



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN  
PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN

TEMA:

---

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y PREDICTIVO DEL CALDERO EN LA FÁBRICA  
“LAVANDERIAS NACIONALES”**

---

Proyecto de Pasantía de Grado, presentada como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

**AUTOR:** GENDRY ANGEL PÉREZ BARONA

**TUTOR:** ING. EDISSON JORDAN

AMBATO – ECUADOR

JULIO 2007

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ing. Edison Jordán

En calidad de Tutor de Pasantía sobre el tema:

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DEL CALDERO EN LA FABRICA “LAVANDERIAS NACIONALES” de Gendry Angel Pérez Barona, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización de la Facultad de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho Proyecto de Pasantía reúne los requisitos y meritos suficientes de conformidad con el articulo 68 capitulo IV de Pasantia del reglamento de graduación de Pregrado de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio del 2007

---

Ing. Edison Jordán  
TUTOR DE PASANTIA

## AUTORIA

El presente trabajo de investigación ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DEL CALDERO EN LA FABRICA “LAVANDERIAS NACIONALES” es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio del 2007

.....

**Gendry Angel Pérez Barona**

C.C. 180327177-2

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mis padres y toda mi familia que me apoyaron en el transcurso de mi época de estudio, y por haber compartido momentos buenos y malos de mi vida.

Gendry Pérez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por iluminar mi camino, a mis padres por apoyarme moral y económicamente, a la empresa Lavanderías Nacionales por permitirme realizar la pasantía, y al señor Ing. Edison Jordán por guiar e impartir sus conocimientos hacia mi persona

Gendry Pérez

# INDICE

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento Del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1 Datos informativos.....	4
2.2 Fundamentación Legal.....	4
2.3 Categorías Fundamentales.....	5
2.3.1 Lavanderías Nacionales.....	5
2.3.2 Ubicación.....	5
2.3.3 Lavado en solvente orgánico(en seco).....	7
2.2.4 Lavado con Agua.....	8
2.3.5 Servicios al cliente.....	9
2.3.6 Área Técnica.....	10
2.4 Manual de Mantenimiento.....	10
2.5 Fundamento Teórico-Técnico.....	11
2.5.1 Introducción.....	11
2.5.2 Calderas Industriales.....	13

2.5.3 Caldera.....	13
2.5.4 Calderas de Vapor.....	13
2.5.4.1 Cámara de Agua.....	13
2.5.4.2 Cámara de vapor.....	15
2.5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CALDEROS.....	15
2.5.6 TIPOS DE CALDEROS.....	15
2.5.6.1 Caldera Piro tubular.....	16
2.5.6.1.1 Horno horizontal.....	17
2.5.6.1.2 Horno interno.....	18
2.5.6.2 Características Importantes de los calderos de tubos de fuego...19	
2.5.6.3 Caldera Acuotubular.....	20
2.5.6.4 Calderas de tubos inclinados.....	21
2.5.6.5 Calderas de tubos doblados y paredes de agua.....	22
2.6 COMBUSTION EN CALDEROS.....	25
2.6.1 COMBUSTION COMPLETA.....	26
2.6.2 COMBUSTION INCOMPLETA.....	26
2.7 COMBUSTIBLES.....	28
2.7.1 TIPOS DE COMBUSTIBLE.....	29
2.8 SEGURIDAD.....	30
2.8.1 Seguridad en las calderas.....	30
2.9 MANTENIMIENTO.....	32
2.9.1 Personal.....	32
2.9.2 Herramientas.....	33
2.9.3 Iluminación.....	33
2.9.4 Manuales.....	33
2.9.5 Repuestos y servicio.....	33
2.9.6 Mantenimiento Correctivo.....	34
2.9.7 Mantenimiento Preventivo.....	34
2.9.8 Mantenimiento Predictivo.....	34
2.10 HIPÓTESIS.....	35



2.11 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.....	35
---	----

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.1.1 Investigación de Campo.....	36
3.1.2 Investigación Documental-Bibliográfica.....	36
3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.2.1 Investigación Exploratoria.....	37
3.2.2 Investigación Descriptiva.....	37
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.3.1 Población.....	37
3.3.2 Muestra.....	38
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	38
3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	38
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	38
3.7 EQUIPOS Y MATERIALES.....	39

### **CAPITULO IV**

#### **INFORME TÉCNICO**

4.1 CALDERO DE LA EMPRESA “LAVANDERIAS NACIONALES”.....	40
4.1.1 CARACTERISTICAS.....	40
4.1.2 FUNCIONAMIENTO.....	41
4.1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CALDERO.....	43
4.2 ABLANDAMIENTO DEL AGUA.....	44
4.2.1 AGUA DURA.....	44
4.2.2 CLASIFICACION DEL AGUA DE ACUERDO A SU DUREZA.....	45
4.2.3 QUE PROVOCA EL AGUA DURA.....	45
4.2.4 ABLANDAMIENTO.....	45

4.3 PROBLEMAS DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DEL AGUA EN CALDERAS.....	46
4.3.1 CORROSION.....	47
4.3.2 INCRUSTACION.....	48
4.3.3 Ensuciamiento por contaminación.....	49
4.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	51
4.4.1 CAMBIO ESTADÍSTICO DE COMBUSTIBLE.....	51

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones.....	54
5.2 Recomendaciones.....	55

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1 Tema de la Propuesta.....	57
6.2 Objetivos de la Propuesta.....	57
6.2.1 Objetivo General.....	57
6.2.2 Objetivos Específicos.....	57
6.3 Contenido de la Propuesta.....	58
6.4 Manual de mantenimiento preventivo.....	58
6.4.1 Mantenimiento diario. por el operador de la caldera.....	58
6.4.2 Mantenimiento cada tercer día , por el operador de la caldera.....	59
6.4.3 Mantenimiento cada ocho días. por el operador de la caldera.....	59
6.4.4 Mantenimiento quincenal. por el operador de la caldera.....	59
6.4.5 Mantenimiento mensual. por el operador de la caldera.....	60
6.4.6 Mantenimiento de caldera trimestral. por el operador de la caldera.....	60
6.4.7 Mantenimiento de caldera semestral.....	61
6.4.7 Mantenimiento de caldera anual.....	62
6.5 Manual de mantenimiento predictivo.....	63

6.5.1	Introducción.....	63
6.5.2	Definición del mantenimiento predictivo.....	64
6.5.3	Organización para el mantenimiento predictivo.....	64
6.5.4	Metodología de las inspecciones.....	65
6.5.5	Técnicas aplicadas al mantenimiento predictivo.....	66
6.6	Guía para identificación de fallas.....	75
6.6.1	Falla en el arranque.....	75
6.6.2	Falla en el encendido.....	77
6.6.3	Falla en la llama principal durante el arranque.....	78
6.6.4	Falla durante la operación.....	79
6.7	Tratamiento del agua para calderos.....	80
6.7.1	Propósito del tratamiento.....	80
6.7.2	Como se controla el tratamiento.....	80
6.7.3	Consideraciones especiales.....	80
6.7.4	Propósito del tratamiento.....	81
6.8	Normas de seguridad.....	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	ANEXOS.....	88

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Fig. 1</b>	
Partes de la caldera.....	11
<b>Fig.2</b>	
Caldero Tipo Piro tubular.....	16
<b>Fig.3</b>	
Caldero de Horno Horizontal.....	17
<b>Fig.4</b>	
Caldero de Horno Horizontal y de Horno Interno.....	18
<b>Fig.5</b>	
Caldera de tubos de fuego con dos pasos.....	19
<b>Fig.6</b>	
Calderos de tubos de fuego con tres pasos.....	19
<b>Fig.7</b>	
Caldero de tubos de fuego con cuatro pasos.....	20
<b>Fig.8</b>	
Caldero Tipo Acuotubular.....	20

<b>Fig.9</b>	
Caldera de Tubos inclinados.....	21
<b>Fig10</b>	
Calderas de tubos doblados y paredes de agua.....	23
<b>Fig. 11</b>	
Caldero Tipo A.....	24
<b>Fig. 12</b>	
Calderos tipo O y tipo D.....	24
<b>Fig. 13</b>	
Punto de rocío .....	28
<b>Fig. 14</b>	
Calderas de condensación.....	28
<b>Fig. 15</b>	
Caldero de LN .....	40
<b>Fig. 16</b>	
Válvulas de Alimentación de combustible .....	41
<b>Fig. 17</b>	
Válvula de Seguridad Alimentación de combustible.....	41
<b>Fig. 18</b>	
Bomba de Alimentación de agua.....	42
<b>Fig. 19</b>	
Quemador.....	43

<b>Fig. 20</b>	
Válvula de purga de fondo.....	44
<b>Fig. 21</b>	
Tapa exterior derecha .....	47
<b>Fig. 22</b>	
Area de combustible .....	51
<b>Fig. 23</b>	
Vibración de Cojinete.....	65

## INDICE DE TABLAS

### **Tabla N°1**

Tipos de combustible.....26

### **Tabla N° 2**

Diagrama Ostwald.....27

### **Tabla N° 3**

Combustible líquidos y gaseosos.....29

### **Tabla N° 4**

Tipos de Impurezas.....46

### **Tabla N° 5**

Numero de horas de operación del caldero en el mes de Marzo.....52

### **Tabla N° 6**

Numero de cambios de ocho muestras que han existido en el mes de marzo para el calculo de tiempo para el cambio de combustible.....53

## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO 1**

Vista Frontal del caldero de “Lavanderías Nacionales”

### **ANEXO 2**

Vista parte Tracera del caldero de “Lavanderías Nacionales”

### **ANEXO 3**

CHIMENEA

### **ANEXO 4**

ALIMENTACIÓN DE AGUA

### **ANEXO 5**

AREA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

### **ANEXO 6**

TABLERO DE CIRCUITO DE CONTROL

### **ANEXO 7**

MAQUINAS QUE FUNCIONAN A VAPOR

### **ANEXO 8**

Layout de la Empresa(Planta Baja)



## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente Perfil de Pasantía, tiene como objeto elaborar un manual de mantenimiento preventivo y predictivo del caldero, para dar un mejor funcionamiento, dar una mayor seguridad al caldero para su mejor desempeño y su rendimiento sea el más adecuado; así como también proporcionar a los empleados seguridad en el espacio de trabajo y evitar daños en la infraestructura de la fábrica, adecuado y necesario para desarrollar sus funciones de manera eficiente en toda el área de la empresa.

La elaboración del manual de mantenimiento preventivo y predictivo del caldero, se debe realizar con todas las especificaciones y normativas de seguridad acorde a la funcionalidad y necesidades de la empresa, mas aún cuando se deben evitar accidentes y daños de la maquinaria o paros en los procesos (lavado, secado y planchado) debido a la incorrecta manipulación o sin el conocimiento necesario para utilización del caldero.

El proyecto de pasantía de elaboración de un manual de mantenimiento del caldero está enfocado a minimizar el riesgo de accidentes, con la realización de un correcto mantenimiento preventivo y la realización de pruebas continuas de control. Los procedimientos para el mejor desempeño del plan de mantenimiento y pruebas dependerán de las características del equipo térmico y del medio sean los más adecuados en el que se analice el control del nivel de temperatura, presión, y de vapor para ejecución del proyecto de investigación.

## INTRODUCCIÓN

El presente perfil de pasantía ha sido implementar un manual preventivo y predictivo, realizando un diagnóstico para solucionar los problemas, alargar la vida del caldero para que aumente su eficiencia y por tanto, los costos de mantenimiento disminuyan.

Mi aspiración es presentar un trabajo de fácil comprensión del manual que contenga los principios básicos de mantenimiento del caldero.

El siguiente perfil está constituido de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene el Problema que investigaremos, el cual se constituyó en la pauta para comenzar nuestro análisis y al que quiere encontrar la solución para un correcto mantenimiento.

El Capítulo II tiene el Marco Teórico, que es la teoría y referencias fundamentales de la investigación, abarcando la definición, partes, tipos, clasificación de los calderos.

El Capítulo III es la Metodología de cómo y cómo se lleva a cabo la investigación, que enfoque se le ha dado al estudio, en este caso las observaciones diarias para la obtención de la información.

El Capítulo IV contiene el Funcionamiento actual del Aparato térmico e identificar los problemas y fallas.

El Capítulo V tiene las Conclusiones y Recomendaciones, que han resultado del estudio y con las cuales la empresa podrá mejorar su productividad.

