguientes funciones:

1. Coordinación de actividades diarias referidas al mantenimiento.
2. Recepción y el trámite de toda la documentación referida al mantenimiento como por ejemplo Presupuestos, cartas, cotizaciones, Facturas, Informes, Planos, Comunicados, etc.
3. Elaboración de cartas, comunicados, faxes, pedidos de compra, orden de atención para almacenes, requisiciones de servicio, requerimientos de compra, etc.
4. Recepción de llamadas telefónicas, recepción de mensajes, llamadas telefónicas con encargo, coordinación de citas, reuniones, etc.

**Asistente del Jefe de Mantenimiento**, con las siguientes funciones:

1. Llevar control estadístico de datos del mantenimiento, como por ejemplo, frecuencias de fallas, costos de mantenimiento, repuestos utilizados, etc.
2. Control estadístico de los insumos utilizados en las operaciones normales de la Sala de Calderos.
3. Control de stock de repuestos y materiales en el Almacén

4. Control de compras de materiales por Caja Chica
5. Control de inventarios de planos, catálogos, información técnica.

**Supervisores**, con las siguientes funciones:

1. Responsable directo de las labores de mantenimiento y reporta al Jefe de Mantenimiento sobre su sección
2. Programar y controlar el mantenimiento de su Sección
3. Llevar el control y registros de mantenimiento referidos a su sección
4. Establecer prioridades de atención de fallas registradas en coordinación con la Jefatura.
5. Elaborar las ordenes de trabajo, coordinar las actividades y llevar a cabo el mantenimiento, correctivo, preventivo, predictivo.
6. Solicitar los repuestos, materiales y recursos necesarios para realizar las reparaciones.
7. Verificar inventarios de repuestos en el Almacén
8. Verificar la operatividad de los sistemas, componentes, etc., que han sido reparados por contratistas, según la especialidad y emitir la conformidad cuando el tipo de mantenimiento lo permita.
9. Presentar informes periódicos sobre la gestión de mantenimiento correctivo según su especialidad.

**Operarios de la sala de calderos, sala de compresoras y sala de fuerza**, sus funciones son:

1. Operar los equipos a su cargo y darles el mantenimiento necesario en caso de requerirse.

### **Mecánicos de mantenimiento**

1. Son los técnicos especializados en las labores de mantenimiento mecánico y eléctrico de todas las líneas de embotellado, excepto la Sala de Calderas, de Compresoras y de Fuerza.
2. Utilizan los talleres para sus labores.

## **3.5 EQUIPAMIENTO DE LA SALA DE CALDEROS**

Para efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de la Sala de Calderas, de una manera sistematizada, se debe efectuar un inventario de los equipos que componen esta área, para luego codificarlos y registrarlos en función de diversos criterios que analizaremos oportunamente. Por tanto, esa ha sido justamente nuestra primera tarea al iniciar nuestro estudio, lo cual se detalla minuciosa y exhaustivamente en los Anexos I, II y III..

## **3.6 MANTENIMIENTO DEL ÁREA DE CALDERAS**

Ya hemos mencionado anteriormente que el mantenimiento que se realizaba en la planta era eminente y prioritariamente correctivo. Se trataba de que éste fuera programado en la mayoría de los casos, para así, de esta manera poder contar con los repuestos y materiales necesarios al momento de efectuar los trabajos.

En primer lugar se coordinaban las paradas de mantenimiento con el área de producción a fin de poder efectuar los trabajos y tratar de minimizar los costos, pero en muchos casos estas coordinaciones no se podían realizar a total satisfacción debido a fallas repentinas o inesperadas de las máquinas o equipos. Por lo tanto, todo este mantenimiento, fuera programado o de emergencia de todos modos conllevaba a significativas pérdidas de producción, utilización de repuestos y materiales extras así como de mano de obra no programada, lo que al final de un periodo anual redundaba en importantes costos, los cuales serán estudiados más exhaustivamente en el Capítulo 5.

## **CAPITULO 4**

### **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Todo plan de mantenimiento debe contar con una documentación y formatos que permitan la identificación de los equipos, asimismo definir los procesos de trabajo, recopilar información y presentar resultados en cuanto a costos y fallas principalmente.

Esta documentación es básica para la sistematización del mantenimiento, puesto que especifica la entrada de variables, los datos de salida y la frecuencia a la que se necesitan.

Cada numeral que se dedica a los documentos, debe contar con su debida explicación, con la descripción del proceso administrativo asociado, y los reportes de gestión y evaluación de las políticas de mantenimiento, que podrán ser generados a partir del análisis de la información.

## **4.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **4.2.1 Organización y Funciones**

La Organización y Funciones de la Sección de Mantenimiento, es parte importante del plan de mantenimiento. Las funciones, deberes, grados de responsabilidad y requisitos de cada puesto del departamento de Mantenimiento, permanecen como están, pero se adecuan a las nuevas tareas y actividades para llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo que nos conduzca a la exitosa implementación de nuestro plan. El Departamento de Mantenimiento siempre va a tener la responsabilidad de gestionar el mantenimiento de la infraestructura (instalaciones y equipos) de la planta.

## **4.3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El programa de mantenimiento constituye una sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir los daños que se puedan presentar en las instalaciones, maquinaria y equipos de la planta. Su objetivo básico es garantizar la disponibilidad de la instalación, para atender el programa de producción con calidad y productividad y asegurar costos razonables. Para elaborar el programa de mantenimiento, se deben tener en cuenta los siguientes ítems:

- Registro de equipos agrupados por secciones;
- Descripción de las actividades para el mantenimiento, y

- Plan estratégico.

#### **4.3.1 Fichas de Trabajo**

Para ejecutar el programa de mantenimiento se requiere la elaboración de unas fichas, las mismas que servirán para controlar, solicitar, reportar, etcétera, las actividades que se van a ejecutar. Entre estas fichas, tenemos las siguientes:

- Orden de trabajo
- Solicitud de repuestos y materiales
- Reporte semanal de mantenimiento
- Historial de los equipos

#### **4.3.2 Manuales de mantenimiento**

Los manuales son instrumentos que indican los procedimientos de trabajo a seguir, se preparan para ayudar al personal de mantenimiento; se elaboran teniéndose en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos.

Para los trabajos de mantenimiento se elaboran los siguientes manuales:

- Manual de mantenimiento del equipo
- Manual para eliminar averías del equipo

### **4.3.3 Almacén**

Un factor importante para la política de reducción de costos es el control adecuado de los repuestos, materiales, y accesorios de mantenimiento. Un manejo carente de planificación genera sobrecostos por el gran número de repuestos que se requieren, o bien, deriva en largas paralizaciones en la producción debido a la falta de estos. Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, tenemos:

- La cantidad utilizada de repuestos en las labores de mantenimiento.
- La frecuencia de reemplazo de estos repuestos.
- Los efectos en la operación o depreciación de los repuestos, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se reemplazan con baja frecuencia.

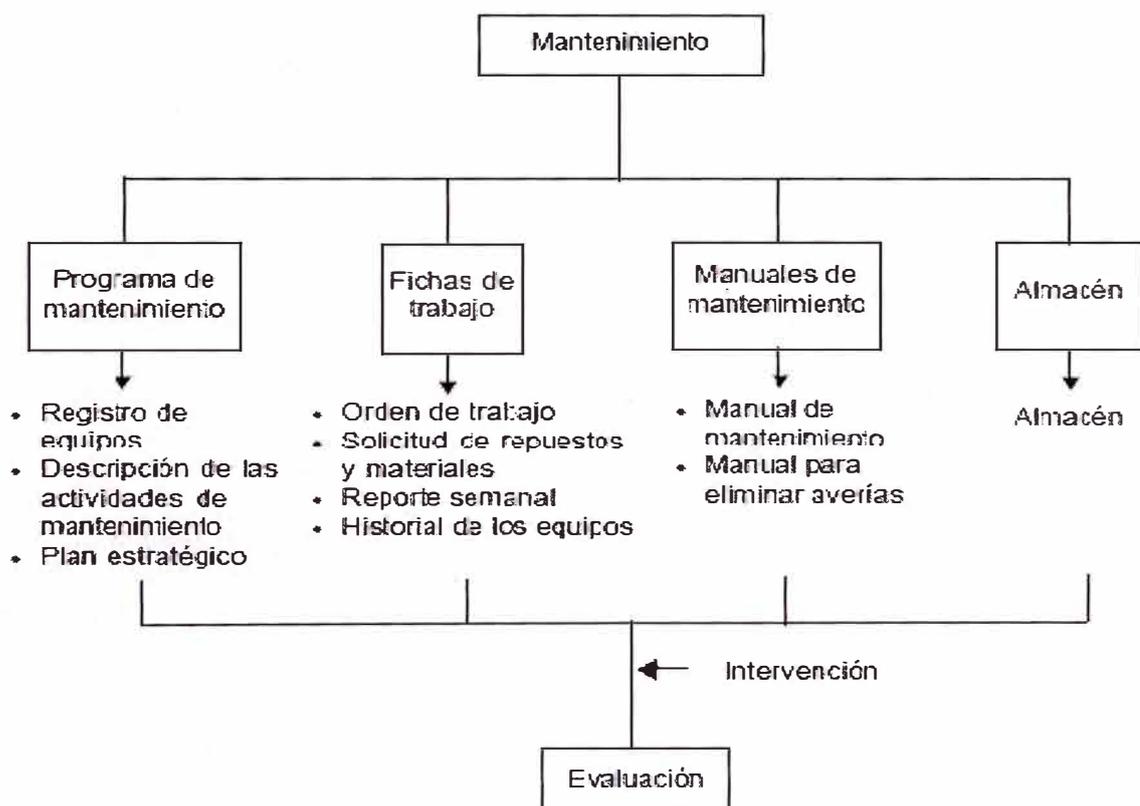
### **4.3.4 Evaluación**

En esta actividad se hace uso de datos históricos, los mismos que permiten predecir el futuro, teniéndose en cuenta que sin una evaluación, cualquier sistema de mantenimiento va a tender al fracaso. Para la evaluación, se analizan los datos ó la información contenida en las fichas de trabajo. Esta evaluación hace posible:

- Ajustar el programa y mantener actualizados los manuales de mantenimiento;
- Analizar los trabajos realizados y los materiales empleados a fin de determinar los costos de mantenimiento, para efectos de programación y control del presupuesto.

- Determinar los costos que demanda la gestión administrativa del almacenamiento, adquisición y uso de los repuestos, e
- Informar a la gerencia sobre lo que se ha realizado y lo que se pretende realizar.

En el cuadro siguiente se presenta el esquema de la organización del mantenimiento preventivo en cuanto a la sistematización de las actividades y documentación necesaria para llevarlo a buen término:



**Fig. 4.1 Organización del mantenimiento preventivo**

## 4.4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

### PREVENTIVO

Para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo se deben seguir varios pasos indispensables, que nos conduzcan a la correcta implementación del plan de mantenimiento.

#### 4.4.1 Registro de Equipos

El primer paso a seguir para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo será el de inventariar y recopilar información de todos los equipos existentes en la sección a la que se le va a hacer el mantenimiento e identificar su ubicación física, siguiendo una ruta por las diversas instalaciones y unidades del proceso. En nuestro caso el inventario de la Sala de Calderos de la Embotelladora de nuestro estudio, se muestra en el **Anexo I**.

Después de inventariados los equipos, se procede a agruparlos por secciones, codificarlos y clasificarlos. Por ejemplo: sección de entrada, sección de tratamiento y sección de salida del vapor. Cada equipo es codificado mediante un código alfanumérico. Si existieran dos equipos iguales que operen en una determinada sección —por ejemplo, dos unidades de válvulas de bola—, entonces las unidades quedarán codificadas como VB1 y VB2, respectivamente. Para la clasificación se debe tener en cuenta la criticidad del equipo.

#### 4.4.2 Análisis de Criticidad

- **Criticidad A:** Equipo absolutamente necesario para garantizar la continuidad de operación de la planta. Su ausencia va a ocasionar graves perjuicios al servicio.
- **Criticidad B:** Equipo necesario para la operación de la planta, pero que puede ser parcial o totalmente reemplazado.
- **Criticidad C:** Equipo no esencial para los procesos de la planta, puede ser fácilmente reemplazable.

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de los procesos, sistemas y equipos, creándose una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, orientándose el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basada en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, se encuentra asociada a cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. El sistema de criticidad nos permitirá llevar las tareas correctas del mantenimiento preventivo (MP), incluso si no se tiene tiempo de realizar todas las tareas planificadas del mantenimiento reactivo (MR).

Las metas recomendadas con este sistema de criticidad son:

**Realizar 100% de MP a Equipos de Criticidad A**

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como sigue:

**Criticidad = Frecuencia x Consecuencia**

Donde la Frecuencia se encuentra asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado, y la Consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En función de lo anteriormente expuesto, se establece como criterio fundamental la confección de una **Matriz De Criticidad**<sup>10</sup> en donde se analice cada activo dentro del estudio, disgregado en siete "Áreas de Impacto": Las cuales son:

- Seguridad y Salud
- Medio Ambiente
- Calidad
- Productividad
- Producción
- Tiempos Operacionales
- Tiempos y Costos de Reparación

<sup>10</sup> Matriz de Criticidad diseñada por SKF

### **Requerimientos para Realizar el Estudio**

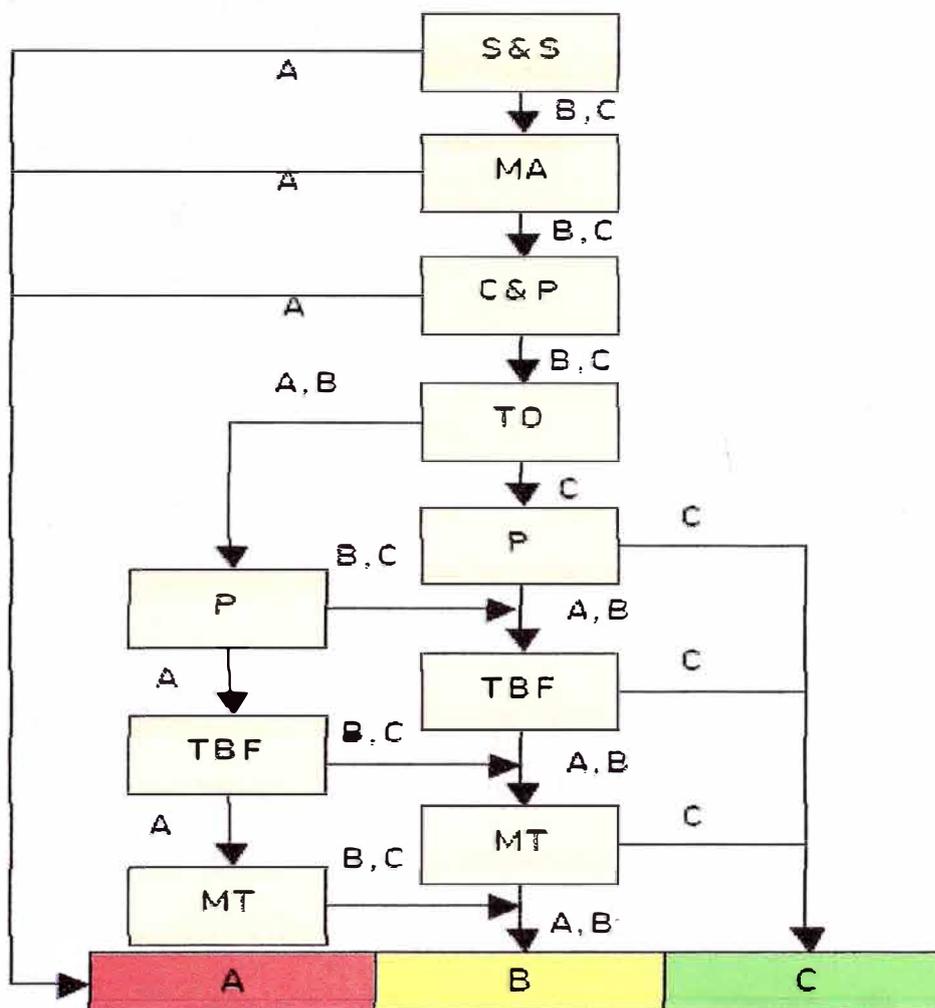
- Listado de todos los componentes a ser incluidos en el estudio.  
Diagramas de proceso
- Planos de disposición de los equipos en la planta.
- Disponibilidad del personal de operaciones y mantenimiento de la planta.

### **Tareas Realizadas**

- Estudio de las Lista de Activos que van a ser incluidos en el análisis.
- Identificación de los equipos a estudiar. Los equipos que se incluyeron dentro del estudio del Análisis de Criticidad, fueron escogidos bajo la supervisión de ingenieros de producción y mantenimiento.
- Entrevistas con personal de Operaciones y Mantenimiento, para definir la importancia de las áreas de impacto en cada activo estudiado.
- Aplicación del flujograma para definir la criticidad de los activos de la lista
- Reporte final con los resultados del estudio.