Finalmente el Capítulo VI tiene la Propuesta, en donde como resultado del manual podremos dar a la empresa para mejorar el funcionamiento del aparato térmico.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DEL CALDERO EN LA FABRICA “LAVANDERIAS NACIONALES”

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

La Fabrica “LAVANDERIAS NACIONALES” actualmente se dedica a dar servicio de Tinturado y Lavado en seco de diferentes tipos de prendas de vestir, como también el lavado de muebles, alfombras, cortinas, etc; para lo cual tiene un Caldero que es de vital importancia en la realización de estos servicios, ya que se requiere del vapor para los procesos de lavado, secado, y planchado para disminuir el tiempo y dar mayor calidad a sus clientes. Para poder evitar paralización de estos procesos, evitar daños al personal e infraestructura de la fabrica se debe realizar un correcto mantenimiento preventivo del Caldero.

#### 1.2.1 Contextualización

“Lavanderías Nacionales” es una empresa que ha dado su servicio a la comunidad de Ambato, Latacunga y Chimborazo por más de 35 años un trabajo eficiente con excelencia y calidad, que de esta manera a podido ganarse el prestigio de sus clientes.

El mantenimiento del Caldero en la fabrica “Lavanderías Nacionales” requiere dar un mejor funcionamiento, una mayor seguridad al caldero

para que su mejor desempeño y rendimiento sea el mas adecuado; así como también proporcionar a los empleados seguridad en el espacio de trabajo y evitar daños en la infraestructura de la fabrica, adecuado y necesario para desarrollar sus funciones de manera eficiente en toda el área de la empresa.

La elaboración del manual de mantenimiento preventivo del caldero, se debe realizar con todas las especificaciones y normativas de seguridad acorde a la funcionalidad y necesidades de la empresa, mas aún cuando se deben evitar accidentes y daños de la maquinaria o paros en los procesos(lavado, secado y planchado) debido a la incorrecta manipulación o sin el conocimiento necesario para utilización del caldero.

El proyecto de pasantia de elaboración de un manual de mantenimiento del caldero esta enfocado a de minimizar el riesgo de accidentes, con la realización de un correcto mantenimiento preventivo y la realización de pruebas continuas de control. Los procedimientos para el mejor desempeño del plan de mantenimiento y pruebas dependerán de las características del equipo térmico y del medio sean los mas adecuados en el que se analice el control del nivel de temperatura, presión, y de vapor para ejecución del proyecto de investigación.

### **1.2.2 Formulación del problema:**

¿La elaboración de este manual de mantenimiento preventivo, dará como resultado un mayor conocimiento y seguridad al personal que labora en la fabrica y un mejor desempeño en su trabajo, también dar mantenimiento para alargar la vida útil del caldero y todas las demás maquinas(lavadoras, planchas y secadoras) que funcionan con el vapor; de la fabrica “Lavanderías Nacionales”?, de esta manera la empresa

cumplirá con las respectivas especificaciones, normas de mantenimiento y seguridad para el buen uso de operación del caldero.

### **1.3. JUSTIFICACION**

La justificación de este proyecto es acertada ya que la fabrica no tiene un manual de mantenimiento preventivo de calderas ya que desconocen de los riesgos que pueden ocurrir sino se da un correcto mantenimiento, también se justifica porque no tienen personal capacitado para la operación del caldero los obreros se ven obligados a asumir la responsabilidad de su operación, pudiendo dar como resultado accidentes al personal y destrucción en la infraestructura de la fabrica.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 General**

- Elaborar un Manual de Mantenimiento Preventivo y Predictivo del Caldero en la fabrica “Lavanderías Nacionales” de la ciudad de Ambato.

#### **1.4.2 Específicos**

- Identificar y analizar los factores que afectan el buen funcionamiento del Caldero.
- Establecer las respectivas normas de seguridad industrial para el adecuado uso y funcionamiento del aparato térmico.
- Analizar los procesos mas adecuados para un correcto mantenimiento del Caldero.
- Planificar el mantenimiento preventivo y predictivo para alargar la vida útil del aparato térmico.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

La Facultad de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Técnica de Ambato, revisando proyectos de pasantías no se ha encontrado la existencia de ningún otro proyecto similar o igual al problema de investigación.

#### **2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

“Lavanderías Nacionales” inicio a prestar sus servicios como Química Nacional en el año de 1972 en la ciudad de Latacunga de una manera artesanal; brindando su servicio a las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.

En el año de 1978 Química Nacional se traslada a la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua con maquinaria moderna, ecológica marca RENZASSI de procedencia Italiana en la casa del Sr. Jorge Jácome entre las calles Guayaquil y Bolívar y entregando sus servicios a los mismos clientes de las provincias ya mencionadas.

La empresa crece notoriamente en todo aspecto y en el año de 1988 la fabrica se traslada a sus propias instalaciones ubicada en las calles Barcelona y Manuelita Sáenz en una área de 2360 m<sup>2</sup> aproximadamente. En 1998 cambia la razón social de “Química Nacional” por “Lavanderías Nacionales”

La empresa “Lavanderías Nacionales” esta representada por el ingeniero Luis Humberto Córdova Núñez desde 2 de Febrero del 2002. La empresa esta bajo la supervisión del Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas (CONSEP), Ministerio de Salud; afiliados a la Cámara de Comercio e Industrias de Tungurahua y además cumple permisos municipales entre otros.

## **2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.3.1“LAVANDERIAS NACIONALES”**

“Lavanderías Nacionales” debido al gran demanda de sus clientes abierto sucursales en el cantón Salcedo y la ciudad de Latacunga para brindar un mejor servicio de excelente calidad.

“Lavanderías Nacionales” consta de las siguientes áreas:

- Oficinas: Gerencia-Contabilidad
- Recepción-Entrega
- Bodega de Químicos
- Técnico
- Galpón de maquinaria
- Parqueamiento para carga y descarga
- Cisternas
- Área para almacenamiento de combustible
- Área de acabados especiales

La empresa esta constituida por la sección de:

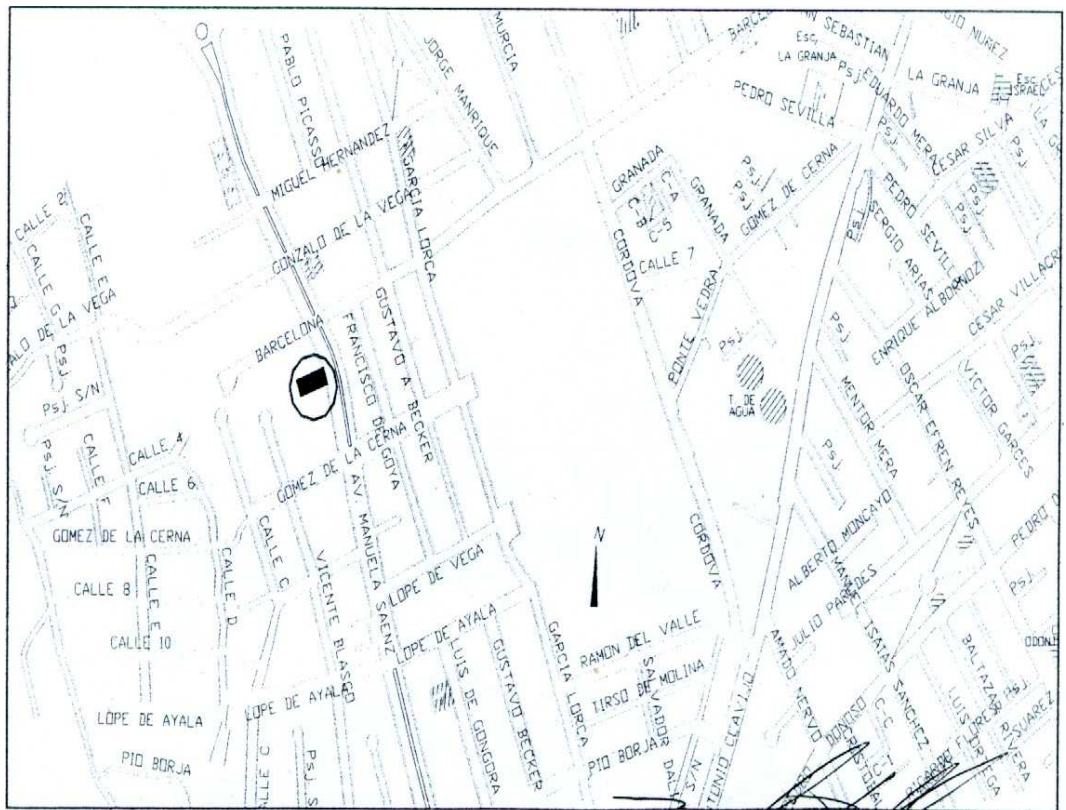
- Lavado en seco y
- Lavado al agua

### **2.3.2 UBICACION**

Lavanderías nacionales se encuentra ubicada en las calles Barcelona 1407 y Manuelita Sáenz de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua.

El sector es de uso residencial tipo medio en consolidación, destacándose las edificaciones siguientes:

- Viviendas unifamiliares de una o dos plantas
- Templo Católico Reina del Cisne
- Instalaciones de la Asociación de Futbol Profesional de Tungurahua
- Colegio de Ingenieros Agrónomos



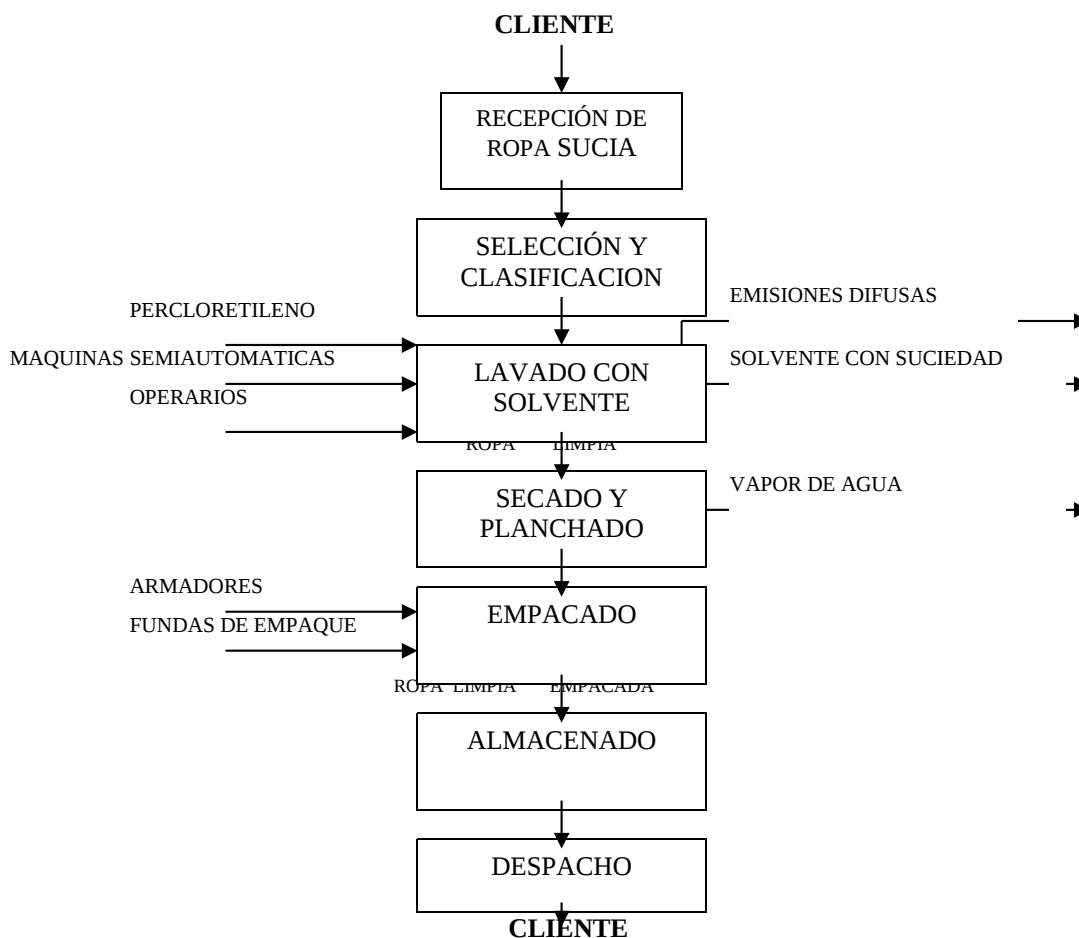


### 2.3.3 Lavado en solvente orgánico(en seco)

El servicio de lavado con solvente orgánico (percloro etileno) de prendas de vestir dentro del área denominada Lavado en Seco en esta sección se han implementado 6 maquinas(lavadoras industriales), que son utilizadas para el lavado acuoso y una mini-plataforma(piedra) para el lavado manual de aquellas prendas o partes que lo requieran.