<b>Matriz de Criticidad</b>			
<b>Causas de paradas no planificadas</b>			
<b>Área de Impacto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	<b>Riesgo Alto</b>	<b>Riesgo Medio</b>	<b>Riesgo Bajo</b>
<b>Seguridad y Salud (S&amp;S)</b>	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativo del personal	No existe riesgo ni de salud y daños al personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
	Perdida de material		
<b>Medio Ambiente (MA)</b>	Derrames y fugas: Alto excedente de límites permitidos	Derrames y fugas: Repetitivas y excedentes a los límites permitidos	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
<b>Calidad y Productividad (C&amp;P)</b>	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
<b>Producción (P)</b>	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
<b>Operación de Equipos</b>			
<b>Área de Impacto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
	<b>Riesgo Alto</b>	<b>Riesgo Medio</b>	<b>Riesgo Bajo</b>
<b>Tiempos de Operación (TO)</b>	24 horas diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente, o no es un equipo de producción
<b>Intervalos entre actividades (TBF)</b>	Menos de 6 meses	Promedio una vez al año	Raramente
<b>Tiempos y costo de mantenimiento (MT)</b>	Tiempos y/o costos de reparación altos	Tiempos y/o costos de reparación razonables	Tiempos y/o costos de reparación irrelevantes

Una vez estudiadas las Áreas de Impacto, se procede a definir la criticidad del equipo, empleándose para ello el siguiente flujograma:



### Flujograma de Definición de la Criticidad del Equipo

Donde:

- S&S : Seguridad y Salud
- MA : Medio Ambiente
- C&P : Calidad & Productividad
- TO : Tiempos de Operación
- P : Producción
- TBF : Intervalos entre Actividades
- MT : Tiempos y Costos de Mantenimiento

## **Análisis de Riesgos**

Seguidamente, se definieron tres niveles de criticidad de acuerdo al riesgo de que el equipo presente una falla:

- **A: Riesgo Alto**
- **B: Riesgo Medio**
- **C: Riesgo Bajo**

Finalmente, se elaboró una tabla de Criticidad para los equipos más importantes de la sala de calderos tal como se muestra en el **Anexo II**.

De esta manera, con la información recopilada de cada equipo, se elabora la ficha “**Registro del equipo**”, formato que identifica al equipo y contiene las características y datos más importantes, tales como: código del equipo, sección a la que pertenece, fecha de adquisición e instalación, capacidad, fabricante, modelo, número de serie, características técnicas, partes principales, criticidad, etcétera.

La cantidad de estas fichas que se elaboraron, dependió de la cantidad de equipos que existían en la sala de calderos.

Los datos para llenar las fichas mencionadas, se obtuvieron de las placas de los equipos suministrados por las firmas proveedoras o fabricantes.

En el **Anexo III**, se muestra un ejemplo de una ficha “Registro del equipo” para una bomba centrífuga.

#### **4.4.3 Descripción de las Actividades de Mantenimiento**

Abarca la descripción de las actividades de mantenimiento que se deben realizar con cada equipo, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provoquen la paralización intempestiva de una o varias máquinas.

Todas las actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes, de la experiencia de los trabajadores, etcétera, y tienen una duración anual o bienal, según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad.

En el **Anexo IV**, se muestra la descripción de las actividades para el mantenimiento, que corresponde a las secciones del caldero. Un procedimiento similar se sigue con el sistema eléctrico, el control de seguridad, etcétera.

La **Descripción de Actividades** contiene:

- Nombre de la empresa
- Sección: A modo de ejemplo, Alimentación de combustible, que se identifica con el código 1 y comprende, entre otros:
  - Tanque de combustible: se identifica con el código 1TC;
  - Válvula de bola: se identifica con el código 1VB;

- Filtro: se identifica con el código 1F;
- Bomba de engranajes: se identifica con el código 1BE;
- Motor eléctrico: se identifica con el código 1M.

En la primera columna se colocan números en forma correlativa a cada actividad. En la siguiente columna se listan las actividades de mantenimiento, seguidas de la frecuencia de trabajo y de los materiales o repuestos indispensables para ejecutar dicha actividad.

La frecuencia de trabajo describe la periodicidad con que se deben realizar dichas actividades. Para esto se adopta la simbología con la que se suelen representar los periodos de intervención:

H = actividad que se desarrolla cada hora;

D = actividad que se desarrolla diariamente;

S = actividad que se desarrolla semanalmente;

Q = actividad que se desarrolla quincenalmente;

M = actividad que se desarrolla mensualmente;

2M = actividad que se desarrolla cada dos meses;

3M = actividad que se desarrolla cada tres meses;

6M = actividad que se desarrolla cada seis meses;

A = actividad que se desarrolla anualmente, y

3A = actividad que se desarrolla cada tres años.

Con la descripción de las actividades para el mantenimiento, se procede a laborar el plan estratégico.

#### **4.4.4 Plan Estratégico**

Es el plan que elaboramos específicamente para atender las actividades que se deben realizar en el mantenimiento de forma diaria y mensual durante un año.

En el **Anexo V**, se muestra el Plan Estratégico para la Sala de Calderas, que contiene lo siguiente: Máquina o Equipo: Caldera a Vapor.

En la primera columna se ubica la actividad que se va a realizar (igual que en la descripción de las actividades de mantenimiento), y en las siguientes columnas los meses separados por semanas.

Para la elaboración de la presente ficha se ha considerado la siguiente simbología:

El símbolo “o” representa la actividad programada y el símbolo “x” se introduce una vez ejecutada la actividad. Si por ejemplo, la descripción de actividades para el mantenimiento indica que la frecuencia de trabajo es semanal (s), la actividad debe estar programada en el plan estratégico cada siete días, para efectuarse el mantenimiento.

Si el plan estratégico contempla que deben realizarse actividades diferentes al de la inspección de los equipos, como desmontaje, cambio

de piezas, etcétera, se deberán elaborar fichas de trabajo. Estas fichas servirán para que en el programa de mantenimiento se cumpla con las actividades señaladas, por tanto las órdenes deben contemplar los materiales y repuestos, para finalmente reportar y hacer un historial de los equipos. Esto servirá para retroalimentar el programa de mantenimiento. Entre los principales tipos de fichas, tenemos los siguientes:

#### **4.4.5 Orden de Trabajo**

La Orden de Trabajo (OT) es el núcleo de la gestión de mantenimiento y es el vehículo portador de toda la información fundamental del mantenimiento, por lo que debe contener toda la información necesaria para la retroalimentación del sistema.

Depende del plan estratégico en el que se especifican los cambios, reparaciones, emergencias, etcétera, que serán atendidos por el equipo. Esta orden será solicitada por el jefe de turno y aprobada por el encargado de mantenimiento. Debe tenerse en cuenta que ningún trabajo podrá iniciarse sin la respectiva orden y sin que las condiciones requeridas para dicha labor hayan sido verificadas personalmente por el encargado. Para esto se debe tener en cuenta la siguiente jerarquía:

- **Emergencia.** Son aquellos trabajos que atañen a la seguridad de la planta, averías que significan grandes pérdidas de dinero ó que pueden ocasionar grandes daños a otras unidades. Estos trabajos

deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutados de forma continua hasta su completa finalización. Pueden tomar horas extra.

- **Urgente.** Son trabajos en los que se debe intervenir lo antes posible, en el plazo de 24 a 48 horas después de solicitada la orden. En estos tipos de trabajos se sigue el procedimiento normal de programación. No requieren de sobretiempo, salvo que ello sea solicitado explícitamente por la dependencia correspondiente.
- **Normal.** Son trabajos rutinarios cuya iniciación es tres días después de solicitada la orden de trabajo, pero pueden iniciarse antes, siempre que exista la disponibilidad de recursos. Sigue un procedimiento normal de programación.
- **Permanente.** Son trabajos que pueden esperar un buen tiempo, sin dar lugar a convertirse en críticos. Su límite de iniciación es dos semanas después de haberse solicitado la orden de trabajo. Sigue la programación normal y puede ser atendido en forma cronológica de acuerdo con lo programado.

En el **Anexo VI**, se muestra un ejemplo de una ficha “Orden de trabajo”, donde se anotará el código del equipo, la sección de trabajo, el número de actividad que se debe realizar, la prioridad (emergencia, urgente, etcétera), la fecha, la mano de obra, los materiales, etcétera.

#### **4.4.6 Solicitud de Repuestos y Materiales**

Con la finalidad de proveer de materiales y repuestos al personal de mantenimiento, se elabora la ficha denominada “**Solicitud de repuestos y materiales**”, donde se solicita a almacén estos insumos. Esta ficha servirá para llevar un control adecuado de repuestos y materiales. Va acompañada de la orden de trabajo.

En el **Anexo VII**, se muestra un ejemplo de ficha de “Solicitud de repuestos y materiales”, donde se anotara el número de solicitud, la fecha, el turno, el código del equipo, la sección y la descripción de los repuestos o materiales que se pide.

#### **4.4.7 Reporte semanal de mantenimiento**

Esta ficha nos sirve para registrar los servicios efectuados durante la semana y llevar un mejor control de los trabajos de prevención, así como de los costos de los materiales empleados.

En el **Anexo VIII** se muestra un ejemplo de la ficha “Reporte semanal de mantenimiento”, donde se anota la fecha, el código del equipo, el número de orden, el trabajo que se realizó, los materiales y los costos.

#### **4.4.8 Historial del Equipo**

Después de intervenir cada equipo, se registra en la ficha “**Historial del equipo**” la fecha, los servicios y reposiciones realizadas, los

materiales usados, etcétera. Esta ficha también nos servirá para controlar la operación y calidad y modificar el programa de mantenimiento. La cantidad de estas fichas dependerá del número de equipos con que cuente la sala de calderas.

En el **Anexo IX** se muestra un ejemplo de la ficha “Historial del equipo”.

#### **4.4.9 Manuales de mantenimiento**

Entre los más importantes, podemos citar los siguientes:

- **Manual de mantenimiento**

Son instrucciones organizadas, redactadas a partir de los manuales, información técnica, etcétera, de los proveedores y fabricantes, donde se indica el procedimiento correcto y los pasos que deben seguirse para ejecutar un adecuado mantenimiento de los equipos. Cuando los proveedores no pueden proporcionarnos estos elementos, se debe buscar a técnicos expertos para elaborar este manual.

En el **Anexo XI**, se muestra un ejemplo de manual de mantenimiento.

- **Manual para eliminar averías**

Estos manuales tienen como finalidad dar orientación al personal de mantenimiento para localizar las averías, así como la manera de corregirlas. En el **Anexo XII** se da un ejemplo del manual para eliminar averías.

#### **4.4.10 Almacén de repuestos**

También se debe contar con un registro de control de materiales para tomar conocimiento de lo siguiente:

- Lo qué debemos tener en *stock*.
- El momento de hacer un pedido de repuestos.
- La manera de codificarlos.

Se elabora una ficha que sirva para contar con un registro de artículos que se encuentren en el almacén. Lo cual, servirá para tener un almacén seguro y eficaz de materiales, repuestos, etcétera.

En el **Anexo XIII** se muestra un ejemplo de la ficha “Almacén”, donde se anotará el código del repuesto o material, la unidad de medida y la cantidad disponible en el almacén.

Adicionalmente, se esta colocando la ficha “Instrucciones de servicio, conservación y seguridad”, en el **Anexo X**. Esta ficha debe ser elaborada por personal especializado en el tema, utilizando toda la información técnica disponible y la experiencia acumulada que ha sido registrada.

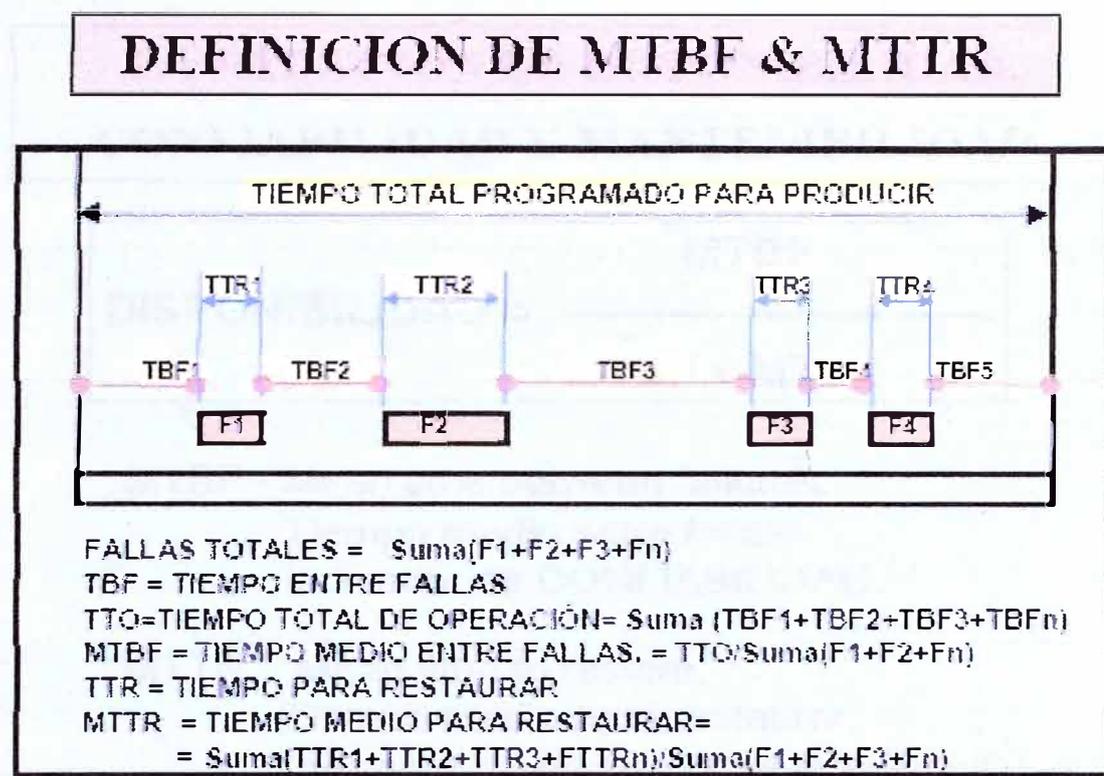
#### 4.4.11 Índices de mantenimiento

Tenemos algunos índices que nos indicarán si hemos tenido éxito en la implantación de nuestro plan de mantenimiento. Entre ellos el MTBF y el MTTR, los cuales nos indican que tan bien marchan la Confiabilidad, la Disponibilidad y la Mantenibilidad de nuestros equipos. Estos los analizaremos a continuación:

El MTBF significa: tiempo medio entre fallos, dicho en otras palabras, se refiere al tiempo productivo, y es el tiempo promedio (horas) del equipo realizando su función fuera de fallos. Por lo tanto es:

$MTBF = \text{Tiempo Productivo} / \text{El Número de fallos}$

Al aumentar el MTBF, significa que ha aumentado la disponibilidad de la maquinaria o equipo. Lo que para el producto significa incrementa la confiabilidad del cliente en cuanto a: Entregas y calidad. El MTBF es una medida de disponibilidad del equipo. Por lo tanto es una medida del tiempo entre dos acontecimientos sucesivos de la falla.



**Figura 4.2 El MTBF y el MTTR**

El MTTR significa: tiempo medio de reparación, se refiere al tiempo utilizado para resolver un fallo y que el equipo regrese a la condición de funcionalidad. Es la suma del tiempo total incurrido en la reparación. (Incluyendo el tiempo de prueba del equipo, puesta a punto, régimen de operación, etc.). Al disminuir el MTTR, aumenta la confiabilidad del equipo. En función del producto, podemos decir que aumenta la satisfacción del cliente.

La reparación gira alrededor del tiempo y la reposición de partes de fallos frecuentes.

**LA RELACION DE DISPONIBILIDAD,  
CONFIABILIDAD Y MANTENIBILIDAD.**

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

MTBF - Mean time between failures.  
Tiempo medio entre fallas.  
Indicador de CONFIABILIDAD.

MTTR - Mean time to restore.  
Tiempo medio para restaurar.  
Indicador de eficiencia de mantenibilidad.