Además, al interior de esta sección se complementa la actividad de lavado con los procesos de planchado y secado a vapor.

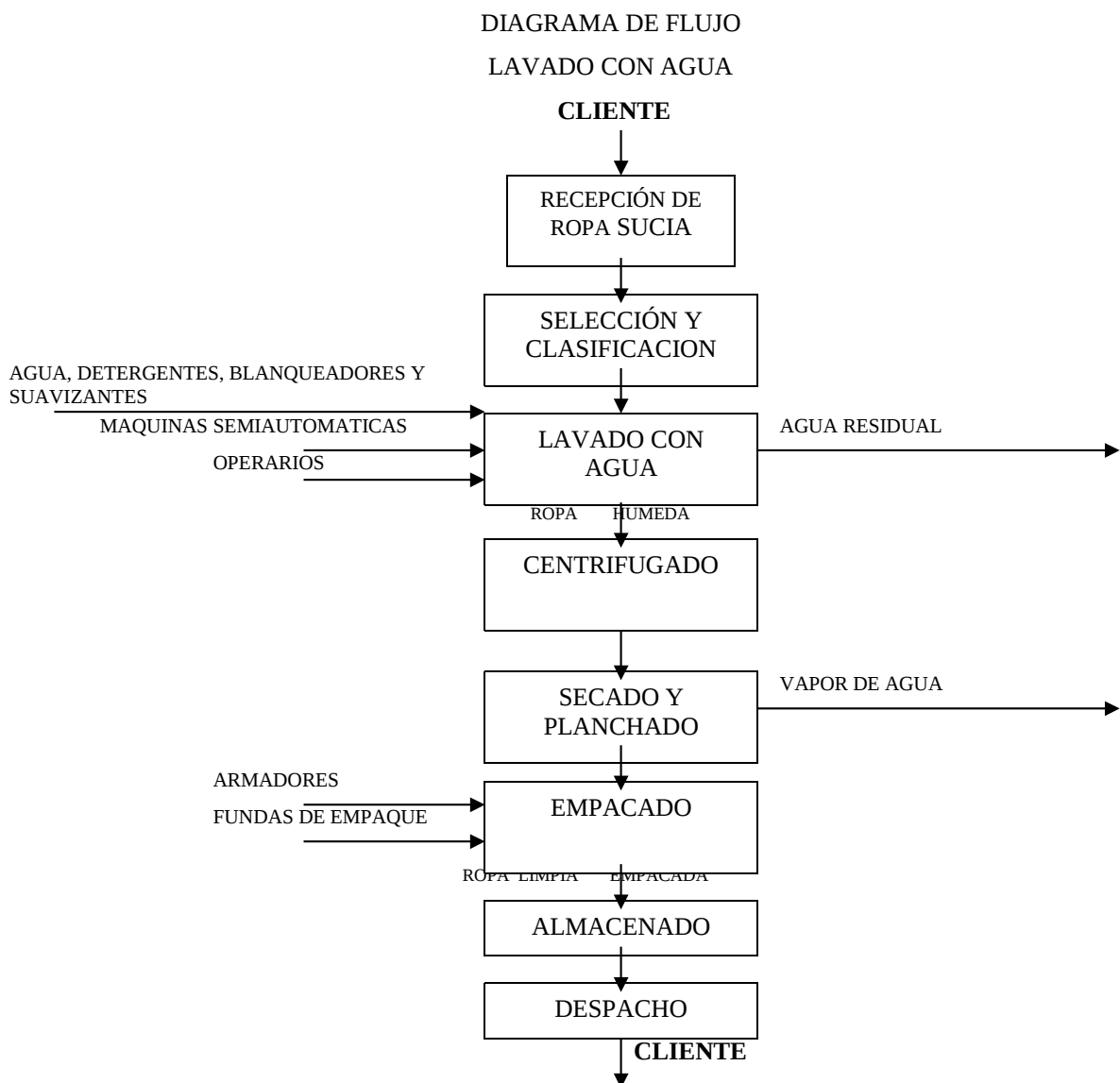
DIAGRAMA DE FLUJO  
LAVADO EN SECO



**Realizado por:** Gendry Pérez – **Fuente:** “Lavanderías Nacionales”

### 2.3.4 Lavado con Agua

El proceso es similar al desarrollado por una lavadora doméstica, la diferencia radica en la cantidad de prendas procesadas. La empresa dispone de cinco maquinas para el proceso de lavado con agua como también tres centrífugas, y una secadora para el proceso de prendas pequeñas, medianas y grandes(manteles, sabanas, etc). Los insumos para estos procesos es de detergentes, jabón en barra, blanqueadores y suavizantes.



**Realizado por:** Gendry Pérez – **Fuente:** “Lavanderías Nacionales”

### 2.3.5 Servicios al cliente

La empresa da servicio al publico en general para el lavado de prendas de vestir y ropa al peso así también como el lavado de muebles,

alfombras, cortinas, etc. Utilizando perclorotileno para el lavado en seco y el agua y detergentes ecológicos para prendas lavado al peso.

“Lavanderías Nacionales” es una empresa sólida que tiene para sus clientes como visión, misión y objetivos de:

#### VISION.-

Generar un servicio de calidad en los diferentes procesos que se realizan de acuerdo a los requerimientos de nuestros consumidores; así como la satisfacción de los clientes en lavado en agua o al seco de toda clase de prendas.

#### MISIÓN.-

Ampliar el servicio que viene entregando la empresa a los confeccionistas de la zona centro del país mediante la implementación de maquinaria de alta tecnología y personal capacitado.

#### OBJETIVOS.-

General:

- Incrementar el servicio paulatinamente de 10% mensual hasta alcanzar un promedio mínimo de incremento en relación al año pasado; mediante la adquisición e implementación de maquinaria con tecnología de punta.

Específicos:

- Analizar e identificar el destino de nuestros servicios.
- Determinar capacidades actuales de producción con la maquinaria que dispone la empresa.
- Especificar la maquinaria con tecnología de punta que se desea adquirir.

### **2.3.6 Área Técnica.**

La Area Técnica es responsable y encargada de mantener en buen funcionamiento de todos los equipos de la empresa como del caldero,

planchas, secadoras, lavadoras semiautomáticas, centrífugas, compresor, motores, cisterna, tableros eléctricos-electrónicos y tuberías de agua de esta manera se evitara el paro de la actividad diaria del servicio de la empresa y del área de la producción.

#### **2.4 Manual de Mantenimiento.**

Con un adecuado manual de mantenimiento, nos permitirá conocer e identificar los daños más comunes y de mayor frecuencia que se han producido en los actuales momentos así podremos evitar que nuevamente se produzcan con el continuo trabajo técnico de manera eficiente, que contribuirá a un mejor rendimiento, para el uso correcto de la maquinaria.

Los maquinistas y trabajadores deben conocer bien el manual de operación y las instrucciones necesarias para operar el aparato térmico. Los operadores de calderas deben inspeccionar diariamente con el objeto de observar el estado de fugas en las tuberías, nivel de presión, nivel de temperatura, funcionamiento de válvulas de seguridad así como otros indicadores.

El personal encargado de la operación del caldero es responsable de indicar las partes dañadas que se deben cambiar o reparar inmediatamente así como fugas de vapor, válvulas de seguridad en mal estado, cables obsoletos del tablero eléctrico-electrónico, tuberías, etc; y deben ser registrados para dar el correcto y eficiente mantenimiento y seguridad al aparato térmico.

Para todas las calderas de vapor y de agua sobrecalentada se considerará imprescindible la adopción de un tratamiento de agua eficiente, que asegure la calidad de la misma, así como de un régimen adecuado de controles, purgas y extracciones. Será obligación del usuario mantener el agua de las calderas, como mínimo, dentro de las especificaciones de seguridad. A estos efectos el usuario realizará o hará realizar los análisis

pertinentes y, si es necesario, instalará el sistema de depuración que le indique una empresa especializada en el tratamiento de agua.

## 2.5 FUNDAMENTO TEORICO-TECNICO

### 2.5.1 INTRODUCCIÓN

Las calderas: la energía de un combustible se transforma en calor para el calentamiento de un fluido.

*Partes:*

- Hogar
- Quemador
- Humos
- Intercambiador de calor
- Fluido caloportador
- Chimenea.

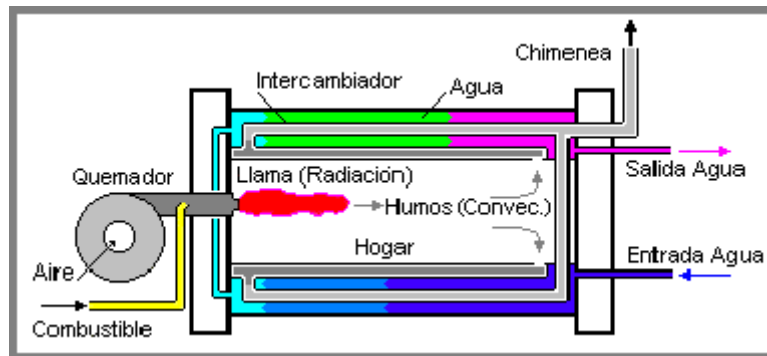


Fig.01 Partes de la caldera

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

Las Calderas o Generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan el agua para aplicaciones en la industria.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etc., hasta que Papin creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya

que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

Luego de otras experiencias, James Watt completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica, ya que era un industrial inglés muy conocido.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776.

Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua, de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continúa en el nuestro.

Máquinas de vapor alternativas de variada construcción han sido usadas durante muchos años como agente motor, pero han ido perdiendo gradualmente terreno frente a las turbinas. Entre sus desventajas encontramos la baja velocidad y (como consecuencia directa) el mayor peso por kW de potencia, necesidad de un mayor espacio para su instalación e inadaptabilidad para usar vapor a alta temperatura.

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros. Vemos una caldera multi-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón o lignito. El humo, es decir los gases de combustión caliente, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos.

Para medir la potencia de la caldera, y como dato anecdótico, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó HORSE POWER, potencia de un caballo.

Posteriormente, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg. Pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt.

## **2.5.2 CALDERAS INDUSTRIALES**

Las calderas Industriales, son diseñadas para usar la energía química de combustible, para incrementar la energía contenida en el agua o un fluido, el cual a su vez puede ser usado en procesos de calentamiento y potencia.

### **2.5.3 CALDERA**

Una caldera es un recipiente cerrado donde agua bajo presión es transformada en vapor por aplicación de calor.

En la cámara de combustión, la energía química en el combustible es convertida en calor, y es función de la Caldera transferir este calor al agua de la manera más eficiente.

### **2.5.4 CALDERAS DE VAPOR**

Las calderas de vapor, básicamente constan de 2 partes principales:

- Cámara de agua y;
- Cámara de vapor.

#### **2.5.4.1 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 cms. por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma 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 H 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 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, con 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. Son muy peligrosas en caso de explosión y poco económicas.

Por otro lado, la caldera 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.

#### **2.5.4.2 Cámara de vapor.**

Es el espacio ocupado por el vapor en el interior de la caldera, en ella debe separarse el vapor del agua que lleve una 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.

### 2.5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS CALDEROS

Los calderos se clasifican de acuerdo a la naturaleza del servicio que presten.

Tradicionalmente las calderas se clasifican en:

- **Uso**
  - Móviles o (Portátiles)
  - Estacionarias
- **Presión**
  - De Mínima Presión
  - De Baja Presión
  - De Generación de Fuerza
- **De acuerdo a su tamaño**
  - Calderos ensamblados en su lugar de operación
- **De acuerdo a su eje**
  - Calderos ensamblados en su Fábrica (Tipo Paquete)
- **Contenido de los tubos**
  - Calderas de tubos de humo o pirotubulares
  - Calderas acuotubulares

### 2.5.6 TIPOS DE CALDEROS

Los tipos de calderos generalmente, se clasifican en Pirotubular o (de tubos de Humo) y Acuotubular o (de tubos de Agua).

#### 2.5.6.1 Caldera Pirotubular

En estas calderas, los gases de combustión son obligados a pasar por el interior de unos tubos, que se encuentran sumergidos en la masa de agua. Todo el conjunto, agua y tubo de gases, se encuentra

rodeado por una carcaza exterior. Los gases calientes, al circular por los tubos, ceden calor, el cual se transmite a través de los tubos, y posteriormente al agua.

La presión de trabajo normalmente no excede los 20 kgf/cm<sup>2</sup>, ya que a presiones más altas obligarían a espesores de carcaza demasiados grandes. Su producción de vapor máxima se encuentra alrededor de 25 ton/hr.

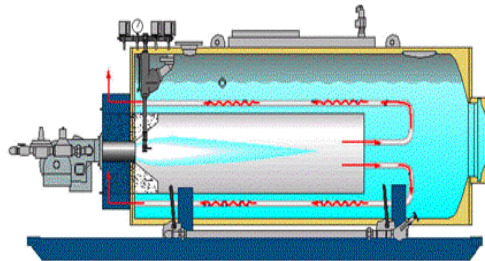


Fig. 02 Caldero Tipo Piro-tubular

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

#### **Ventajas:**

- Menor costo inicial debido a su simplicidad de diseño.
- Mayor flexibilidad de operación
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación.

#### **Inconvenientes:**

- Mayor tamaño y peso.
- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- No son empleables para altas presiones.

Las calderas piro-tubulares se desarrollaron principalmente en dos modelos: el horno horizontal y el horno interno o tipo escocés.

#### **2.5.6.1.1 Horno horizontal**

Son calderas con un bajo costo inicial y de construcción simple, muy usadas en sistemas de calentamiento de edificios y producción de vapor en pequeñas fábricas. Constan de un casco de almacenamiento de agua en forma de cilindro, con gruesas paredes terminales (tapas extremas), entre las cuales se encuentra soportado un gran número de tubos de 3" o 4" de diámetro, aunque se pueden tener diámetros menores para dar mayor superficie de transferencia y mayor generación de vapor.

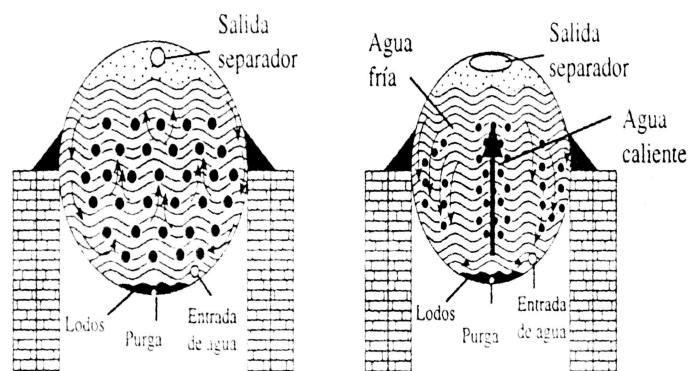


Fig. 03  
Caldero de Horno Horizontal  
Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

La caldera de la Fig. 03 es un tambor de vapor cilíndrico en corte transversal, soportado sobre muros de ladrillo en un horno. A la izquierda se muestran los primeros diseños y a la derecha, se muestra otro mejorado, respecto al concepto de circulación natural del agua dentro del tambor, para dar mayor eficiencia. Las flechas indican las interacciones de las partículas de agua entre sí. La parrilla de combustión o quemador, estaba localizada directamente debajo de la parte frontal del casco o tambor. Este tipo de caldera fue muy utilizado en los barcos. En la Fig. 03 de la izquierda se ve la ineficiencia de la circulación y en cambio, a la derecha, se ve cómo el agua caliente sube por la parte central y baja lateralmente, logrando una aceptable eficiencia en la circulación.

#### 2.5.6.1.2 Horno interno

En este tipo de caldera denominada tipo escocés, la combustión tiene lugar en un horno cilíndrico que se encuentra dentro del casco o tambor de la caldera. Los tubos de humos o fuegos están a lo largo del casco y envuelven al horno por los lados y su parte superior. Actualmente se construyen en forma de calderas paquete, son portátiles y fácilmente transportables.

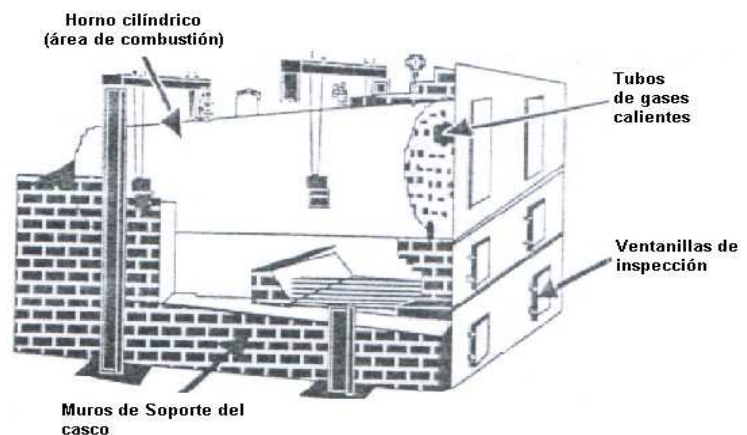


Fig. 04

## Caldero de Horno Horizontal y de Horno Interno

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

En la caldera de la fig. 04, los gases calientes que salen del horno cambian de dirección en una cámara en el extremo y regresan, recorriendo completamente la unidad hasta una caja de humos localizada en el frente (parte superior), hacia la chimenea. (2 pasos).

### 2.5.6.2 Características Importantes de los calderos de tubos de fuego

Capacidad máxima: 850 BHP (1BHP = 8.436 Kcal/h)

Presión máxima : 250 psi

Intensidad de vaporización: 6,9lb vapor/h pie<sup>2</sup>

(1BHP corresponde a 5 pies<sup>2</sup> de superficie de caldeo)

Tubos generalmente de 2 a 2 1/2 pulgadas de diámetro exterior, con arreglo generalmente triangular y distancias de 1 a 1 1/2 pulgadas entre ellos.

Número de pasos de los gases por los tubos antes de salir por la chimeneas 2, 3 y 4 (Fig. 05, 06 y 07) siendo más eficientes en recuperación de calor los de mayor número de pasos. Eficiencia total: alrededor del 80%

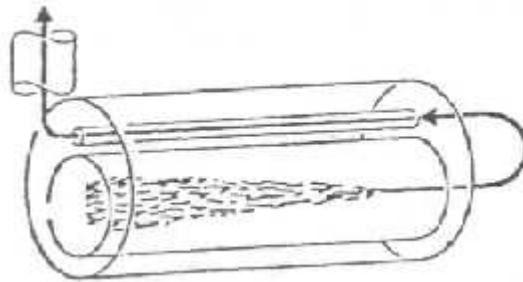


Fig. 05

Caldera de tubos de fuego con dos pasos

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

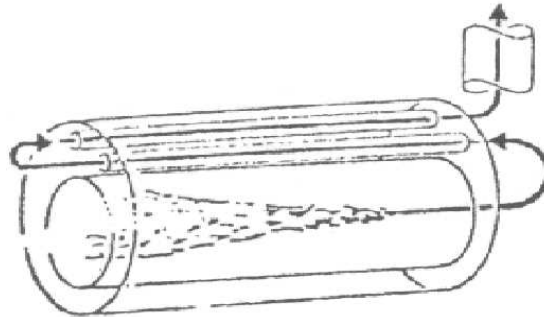
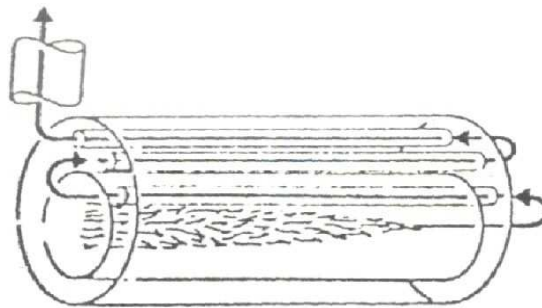


Fig. 06

Calderos de tubos de fuego con tres pasos

Fuente:



[http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

Fig. 07

Caldero de tubos de fuego con cuatro pasos

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

### 2.5.6.3 Caldera Acuotubular

En estas calderas los gases de combustión circulan por la parte externa de los tubos, mientras que por su interior lo hace el agua.

Estas calderas tienen un gran espectro de producción de vapor, la cual puede variar desde una pequeña producción, en calderas compactas, hasta las grandes producciones de 1000 ton/h y presiones hasta 150 kg/cm<sup>2</sup>, cómo es el caso de las centrales termoeléctricas.

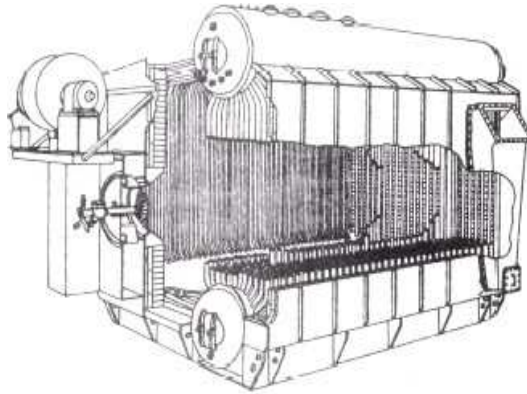


Fig. 08 Caldero Tipo Acuotubular

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

**Ventajas:**

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente.
- Son pequeñas y eficientes.
- Trabajan a 30 más atm.

**Inconvenientes:**

- Mayor costo
- Debe ser alimentadas con agua de gran pureza.

Las calderas acuotubulares son de dos tipos, de tubos inclinados y de tubos doblados y paredes de agua

**2.5.6.4 Calderas de tubos inclinados**

Las calderas de tubos inclinados están construidas por bancos de tubos en zig zag, con una inclinación de 15° a 25° para favorecer la circulación y propiciar el drenaje libre de los lodos, formados

como consecuencia de los tratamientos químicos internos del agua en la caldera.

Su construcción propiciaba rápidos tiempos de arrancada y su alta confiabilidad respecto al manejo de los lodos que se generaban, la hacían importante en el proceso energético. Su producción estaba limitada a 10.000 Ib/h por cada pie de ancho de la caldera. La fig. 09 muestra un corte seccional de este tipo de caldera.

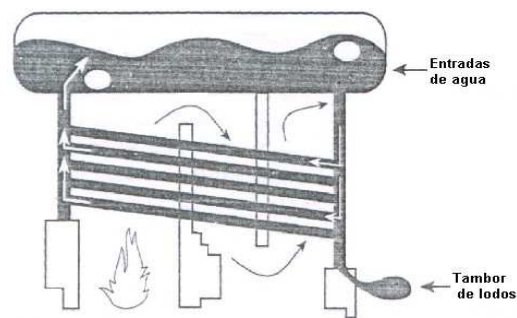


Fig. 09 Caldera de Tubos inclinados

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

Su principal desventaja consistía en su limitada capacidad para una separación adecuada del vapor y del agua en altas tasas de evaporación y una pobre distribución de la circulación dentro de la caldera. La Fig. 09 muestra la inclinación de los tubos para facilitar la circulación y drenaje de lodos.

#### 2.5.6.5 Calderas de tubos doblados y paredes de agua

Este diseño de caldera ofrece mayor flexibilidad para lugares donde la altura libre sea limitada, ya que el doblado de la tubería permite una mayor longitud equivalente de calor, que compensa la reducción de la altura. La caldera puede hacerse ancha y baja o puede ser alta y estrecha, en los sitios donde la limitante sea la amplitud. Los principales elementos de una caldera de este tipo son esencialmente los tambores conectados por tubos doblados. Las primeras unidades fueron de 4 tambores y aunque éste era un



diseño bastante aceptable, fue mejorado por el de 3 y más tarde por el de 2 tambores. La Fig. 10 muestra 3 tambores y abajo 2.

Algunas ventajas de las calderas de tubos doblados, sobre las de tipo inclinado son:

- Respuesta rápida a fluctuaciones de carga.
- Gran economía en la construcción y operación.
- Mayor accesibilidad para limpieza y mantenimiento.
- Producción de un vapor de mejor calidad.

Cuando se necesitaron calderas de mayor capacidad, se hizo necesario aumentar el tamaño de los hornos, lo que incrementó la temperatura en ellos. Esto trajo como consecuencia un excesivo mantenimiento en el refractario del horno, especialmente cuando se quemaba carbón.

Las de más altas ratas, aumentaron de hecho el flujo de gases, incrementando a su vez la suciedad en las superficies de transferencia.