**Figura 4.3 Relación entre Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad**

La **Disponibilidad (A)**, es una medida de qué tan frecuente el sistema está en buen estado y listo para operar, es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

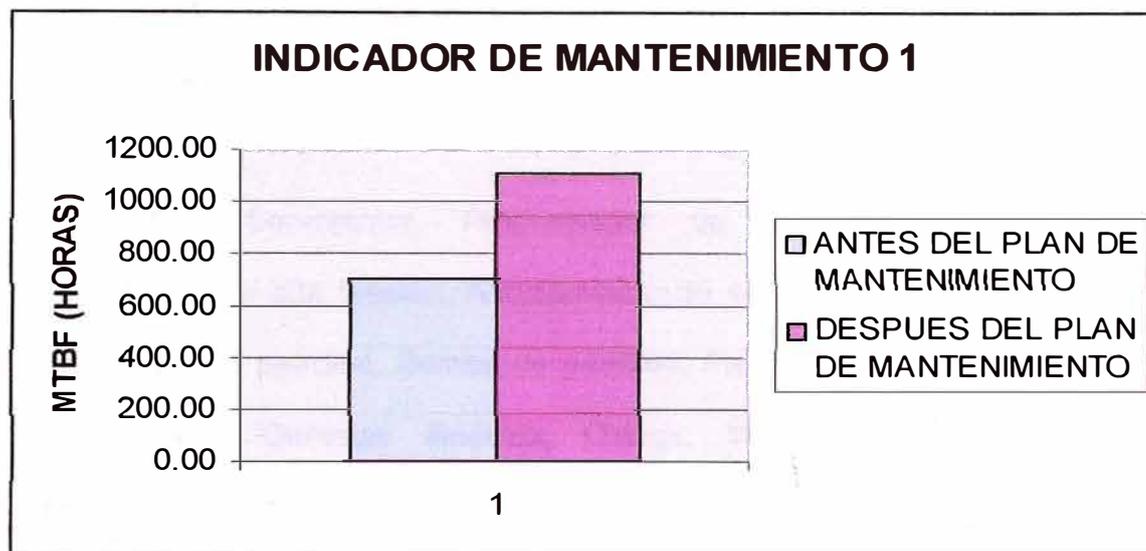
$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La **Mantenibilidad**, es la probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a sus condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los

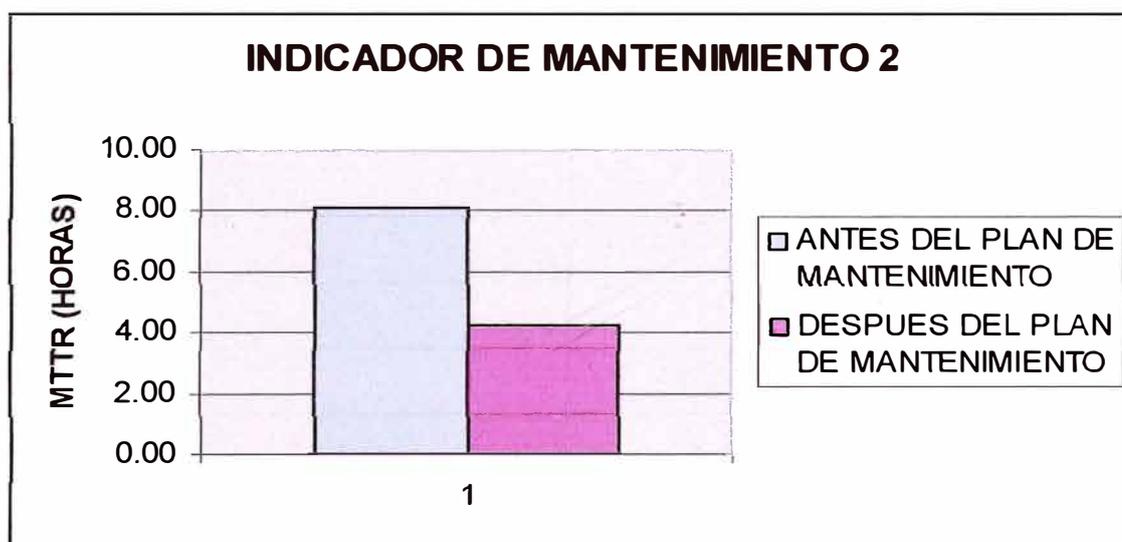
procedimientos prescritos. El índice clave para la mantenibilidad es frecuentemente el MTTR, el que nos va a indicar que tan rápido los equipos son reparados. A menor MTTR, mayor Mantenibilidad.

Los indicadores de mantenimiento se determinaron, luego de haber recopilado la información diaria recolectada mediante la Hoja de Registro de Tiempos Perdidos, donde se registra: Las Perdidas Planeadas, Perdidas por Paradas, Perdidas por Rendimiento y Perdidas por Defectos de parte de los operadores de las diferentes áreas del proceso de producción, información que una vez procesada se resumen en los índices: Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) y Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR).

Siguiendo nuestra metodología, en el **Anexo XIV** colocamos la tabla de datos donde procesamos los tiempos de operación y los tiempos de restauración, los cuales nos sirven para elaborar los gráficos comparativos de los MTBF y MTTR antes y después de nuestro plan de mantenimiento preventivo.



**Figura 4.4 MTBF antes y después del Plan de mantenimiento**



**Figura 4.5 MTTR antes y después del Plan de mantenimiento**

#### 4.4.12 Repuestos Críticos

Además de describir los trabajos de mantenimiento periódicos que son relevantes para asegurar el suministro confiable de vapor, a continuación se enumeran los repuestos (componentes críticos) que

son imprescindibles para la operación de una caldera y que, por lo tanto, deben mantenerse en bodega en todo momento. Estos son:

Electrodos, Servomotor, Programador de encendido, Boquilla, Transformador alta tensión, Acoplamiento de ventilador, Acoplamiento de bomba de petróleo, Bomba de petróleo, Presostatos y termostatos en general, Cañerías flexibles, O'rings, Bobinas para válvulas solenoides o actuadores para válvulas de corte, Kit de reparación para válvulas, Sellos para bomba de petróleo, y Tapones para tubos de caldera.

## CAPITULO 5

### ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 5.1 COSTOS INVOLUCRADOS EN EL MANTENIMIENTO

La fuente primaria de los costos es la orden de trabajo: Toda intervención de mantenimiento emplea recursos internos y externos y debe estar respaldado por una orden de trabajo (OT) y así todo recurso planeado, programado y empleado dentro de una OT debe referirse con su cantidad consumida; la OT facilita la aprobación de la actividad porque posibilita la estimación y en la posterior ejecución permite que se asocien sus insumos o elementos utilizados lo que permite involucrar un costo al "liquidar" estos recursos con tarifas establecidas.

El Mantenimiento involucra diferentes costos: directos, indirectos y generales.

➤ **Costos Directos:**

Están relacionados con el rendimiento de la empresa y son menores si la conservación de los equipos es mejor; influyen la cantidad de tiempo que se emplea el equipo y la atención que requiere. Estos costos son fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en

general las actividades y controles que se realizan a los equipos, comprendiendo:

- Costos de mano de obra directa y contratada
- Costos de materiales y repuestos directos y contratados
- Costos de la utilización de herramientas y equipos directamente y con contratación.
- Costos de contratos para la realización de intervenciones

➤ **Costos Indirectos:**

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En Mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a un trabajo específico. Por lo general, suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración, servicios públicos, etc.

➤ **Costos Generales:**

Son los costos en que incurre la empresa para sostener las áreas de apoyo o de funciones no propiamente productivas y que a su vez dan soporte a las áreas que desempeñan labores que se relacionan directamente con el negocio.

Para que los gastos generales de mantenimiento tengan utilidad como instrumento de análisis, se deben clasificar con cuidado, a

efecto de separar el costo fijo del variable, que en algunos casos se asignan como directos o indirectos. Generalmente, los costos asignados a las áreas de mantenimiento por influencias indirectas de áreas de apoyo no son considerados pues sobre estos -según unos modelos de análisis -, la administración de mantenimiento no tiene ninguna acción, sin embargo a la hora de prestar el servicio, no habría infraestructura de administración del dinero, seguridad, etc. Es cierto que los costos que asumen las áreas de mantenimiento por concepto de costos de administración se denominan costos asignados y son fijados por niveles de autoridad que van más allá de las áreas de mantenimiento. Y también que generalmente estos costos no se consideran, debido a que ellos no son controlables por la organización de mantenimiento, pues son manejados por sistemas externos de información y su determinación es dispendiosa.

Este punto es discutible porque si bien es cierto que generalmente no se tiene en mantenimiento dominio sobre estos aspectos, también es verdad que mantenimiento "consume" de esos recursos para poder ejercer su función. Una manera de visualizar esto es la abstracción de que mantenimiento es una empresa, por lo tanto sino tuviese ese apoyo, lo tiene que asumir y adquirir para poder funcionar.

### **5.1.1 Análisis de los Costos de Mantenimiento**

- La Sala de Calderos, abastece de vapor a al área de servicios, donde se encuentra la lavandería, limpieza, cocina, etc., y las lavadoras de botellas. Estas últimas, al parar si afectan la producción, ya que el embotellado de gaseosas es un proceso continuo.
- Se producen gaseosas de 500 ml, 625 ml, 1lt y 2,25 l
- El costo de producción por caja de 24 botellas de 625 ml es de US\$.6,4305. Así, el costo de producción por litro de gaseosa es de US\$.0,4287; dado que en cada caja hay 15 litros de gaseosa.
- La producción promedio por día de la planta de embotellado trabajando los tres turnos, es de 200000 litros de gaseosa, así un día de producción representa en términos de dinero, 200000 x 0,4287, lo que nos da un monto de US\$.84572,00 dólares.

### **Costos de Mantenimiento Correctivo y Preventivo**

A continuación se muestra el resumen del mantenimiento anual de la Sala de Calderos, tanto del mantenimiento correctivo y del mantenimiento preventivo. En el **Anexo XV** se muestran los detalles del registro del mantenimiento Correctivo para la “Bomba de Combustible 1BE”, y los registros del mantenimiento Preventivo para los equipos de “Alimentación de Combustible S-100”.

Las actividades de mantenimiento preventivo que se determinaron para estos equipos son las siguientes:

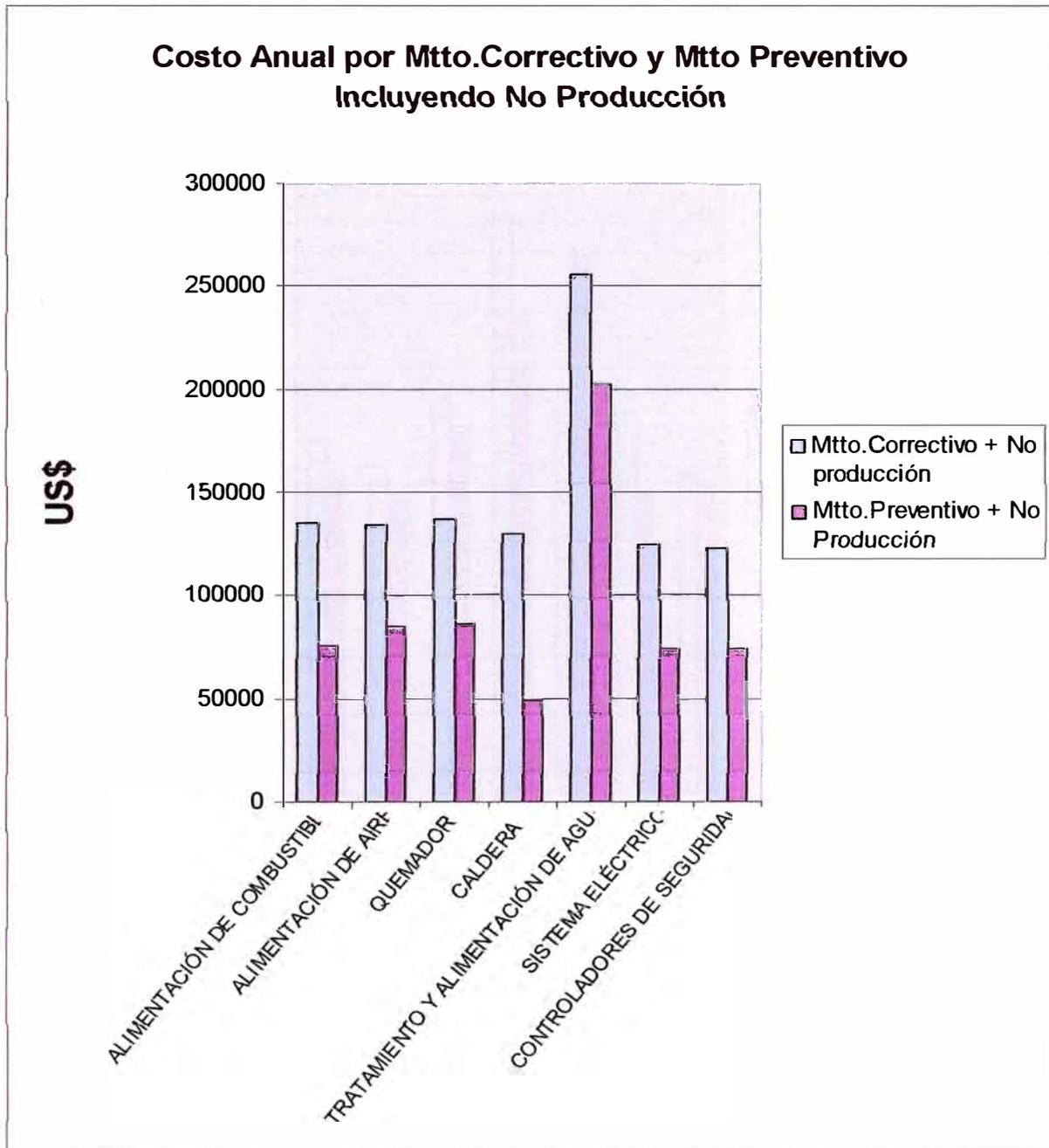
- Una inspección visual y limpieza externa, verificar los controladores de temperatura y presión (diaria).
- Inspección y limpieza de toberas (semanal)
- Desmontaje y limpieza de tobera de atomización, fotocelda, electro válvulas, cañón de quemador, ventilador y difusor de aire (mensual)
- Limpieza de tubos de fuego, lubricación y engrase cada 2000 horas (aprox. Cada 4 meses).
- Limpieza a presión del interior de la caldera y cambio de empaquetadura, limpieza de válvula check y de seguridad, lubricación, engrase y limpieza del sistema de combustible cada 4000 horas (aprox. Cada 6 meses).
- Mantenimiento e Inspección de componentes cada 12000 horas (aprox. Cada 18 meses).

**Cuadro 5.1 Registro de Costos Anual de Mantenimiento Correctivo y No Producción**

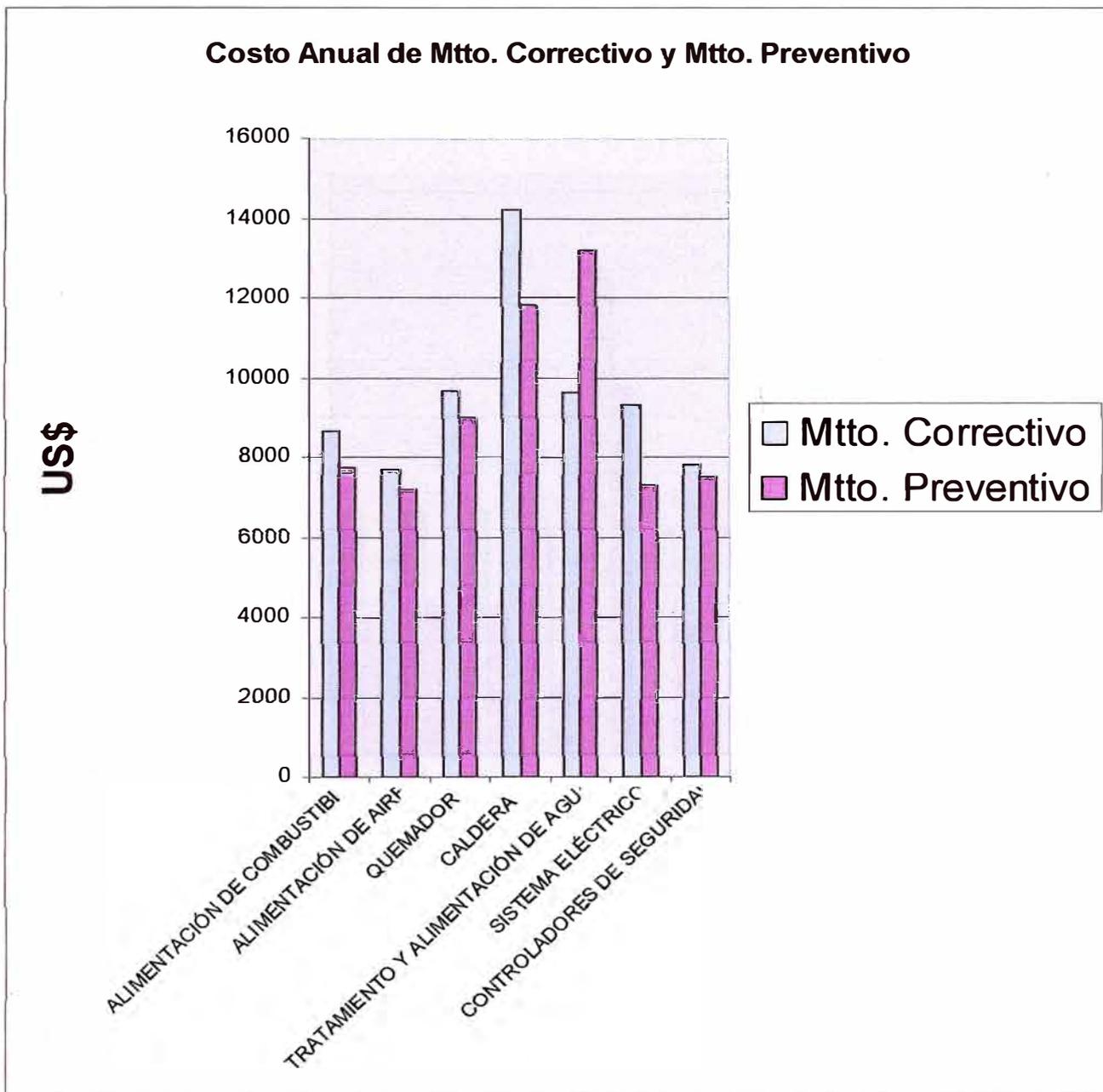
<b>Registro de Costo Anual del Mantenimiento Correctivo y No Producción</b>							
AÑO	CÓD	EQUIPO	MANTENIMIENTO CORRECTIVO			Costo No Producción	Costo de Mtto. Correctivo+ No Producción
			Mano de Obra (\$)	Materiales + Repuestos (\$)	Costo Mtto. (\$)		
2002	S-100	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	2484	6180	8664	126858	135522
	S-200	ALIMENTACIÓN DE AIRE	2125	5548	7673	126858	134531
	S-300	QUEMADOR	2070	7620	9690	126858	136548
	S-400	CALDERA	1642	12550	14192	115920	130112
	S-500	TRATAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE AGUA	4300	5327	9627	245750	255377
	S-600	SISTEMA ELÉCTRICO	2595	6720	9315	115180	124495
	S-700	CONTROLADORES DE SEGURIDAD	2595	5240	7835	115180	123015
			17811	49185	66996	972604	1039600

**Cuadro 5.2 Registro de Costos Anual de Mantenimiento Preventivo y No Producción**

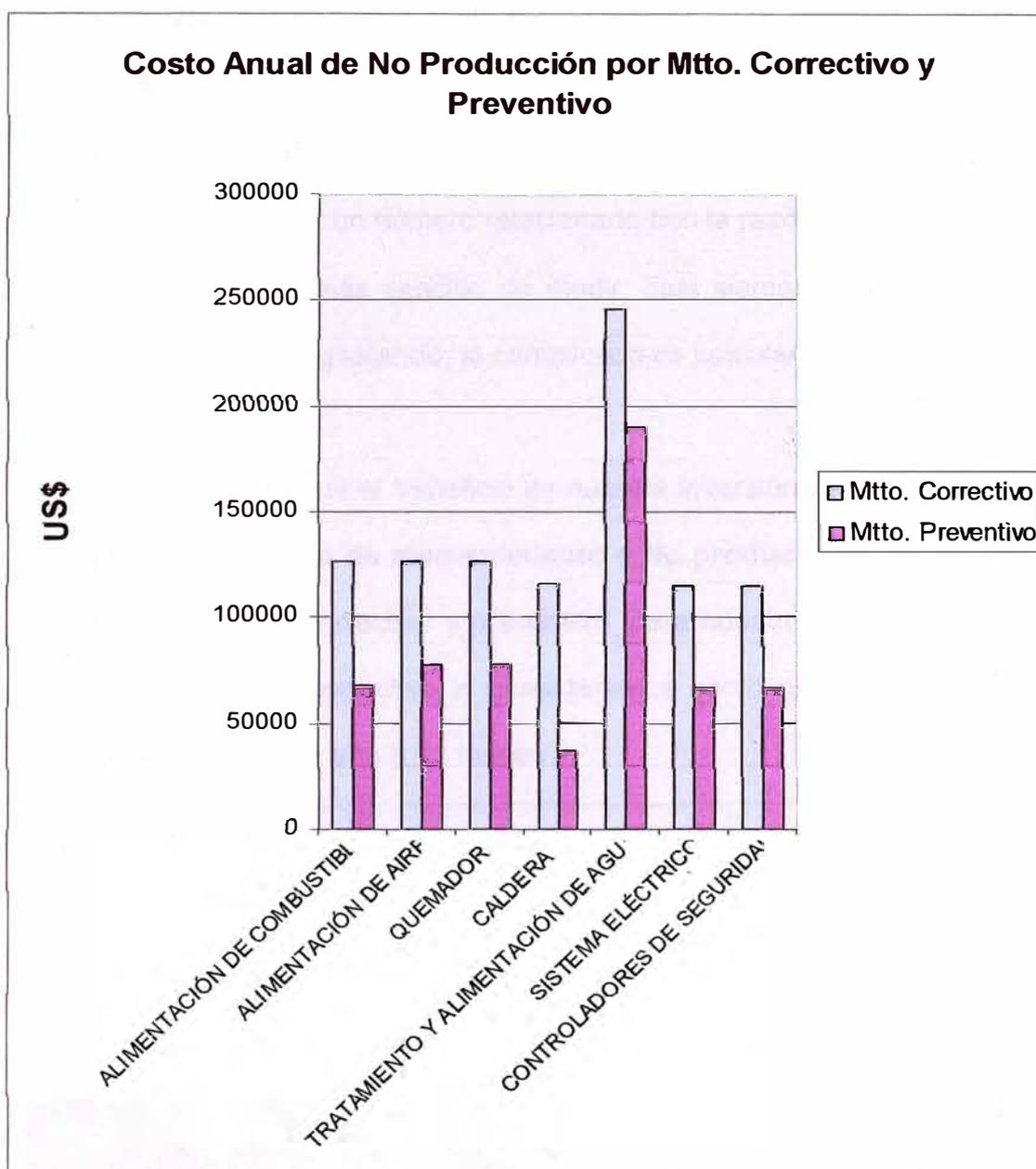
<b>Registro de Costo Anual del Mantenimiento Preventivo y No Producción</b>							
AÑO	CÓD	EQUIPO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Costo No Producción	Costo de Mtto. Preventivo+ No Producción
			Mano de Obra (\$)	Materiales + Repuestos (\$)	Costo Mtto. (\$)		
2003	S-100	ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	2475.36	5256.25	7731.61	67950.38	75681.99
	S-200	ALIMENTACIÓN DE AIRE	1897.76	5315.25	7213.01	77681.98	84894.99
	S-300	QUEMADOR	1848.63	7177.04	9025.67	77681.98	86707.65
	S-400	CALDERA	1446.42	10398.85	11845.27	37246	49091.27
	S-500	TRATAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE AGUA	9103.87	4092.9	13196.77	189346.7	202543.44
	S-600	SISTEMA ELÉCTRICO	2317.49	4982.73	7300.22	66735.32	74035.54
	S-700	CONTROLADORES DE SEGURIDAD	2317.49	5194.28	7511.77	66735.32	74247.09
			21407	42417.3	63824.32	583377.7	647201.97



**Gráfico 5.1 Costos de Mantenimiento incluyendo No Producción**



**Gráfico 5.2 Costos de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo**



**Gráfico 5.3 Costos de No Producción debidos al Mantenimiento**

## 5.2 RETORNO DE LA INVERSIÓN

El nivel de inversión para realizar el mantenimiento preventivo lo obtenemos luego de evaluar el **retorno sobre la inversión** (*return of investment* o **ROI**), el cual es el beneficio que obtenemos por cada unidad monetaria invertida durante un período de tiempo.

- Suele utilizarse para analizar la viabilidad de un proyecto y medir su éxito.
- ***ROI = Beneficios/Costos***
- Su medida es un número relacionado con la razón Costo/Beneficio.
- El costo es más sencillo de medir: casi siempre sabemos cuánto nos estamos gastando, lo complicado es calcular el beneficio.

Si partimos de que el beneficio de nuestra inversión radica en el menor monto del “**Costo de mantenimiento + No producción**” anual entre el mantenimiento correctivo y preventivo, para nuestro caso el costo del mantenimiento correctivo lo consideramos como un beneficio cero en un término de un año o 12 meses:

$$\text{Beneficio} = \text{US\$}.'039.600 - 647.201,97 = \text{US\$}.'392.348,03$$

y considerando que nuestra inversión en cuanto a mantenimiento preventivo es de US\$. 63824,32; podemos determinar nuestro ROI.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Beneficios-Costos}}{\text{Costos}} \times 100$$

$$\text{ROI} = \frac{392398,03 - 63824,32}{63824,32} = 514,81\%$$

El cálculo del ROI se realiza de diversas formas, aunque el método más empleado se basa en la fórmula básica del ROI, en donde aparecen los dos principales componentes de beneficios y costos.

La tasa de retorno de inversión se puede expresar en términos porcentuales, o en meses. Una tasa de retorno de inversión menor al 0% significa que se ha perdido recursos en el proyecto, una cifra del 100% significa que retornamos la inversión en 12 meses.

Por consiguiente, esto nos indica que la empresa recibe US/.6,14 por cada dólar que invierte (100 % + 514,81 % = 614,81 %) y además retornamos la inversión en:

$$\frac{100\% \times 12}{514,81\%} = 2,33 \text{ meses}$$

Como puede verse, el ROI nos indica que la velocidad de pago fue adecuada y nos sirve como herramienta para tomar la decisión de optar por el mantenimiento preventivo en lugar de la práctica tradicional de seguir utilizando el mantenimiento correctivo.

## CONCLUSIONES

1. El análisis funcional realizado a cada máquina considerada en el plan de mantenimiento, ha permitido corroborar la importancia de contar con el historial de mantenimiento de cada máquina, porque mediante el registro objetivo de fallas en la vida de cada una de ellas se ha podido identificar los puntos críticos dentro del proceso de funcionamiento y así diseñar el plan de mantenimiento, y permitiéndonos de esta manera estimar y planificar mejor los futuros trabajos.
2. Debido a que los recursos del área de mantenimiento para mantener la planta eran limitados, hubo de destinarse necesariamente la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando sólo una pequeña parte de estos a los equipos que menos influían en los resultados de la empresa.

El ***análisis de criticidad*** de los equipos como forma de evaluación de la importancia e incidencia en la planificación de la producción, nos ha permitido ser más precisos y eficientes en la elaboración del plan de mantenimiento, debido a que ésta metodología nos permitió establecer la jerarquía de los activos (sistemas, instalaciones y equipos), en función de criterios técnicos de Producción, Productividad, Seguridad y Salud, Calidad, Medio Ambiente, Tiempos

Operacionales y Tiempos de Costos de Reparación, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

3. El análisis al mantenimiento que se realizó en la planta, permitió identificar un déficit en los elementos básicos que conforman un plan de mantenimiento preventivo, elementos tales como: inventario y codificación de los equipos, historial de mantenimiento, chequeo del mantenimiento circunstancial, instrucciones técnicas del mantenimiento, procedimientos de ejecución, programación del mantenimiento, cuantificación del personal de mantenimiento, Ordenes de Trabajo, chequeo del mantenimiento rutinario, recorridos de inspección.
4. Se consiguió mejorar la cultura organizacional de la empresa en relación a las actividades de mantenimiento, lográndose crear conciencia en el personal, de la necesidad de contar con un programa de mantenimiento preventivo, puesto que todo el personal cumplió con sus funciones de manera eficiente y con entusiasmo.
5. La información técnica de las capacidades, funcionamiento y mantenimiento de las maquinas, contenidos en los manuales recopilados dentro del proceso de diseño del plan de mantenimiento, ha permitido acceder a un mejor conocimiento de operación,

administración y control de las actividades de mantenimiento de cada una de las máquinas, según recomendaciones del fabricante. Además, al conseguirse reducir los tiempos de parada en la planta, se obtuvo un incremento en la productividad y en las ventas de la empresa.

6. El programa de mantenimiento preventivo permitió conocer con anticipación, las necesidades de los repuestos más importantes, lo cual, además de reducir el tiempo promedio de reparación de las máquinas (MTTR), redujo el stock de repuestos inmovilizados, consiguiéndose disminuir los costos de almacenaje.
  
7. Visiblemente las fallas y paradas intempestivas han disminuido con el programa de mantenimiento implementado, existe una mayor efectividad de los equipos y un mejor control del personal de mantenimiento. Luego, al extenderse el tiempo medio entre fallas (MTBF) se incrementó la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos y componentes de la sala de calderas.
  
8. Comparando el gráfico de los Costos de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo (Gráfico 5.2) con el gráfico de los Costos de No Producción debidos al Mantenimiento (Gráfico 5.3) en términos de montos de dinero, se observa que la diferencia entre los costos

originados por los mantenimientos, tanto Correctivo como Preventivo, es bastante pequeña al lado de los costos originados por lo que se pierde debido a la paralización de la planta por la falta de producción. Esto nos indica, que lo que se perdía, o dicho de otro modo, lo que se dejaba de ganar, era lo más significativo y por tanto reducir este monto fue el mayor logro del mantenimiento preventivo.

9. En el Gráfico 5.2. "Costos de Mantenimiento Correctivo vs. Preventivo se puede apreciar que en general, los costos anuales del mantenimiento correctivo superan a los costos originados por el mantenimiento preventivo por montos no muy altos, con la excepción del rubro S-500 "Tratamiento y Alimentación de Agua", en el cual los costos del mantenimiento preventivo superan a los del correctivo, aunque de una manera no muy significativa (US\$.3.569,77), esto es debido, al mayor gasto en mano de obra. Sin embargo, la superación del mantenimiento preventivo al correctivo en el rubro "Tratamiento y Alimentación de Agua", se ve compensado en los "Costos del Mantenimiento General incluyendo No Producción" (Gráfico 5.1), que muestra que el costo en mantenimiento correctivo es mayor al preventivo.

Es así que mediante la planificación del mantenimiento preventivo, se consigue que la tendencia general de los costos del mantenimiento preventivo sean menores a los del mantenimiento correctivo.

10. Los costos de falta de producción debidos al mantenimiento preventivo Gráfico 5.3, son sensiblemente menores a los costos de falta de producción por fallas no esperadas (sea mantenimiento correctivo planificado o no planificado) (Cuadro 5:1). Esto nos induce a pensar que el mantenimiento preventivo es una buena estrategia, no sólo de mantenimiento, sino también de producción.
  
11. Mediante un análisis del Retorno de la Inversión ó ROI para nuestro plan de mantenimiento, comprobamos que el coste del proyecto ha sido amortizado en un periodo de tiempo muy corto: 2,33 meses. Esto nos permite concluir que la inversión realizada de US\$. 63824,32 anual, fue recuperada en un plazo muy breve conforme a las expectativas planteadas.

Esta condición, además de ser muy productiva para la organización, porque permitió un ahorro de US\$. 392.348,03, es justamente el resultado de aplicar el mantenimiento preventivo.

## RECOMENDACIONES

1. Al comprar un equipo, se le debe exigir al fabricante o proveedor los catálogos y toda la información técnica de éste, donde necesariamente deben estar incluidos los manuales de funcionamiento, características y recomendaciones sobre mantenimiento.
2. Los manuales y catálogos de los equipos deben ser codificados y celosamente guardados por el departamento de mantenimiento, así como de tratar de recuperar los que no se tengan.
3. Elaborar los códigos internos de los equipos en placas metálicas para su reconocimiento en la planta.
4. Se deberá considerar como de suma importancia, el historial u hoja de vida de cada máquina, cuya información estadística será muy valiosa para la correcta programación del mantenimiento.
5. La propuesta de periodicidad del mantenimiento preventivo, es un factor fundamental para el cuidado de la maquinaria, ya que cada vez que se le realiza una acción de mantenimiento la maquinaria se encuentra sometida a la pérdida de ajustes y tolerancias, y por lo tanto no es recomendable la alta frecuencia.

6. El mantenimiento ha aplicarse a cada parte de la maquinaria, debe ser asignado cuidadosamente a un especialista y con indicaciones precisas.
7. El mantenimiento constituye una importantísima herramienta en seguridad laboral, ya que los desperfectos en los equipos, representan un elevado porcentaje de accidentes y que pueden ser prevenidos.
8. También es menester mantener las áreas y ambientes de trabajo con un adecuado orden, limpieza, iluminación, etc., como parte del mantenimiento preventivo de los lugares de trabajo.
9. El trabajador debe ser persuadido de mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, a fin de prevenir accidentes.
10. La evaluación del mantenimiento debe constituir un proceso continuo que se inicia con la satisfacción de los objetivos de la capacitación. Lo ideal es evaluar los programas desde el principio, durante, al final y una vez más después de que se halla realizado el mantenimiento.
11. El impacto deseado con el mantenimiento, es optimizar en forma económica la utilización y disponibilidad de los equipos e instalaciones de los servicios. La medición del grado en que un mantenimiento ha contribuido a mejorar alguna de estas situaciones, resulta bastante

difícil debido a que existen muchos factores externos, que también influyen en el resultado final, tales como edad de los equipos, presupuestos, calidad de la energía que se suministra, etc.

Una manera de hacerlo es realizando un adecuado seguimiento a los cronogramas y líneas del mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CAMSA, "Manual de combustibles en la industria", CAMPSA, Madrid 1989.
2. IDAE, "Uso eficiente de energía en calderas y redes de fluidos" IDAE, Madrid 1983.
3. IDAE, "Hornos Industriales", IDAE, Madrid 1987.
4. KELLY, A. y Harris, M.J. "Gestión del mantenimiento industrial". Madrid, España - Fundaciones REPSOL - 1998.
5. KNEZEVIC, Jezdimir. "Mantenimiento". Madrid, España, ISDEFE - 1996.
6. KOHAN A.L., "Manual de Calderas", Mc Graw Hill, Madrid 2000.
7. LA PUERTA, M. y J.J. Hernández, "Tecnología de la combustión", Ediciones de la universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca 1998.
8. MOLINA, L.A. y J.M. Alonso, "Calderas de vapor en la industria", CADEM-EVE, Bilbao 1996.
9. MOLINA, L.A. y G. Molina, "Manual de eficiencia energética térmica en la industria", CADEM-EVE, Bilbao 1993.
10. MORROW L.C. "Manual de mantenimiento industrial". Editorial CECSA. Sexta edición. México 1982.
11. MOSQUERA, Genaro, "Apoyo Logístico para la Administración del Mantenimiento Industrial", CDCH, UCV, Caracas, 1993.