Dentro de los esfuerzos por producir calderas más eficientes y económicas, los diseñadores desarrollaron un horno virtualmente rodeado por una superficie de transferencia en forma de jaula de tubos o paredes de enfriamiento con agua. Estas paredes, constituidas por bancos o paquetes de tubos, se denominaron paredes de agua o de tubos de agua y además de evitar las excesivas temperaturas por ensuciamiento, aumentaron la capacidad de generación.

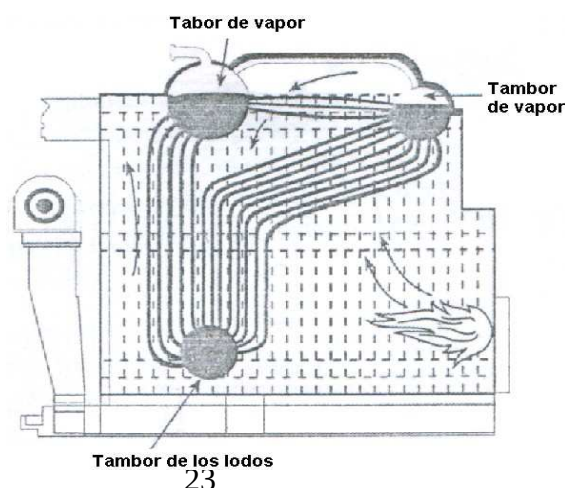


Fig.10

Calderas de tubos doblados y paredes de agua

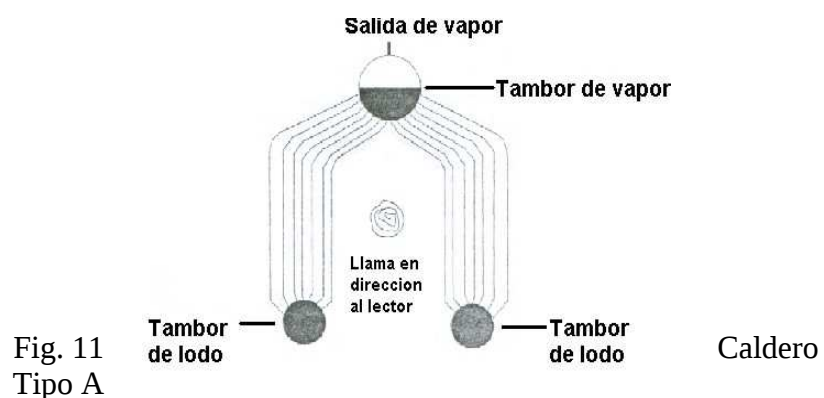
Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

A partir del desarrollo de este tipo de calderas, los diseños se estandarizaron en tres tipos básicos:

- Calderas tipo A,
- Calderas tipo O y
- Calderas tipo D.

### Caldera tipo A

Como su forma lo muestra, (Ver Fig.11), constan de un tambor de vapor en la parte superior y dos tambores de lodos, arreglados de forma que se asemejan a una A, con el tambor de vapor en el vértice superior y los tambores de lodos en el fondo, a lado y lado. Cada uno de los haces de tubos laterales conforman el horno de la caldera. Este tipo desbalanceaba la llama hacia uno u otro lado dependiendo del estado de circulación natural de cada extremo.



Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

### Caldera tipo O

Constan de un tambor de vapor localizado directamente encima del tambor de lodos, pero de manera que ambos se encuentran en el centro de la caldera y los tubos que los unen asemejan una O. (Ver Fig.12, lado izquierdo). En éstas el horno es un "tubo" en el cual, como lo muestra la figura, la llama recorre toda su extensión, propiciando condiciones de limpieza de las tuberías, puesto que los gases avanzan paralelos a las tuberías de convección.

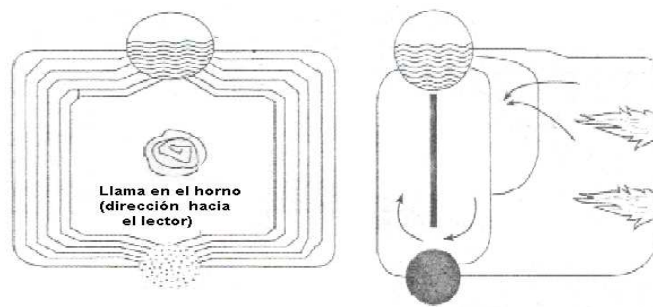


Fig. 12 Calderos tipo O y tipo D

Fuente: [http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

### Caldera tipo D

El tambor de vapor de estas calderas (Fig. 12, derecha) está directamente encima del tambor de lodos, pero hacia un lado del horno; una serie de tubo-s une los tambores verticalmente. Esta es la clásica conformación geométrica para hacer circulación natural. El resto de tubos se extiende horizontalmente desde los tambores de vapor y lodos hasta las paredes del horno, donde se convierten en tubos de pared de agua.

Las calderas más utilizadas en nuestros días, para el segmento industrial, son las de tipo D de dos tambores (como las de fig. 12, derecho).

## 2.6 COMBUSTION EN CALDEROS

Reacción [combustible - comburente] = calor

A un nivel termico aprovechable

El quemador es el encargado de que la mezcla sea la apropiada.

La cantidad de calor por unidad de masa que desprende un combustible al quemarse es el Poder Calorífico (kJ/kg).

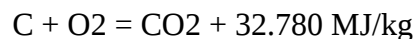
❖ PCI (el vapor de agua de los humos no condensa)

❖ PCS (se condensa el vapor de agua de los humos)

Los elementos básicos que reaccionan son:

- El oxígeno del aire como comburente (aprox. 1m<sup>3</sup> por kWh)
- El carbono y el hidrógeno del combustible
- Otros elementos (azufre), e inertes (cenizas).

• Reacciones del Carbono :



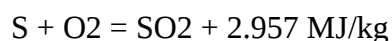
• La reacción del Hidrógeno es:



Si el agua se condensa:



• La reacción de Azufre es:



### 2.6.1 COMBUSTION COMPLETA

La combustión completa se llama **estequiométrica**, todo el carbono se oxida en CO<sub>2</sub> .

- $C + O_2 = CO_2$  12 g de C necesitan 22,4 litros de O<sub>2</sub>
- $H_2 + 1/2 O_2 = H_2O$  2 g de H<sub>2</sub> necesitan 11,2 litros de O<sub>2</sub>
- $S + O_2 = SO_2$  32 g de S<sub>2</sub> necesitan 22,4 litros de O<sub>2</sub>

## 2.6.2 COMBUSTION INCOMPLETA

La **combustión incompleta** se produce si existe CO en los humos. El aire contiene el 21% de O<sub>2</sub> ,se necesitan 4,76 veces más de aire. Conociendo la composición del combustible es posible conocer la cantidad de oxígeno necesaria.

Combustible	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) de aire
Metano	9,57
Etano	16,75
Propano	12,119
Butano	11,925

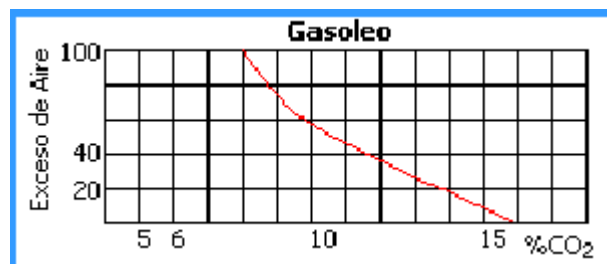
Tabla01: Tipos de combustible

Fuente: <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

Para obtener una combustión completa se requiere un exceso de aire, que depende de: el combustible, y de la homogeneidad de la mezcla Combustible comburente que se consiga en el quemador.

El exceso de aire empleado se deduce del contenido de CO<sub>2</sub> en los humos.

Existen unos gráficos.



$$\text{Exceso de Aire} = \frac{\text{Aire Suministrado} - \text{Aire Estequiométrico}}{\text{Aire Estequiométrico}} \times 100 (\%)$$

El exceso de aire no es deseable, es una masa que absorbe calor y disminuye la Tª final y el nivel energético.

Para combustiones incompletas se emplea el Diagrama Ostwald; para el Gasóleo C es el siguiente:

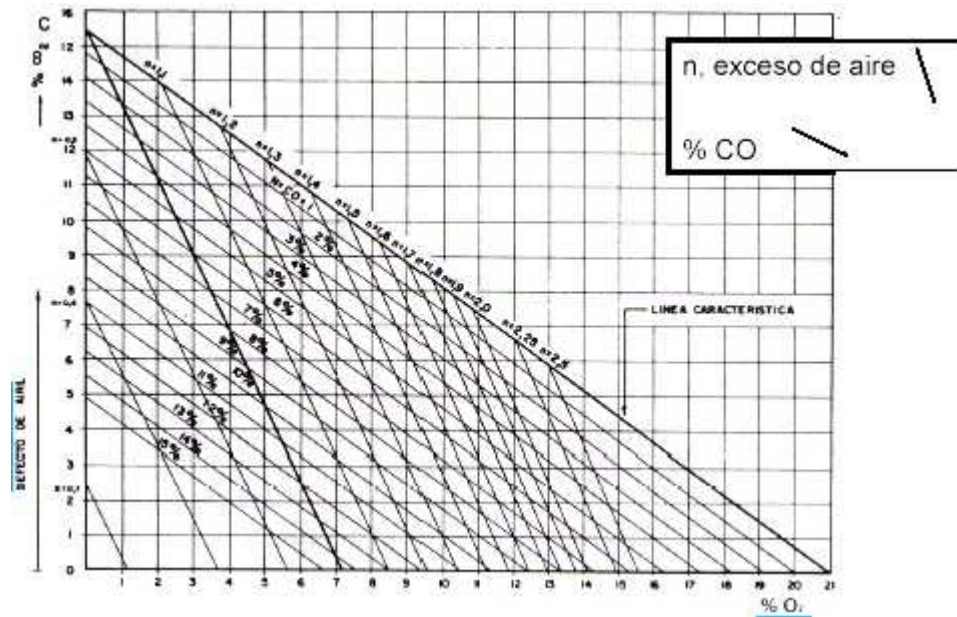


Tabla02: Diagrama Ostwald

Fuente: <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

**Punto de rocío** húmedo y ácido = limitan la temperatura de los humos

Gas Natural 155 gr.agua/kWh = (T humos mayor)

Gasóleo C87 gr.agua/kWh

SO3 +H2O =SO4H2 T>130°C

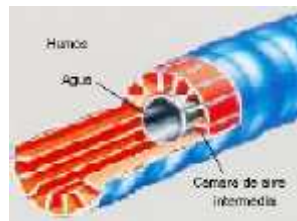


Fig13: Punto de rocío

Fuente: <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

Las superficies han de estar a temperaturas mayores: tubos de doble pared (aumento del A intercambio), o mantener la temperatura de retorno a la caldera alta con un bypass

Calderas de condensación (materiales resistentes)

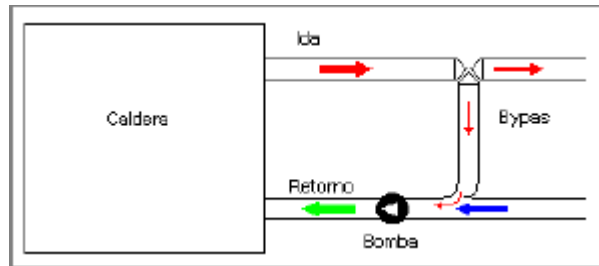


Fig14: Calderas de condensación

Fuente <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

## 2.7 COMBUSTIBLES

Los combustibles se clasifican en: sólidos, líquidos y gases.

Propiedades de los combustibles

- Potencia o poder calorífico; el superior y el inferior.
- Límite de inflamabilidad: porcentajes de combustible y aire en la mezcla, a presión y temperatura para que sea de forma autosostenida
- Velocidad de propagación de la llama: en un frente gaseoso.
- Temperatura de ignición; punto de inflamación (combustibles líquidos); temperatura a la cual la velocidad de combustión es lo suficientemente elevada para que la combustión se propague
- Índice Wobbe; (combustibles gaseosos), es el cociente entre el PCS y la raíz cuadrada de la densidad relativa respecto del aire (MJ/m<sup>3</sup>).

Marca tres familias:

A (23,86 a 31,4 gas ciudad);

B (41,28 a 57,99 gas natural)

C (77,46 a 92,4 GLP).

## 2.7.1 TIPOS DE COMBUSTIBLE

Los combustibles sólidos, importan el carbono fijo, la humedad, las cenizas y las materias volátiles.

Los combustibles líquidos, fuelóleo, y gasóleo C.

Distribución en camiones cisterna y almacenamiento en un depósito central, alcanzando la caldera por una red de tuberías.