12. NAKAJIMA, Seiichi; Shirose, Kunio; Goto, Fumio; Miyoshi, Ainosuke y Aso, Masamitsu. "TPM Programa Para El Desarrollo". Madrid, España - Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A. – 1991.
13. NAVARRO Elola, Luís; Pastor Tejedor, Ana Clara y Mugaburu Lacabrera, Jaime Miguel . "Gestión Integral de Mantenimiento". Barcelona, España – Marcombo Boixareu Editores – 1997.
14. NORSOK STANDARD Z-008. "Critically analysis for maintenance purposes. Rev. 2", nov. 2001. [www.nts.no/norsok](http://www.nts.no/norsok).
15. NORTON, David, "Building A Management System to Implement Your Strategy," Renaissance Solutions. USA, 1996
16. MOSQUERA G., Rivero, J., Salomon, J, y otros, Disponibilidad y Confiabilidad de Sistemas Industriales, UGMA , Barcelona, 1996.
17. MSPAS – GTZ. "Criterios de Calidad para un Departamento de Mantenimiento". 1a Edición. Proyecto de Mantenimiento Hospitalario (PMH). EL SALVADOR, 1999
18. REPSOL - BUTANO, "Los G.L.P. los gases licuados del petróleo" Repsol-butano, Madrid 1989.
19. REY SACRISTÁN, Francisco. "Hacia la Excelencia en Mantenimiento". Madrid, España - Editorial TGP Hoshin, S.L. – 1996.
20. RIHA, J., L. Mangenot, H. Halbwachs y G. Attémené. "Reflections on the economy of maintenance". GTZ & Ministry of Health. ABIDJAN, 1998.
21. W.H. Severns, H.E. Degler; J.C. Miles. "Energía Mediante Agua y Gas". Edit. Reverte S.A

22. ZALDÍVAR S., Mario. Apuntes básicos para un libro de texto sobre el mantenimiento técnico y fiabilidad. UHo, Enero 2004.
23. "Calderas, tipos, características y sus funciones".  
<http://www.energia.inf.cu/ieemep/>  
[www/www.conae.gob.mx/programas/vapor/pregyresp.html#](http://www.conae.gob.mx/programas/vapor/pregyresp.html#)
24. CONAE, "Guía de vapor para la industria". México, octubre 2002.  
[www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)
25. MENDOZA, R. H. En Análisis de Criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. En: Mantenimiento Mundial. Revista N° 6 Septiembre 2001. [www.mantenimientomundial](http://www.mantenimientomundial)

# **ANEXOS**

## **ANEXO I: INVENTARIO**

Es identificar y ordenar por secciones cada parte, equipo, dispositivo, etc, de los componentes que pueda tener la sala de calderas:

### **1) ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE:**

- Tanque de combustible
- Válvula de bola
- Filtro
- Bomba de engranajes
- Motor eléctrico de 0,9HP/220 v/60 Hz
- Precalentador
- Válvula reguladora de presión (FULFLO)
- 2 válvulas solenoides de corte
- Tobera
- Conductos de combustible
- Dos presostatos de corte por alta presión y modulación para inyección de combustible en función de la demanda de vapor
- Un medidor volumétrico de petróleo al ingreso del sistema de alimentación de combustible y otro en el retorno del mismo.
- Dos filtros de petróleo en la línea de alimentación del quemador

### **2) ALIMENTACIÓN DE AIRE:**

- Ventilador
- Motor eléctrico de 5 HP/220 VAC/60 Hz

- Conducto del aire
- Válvula mariposa reguladora de caudal de aire
- Motor modutrol

### **3) QUEMADOR: completo de fuego modulante**

- Difusor
- Electrodo de encendido
- Electrodo de ionización o fotocelda
- Línea de gas propano para el pre-encendido

### **4) CALDERA:**

- El Hogar o cámara de combustión, de tubo corrugado
- Cantidad : 01 unidad  
Tipo : Piro tubular - Espalda Húmeda
- Tipo de Vapor : Saturado
- Presión máxima de trabajo: 150 PSI
- Potencia : 250 BHP
- Producción de vapor : 8625 lb/hr a 100 °C
- Combustible : Bunker N° 6
- Superficie de Calefacción : 1250 pies<sup>2</sup>
- Suministro eléctrico : 220/440 VAC, trifásico
- Tipo de Operación : Automático
- Eficiencia : 85% al 100% de carga

Consta de los siguientes equipos o accesorios:

- Válvulas solenoides y sistema de preencendido, transformador de ignición, electrodos, fotocelda
- Planchas de casco y Flue : ASTM 285 grado C
- Tubos de fuego sin costura
- Registros de inspección: 01 entrada de hombre tipo elíptico y 05 entradas de registro de mano.
- Casco y aislamiento térmico protegido con chaqueta de acero calibre 22 y de fibra de vidrio ó equivalente de 2" de espesor.
- Válvulas de purga de fondo lenta y rápida.
- Una válvula de purga para la columna de nivel tipo esférica.
- Chimenea de evacuación de gases en plancha metálica de Acero estructural con sombrero chino.
- Cámara de agua
- Una columna de nivel de agua (de última generación) principal con visor de nivel tipo pirex con válvulas trycock y válvulas de purga de la columna de agua
- Un sistema auxiliar para control de nivel de agua mediante rele Warrick con electrodo
- Válvula Principal de salida de vapor  
Tipo: Angular – No retorno (Embridada)  
Cantidad: 01 unidad  
Material de la Válvula: Cuerpo de Fierro Fundido  
Material del asiento: Acero inoxidable

Presión nominal: 150 PSI, Vapor

Diámetro: 6 pulgadas

#### **5) TRATAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE AGUA:**

- Tanque de almacenamiento de agua dura
- 02 Bombas de alimentación de agua
  - Tipo: Centrifuga de doble etapa
  - Potencia: 7.5 – 10 HP
  - Energía: 220 V, 60 hz, 3 ph
  - Caudal: 433 gal/minuto c/u
- Tanque salero
- Tanque de regeneración
- Tanque de almacenamiento de agua blanda con precalentador
- 05 Válvulas de alimentación de agua tipo Globo
  - Diámetro: 1 1/2 pulgada
- 01 Válvula Check: tipo disco embridada y roscada
  - Diámetro: 1 1/2 pulgada

#### **6) SISTEMA ELÉCTRICO:**

- Tablero eléctrico
- Programador
- Contactores
- Líneas eléctricas
- Relés térmicos

**7) CONTROLADORES DE SEGURIDAD:**

- 2 manómetros de alimentación de agua
- 2 manómetros de alimentación de combustible
- 1 termómetro de alimentación de combustible
- 1 termómetro de chimenea
- 1 manómetro principal de caldera
- Termostato del precalentador de combustible
- Termostato del precalentador de agua
- 4 presostatos de la caldera
- Control de nivel de agua
- 2 Válvulas de asiento de seguridad

**8) EQUIPO COMPLEMENTARIO Y ACCESORIOS**

## a). Bomba Dosificadora de Productos

Caudal: 1.25 gal/minuto

Presión máxima: 150 psi

Tipo: Diafragma

Energía: 220 V, 60 Hz

Tanque dosificador de acero inoxidable

## b) Tanque de Condensado

Capacidad: 315 galones

Material: Plancha de acero al carbono A 131

Diámetro: 3' - 2"

Longitud: 5' - 4"

Conexiones para retorno de condensado

Ingreso de agua tratada

Control de nivel visual

Salida de agua de alimentación

Venteo

Purga

CRITICIDAD DE EQUIPOS DE LA SALA DE CALDERO DE COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.										
CÓD.	NOMBRE DE EQUIPO	SEGUR Y SALUD (S&S)	MEDIO AMB. (MA)	CALID. Y PROD. (C&P)	TIEMP. DE OPER. (TO)	PROD (P)	INTERV. ENTRE ACTIV. (TBF)	TIEMPO COSTO MTTO. (MT)	CRITICIDAD	
S-100	<b>ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE</b>									
1TC	TANQUE DE COMBUSTIBLE	A	B	B	C	A	C	C	A	
1VB	VÁLVULA DE BOLA	C	C	C	C	C	C	C	C	
1F	FILTRO	C	C	C	B	B	C	B	B	
1BE	BOMBA DE ENGRANAJES	B	C	A	A	A	B	B	A	
1M	MOTOR ELÉCTRICO	B	C	B	B	A	A	A	A	
1PC	PRECALENTADOR	C	C	B	B	B	B	B	B	
1VRP	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN (FULFLO)	C	C	A					A	
1VSC1	VÁLVULA SOLENOIDE DE CORTE N°1	C	C	A	C	A	B	C	A	
1VSC2	VÁLVULA SOLENOIDE DE CORTE N°2	C	C	A	C	A	B	C	A	
1TOB	TOBERA	C	C	C	C	C	C	C	C	
1CC	CONDUCTOS DE COMBUSTIBLE	C	B	B	A	A	B	A	A	
S-200	<b>ALIMENTACIÓN DE AIRE</b>									
2V	VENTILADOR	B	C	B	B	B	B	A	A	
2M	MOTOR ELÉCTRICO	C	C	B	B	B	B	A	A	
2CA	CONDUCTO DE AIRE	C	C	B	B	B	B	B	B	
2VM	VÁLVULA MARIPOSA	C	C	B	B	B	C	B	B	
S-300	<b>QUEMADOR</b>									
3D	DIFUSOR	C	C	B	B	B	B	B	B	
3EE	ELECTRODO DE ENCENDIDO	C	C	A	A	C	B	A	A	
3EI	ELECTRODO DE IONIZACIÓN O FOTOCELDA	C	C	A	A	C	B	A	B	
3LGP	LÍNEA DE GAS PROPANO PARA PRE-ENCENDIDO	B	B	B	B	B	C	B	B	
2MM	MOTOR MODUTROL	C	C	B	B	C	B	B	B	

S-400	<b>CALDERA</b>								
4H	EL HOGAR	B	C	B	C	C	C	C	C
4CCOM	CÁMARA DE COMBUSTIÓN	B	C	B	C	B	C	B	B
4TF	TUBOS DE FUEGO	B	C	B	B	B	C	B	B
4CH	CHIIMENEA	C	C	C	C	C	C	C	C
4CA	CÁMARA DE AGUA	C	C	C	C	C	C	C	C
4PF	PURGA DE FONDO	C	C	C	C	C	C	C	C
4VC	VÁLVULA DE COMPUERTA PARA PURGA	C	C	C	C	C	C	C	C
4VB	VÁLVULA DE BOLA PARA PURGA	C	C	C	C	C	C	C	C
S-500	<b>TRATAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE AGUA</b>								
5TAA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DURA	C	C	C	C	C	C	C	C
5B	BOMBA	C	C	B	B	B	B	A	A
5TS	TANQUE SALERO	C	C	C	C	C	C	C	C
5TR	TANQUE DE REGENERACIÓN	C	C	C	C	C	C	C	C
5TAB	TANQUE DE ALMAC. DE AGUA BLANDA C/PRECALENTADOR	C	C	C	C	C	C	C	C
5B1	BOMBA DE ALIMENTACIÓN N°1	C	C	C	C	C	B	B	C
5B2	BOMBA DE ALIMENTACIÓN N°2	C	C	C	C	C	B	B	C
5VB1	VÁLVULA DE BOLA N°1	C	C	C	C	C	C	C	C
5VB2	VÁLVULA DE BOLA N°2	C	C	C	C	C	C	C	C
5VB3	VÁLVULA DE BOLA N°3	C	C	C	C	C	C	C	C
5VB4	VÁLVULA DE BOLA N°4	C	C	C	C	C	C		C
5VB5	VÁLVULA DE BOLA N°5	C	C	C	C	C	C	C	C
5VCH	VÁLVULA CHECK	C	C	C	C	C	C	C	C

S-600	SISTEMA ELÉCTRICO							
6TE	TABLERO ELÉCTRICO	C	C	B	C	C	B	B
6PLC	PROGRAMADOR	C	C	B	C	C	B	B
6C	CONTACTORES	C	C	C	C	C	C	C
6LE	LÍNEAS ELÉCTRICAS	A	C	B	B	B	B	B
6RT	RELÉS TÉRMICOS	C	C	B	B	C	C	B
S-700	CONTROLADORES DE SEGURIDAD							
7MAA1	MANÓMETRO DE ALIMENTACIÓN DE AGUA N°1	C	C	C	C	C	C	C
7MAA2	MANÓMETRO DE ALIMENTACIÓN DE AGUA N°2	C	C	C	C	C	C	C
7MAC1	MANÓMETRO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE N°1	C	C	C	C	C	C	C
7MAC2	MANÓMETRO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE N°2	C	C	C	C	C	C	C
7TAC	TERMÓMETRO DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	C	C	C	C	C	C	C
7TCH	TERMÓMETRO DE CHIMENEA	C	C	C	C	C	C	C
7MP	MANÓMETRO PRINCIPAL DE CALDERA	C	C	C	C	C	C	C
7TPC	TERMOSTATO DEL PRECALENTADOR DE COMBUSTIBLE	C	C	C	B	C	B	B
7TPA	TERMOSTATO DEL PRECALENTADOR DE AGUA	C	C	C	B	C	B	B
7PCE	PRESOSTATO DE CALDERA PARA ENCENDIDO	C	C	C	C	C	C	C
7PCC	PRESOSTATO DE CALDERA PARA CORTE	C	C	C	C	C	C	C
7PCM	PRESOSTATO DE CALDERA PARA MODULACIÓN LLAMA	C	C	C	C	C	C	C
7PCG	PRESOSTATO DE CALDERA PARA EL GAS PROPANO	C	C	C	B	C	B	B
7CNA	CONTROL DE NIVEL DE AGUA MCDONALD	C	C	C	B	C	B	B
7VAS1	VÁLVULA DE ASIENTO DE SEGURIDAD N°1	C	C	C	C	C	C	C
7VAS2	VÁLVULA DE ASIENTO DE SEGURIDAD N°2	C	C	C	C	C	C	C

REGISTRO DEL EQUIPO													
Nombre de la empresa:		<b>BOMBA CENTRIFUGA PARA ALIMENTACIÓN DE AGUA</b>					Sección:		S-500				
COMPañÍA EMBOTELLADORA S.A.							Inventario N°:						
Código del equipo:							5B		Modelo:		HDRP		
Proceso de adquisición:			Indicaciones:		Serie:		HDRP		Tipo:		2X1X7A		
fecha		Adquisición:		08/10/1980		Capacidad:		Altura manométrica:		45 m			
20/08/2003		Instalación:		15/10/1980		Fabricante:		OMEL		Distribuidor:		TECHNIFLOW S.A.C.	
<b>Características técnicas:</b>													
			Eje		Rodamiento		Caudal (GPM)		Velocidad (RPM)		Diámetro del impulsor (mm)		Potencia (HP)
Diámetro							10		3500				5
Longitud													
Aceite			Enfriamiento		Prensaestopa		Diámetro de succión (mm)		Diámetro de descarga (mm)		Número de Etapas		Sello Mecánico
Turbinol 68			no		no (enfriam.)		50		50		1		Chesterton
							Caja		Carcaza		Prensaestopas		Anillo de desgaste
							Fe. Fdo.		Fe. Fdo		Fe. Fdo		SiCa
Motor Eléctrico		Velocidad (RPM)		Tipo		Potencia (HP)							
Sumitomo		3500		Jaula Ardilla		5							
Aislamiento		Enfriamiento		Lubricación		Rodamientos							
F		TEFC		Grasa NGL2		Bolas Rad. Simple							
Tensión (voltios):													
60		110		220		440							
Amperaje (Hz)						x							
OBSERVACIONES:													

**REGISTRO DEL EQUIPO**

Nombre de la empresa:		<b>BOMBA PARA PETROLEO</b>			Sección:	S-100	
COMPañÍA EMBOTELLADORA S.A.					Inventario N°:		
Código del equipo:	1BE				Modelo:	27	
Proceso de adquisición:		Indicaciones:	Serie:	A	Tipo:	2X1X7A	
fecha	Adquisición:	08/10/1980	Capacidad:	Altura manométrica:	150 PSI	Criticidad:	C
20/08/2003	Instalación:	15/10/1980	Fabricante:	ROPER	Distribuidor:	HIDROSTAL	

**Características técnicas:**

Tensión (voltios):			
	110	220	440
Amperaje (Amp)			X

Caudal (l/s)	Velocidad (RPM)	Diámetro del impulsor (mm)
48.6 GPM	1800 RPM	

Diámetro de succión (mm)	Diámetro de descarga (mm)
50	50

	Eje	Rodamiento
Diámetro		
Longitud		

OBSERVACIONES:

---

**REGISTRO DEL EQUIPO**

Nombre de la empresa:		<b>CALDERO HORIZONTAL 250 BHP</b>					Sección:	S-400
COMPañÍA EMBOTELLADORA S.A.							Inventario N°:	1
Código del equipo:	S400						Modelo:	CB
Proceso de adquisición:			Indicaciones:	Serie:	600	Tipo:	PIROTUBULAR	
fecha	Adquisición:	08/10/1980	Capacidad:	8760 LB/HR	Presión máxima	150 psi	Criticidad:	A
20/08/2003	Instalación:	15/10/1980	Fabricante:	CLEAVER BROOKS	Distribuidor:	TERMODINAMICA S.A.		
<b>Características técnicas:</b>								
Dimensiones				Presión de Diseño (psi)	Presión de Trabajo (psi)	Potencia del motor del quemador (HP)		
Longitud	Ancho	Altura	Peso	200	150	5		
225 plg	85 plg	96 plg	16700 lb					
				Diámetro de salida del vapor	Diámetro de purga	Diámetro casco caldera		
				16 plg	2.5 plg	98 plg		
Consumo de Petroleo	Presión de Vapor	Producción de Calor						
560 lb/hr	8625 lb/hr	10500 BTU/hr						
<b>OBSERVACIONES:</b>								

## ANEXO IV: ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>		<b>COMPANIA EMBOTELLADORA S.A.</b>	
<b>SECCIÓN:</b>		<b>ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE:</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<b>NÚMERO DE ACTIVIDAD:</b>	<b>ACTIVIDAD QUE SE DEBE REALIZAR</b>	<b>FRECUENCIA DE TRABAJO</b>	<b>MATERIALES Y REPUESTOS</b>
<b>1.) ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE:</b>			
1	INSPECCIÓN VISUAL DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE.	DIARIO	
2	MOTOR Y BOMBA DE PETRÓLEO, INSPECCIÓN VISUAL	DIARIO	
3	CAMBIO DE BOMBA Y ACOPLAMIENTO CONSERVANDO MODELO Y SERIE	2 AÑOS	HERRAMIENTAS BÁSICAS
4	INSPECCIÓN GENERAL DE LA LÍNEA DE PETRÓLEO, LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN	DIARIO	
5	INSPECCIÓN DE MANÓMETROS QUE SE ENCUENTREN EN LA PRESIÓN ADECUADA	DIARIO	
6	FILTRO DE PETRÓLEO, LIMPIEZA INFERIOR	MENSUAL	AIRE A PRESIÓN Y HERRAMIENTAS BÁSICAS
7	TRAMPAS DE VAPOR, INSPECCIÓN Y LIMPIEZA	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS, AIRE COMPRIMIDO
8	INSPECCIÓN DE VÁLVULAS SOLENOIDES	DIARIO	MULTITÉSTER, HERRAMIENTAS BÁSICAS
9	CALIBRACIÓN DE LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS
10	PRECALENTADOR, INPECCIÓN		
11	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LA TOBERA DE ATOMIZACIÓN	MENSUAL	TORNILLO DE BANCO, HERRAMIENTAS BÁSICAS

<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>		<b>COMPañÍA EMBOTELLADORA S.A.</b>	
<b>SECCIÓN:</b>		<b>ALIMENTACIÓN DE AIRE:</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<b>NÚMERO DE ACTIVIDAD:</b>	<b>ACTIVIDAD QUE SE DEBE REALIZAR</b>	<b>FRECUENCIA DE TRABAJO</b>	<b>MATERIALES Y REPUESTOS</b>
<b>2.) ALIMENTACIÓN DE AIRE</b>			
1	LIMPIEZA DEL VENTILADOR	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS
2	INSPECCIÓN VISUAL Y LIMPIEZA DEL MOTOR ELÉCTRICO. LIMPIEZA DE SU VENTILADOR.	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS
3	LIMPIEZA DEL CONDUCTO DE AIRE	MENSUAL	LJAS, AIRE A PRESIÓN
4	LIMPIEZA DE LA VÁLVULA DE MARIPOSA REGULADORA DE AIRE	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
NOMBRE DE LA EMPRESA:		<b>COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.</b>	
SECCIÓN:		<b>QUEMADOR:</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
NÚMERO DE ACTIVIDAD:	ACTIVIDAD QUE SE DEBE REALIZAR	FRECUENCIA DE TRABAJO	MATERIALES Y REPUESTOS
<b>3.) QUEMADOR</b>		<b>MENSUAL</b>	
1	TOBERA DE ATOMIZACIÓN (DESMONTAJE, REVISIÓN Y LIMPIEZA)	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS, DISOLVENTES, LUAS
2	FOTOCELDA (LIMPIEZA)	MENSUAL	LUJA FINA, HERRAMIENTAS BÁSICAS
3	ELECTROVÁLVULAS DE PETRÓLEO, AIRE, VAPOR, GAS	MENSUAL	LUJA FINA, HERRAMIENTAS BÁSICAS
4	REVISIÓN DE LA VÁLVULA FULFLO (REGULADORA DE PRESIÓN)	POR CADA ARRANQUE	LUJA FINA, HERRAMIENTAS BÁSICAS
5	CAÑÓN DE QUEMADOR (LIMPIEZA)	MENSUAL	DISOLVENTE Y ESPÁTULA
6	VENTILADOR, MALLAS Y PALETAS. REVISIÓN Y LIMPIEZA.	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS, DISOLVENTES, LUAS
7	DIFUSOR DE AIRE (LIMPIEZA)	MENSUAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS, DISOLVENTES, LUAS

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
NOMBRE DE LA EMPRESA:		<b>COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.</b>	
SECCIÓN:		<b>CALDERA:</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
NÚMERO DE ACTIVIDAD:	ACTIVIDAD QUE SE DEBE REALIZAR	FRECUENCIA DE TRABAJO	MATERIALES Y REPUESTOS
<b>4.) CALDERA</b>		<b>TRIMESTRAL</b>	
1	ENFRIAR Y DESAGUAR	TRIMESTRAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS, AGUA A PRESIÓN
2	DESMONTAJE DE REGISTROS MANO, HOMBRE	TRIMESTRAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS
3	LIMPIEZA EXTERIOR E INTERIOR CON AGUA A PRESIÓN	TRIMESTRAL	PULVERIZADOR, AIRE COMPRIMIDO
4	TUBOS DE FUEGO (QUITAR HOLLÍN)	SEMESTRAL	ESCOBILLA CIRCULAR, AIRE COMPRIMIDO
5	CAMBIAR EMPAQUETADURA DE REGISTROS	TRIMESTRAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS
6	MONTAJE DE REGISTROS	TRIMESTRAL	HERRAMIENTAS BÁSICAS





COMPAÑIA EMBOTELLADORA S.A.				ORDEN DE TRABAJO					
ACTIVIDAD DIA No:	236			APERTURA DE LAS PUERTAS VARILLADO Y DESHOLLINADO CON ESCOBILLA ESPIRAL (LADO FUEGO)				OT NRO:	568
PLANTA	SALA DE CALDEROS							EQUIPO:	S400
SOLICITADO POR:	ABEL LADILLO			CAMBIO DE EMPAQUETADURA A LAS PUERTAS FRONTAL Y POSTERIOR: LIMPIEZA DE FUE: HOGAR Y FUEGO				FECHA:	20/04/2003
PRIORIDAD:	EMERGENCIA							ENJUAGUE CON AGUA A PRESION	INICIO:
	URGENTE	X		CAMBIO DE EMPAQUETADURAS DE REGISTRO MANO MARCA TOPOG	TERMINO:				
	NORMAL			CAMBIO DE EMPAQUETADURA DE REGISTRO DE HOMBRE MARCA TOPOG	OBS.1				
	PERMANENTE				OBS.2				
ESPECIFICACION AL TRABAJO ARELIZAR	<b>MANO DE OBRA</b>				<b>MATERIALES UTILIZADOS</b>				
	REALIZADO POR	TIEMPO	SALARIO \$	COSTO \$	DESCRIPCION Y CODIGO	CANTIDA	UNIDAD	COSTO US\$	
POSICIONAMIENTO DE EQUIPO	EXTERNO				SOGA DE ASBESTO	8	m	N/A	
RESPONSABLE	FASERCAL S.A.	6H			PLANCHA DE ASBESTO	1	plancha		
					REGISTRO MANO MARCA	6	pza		
					REGISTRO DE HOMBRE	1	pza		
<b>COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA</b>				<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>					
OBSERVACIONES:								<b>TOTALES</b>	1200
..... A.BALBIN, ..... JEFE DE MAN 				..... M BALBIN, ..... MECANICO RESPONSABLE OT					

COMPANIA EMBOTELLADORA S.A.				ORDEN DE TRABAJO					
ACTIVIDAD DIA No:	425			MANTENIMIENTO INTEGRAL				OT NRO:	710
PLANTA	SALA DE CALDEROS			LIMPIEZA DE ELECTRODO Y CALIBRACION				EQUIPO:	S300
SOLICITADO POR:	JORGE MALCA			CAMBIO DE EMPAQUETADURA A LAS PUERTAS FRONTAL Y POSTERIOR:				FECHA:	28/11/2003
PRIORIDAD:	EMERGENCIA			LIMPIEZA DE FILTRO DE PETROLEO				INICIO:	
	URGENTE	X		REVISION DE VENTILADOR Y CAMBIO DE TOBERA				TERMINO:	
	NORMAL							OBS.1	
	PERMANENTE							OBS.2	
ESPECIFICACION AL TRABAJO A REALIZAR	MANO DE OBRA				MATERIALES UTILIZADOS				
	REALIZADO POR	TIEMPO	SALARIO \$	COSTO \$	DESCRIPCION Y CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO US\$	
POSICIONAMIENTO DE EQUIPO	EXTERNO				FILTRO	1	PZA	UNITARIO	TOTAL
RESPONSABLE	FASERCAL S.A.	4H			ELECTRODO	1	PZA		
					TOBERA	1	PZA		
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA				COSTO TOTAL DE MATERIALES					
OBSERVACIONES:								TOTALES	600
JEFE DE MANO .....A.BALBIN..... <i>[Signature]</i>				MECANICO RESPONSABLE OT .....M BALBIN.....					

COMPAÑIA EMBOTELLADORA S.A.				ORDEN DE TRABAJO					
ACTIVIDAD DIA No:	425	COLUMNA DE AGUA: REVISION INTEGRAL				OT NRO:	725		
PLANTA	SALA DE CALDEROS	CAMBIO DE EMPAQUETADURA				EQUIPO:	S400		
SOLICITADO POR:	ANGEL DUARTE	CAMBIO DE TUBO PIREX CINTA ROJA				FECHA:	12/12/2003		
PRIORIDAD:	EMERGENCIA	CAMBIO DE DOS ORINES DE 5/8 PARA TUBOS PIREX				INICIO:			
	URGENTE	X					TERMINO:		
	NORMAL						OBS.1		
	PERMANENTE						OBS.2		
ESPECIFICACION AL TRABAJO A REALIZAR	MANO DE OBRA				MATERIALES UTILIZADOS				
	REALIZADO POR	TIEMPO	SALARIO \$	COSTO \$	DESCRIPCION Y CODIGO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO US\$	
POSICIONAMIENTO DE EQUIPO	INTERNO	5'	8 /Hr	0.66	EMPAQUETADURA	1	PZA	20	20
RESPONSABLE	LOYOLA, IGNACIO.	2H	5/HR	10	TUBO PYREX	1	PZA	55	55
					ORINES	4	PZA	25	25
<b>COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA</b>				<b>10.66</b>	<b>COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>90</b>
OBSERVACIONES:								TOTALES	100.66
JEFE DE MANO .....A.BALBIN.....					.....M BALBIN.....				
O					MECANICO RESPONSABLE OT				

## ANEXO VII: SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES

SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES				
Nombre de la empresa: COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.				
Solicitud N° DM-001			Codigo del equipo:S100	
Fecha:.... 29/8/03			Seccion: Alim.Combustible	
Turno:Mañana				
Repuestos y materiales que se solicitan				
Item	Descripcion de los repuestos y materiales	Unidad	Cantidad	Firma (quien recibe)
1	Válvulas check		5	
2	Válvulas de paso		6	
3	Filtro de combustible tipo Y		4	
4	Tacrom 22		2	
5	Manómetros		2	
OBSERVACIONES:				
FIRMA (solicitante)				

SOLICITUD DE REPUESTOS Y MATERIALES				
Nombre de la empresa: COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.				
Solicitud N° DM-015			Codigo del equipo:S300	
Fecha:.... 06/09/03			Seccion:Quemador	
Turno:Mañana				
Repuestos y materiales que se solicitan				
Item	Descripcion de los repuestos y materiales	Unidad	Cantidad	Firma (quien recibe)
1	Anillo Refractario		1	
2	Cañón		1	
3	Paleta para la espiral de aire		1	
4	Cañerías de cobre	Rollo	1	
OBSERVACIONES:				
FIRMA (solicitante)				

ANEXO VIII: REPORTE SEMANAL DE MANTENIMIENTO

REPORTE SEMANAL DE MANTENIMIENTO					
NOMBRE DE LA EMPRESA: COMPAÑÍA EMBOTELLADORA S.A.					
FECHA	CODIGO EQUIPO	ORDEN DE TRABAJO N°	TRABAJO QUE REALIZO	MATERIALES	COSTOS
14/03/2003	S-100	1	Desmontaje de serpentín de vapor, cambio de empaquetaduras, montaje de equipo y prueba	Empaque registro de hombre, empaque de mano, sogas de asbesto, escobilla circular, tubo de nivel, anillos, aflojatodo, cinta teflón, lljas	US \$ 280.00
15/03/2003	S-100	2	Desmontaje , revisión y limpieza de tobera de atomización, limpieza de foto celda, limpieza de cañón de quemador , revisión y limpieza de ventilador , mallas y paletas , limpieza de difusión de aire , limpieza inferior del filtro de petróleo , inspección visual de motor eléctrico y bomba, revisión de cámara de combustión.	lija de agua fina y gruesa, trapo industrial, disolvente (diesel ,tiner)	US \$ 300.00
16/03/2003	S-300	3	verificación y limpieza de electrodo de encendido, verificación y limpieza de transformador de ignición, limpieza exterior de motor eléctrico, inspección y limpieza exterior del programador, inspección y limpieza de presostato y termostato.	lija de agua fina y gruesa, trapo industrial, disolvente (diesel ,tiner)	US \$ 200.00
17/04/2003	S-100	4	limpieza interior de filtro de petróleo, inspección visual de bomba y motor eléctrico, inspección de precalentador de petróleo , inspección y limpieza de trampas de vapor,limpieza y verificación de tuberías,	herramientas básicas de mantenimiento, disolventes.	US \$ 200.00
18/04/2003	S-500	5	limpias de filtros, inspección de manómetros, inspección de la línea de agua, inspección de la bomba de alimentación	herramientas básicas de mantenimiento	US \$ 100.00
19/04/2003	S-500	6	inspección de : nivel de agua, válvula de seguridad , presostatos, manómetros	herramientas básicas de mantenimiento	US \$ 120.00
20/04/2003	S-400	7	inspección de buena combustión en el hogar, análisis de gases	equipo analizador de gases	US \$ 80.00

ANEXO IX: HISTORIAL DEL EQUIPO

HISTORIAL DEL EQUIPO				
COMPANÍA EMBOTELLADORA S.A.				
EQUIPO:	CALDERO, QUEMADOR, ETC.		CODIGO DEL EQUIPO:	S100, S200, S300, S400, S500
FECHA	ORDEN DETRABAJO	DESCRIPCION DE LOS SERVICIOS Y REPOSICIONES REALIZADAS	MATERIALES UTILIZADOS	RESPONSABLE DEL TURNO
04/03/2003	298	LIMPIEZA DE TUBOS DE FUEGO CAMBIO DE EMPAQUES LIMPIEZA DE CAPTADOR DE HOLLÍN REVISIÓN DEL BLOCK REFRACTARIO Y LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL ECONOMIZADOR	EMPAQUE 318, SELLADOR DE EMPAQUE	MELITON B. JHONY
15/06/2003	345	REVISIÓN Y LIMPIEZA DE ECONOMIZADOR, VÁLVULA DE SEGURIDAD, VÁLVULA CHECK, CHIMENEA Y PRECALENTADOR DE PETRÓLEO	SOLVENTE A524, WAYPE	MELITON B. JHONY
23/09/2003	423	LIMPIEZA DE FILTRO DE PETRÓLEO REVISIÓN EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN LIMPIEZA Y REGULACIÓN DEL PILOTO DE PRE-IGNICIÓN REVISIÓN Y LIMPIEZA DE FOTOCELDA LIMPIEZA DE DIFUSORES DE AIRE, CAÑÓN DEL QUEMADOR Y CONO REFRACTARIO REVISIÓN DE LOS CONTROLES ELÉCTRICOS REVISIÓN DE LA LÍNEA DE PETRÓLEO Y BOMBA REVISIÓN DE LA LÍNEA DE AIRE -VAPOR Y COMPRESORA REVISIÓN DE LAS VARILLAS DE MODULACIÓN Y LUBRICACIÓN DE ROTULAS INSPECCIÓN DEL PRE-CALÉNTADOR Y RESISTENCIA ELÉCTRICA REVISIÓN Y LIMPIEZA DE TRAMPAS DE VAPOR LIMPIEZA DE FILTRO DE BOMBA DE AGUA INSPECCIÓN DEL PRESOSTATOS ARRANQUE Y REGULACIÓN DE LA COMBUSTIÓN MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE COMBUSTIÓN MEDICIÓN DE DUREZA DE AGUA	SOLVENTE , WAYPE, ACEITE ESPECIAL DE LUBRICACIÓN DE ROTULAS, EMPAQUE PA LÍNEA DE PETROLEO	MELITON B. JHONY