Los combustibles gaseosos, butano, propano, gas natural.

Composición variable, y el suministro puede ser por medio de canalizaciones a alta baja o media presión, con depósitos fijos o con depósitos móviles (bombonas); necesitan vaporización

Los combustibles líquidos y gaseosos logran mejor mezcla con el aire, y ensucian menos que los sólidos.

	Unidad	PCS kWh/kg	Propano	Butano	GN	Gas-oil C	Gas-oil C
			kg	kg	Nm <sup>3</sup>	litro	kg
Propano	kg	13,837 kWh / kg	1	1,008	1,17	1,295	1,126
Butano	kg	13,72 kWh / kg	0,99	1	1,16	1,28	1,14
GN	Nm <sup>3</sup>	11,8 kWh / Nm <sup>3</sup>	0,85	0,86	1	1,1	0,96
Gas-oil C	Litro	10,69 kWh / kg	0,77	0,778	0,906	1	0,887
Gas-oil C	kg	12,03 kWh / kg	0,869	0,876	1,01	1,126	1

Tabla03: Combustible líquidos y gaseosos

Fuente: <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

## 2.8 SEGURIDAD

El programa de seguridad es el punto de partida para prevenir los riesgos en el trabajo; si se desea reducir al mínimo la posibilidad de sufrir un accidente en nuestro lugar de trabajo, es necesario establecer un conjunto de actividades que nos permitan recopilar toda la información adecuada para detectar las áreas, zonas o procesos con mayor probabilidad de ocasionar un accidente, así como las condiciones que rodean a los trabajadores en esa zona, con el fin de poder emprender las acciones correctivas necesarias.

### 2.8.1 Seguridad en las calderas



Los trabajadores que usan y hacen el mantenimiento a calderas saben que éstas son potencialmente peligrosas. Las calderas son recipientes cerrados con quemadores de gas o electricidad que calientan agua u otros líquidos para generar vapor. El vapor está a presión y sobrecalentado, y se usa para generar electricidad, para calefacción o para otros propósitos industriales. Aunque las calderas normalmente están equipadas con una válvula de alivio de presión, si la caldera no puede resistir la presión, la energía que contiene el vapor se libera instantáneamente. Esta combinación de metal explotando y vapor sobrecalentado puede ser extremadamente peligrosa.

Sólo trabajadores autorizados y debidamente capacitados deben operar las calderas. Los trabajadores deben conocer bien el manual de operación y las instrucciones del fabricante de la caldera. Los operadores de calderas deben inspeccionar las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores, así como otras funciones.

Muchas calderas viejas, así como las tuberías de vapor o agua caliente pueden tener recubrimientos aisladores, enrollados o forros de asbesto. Los trabajadores deben inspeccionar esas áreas periódicamente para asegurarse de que los materiales no estén dañados, que no se estén descascarando y que no estén deteriorados. Deben reportarse la existencia de materiales dañados y deben repararse o eliminarse de inmediato por un contratista certificado para trabajos en asbesto. Indicios de superficies rajadas, prominencias, corrosión u otras deformidades deben ser reparados de inmediato por un técnico autorizado. Los registros detallados de la operación y el mantenimiento de la caldera pueden ayudar a asegurar su seguridad.

Las calderas deben siempre conectarse lentamente, y nunca se debe inyectar agua fría a un sistema caliente. Cambios súbitos de temperatura pueden torcer o quebrar la caldera.

Los trabajadores deben verificar la relación de aire a combustible, la condición del tiro y la llama para asegurarse de que ésta no sea demasiado alta ni que eche humo. Los sistemas de ventilación también deben inspeccionarse y mantenerse para asegurar que los gases producto de la combustión no se acumulen en la sala de calderas.

Se les permitirá únicamente a los técnicos autorizados hacer reparaciones en las calderas. El personal de reparación debe usar equipos de protección personal, tales como cascos, guantes para trabajo pesado, protección para los ojos y overoles. Cuando entren en una caldera para efectuar reparaciones o tareas de mantenimiento, los trabajadores de reparación de calderas deben tratarla como un espacio cerrado que requiere permisos.

Cuando se para una caldera para reparaciones, todas las fuentes de energía deben desconectarse usando procedimientos de bloqueo y los residuos de presión en tuberías de vapor, agua y combustible deben aliviarse siguiendo los procedimientos correctos de vaciado y bloqueo, o taponamiento.

## **2.9 MANTENIMIENTO**

Un adecuado mantenimiento del equipo industrial es muy importante en cualquier fábrica, no sólo para preservarlo y de esta forma prolongar su vida útil garantizando la producción, sino que también para garantizar la calidad de los procesos de elaboración y de los productos terminados.

La rotura o el daño de una máquina en plena producción obligan a parar la producción momentáneamente, por algunos minutos u horas o por mayor período de tiempo, a veces días, lo cual puede llevar a desviaciones en la calidad de producción, retraso de la producción desviaciones que inciden en la calidad final del producto terminado.

En fábricas con grandes volúmenes de producción es conveniente contar con duplicación de ciertas máquinas, en particular de aquellas que realizan trabajos críticos.

A veces sucede que la maquinaria suplente o de alternativa es más antigua que la empleada en la producción diaria; esto repercute en la calidad del producto terminado, obteniéndose un producto final con características ligeramente diferentes a las de la producción normal, en estos casos es muy importante no parar la producción.

Por lo tanto, en un plan de gestión total de la calidad, no pueden olvidarse la planificación y ejecución de un plan de mantenimiento preventivo de todas las máquinas de la producción y de aquellas tan importantes como lo son, las calderas de vapor.

Un buen comienzo para la puesta en ejecución un plan de mantenimiento es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

### **2.9.1 Personal**

Es necesario seleccionar a la persona encargada de coordinar, planificar y ejecutar estas tareas.

### **2.9.2 Herramientas**

Se requiere equipar el taller con herramientas modernas adecuadas, por ejemplo una pistola neumática para extracción y apretado rápido de tornillos y tuercas. Estos instrumentos permiten reducir sensiblemente el tiempo de desarmado y armado, disminuyendo el tiempo de reparación.

### **2.9.3 Iluminación**

El taller debe disponer de muy buena iluminación natural y artificial para así realizar un trabajo eficiente.

#### **2.9.4 Manuales**

El taller necesita contar con la lista de repuestos y los manuales de despiece, funcionamiento y mantenimiento preventivo (lubricación, cambio de repuestos de acuerdo a horas de trabajo etc.,) para todas las máquinas disponibles dentro de la empresa.

#### **2.9.5 Repuestos y servicio**

Se requiere disponer de los servicios de un representante confiable de las máquinas que apoye con información técnica, servicio mecánico de apoyo, repuestos originales, etc.

Es común encontrar vendedores que prodigan atenciones cuando se muestra interés por la adquisición de una máquina pero que, cuando se necesitan repuestos o solucionar problemas de funcionamiento, regulación etc., ignoran las solicitudes.

#### **2.9.6 Mantenimiento Correctivo**

Significa que el equipo industrial ya ha sufrido un daño y las máquinas tienen que ser reparadas inmediatamente, esto produce pérdidas de tiempo en la producción, retrasos de los pedidos y un mayor costo en la reparación del equipo; para poder evitar estos inconvenientes es necesario realizar un mantenimiento preventivo.

#### **2.9.7 Mantenimiento Preventivo**

La persona responsable de mantenimiento debe elaborar y poner por escrito un plan de mantenimiento preventivo.

Esto significa que no se debe esperar a que se rompan las máquinas para repararlas. De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, se

establecerán los plazos y tipos de mantenimiento a realizar para cada máquina.

Se aprovechan los períodos de menor producción para hacer verificaciones más a fondo del estado interno de las máquinas, en particular recambio de piezas, limpieza, verificación de válvulas etc.

Un plan de este tipo, llevado a cabo con disciplina y orden, prolonga la vida útil de las maquinarias y reduce sensiblemente los desperfectos inesperados en plena etapa de producción; ayuda a reducir los gastos de producción.

### **2.9.8 Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

## **2.10 HIPÓTESIS**

La Elaboración de este Manual de Mantenimiento del Caldero disminuirá accidentes en el personal, destrucción de infraestructura y paros en los procesos por la falta de vapor para el proceso de Lavado en seco de la fábrica “Lavanderías Nacionales”.

## **2.11 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **Variable Dependiente**

Mantenimiento preventivo y predictivo del caldero.

### **Variable Independiente**

Establecer manual de mantenimiento

## **CAPITULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación de este proyecto esta enfocado en el ámbito cualitativo, de tal forma se establecerá la seguridad adecuada, las respectivas partes específicas de mantenimiento para el buen funcionamiento; un modo seguro de operación, y eficiencia del equipo térmico.

### **3.1.1 Investigación de Campo.**

Para la correcta elaboración del manual de mantenimiento la información será obtenida directamente desde la fabrica de una manera correcta y eficiente la cual se va ha analizar, coordinar, planificar y ejecutar dicho trabajo; la investigación del proyecto será de campo.

### **3.1.2 Investigación Documental-Bibliográfica.**

La elaboración del manual será apoyada en fuentes bibliográficas como son catálogos, libros, Internet, documentos, etc, que contengan información sobre el mantenimiento del equipo térmico, contara también con el asesoramiento de técnicos y gente capacitada, que se encuentra inmersa en el proyecto de investigación.

## **3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipo explorativa y descriptiva:

### **3.2.1 Investigación Exploratoria.**

El proyecto de investigación se adoptara el análisis explorativo mediante la continua recopilación de información que nos facilitara para el buen desarrollo del problema.

### **3.2.2 Investigación Descriptiva.**

La realización de la investigación descriptiva se enfocará en describir bajo ciertos criterios las operaciones y elementos que intervienen en los procesos productivos de la empresa que permitirá, analizar, coordinar, planificar y ejecutar dicho problema de investigación

### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1 Población.**

Población es el conjunto de elementos con características similares, en un espacio y tiempo determinados, en los que se desea estudiar un hecho o un fenómeno.

Las expectativas y necesidades del proyecto de investigación como un todo, se utilizará la metodología de investigación en “Población”, considerando su tamaño y el todo que está involucrado en la fábrica.

El problema a estudiarse y los factores que inciden en su buen funcionamiento futuro, igualmente, se involucrará en el estudio a todo el personal que se encuentra actualmente en la fabrica de la siguiente forma.

- Jefe de Planta
- Inspector de calidad.
- Maquinistas.
- Técnico.

#### **3.3.2 Muestra.**

Consideraríamos inadecuado obtener una muestra de la misma ya que la población es pequeña y obtendríamos una alteración en los resultados con los consiguientes errores.

### **3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**



Teniendo una hipótesis; y, las variables a plantearse, estas serán analizadas y relacionadas entre sí mediante el método estadístico descriptivo, como se describe en el numeral anterior.

### **3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La información se obtendrá directamente del caldero mediante la observación continua, también en bibliografía obtenida en catálogos, manuales, libros, Internet. La información saldrá mediante preguntas al personal; serán de tipo conciso y abierto.

### **3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

La información recolectada a través de las técnicas investigativas, serán procesadas estadísticamente y a través de las hoja de información de niveles de presión, temperatura, etc.

### **3.7 EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **Recolección, Procesamiento y ejecución de Investigación**

- Computadora
- Internet y herramientas de trabajo
- Impresora y escáner
- Material de apuntes
- Herramientas d trabajo
- Manuales, libros, etc.
- Cámara fotográfica
- Overol

## **CAPITULO IV**

### **INFORME TÉCNICO**

#### **4.1 CALDERO DE LA EMPRESA “LAVANDERIAS NACIONALES”**



Fig 15: Caldero de LN

Fuente: “Lavandería Nacionales”

#### 4.1.1 CARACTERISTICAS

La empresa cuenta un caldero con las siguientes características:

**Tipo :** Caldera Pirotubular de tubos de fuego con dos pasos por los tubos

**Potencia:** 15HP

**Presión máxima:** 70psi

**Presión mínima:** 40psi

**Combustión:** Completa

**Combustible:** Gas

**Vapor Saturado:** 230°C

#### 4.1.2 FUNCIONAMIENTO

Para una buena operación del aparato térmico que tiene como finalidad proporcionar vapor a las diferentes maquinas como lavadoras, secadoras y planchas semiautomáticas, el modo de funcionamiento es le siguiente:

El caldero permanece en reposo toda la noche a las 06:00h de la mañana dos horas antes que comiencen a laborar los trabajadores se prende el aparato térmico. Primero abrimos las 5 válvulas de alimentación de combustible el mismo que funciona a gas, después abrimos la válvula principal y de seguridad de la alimentación de combustible.