18/11/2003	487	DRENAJE DE LA CELDA DE LA CALDERA UNA VEZ FRÍA APLICACIÓN DE AGUA A PRESIÓN AL INTERIOR DEL CASCO PARA ELIMINAR EL SARRO Y CALICHE INSPECCIÓN INTERNO DEL CASCO REVISIÓN DEL STATUS DE ILUSTRACIONES EN EL LADO DEL AGUA CAMBIO DE EMPAQUES Y MONTAJE DE REGISTROS REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL CONTROL DE NIVEL DE AGUA LLENADO DE AGUA Y ARRANQUE LEVANTAR PRESIÓN LENTAMENTE Y VERIFICAR EMPAQUES NUEVOS		MELITON B. JHONY
20/01/2004	568	APERTURA DE LAS PUERTAS VARILLADO Y DESHOLLINADO CON ESCOBILLA ESPIRAL (LADO FUEGO) CAMBIO DE EMPAQUETADURA A LAS PUERTAS FRONTAL Y POSTERIOR LIMPIEZA DE FUE: HOGAR Y FUEGO ENJUAGUE CON AGUA A PRESION CAMBIO DE EMPAQUETADURAS DE REGISTRO MANO MARCA TOPOG CAMBIO DE EMPAQUETADURA DE REGISTRO DE HOMBRE MARCA TOPOG	MATERIALES SEGÚN MANUAL	MELITON B. JHONY
26/03/2004	710	MANTENIMIENTO INTEGRAL LIMPIEZA DE ELECTRODO Y CALIBRACION CAMBIO DE EMPAQUETADURA A LAS PUERTAS FRONTAL Y POSTERIOR LIMPIEZA DE FILTRO DE PETROLEO REVISION DE VENTILADOR Y CAMBIO DE TOBERA	MATERIALES SEGÚN MANUAL	YEFFIMO MONTERO
12/05/2004	725	COLUMNA DE AGUA: REVISION INTEGRAL CAMBIO DE EMPAQUETADURA CAMBIO DE TUBO PIREX CINTA ROJA CAMBIO DE DOS ORINES DE 5/8 PARA TUBOS PIREX	MATERIALES SEGÚN MANUAL	ORE BARRIENTOS

## **ANEXO X: INSTRUCCIONES DE SERVICIO, CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD**

El personal responsable de la operación y servicio de calderas debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Capacitación adecuada del fabricante.
- Buena conservación de instalaciones de la caldera.
  - Limpieza
  - Orden
  - Iluminación.
- Detectar y localizar cualquier anomalía para ser reparada de inmediato.
- Independientemente del mantenimiento del personal operativo de la caldera, es recomendable un reconocimiento periódico efectuado por personal externo.
- Mantener las herramientas y accesorios para el servicio, accesibles y ordenados.
- Establecer un stock de piezas de repuesto básico.

### **RECOMENDACIONES PARA EL ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO**

Antes de poner en marcha la caldera es necesario:

1. Verificar el suministro eléctrico con las lámparas señalizadoras.
2. Comprobar el abastecimiento del combustible del tanque cisterna al tanque diario y de éste al quemador.
3. Que todos los filtros estén limpios.

4. Las temperaturas de trabajo para el petróleo deben ser las siguientes:  
Petróleo Nro. 6: 120°C  
Petróleo Residual 500: 125°C
5. Verificar que haya recirculación de petróleo desde el quemador hasta el tanque diario.
6. Comprobar la lubricación de la compresora y que su presión sea 15 PSI mínimo.
7. Verificar el nivel normal de agua observando el tubo de nivel del MDM, si hay exceso purgar.
8. Verificar el abastecimiento adecuado del agua de alimentación, para evitar daños en la bomba.
9. Si se arranca la caldera después de una parada larga el quemador debe permanecer en llama baja por lo menos 45 minutos y luego pasar a llama alta.

#### **PARAMETROS DE REGULACION**

1. **TANQUE DE RECIRCULACION:** Temperatura: 80 – 100°C.
2. **TEMPERATURA TANQUE CISTERNA:** La Temperatura de bombeo debe ser: 50°C.
3. **AIRE COMPRIMIDO:** 15 PSI Llama Baja.  
VAPOR DE ATOMIZACION: 25 – 35 PSI.
4. **GAS PROPANO**  
Verificar suministro adecuado del gas por medio del visor respectivo.  
Presión: 8" – 12" H<sub>2</sub>O

## **SECUENCIA DE ARRANQUE DEL CALDERO**

### **1. INICIO/ESPERA**

Serie de eventos que determinan las condiciones de arranque.

Encendido led "POWER" ( Alimentación).

### **2. PREPURGA ( 10,20,30,40,50,60seg.)**

Barrida previa con el aire generado por el ventilador para eliminar gases permanentes acumulados que pueden causar explosión.

Los circuitos serie y de seguridad (enclavamientos) deben permanecer cerrados

### **3. PRE-IGNICION**

Cierre de interruptor llama baja.

Encendido piloto de gas (25 seg.).

Estabilización piloto de gas (10 seg.).

Encendido led "piloto".

Encendido led "llama (Flame).

### **4. ENCENDIDO DE LLAMA PRINCIPAL**

Después de 10 seg. de encendido del piloto de gas, estable, ocurre la apertura de la válvula principal (GN ó D2) y el encendido de la llama principal.

Encendido led "principal" ( Main).

### **5. APAGADO PILOTO DE GAS**

15seg. después de la apertura de la válvula principal de petróleo, el piloto de gas se desactiva automáticamente.

## **6. ESTABILIZACION DE LA LLAMA PRINCIPAL**

Después de algunos segundos de encendido de la llama principal, ésta se estabiliza y queda encendida.

## **7. PERIODO DE OPERACIÓN ( RUN)**

La llama principal queda encendida.

Hay un monitoreo continuo de la llama, a través de la fotocelda.

Hay un monitoreo continuo de las condiciones de operación por medio de los sensores respectivos:

- Presión de la Caldera.
- Presión del gas antes y después de las válvulas solenoides.
- Nivel de Agua.
- Sistema de modulación.
- Estabilidad de la llama.
- Aire de atomización.
- Aire de Combustión.

Cualquier condición crítica de los parámetros de operación traerá como consecuencia, una parada o un apagado de seguridad y el encendido del led "alarma" (Alarm).

## **8. APAGADO DE LA LLAMA PRINCIPAL**

### **Por Condiciones Normales:**

Por acción de un limitador

- Presostato On – Off.
- Apagado manual del interruptor de encendido.
- Pasa a un estado de espera ( Stand By).

**Por Condiciones Anormales:**

Falta de algún suministro

- Agua.
- Gas o petróleo.
- Aire de atomización o de combustión.

Falla en las condiciones en que se entrega un suministro

- Temperatura.
- Presión.

Excepto en el caso de falla del suministro de agua, en los demás casos se enciende el led "Alarm" y ocurre un apagado de seguridad.

**9. POST PURGA (15 seg.)**

La secuencia de apagado del quemador se inicia desconectando la válvula de petróleo, activando simultáneamente la válvula solenoide de limpieza y realizando el barrido de post purga:

Finalmente el motor del ventilador se apaga.

Se pasa a un estado de espera.

Si el apagado fue ocasionado por fallas se pasa a un estado de apagado de seguridad y se enciende el led "alarma" excepto en el caso de falta de agua.

**PROCEDIMIENTO DE PURGA DE CALDERAS**

- La mayoría de las líneas de drenaje se suministran con dos válvulas, generalmente una válvula que puede abrirse rápidamente más cerca de la caldera y otra válvula del tipo globo situada más distante , la

cual se abre despacio .A veces se usan dos válvulas que abren despacio .

- Si se combinan una válvula rápida y otra del tipo “Y” que abre despacio, aquella se abre primero y se cierra último. El drenaje o purga es realizado por la válvula “Y” o válvula de purga lenta.
- Al abrir la segunda válvula o sea la que está más lejos de la caldera, ábrala ligeramente para dejar calentar un poco las líneas y entonces siga abriendo despacio.
- **No abra primero la válvula de purga lenta y luego bombee abriendo y cerrando la válvula de palanca, porque el golpe del agua puede romper el cuerpo de las válvulas o los tubos.**
- La persona que opera la válvula no debe perder de vista el tubo de nivel, puesto que por ningún motivo el nivel de agua debe bajar tanto que no se vea en el tubo de nivel.
- En caso que el operador no pueda ver el tubo de nivel, otra persona debe vigilar la disminución del agua en la columna y avisar al que opera la válvula.
- Cierre primero la válvula que está situada más lejos de la caldera (Válvula de purga lenta) tan rápidamente como sea posible. Luego cierre la válvula que está más cerca de la caldera. Vuelva a abrir la que abrió primero pero sólo un poquito esta vez, cerrándola firmemente después.

- Bajo ninguna circunstancia debe quedar abierta una válvula de purga y el operador no debe salir nunca de la sala de calderas hasta que la operación concluya y las válvulas queden cerradas.

## **ANEXO XI: MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO**

### **A) BOMBA DE ALIMENTACIÓN DE CALDERA**

#### SEGURIDAD:

- Nunca efectuar trabajos de mantenimiento cuando la máquina esté conectada a la alimentación eléctrica.
- No deben desmontarse nunca las protecciones cuando la bomba esté en funcionamiento.
- Drenar la bomba y aislar la tubería antes de desmontar la bomba.

#### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- Se recomienda adoptar un plan y programa de mantenimiento acorde con estas instrucciones para el usuario, que incluyan lo siguiente:
- Todo sistema auxiliar instalado debe ser supervisado para comprobar que funcione correctamente.
- Los prensa estopas deben ser ajustados correctamente para que den escapes visibles con alineamiento concéntrico del casquillo para impedir temperaturas excesivas en la empaquetadura o en el casquillo.
- Verifique que no haya escapes por juntas o sellos. Se debe comprobar con regularidad el funcionamiento correcto de la junta del eje.
- Compruébese la vibración, el nivel de ruido y la temperatura superficial en los cojinetes para confirmar que la operación es satisfactoria.
- Compruébese el alineamiento del acoplamiento y, si es necesario, alinéese otra vez.

**B) BOMBA CENTRÍFUGA OMEL**

- Bloqueo y señalización de equipo a realizar el mantenimiento. Asegurar que no sea operada mientras dure el mantenimiento del equipo.
- Cerrar válvulas de descarga y alimentación.
- Desmontaje de bomba y traslado a taller.
- Reparación general de bomba.
- Revisión de medidas de eje; tapas de alojamiento de rodamientos; alojamiento de sello mecánico (bocina/sliper) o estopas; alojamiento de impulsor; impulsor en general; si hay desgaste entonces metalizar parte afectada de acuerdo a rango de tolerancia.
- Realizar el ajuste de espárragos, y pernos según manual (usar torquímetro).
- Cambio de rodamientos (usar kit de rodamientos SKF)
- Cambio de aceite ( morlina 150)
- Revisión de nivel de aceite.
- Cambio de sello mecánico o estopas.

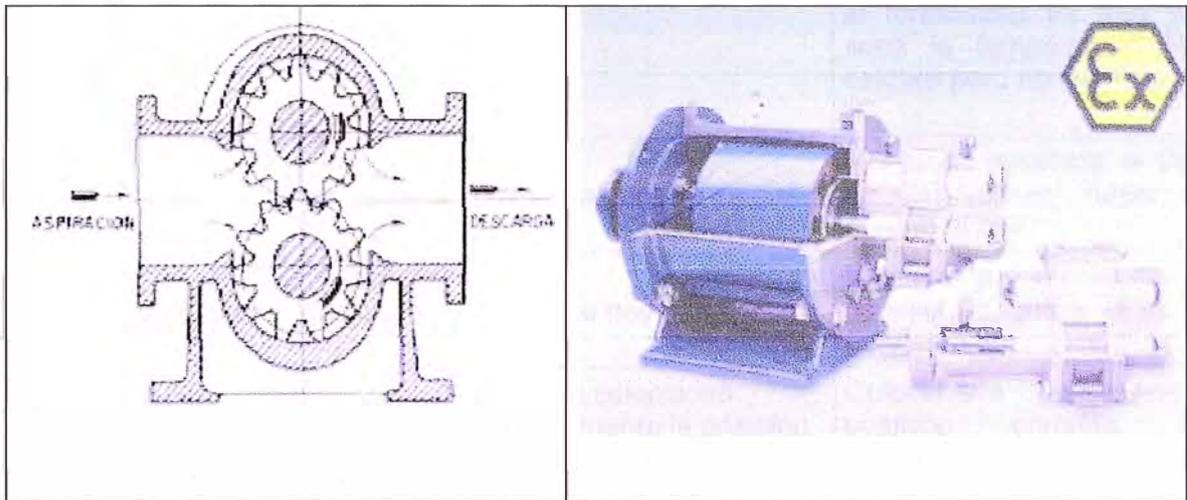
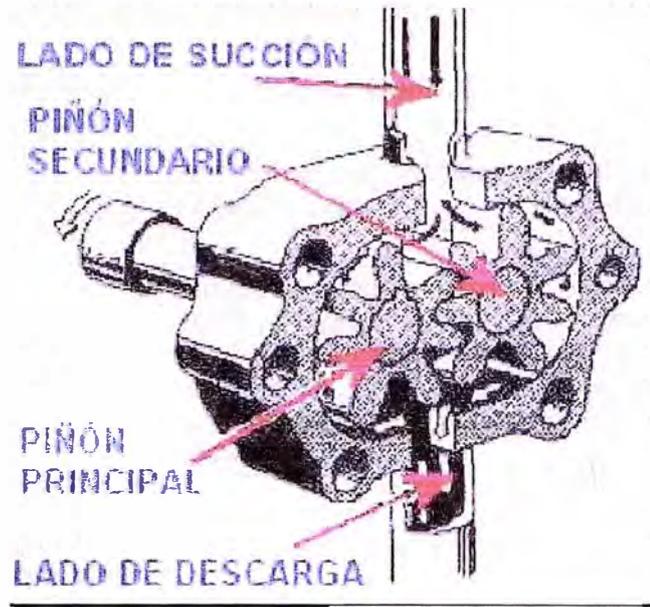
**C) MOTOR DE BOMBA CENTRÍFUGA SUMITOMO**

- Taje de motor (retirar tapas).
- Desmontaje de rodamientos de eje (usar extractor de rodamientos)
- Desmontar y verificar medidas de alojamiento de rodamientos en el eje y concentricidad de tapas.

- Cambio de rodamientos (uso de kit de rodamientos SKF)
- Si las tapas del motor están con desgaste es recomendable cambiarlas así aseguramos la concentricidad.
- El rotor y el estator se mandan a megar al taller eléctrico.
- Luego se realiza el montaje y se realiza la prueba en vacío se puede medir la vibración, temperatura y el estado de rodamientos en vacío.

#### **D) BOMBA DE ENGRANAJES O PIÑONES (COMBUSTIBLE R500)**

- Bloqueo y señalización de equipo a realizar el mantenimiento. Asegurar que no sea operada mientras dure el mantenimiento del equipo.
- Cerrar válvulas de descarga y alimentación.
- Desmontaje de bomba y traslado a taller.
- Revisión e engranajes o piñones y eje motriz.
- Limpieza de voluta de bomba.
- Prueba de bomba en vacío.



## ANEXO XII: MANUAL PARA ELIMINAR AVERÍAS DEL EQUIPO

INCONVENIENTES EVENTUALES	CAUSA POSIBLE	SOLUCION
Aparece agua en la base de la caldera.	Perdida por las conexiones de calefacción.	Revisar las conexiones de calefacción.
	Abre la válvula de seguridad debido a una excesiva presión en la línea de alimentación permanente (en calderas con tanque de expansión cerrado)	Verificar que la línea de alimentación permanente no sobrepase los 2 kg de presión, si es así puede ser que se deba a que hay una bomba presurizadora
	Condensación.	Si es la primera vez que se pone en marcha la caldera esperar 10 minutos, si la caldera sigue condensando (se manifiesta como si la caldera estuviera transpirando) puede ser algunas de las causas anteriores.  La temperatura que se fijó en el termostato es muy baja, suba la temperatura de la caldera pero no supere los 75 °C.
El piloto no enciende.	Aire en la cañería de gas.	Mantenga apretada la perilla de la válvula hasta que purgue el aire.
	No hay gas.	Verifique que la llave de corte general de gas a la caldera esté abierta.
	No seleccionó correctamente la posición de la perilla de la válvula.	Colocar la perilla en la posición correcta. (Ver indicaciones en manual).
El piloto no queda encendido por más que intente varias veces.	La termocupla está fallando.	Cambiar la termocupla.
Se apaga el piloto cuando enciende el quemador.	Hay poca presión de gas.	Verificar la presión de gas a la caldera.
Se apaga el piloto muy seguido.	Tiraje de ventilación deficiente.	Verifique que la ventilación cumpla todos los requisitos enumerados en el manual.

El quemador no enciende	Actuó el termostato límite de seguridad. (Reset)	Rearmar manualmente, destornillar la tapa plástica y pulsar el botón de rearme manual. Este termostato actúa cuando la temperatura sobrepasa los 90 °C, verifique que el termostato de regulación no supere los 75 °C, verifique que el sistema esté lleno de agua, verifique que la bomba de calefacción funcione.
	El piloto está apagado.	Encienda el piloto.
	No seleccionó correctamente la posición de la perilla de la válvula.	Colocar la perilla en la posición correcta. (Ver indicaciones en manual).
	La tensión eléctrica no es la correcta.	La tensión debe ser de 220 v (las teclas del tablero deben tener luz cuando las active).
El quemador hace explosiones al encender.	Tiraje de ventilación deficiente.	Verifique que la ventilación cumpla todos los requisitos enumerados en el manual.
	El piloto se corrió de lugar y se alejó de los quemadores.	Acercar la llama del piloto a la superficie de los quemadores, sin tocarla.
La llama de quemador es amarillenta.	Hay poca presión de gas.	Verificar la presión de gas a la caldera.
La caldera no calienta.	Hay poca presión de gas.	Verificar la presión de gas a la caldera.
La caldera calienta muy rápido, el quemador queda encendido poco tiempo y luego se apaga, además, no hay calefacción en la casa.	Hay alguna llave esclusa cerrada.	Controle que todas las llaves esclusas estén abiertas.
	Las llaves de los radiadores están cerradas.	Abrir las llaves de los radiadores.



## SÍNTOMA DE LA AVERÍA

Bomba se sobrecalienta y se cala									
U Vida de cojinetes es corta									
↓ Bomba vibra o es ruidosa									
U Vida de junta mecánica es corta									
U Junta mecánica gotea mucho									
↓ Bomba demanda demasiada potencia									
↓ Bomba pierde el cebado después del arranque									
§ La presión desarrollada es insuficiente									
↓ La capacidad entregada es insuficiente									
↓ La bomba no entrega líquido									
↓									
					CAUSAS PROBABLES			POSIBLES REMEDIOS	
•	•	•		•				Parte rotatoria roza con parte estacionaria internamente.	Comprobar y CONSULTAR CON FLOWSERVE, si es necesario.
•	•	•	•					Cojinetes desgastados.	Reemplazar cojinetes.
				•	•			Superficies del anillo de desgaste están desgastadas.	Reemplazar superficies de anillo de desgaste desgastadas.
		•			•	•		Impulsor dañado o orientado.	Reemplazar o CONSULTAR CON FLOWSERVE para mejor selección de material.
				•				Impulsor por debajo de cámara debido a falta de la junta.	Reemplazar junta y comprobar caso.
			•	•				Cámara del eje desgastada o funciona de forma errada.	Chequear y reemplazar piezas defectuosas.
			•	•	•			Junta mecánica mal instalada.	Verificar alineamiento de caras o piezas averiadas y método de ensamble usado.
			•	•	•			Tipo incorrecto de junta mecánica para las condiciones de operación.	CONSULTE CON FLOWSERVE.
•	•	•	•					Eje hueco desalineado debido a desgaste o desalineación de cojinetes.	Comprobar desalineación y subsanar, si es necesario. Si el alineamiento es satisfactorio, verificar si los cojinetes tienen mucho desgaste.
•	•	•	•					Impulsor desequilibrado debido a vibración.	
		•	•	•				Sólidos abrasivos en líquido bombeado.	Verificar y CONSULTAR CON FLOWSERVE.
			•	•				Desalineamiento interno de partes con impulsor que el anillo de junta y el asiento se encajen bien.	
				•	•			Junta mecánica funcionaba en seco.	Comprobar estado de la junta mecánica y causa del funcionamiento en seco, y reparar.
					•	•		Desalineamiento interno debido a reparaciones inadecuadas que producen roce con el impulsor.	Verificar método de ensamble, posibles daños o estado de pieza durante el ensamble. Remediar o CONSULTAR CON FLOWSERVE, si es necesario.
•	•	•						Empuje excesivo causado por fallo mecánico en la bomba.	Verificar desgaste del impulsor, holguras y conductos de líquido.
		•	•					Exceso de grasa en cojinetes de bronce.	Comprobar método de reengrase.
		•	•					Falta de lubricación en cojinetes.	Verificar horas funcionamiento desde último cambio de lubricante, programa y sus tasas.
			•	•				Instalación incorrecta de cojinetes (como ocurrida durante el montaje, ensamble incorrecto, tipo de cojinete en bronce, etc.)	Verificar método de ensamble, posibles daños o estado de pieza durante el ensamble y tipo de cojinete usado. Remediar o CONSULTAR CON FLOWSERVE, si es necesario.
		•	•					Cojinetes averiados debido a contaminación.	Chequear fuente contaminación y reemplazar cojinetes averiados.
C. PROBLEMAS ELÉCTRICOS DEL MOTOR									
	•			•	•	•		Sentido de rotación erróneo.	Invertir 2 fases en caja de bornas del motor.
					•		•	Motor funciona con 2 fases únicamente.	Verificar alimentación eléctrica y fusibles.
•	•						•	Motor funciona muy lento.	Comprobar conexiones y tensión de la caja de bornas del motor.

FORMATO DE ALMACEN					No.	821
COMPANIA EMBOTELLADORA S.A.					FECHA	12/01/04
Nº	Código	Descripción del Producto	Cantidad	Unidad	Autorizado	
1	5VB1	VÁLVULA DE BOLA	2.00	PZA.	JC	
2	5VB2	VÁLVULA DE BOLA	3.00	PZA.	JC	
3	5VCH	VÁLVULA CHECK	2.00	PZA.	RO	
4	1VB	VÁLVULA DE BOLA	4.00	PZA.	RO	
5	4VC	VÁLVULA DE COMPUERTA PARA PURGA	2.00	PZA.	RO	
6	4VB	VÁLVULA DE BOLA PARA PURGA	2.00	PZA.	MD	
7	2VM	VÁLVULA MARIPOSA	1.00	PZA.	JC	
8	6C	CONTACTORES	4.00	PZA.	RO	
9	7MAA1	MANÓMETRO ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	3.00	PZA.	JC	
10	7TAC	TERMÓMETRO ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	2.00	PZA.	MD	
11	7PCE	PRESOSTATO DE CALDERA PARA ENCENDIDO	3.00	PZA.	RO	
12	7PCC	PRESOSTATO DE CALDERA PARA CORTE	1.00	PZA.	RO	
13	7PCG	PRESOSTATO DE CALDERA PARA GAS PROPANO	1.00	PZA.	MD	
14	7CNA	CONTROL DE NIVEL DE AGUA MCDONALD	1.00	PZA.	MD	
15	3EE	ELECTRODO DE ENCENDIDO	1.00	PZA.	JC	
16	3EI	ELECTRODO DE IONIZACIÓN O FOTOCELDA	1.00	PZA.	JC	
17						
18						
19						
20						
Vº Bº Asistente de Planificación			Observaciones			
			ITEMS 3, 7, 9 SEPARADA 1PZA DE C/U PARA 02/03/06, DEPT. MTTO.			

## ANEXO XIV: INDICADORES DE MANTENIMIENTO

INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE LA SALA DE CALDEROS				
NÚMERO DE FALLAS	ANTES		DESPUES	
	TBF(HORAS)	TTR(HORAS)	TBF(HORAS)	TTR(HORAS)
1	680	4.2	716	2.6
2	156	0.86	1540	1.42
3	920	23.4	1124.8	6.8
4	405	14.4	664.2	7.4
5	1860	5.36	2118	2.8
6	92	1.92	422	5.6
7	822	6.8	1206.4	3.2
TOTALES	4935	56.94	7791.4	29.82
<b>MTBF</b>	<b>705.00</b>		<b>1113.06</b>	
<b>MTTR</b>		<b>8.13</b>		<b>4.26</b>

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} =$$

98.86

99.62

TBF = TIEMPO ENTRE FALLAS

## ANEXO XV: REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO

## REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

<b>Fecha:</b>	10	Marzo	2002
<b><i>Descripción de la Solicitud: Mantenimiento Correctivo</i></b>			
Reparación de sello mecánico y rodamiento			

<b>Mantenimiento de la bomba de combustible</b>	<b>Código:</b>	<b>1BE</b>
---	----------------	------------

**1. Mano de Obra**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR TOTAL
Superv.	HH	1.00	36.00	36.00
Mecánico		1.00	36.00	36.00
Ayudante mecánico		2.00	36.00	72.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>144.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>			Tasa Hora	<b>5.75</b>
				<b>828.00</b>

**2. Materiales/ Equipos**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT. \$	VALOR TOTAL
Repuestos de Bomba		1	240.00	240.00
Kit de empaquetaduras		1	120.00	120.00
Sello mecánico y partes		1	550.00	550.00
Balanceo mecánico de rotor bomba		1	350.00	350.00
Partes de acoplamiento flexible		1	300.00	300.00
Fabricación de Brida prensaestopa		1	500.00	500.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>2,060.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>2,060.00</b>

**3. Horas o materiales no producidos**

DESCRIPCION	DÍAS	CANTIDAD (litros)	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perdida produc. en días a media	1.5	100000.00	0.42286	63,429.00
Perdida de producción en días a 100% carga	0	200000.00	0.42286	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>63,429.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>63,429.00</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>66,317.00</b>

**Observaciones:**

La puesta en servicio de la Sala de calderos se llevo a cabo luego de concluidos los trabajos.  
La intervención de mantenimiento demora 8 días con pérdida de producción a media carga.

**REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Fecha:</b>	2003	PERIODICIDAD: DIARIO
---------------	------	----------------------

***Descripción de la Solicitud: Mantenimiento diario***

**ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

**Código: S-100**

**1. Mano de Obra**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR TOTAL
Superv.	HH	1.00	0.10	0.10
Mecánico		1.00	0.15	0.15
Electricista		1.00	0.50	0.50
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>0.75</b>
<b>SUBTOTAL</b>			Tasa Hora 7.00	<b>5.25</b>

**2. Materiales/ Equipos**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT. \$	VALOR TOTAL
Teflón		0.1	3.00	0.30
Trapo		0.1	1.15	0.12
Brocha		0.15	3.00	0.45
Detergente		0.15	2.00	0.30
Grasa		0.12	15.00	1.80
Herramientas 15% M.O.		0.15	5.25	0.79
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3.75</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>3.75</b>

**3. Horas o materiales no producidos**

DESCRIPCION	DÍAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perdida de producción en días a media carga	0	100000.00	0.43	0.00
Perdida de producción en días a 100% carga	0	200000.00	0.43	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>0.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0.00</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>9.00</b>

**REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Fecha:</b>	2003	PERIODICIDAD: 3 MESES
---------------	------	-----------------------

**Descripción de la Solicitud: Mantenimiento 2000 horas**

**ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE** Código: **S-100**

**1. Mano de Obra**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR TOTAL
Superv.	HH	1.00	0.15	0.15
Mecánico		1.00	1.00	1.00
Electricista		1.00	2.00	2.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3.15</b>
<b>SUBTOTAL</b>			Tasa Hora 5.75	<b>18.11</b>

**2. Materiales/ Equipos**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT. \$	VALOR TOTAL
Teflón		0.1	3.00	0.30
Trapo		0.1	1.15	0.12
Brocha		0.15	3.00	0.45
Detergente		0.5	2.00	1.00
Aceite Turbinol 100		2	15.00	30.00
Grasa Lubricante		0.25	6.00	1.50
Herramientas 15% M.O.		0.15	18.11	2.72
Mortero refractario		0.5	50.00	25.00
Repuesto de Bomba		2	4.00	8.00
Repuestos Eléctricos		400	0.00	0.00
Materiales Eléctricos		52.5	0.00	0.00
Talleres Externos		1490	0.00	0.00
Otros		450	0.00	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>69.08</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>69.08</b>

**3. Horas o materiales no producidos**

DESCRIPCION	DÍAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perdida de producción en días a media carga	0.0834	100000.00	0.43	3,575.36
Perdida de producción en días a 100% carga	0	200000.00	0.43	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>3,575.36</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>3,575.36</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>3,662.55</b>

**Observaciones:**

La puesta en servicio de la Sala de calderos se llevo a cavo luego de concluidos los trabajos.  
La intervención de mantenimiento demora 2 horas con perdida de producción a media carga.

**REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Fecha:</b>	2003	PERIODICIDAD: 6 MESES
---------------	------	-----------------------

**Descripción de la Solicitud: Mantenimiento 4000 horas**

**ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE** **Código: S-100**

**1. Mano de Obra**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR TOTAL
Superv.	HH	2.00	0.15	0.30
Mecánico		2.00	1.00	2.00
Electricista		2.00	2.00	4.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>6.30</b>
<b>SUBTOTAL</b>			Tasa Hora 5.75	<b>36.23</b>

**2. Materiales/ Equipos**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT. \$	VALOR TOTAL \$
Teflón		0.1	3.00	0.30
Trapo		0.5	1.15	0.58
Brocha		0.15	3.00	0.45
Detergente		0.5	2.00	1.00
Aceite Turbinol 100		2	15.00	30.00
Grasa Lubricante		1	6.00	6.00
Herramientas 15% M.O.		0.15	36.23	5.43
Mortero refractario		1	50.00	50.00
Repuesto de Bomba		2	4.00	8.00
Repuestos Eléctricos		400	0.00	0.00
Materiales Eléctricos		52.5	0.00	0.00
Talleres Externos		1490	0.00	0.00
Otros		600	0.20	120.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>221.76</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>221.76</b>

**3. Horas o materiales no producidos**

DESCRIPCION	DÍAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perdida de producción en días a media carga	0.125	100000.00	0.43	5,358.75
Perdida de producción en días a 100% carga	0	200000.00	0.43	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>5,358.75</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>5,358.75</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>5,616.73</b>

**Observaciones:**

La puesta en servicio de la Sala de calderos se llevo a cavo luego de concluidos los trabajos.  
La intervención de mantenimiento demoro 3 horas con perdida de producción a media carga.

**REGISTRO DE LOS MEMOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

<b>Fecha:</b>	2003	PERIODICIDAD: 18 MESES
---------------	------	------------------------

**Descripción de la Solicitud: Mantenimiento 12000 horas**

**ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE** **Código: S-100**

**1. Mano de Obra**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR TOTAL
Superv.	HH	1.00	12.00	12.00
Mecánico		1.00	48.00	48.00
Electricista		1.00	48.00	48.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>108.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>			Tasa Hora 5.75	<b>621.00</b>

**2. Materiales/ Equipos**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIT. \$	VALOR TOTAL \$
Teflón		2	3.00	6.00
Trapo		4	1.15	4.60
Brocha		1	3.00	3.00
Detergente		0.5	2.00	1.00
Aceite Turbinol 100		2	15.00	30.00
Grasa Lubricante		1	6.00	6.00
Pintura		0.5	45.00	22.50
Solventes		0.5	15.00	7.50
Herramientas 25% M.O.		0.25	621.00	155.25
Repuesto de Bomba		51910	0.12	6,229.20
Repuestos Eléctricos		400	1.00	400.00
Materiales Eléctricos		52.5	1.35	70.88
Talleres Externos		1490	0.43	640.70
Otros		550	0.33	181.50
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>7,758.13</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>7,758.13</b>

**3. Horas o materiales no producidos**

DESCRIPCION	DIAS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perdida de producción en días a media carga	1.5	100000.00	0.43	64,305.00
Perdida de producción en días a 100% carga	0	200000.00	0.43	0.00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>64,305.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>				<b>64,305.00</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>				<b>72,684.13</b>

**Observaciones:**

La puesta en servicio de la Sala de calderos se llevo a cavo luego de concluidos los trabajos.  
La intervención de mantenimiento demoro 1,5 días con perdida de producción a media carga.

## **ANEXO XVI: DEFINICION DE TERMINOS**

### **A.- PLAN DE MANTENIMIENTO**

Un *plan* es una descripción de las intenciones amplias y a corto plazo, en cuanto a lo que uno ve que se requiere para ocuparse de un área específica. Se espera que un plan remedie circunstancias no óptimas en un área o que la expanda o que obstruya o impida una oposición a la expansión.

Para que un plan se lleve a cabo se requiere que se desglose en las acciones específicas que son necesarias para lograr lo que el plan se propone hacer. Esto se hace a través del uso de un *programa*.

### **B.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Un *programa* consiste en una serie de pasos ordenados en una secuencia y que sirven para llevar a cabo un plan. Todo diseño de un programa requiere de la existencia previa de un plan, y uno de los pasos del programa es el objetivo.

Un programa de mantenimiento preventivo trata de la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo asociadas a un equipo o máquina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de piezas.

<http://www.solomantenimiento.com/articulos/programa-mantenimiento.htm>

[http://spanish.scientologyhandbook.org/sh17\\_3.htm](http://spanish.scientologyhandbook.org/sh17_3.htm)

### C.-DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

*"Diseño es formular un plan para satisfacer una necesidad humana".*

Joseph Edward Shigley y Charles R. Mishke, en su obra *Diseño en ingeniería mecánica (Mechanical Engineering Design)*, publicada en 1989

El proceso de diseñar, suele implicar las siguientes fases:

- 1. Observar y analizar** el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
- 2. Planear y proyectar** proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
- 3. Construir y ejecutar** llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos.
- 4. Evaluar**, ya que es necesario saber cuando el diseño está finalizado.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>