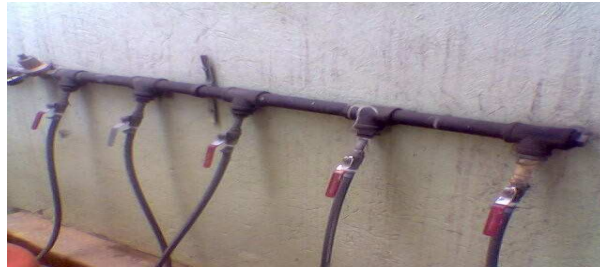


Fig 16: Válvulas de Alimentación de combustible

Fuente: “Lavandería Nacionales”



Fig 17: Válvula de Seguridad Alimentación de combustible

Fuente: “Lavandería Nacionales”

A continuación procedemos al tablero de control eléctrico el mismo que para comenzar el funcionamiento switchamos a la posición ON encendido del quemador y de la bomba de alimentación de agua.

El tablero eléctrico consta del control de la bomba de alimentación de agua que funciona mediante un sensor de nivel. Este sensor de nivel

censa la variable de control mediante el mecanismo siguiente. La bomba se prende cuando el sensor detecta que el indicador de nivel llega al valor de 2cm y la bomba se apaga cuando el sensor detecta los 5cm según el indicador de nivel de agua. Así funciona la bomba de alimentación de agua mediante un control on-off



Fig 18: Bomba de Alimentación de agua

Fuente: “Lavandería Nacionales”

También el tablero eléctrico controla al quemador aquí la variable de control es de presión el cual funciona de la siguiente manera: el quemador se prende cuando el sensor detecta que el indicador de presión llega a los 40psi y se apaga a los 70psi utiliza también un control on-off.



Fig 19: Quemador

Fuente: “Lavandería Nacionales”

### 4.1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CALDERO

**Purga.-** Para un adecuado funcionamiento del programa de tratamiento de agua de la caldera se debe purgar para un normal monitoreo continuo para una operación eficiente y correcta. Mediante la purga se retira la mayoría del lodo, suciedad y otros materiales indeseables de la caldera.

La continua alimentación de agua al aparato térmico trae el contenido de impurezas, esto implica la acumulación de impurezas o sales hasta llegar a situaciones en seria imposible para el caldero seguir acumulando mas impurezas. Ahí la necesidad de purgar para eliminarlas del caldero de la empresa.

La purga debe realizarse en dos lugares de la caldera en la superficie y el fondo.

**Purga de superficie,** elimina impurezas que pueden estar en la superficie como contaminación de aceites, espumas, etc.

**Purga de fondo,** es indispensable para eliminar los lodos y productos del tratamiento, que tienden a sedimentarse en el fondo del caldero esto se realiza con la válvula de purga de fondo.



Fig 20: Válvula de purga de fondo

Fuente: “Lavandería Nacionales”

La purga de un caldero, puede realizarse en forma intermitente o en forma continua. Un aspecto importante, es tratar que las condiciones en que opera el caldero, sean lo mas estables posibles. En este sentido la purga continua es el sistema más adecuado de realizarla. No obstante inclusive en este caso, no se excluye la necesidad de realizar purgas de fondo, siquiera una vez al día la cual la empresa “Lavanderías Nacionales” si realiza la purga de fondo una vez al día.

## **4.2 ABLANDAMIENTO DEL AGUA**

### **4.2.1 AGUA DURA**

Cuando una agua es referida como “Agua Dura” significa que contiene más minerales (calcio y magnesio) que un agua normal. El grado de agua aumenta, cuando mas calcio y magnesio hay disuelto. Debido a la presencia de estos minerales, otros iones cargados positivamente no se disolverán rápidamente en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio.

El agua dura es conocida por taponar las tuberías y complicar la disolución de detergentes en agua.

### **4.2.2 CLASIFICACION DEL AGUA DE ACUERDO A SU DUREZA**

Según el grado de dureza, las aguas se clasifican de la siguiente forma:

- Agua blanda: 0 – 75 mg/1 CaCO<sub>3</sub>
- Agua semidura: 75 – 150 mg/1 CaCO<sub>3</sub>
- Agua dura: 150 – 300 mg/1 CaCO<sub>3</sub>
- Agua muy dura: mas de 300 mg/1 CaCO<sub>3</sub>

### **4.2.3 QUE PROVOCA EL AGUA DURA**

El agua dura causa un alto riesgo de depósito de cal en los sistemas de agua de los usuarios. Debido a la deposición de la cal, las tuberías se bloquean y la eficiencia de las calderas y los tanques se reducen. Esto incrementa los costes de calentar el agua de un 15 a 20%.

Otro efecto negativo de la precipitación de la cal es que tiene un efecto dañino en las maquinarias. El ablandamiento del agua significa aumentar la vida media de las maquinarias, y una expansión en la vida de los sistemas de calefacción solar, aires acondicionados y muchas otras aplicaciones basadas en aguas.

El ablandamiento del agua es un proceso importante porque la dureza del agua en casas y compañías es reducida durante este proceso.

#### **4.2.4 ABLANDAMIENTO**

El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua dura, en algunos casos, los iones de hierro también causan dureza del agua y pueden ser eliminados durante el proceso de ablandamiento. La mejor solución para ablandar un agua es usar un unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua.

Un ablandador de agua colecta los minerales que causan la dureza y los contiene en un tanque colector y este es de vez en cuando limpiado. Otra manera de ablandar el agua es con el uso de intercambiadores iónicos. Este remplazara los iones de calcio y de magnesio por otros iones, por ejemplo de sodio y potasio.

En la empresa el componente que utiliza para ablandar el agua es de carbonato el mismo que se coloca en la cisterna de bombeo de agua.

### **4.3 PROBLEMAS DERIVADOS DE LA UTILIZACIÓN DEL AGUA EN CALDERAS**



Los problemas mas frecuentes presentados en calderas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Problemas de corrosión
- Problemas de incrustación

Aunque menos frecuente, suelen presentarse ocasionalmente:

- Problemas de ensuciamiento y/o contaminación.

IMPUREZA	FORMULA	FORMA	EFFECTOS
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	Gas disuelto	Corrosión y bajo pH, si la alcalinidad es baja.
Sulfuro de hidrogeno	SH <sub>2</sub>	Gas disuelto	Corrosión
Oxigeno	O <sub>2</sub>	Gas disuelto	Corrosión
Turbiedad o materias en suspensión		Sólidos no disueltos	Depósitos en tuberías, aparatos, calderas
Color y materia orgánica		Sólidos disueltos o no disueltos	Ensuciamiento y espumas.
Aceite		Coloidal	Depósitos y espumas

Tabla 04: Tipos de Impurezas

Fuente: <http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

#### 4.3.1 CORROSION

Para que esta aparezca, es necesario que exista presencia de agua en forma líquida, el vapor seco con presencia de oxígeno, no es corrosivo, pero los condensados formados en un sistema de esta naturaleza son muy corrosivos.

En las líneas de vapor y condensado, se produce el ataque corrosivo más intenso en las zonas donde se acumula agua condensada. La corrosión que produce el oxígeno, suele ser severa, debido a la entrada de aire al sistema, a bajo valor de pH, el bióxido de carbono abarca por si mismo los metales del sistema y acelera la velocidad de la corrosión del oxígeno disuelto cuando se encuentra presente en el oxígeno.

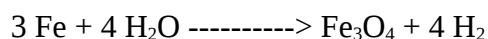
El oxígeno disuelto ataca las tuberías de acero al carbono formando montículos o tubérculos, bajo los cuales se encuentra una cavidad o celda de corrosión activa: esto suele tener una coloración negra, formada por un óxido ferroso- férrico hidratado.



Fig 21: Tapa exterior derecha

Fuente: “Lavanderías Nacionales”

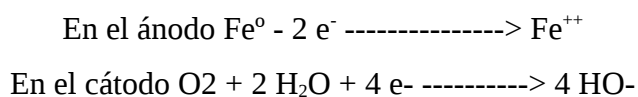
Una forma de corrosión que suele presentarse con cierta frecuencia en calderas, corresponde a una reacción de este tipo:



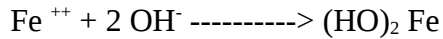
Esta reacción se debe a la acción del metal sobre calentado con el vapor.

Otra forma frecuente de corrosión, suele ser por una reacción electroquímica, en la que una corriente circula debido a una diferencia de potencial existente en la superficie metálica.

Los metales se disuelven en el área de mas bajo potencial, para dar iones y liberar electrones de acuerdo a la siguiente ecuación:

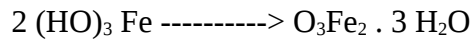
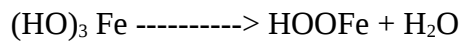
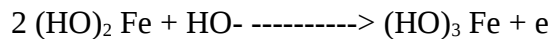
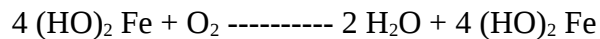


Los iones HO<sup>-</sup> (oxidrilos) formados en el cátodo migran hacia el ánodo donde completan la reacción con la formación de hidróxido ferroso que precipita de la siguiente forma:



Si la concentración de hidróxido ferroso es elevada, precipitará como flóculos blancos.

El hidróxido ferroso reacciona con el oxígeno adicional contenido en el agua según las siguientes reacciones:



#### 4.3.2 INCRUSTACION

La formación de incrustaciones en el interior de las calderas suelen verse con mayor frecuencia que lo estimado conveniente.

El origen de las mismas está dado por las sales presentes en las aguas de aporte a los generadores de vapor, las incrustaciones formadas son inconvenientes debido a que poseen una conductividad térmica muy baja y se forman con mucha rapidez en los puntos de mayor transferencia de temperatura.

Por esto, las calderas incrustadas requieren un mayor gradiente térmico entre el agua y la pared metálica que las calderas con las paredes limpias.

Otro tema importante que debe ser considerado, es la falla de los tubos ocasionadas por sobrecalentamientos debido a la presencia de depósitos, lo que dada su naturaleza, aíslan el metal del agua que los rodea pudiendo así sobrevenir desgarros o roturas en los tubos de la unidad con los perjuicios que ello ocasiona.

Las sustancias formadoras de incrustaciones son principalmente el carbonato de calcio, hidróxido de magnesio, sulfato de calcio y sílice, esto se debe a la baja solubilidad que presentan estas sales y algunas de ellas como es el caso del sulfato de calcio, decrece

con el aumento de la temperatura. Estas incrustaciones forman depósitos duros muy adherentes, difíciles de remover, algunas de las causas más frecuentes de este fenómeno son las siguientes:

Excesiva concentración de sales en el interior de la unidad.

El vapor o condensado tienen algún tipo de contaminación.

Transporte de productos de corrosión a zonas favorables para su precipitación.

Aplicación inapropiada de productos químicos.

#### **4.3.3 Ensuciamiento por contaminación**

Se consideran en este rubro como contaminantes, distintas grasas, aceites y algunos hidrocarburos, ya que este tipo de contaminación son las más frecuentes vistas en la industria.

Dependiendo de la cantidad y característica de los contaminantes existentes en el agua de aporte a caldera, la misma generará en su interior depósitos, formación de espuma con su consecuente arrastre de agua concentrada de caldera a la línea de vapor y condensado, siendo la misma causante de la formación de incrustaciones y depósitos en la sección post-caldera.

La formación de espuma, suele ocurrir por dos mecanismos, uno de ellos es el aumento del tenor de sólidos disueltos en el interior de la unidad, los que sobrepasan los límites aceptados de trabajo, la presencia de algunos tipos de grasas y/o aceites (como ácidos orgánicos) producen una saponificación de las mismas dada la alcalinidad, temperatura y presión existentes en el interior de la caldera.

La contaminación por hidrocarburos agrega a lo visto la formación de un film aislante dificultando la transferencia térmica entre los tubos y el agua del interior de la unidad,

agravándose esto con las características adherentes de este film que facilita y promueve la formación de incrustaciones y la formación de corrosión bajo depósito, proceso que generalmente sigue al de formación de depósitos sobre las partes metálicas de una caldera.

Luego de un tiempo, las características físicas del film formado cambian debido a la acción de la temperatura que reciben a través de las paredes metálicas del sistema, lo que hace que el mismo sufra un endurecimiento y "coquificación", siendo este difícil de remover por procedimientos químicos simples.

Por todas estas consideraciones, se ve como método más económico y lógico de mantenimiento de calderas, efectuar sobre el agua de aporte a las mismas los procedimientos preventivos que la misma requiera, evitando así costos de mantenimiento innecesarios y paradas imprevistas en plena etapa de producción con los costos de lucro cesantes que agravan la misma, Sin pretender que el presente trabajo sea una enumeración exhaustiva y completa de todos los posibles inconvenientes que puedan ocasionar el agua de alimentación a caldera, consideramos que el mismo facilita el entendimiento de las principales causas de los más importantes inconvenientes que puedan ocurrir en las salas de calderas en la industria.

#### **4.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

##### **4.4.1 CAMBIO ESTADÍSTICO DE COMBUSTIBLE**

Es indispensable el cambio de combustible(gas) para un mejor funcionamiento del aparato térmico ya que si se agota el combustible(gas) las bobinas de los contactores se pueden quemar y

todos los procesos, el servicio que presta la fabrica se puede paralizar y evitar costos de operación.



Fig 22: Area de combustible

Fuente: “Lavanderías Nacionales”

El cambio de los 5 cilindros de gas de 15Kg es periódicamente según la capacidad de desempeño y horas de trabajo del caldero hemos realizado estadísticamente que es un promedio de 5 horas con 38 minutos aproximadamente se debe cambiar los cilindros de gas según los datos recogidos en las siguientes tablas.

<b>MES DE</b>	<b>HORARIO DE</b>	<b>TOTAL(horas)</b>
<b>MARZO</b>	<b>TRABAJO</b>	
Lunes 5	Desde 06:00 hasta 16:30	10.5
Martes 6	Desde 06:00 hasta 17:00	11
Miércoles 7	Desde 06:00 hasta 16:00	10
Jueves 8	Desde 06:00 hasta 16:30	10.5
Viernes 9	Desde 06:00 hasta 20:30	14.5
Sábado 10	Desde 06:00 hasta 12:30	6.5
Lunes 12	Desde 06:00 hasta 17:00	11
Martes 13	Desde 06:00 hasta 16:00	10
Miércoles 14	Desde 06:00 hasta 15:30	9.5
Jueves 15	Desde 06:00 hasta 15:00	9
Viernes 16	Desde 06:00 hasta 20:30	14.5
Sábado 17	Desde 06:00 hasta 12:30	6.5
Lunes 19	Desde 06:00 hasta 17:30	11.5
Martes 20	Desde 06:00 hasta 16:30	10.5
Miércoles 21	Desde 06:00 hasta 16:00	10
Jueves 22	Desde 06:00 hasta 16:00	10
Viernes 23	Desde 06:00 hasta 20:30	14.5



## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Para un correcto y optimo mantenimiento, el personal a cargo del aparato térmico debe estar en capacidad de dar solución y predecir fallas de operación, como cambios de temperatura que se producen en los residuos combustión, así también como fugas de gas en las mangueras de conexión a los cilindros de gas.
- La elaboración de este manual de mantenimiento es para el personal que labora en la empresa “Lavanderías Nacionales” y al profesional técnico a cargo del caldero para que tengan un mayor conocimiento y cuidado de los riesgos que se encuentran sujetos por mala operación del aparato térmico.
- El caldero de la empresa “Lavanderías Nacionales” es una maquina generadora de vapor que facilita la acción de todos los procesos y



accionamiento de vapor a las distintas maquinas para la productividad y mejoramiento continuo de la empresa.

- El problema más dañino para los calderos son causados por la mala calidad del agua, la clase de combustible empleado, hollín en la chimenea que impiden una mayor eficiencia del aparato térmico.
- El costo de mantenimiento para la empresa “Lavanderías Nacionales” disminuirá ya que ahora cuenta con este manual de mantenimiento, puesto que la empresa no contaba con el manual y no tendrá costos de contratar continuamente los servicios profesionales externos para el mantenimiento.
- Las válvulas de seguridad deben tener un mayor control, como un registro diario para verificar su correcto funcionamiento y predecir la falla en las válvulas para proceder a reemplazarlas por unas nuevas para evitar accidentes al personal.
- El aparato térmico de la empresa “Lavanderías Nacionales” es la base de todos los procesos, con la elaboración del manual de mantenimiento preventivo y predictivo evitara tiempos muertos, costos de paralización de los procesos, clientes insatisfechos, etc.
- El mantenimiento y normas de seguridad son de vital de importancia para la empresa y para el profesional a cargo del caldero para intervenir, prevenir, predecir daños, fallas, accidentes que puede producir el aparato térmico.
- El cambio estadístico de combustible es indispensable para el buen funcionamiento del aparato térmico para evitar el daño de las bobinas de los contactores, ya que se determino que el cambio de los cinco cilindros de gas aproximadamente cinco horas con treinta y ocho minutos.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda capacitar a los trabajadores sobre el manual de mantenimiento preventivo y predictivo cual es el adecuado modo de operación del caldero.
- Se recomienda la implementación de válvulas automáticas de seguridad en caso que haya fugas de gas, fugas de vapor, fugas de agua estas sean detectadas y cerradas inmediatamente
- Es recomendable usar combustible industrial no de uso domestico para dar una mayor eficiencia y desempeño el aparato térmico.
- Se debe establecer un horario para la llegada de combustible por parte de los proveedores, el cual deberá ser acatado para evitar perdidas de tiempo y costos electricidad.
- Se recomienda a la empresa o al profesional de mantenimiento implementar un adecuada instalación de tratamiento de agua, ya que la dureza del agua es problema mas frecuente en los calderos
- Se recomienda trasladar el área de alimentación combustible a una área más segura, ya que actualmente se encuentra cerca del caldero para evitar destrucción en la maquinaria, infraestructura de la empresa, o muerte a los trabajadores.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Tema de la Propuesta**

ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO DEL CALDERO EN LA FABRICA “LAVANDERIAS NACIONALES”

#### **6.2 Objetivos de la Propuesta**

##### **6.2.1 Objetivo General**

- Elaborar un Manual de Mantenimiento Preventivo y Predictivo del Caldero en la fabrica “Lavanderías Nacionales” de la ciudad de Ambato.

##### **6.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar y analizar los factores que afectan el buen funcionamiento del Caldero.

- Establecer las respectivas normas de seguridad industrial para el adecuado uso y funcionamiento del aparato térmico.
- Analizar los procesos mas adecuados para un correcto mantenimiento del Caldero.
- Planificar el mantenimiento preventivo y predictivo para alargar la vida útil del aparato térmico.

### **6.3 Contenido de la Propuesta**

El aparato térmico de la empresa “Lavanderías Nacionales” una vez realizado su análisis investigativo de estudio del modo de funcionamiento y operación del caldero y analizado los factores que lo afectan, normas de seguridad, mecanismos de operación, capacitación al personal se propone los siguientes puntos para mejorar la eficiencia y un correcto funcionamiento del caldero y de la empresa.

## **6.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **6.4.1 MANTENIMIENTO DIARIO. Por el operador de la caldera.**

1. Limpiar las boquillas del quemador de la caldera.
2. Purgar la caldera por lo menos cada ocho horas de trabajo, tanto de la purga de fondo como de sus columnas de control de nivel. esto se hace subiendo el nivel de agua y purgando hasta que arranque la bomba de alimentación.
3. Comprobar así mismo que la presión indicada por los manómetros de entrada al combustible , la presión en la válvula medidora y la presión de salida de combustible ,son las fijadas en su Manual de Operación (50bar de presión).

4. Comprobar y registrar la temperatura de los gases de la chimenea.
5. Verificar el nivel de agua fijadas por el manual de operación (nivel max 5cm – nivel mínimo 2cm)
6. Registrar la presión máxima y mínima para el encendido-apagado del quemador fijadas por el Manual de Operación (presión máxima 70psi - presión mínima 40psi)
7. Tomar análisis de gases de combustión y registrar en tablas de información.

#### **6.4.2 MANTENIMIENTO CADA TERCER DIA , Por el operador de la caldera.**

1. Comprobar que la trampa del calentador de vapor opera correctamente.
2. Limpiar las válvulas de combustible que conectan al cilindro de gas.
3. Comprobar que los contactores del tablero de control operan correctamente.

#### **6.4.3 MANTENIMIENTO CADA OCHO DIAS. Por el operador de la caldera.**

1. Comprobar que no hay fugas de gases ni de aire en las juntas de ambas tapas y mirilla trasera.
2. Comprobar si hay sobre tensión de voltaje en el tablero de control eléctrico utilizando un multímetro.
3. Lavar los filtros, tanto el de entrada a la bomba como el de entrada de agua a la cisterna.
4. Limpiar el electrodo del piloto de gas.
5. Comprobar que los interruptores termostáticos del calentador de combustible operen a la temperatura a que fueron calibrados al hacer la puesta en marcha.

6. Inspeccione los prensa estopas de la bomba de alimentación de agua.

#### **6.4.4 MANTENIMIENTO QUINCENAL. Por el operador de la caldera.**

1. Hacer limpieza de todos los filtros de agua.
2. Probar la operación por falla de flama.
3. Revisión de indicadores a las condiciones del quemador, presión, temperatura, etc.
4. Checar los niveles de entrada y paro de la bomba, haciendo uso de las válvulas de purga de fondo de la caldera.
5. Asegúrese que la fotocelda este limpia, así como el tubo en donde se encuentra colocada.

#### **6.4.5 MANTENIMIENTO MENSUAL. Por el operador de la caldera.**

1. Comprobar que los niveles del agua son los indicados: 5cm de nivel máximo, 2cm arranque de la bomba. 1.5 cm. corte por bajo nivel.
2. Comprobar el bajo nivel, bajando el interruptor de la bomba de alimentación. El agua al evaporarse ira disminuyendo el nivel y si al llegar a 1.5cm no se corta el por bajo nivel, hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar el bulbo de mercurio de tres hilos (del lado de la caldera) así como también asegurarse este excenta de lodos o acumulaciones.
3. Comprobar el voltaje y cargas que toman los motores.

#### **6.4.6 MANTENIMIENTO DE CALDERA TRIMESTRAL. Por el operador de la caldera.**

1. Observar la temperatura del termómetro de salida de gases de la chimenea de la caldera, cuando tenga 250°C por arriba de

la temperatura del vapor saturado 230°C es indicativo que la caldera está hollinada y hay que proceder a limpiarla

2. Es conveniente también que se destapen varias tortugas ó registros de en medio y de la parte de abajo, para ver el estado de limpieza interior por el lado del agua.
3. Cada vez que se desholline es conveniente para la mejor conservación del refractario, darle una lechada con mortero refractario, tanto a la tapa trasera como al refractario del hogar. Cambie los empaques.
4. Tirar ligeramente de las palancas de las válvulas de seguridad para que escapen y evitar que peguen en su asiento.

#### **6.4.7 MANTENIMIENTO DE CALDERA SEMESTRAL.**

1. Revisar los empaques del prensa-estopa de la bomba de alimentación de agua. En caso de encontrarse secos, cámbiense por nuevos.
2. Efectué Limpieza general a los contactos del programador de flama y los arrancadores con un trozo de genero limpio, humedecido con tetracloruro de carbono.
3. No después de tres meses de efectuada la puesta en marcha inicial de la caldera y después, según las condiciones lo requieran, la caldera deberá ser enfriada y secadas las cubiertas quitadas y el interior debe ser lavado con agua a presión. Tubos y espejos deberán ser inspeccionados al mismo tiempo para buscar incrustaciones. La efectividad del tratamiento de agua y el porcentaje de agua de repuesto requerida, determinarán los siguientes períodos de limpieza. El servicio de su experto en tratamiento de agua, deberá incluir inspecciones al interior de la caldera, así como análisis del agua periódicas.

4. Inspeccione los tubos fluxes por el lado del hollín y límpiense de ser necesario.
5. Inspeccione el material refractario del horno y la puerta trasera.
6. Limpie las grietas y saque el material refractario que se haya desprendido. Recubra el mismo con un cemento refractario de fraguado al aire; el período de este recubrimiento varía con el tipo de carga y operación de la caldera y deber ser determinado por el operador al abrir las puertas para hacer limpieza de hollín.
7. Es conveniente lavar la caldera interiormente. Para hacer esto, se quita la reducción del manómetro que va en la tee a la salida de la bomba de alimentación de agua, se coloca ahí una reducción al tamaño de la manguera que se va a utilizar. Antes de hacer todo esto, se enfría la caldera, bajándola de presión y haciendo circular el agua, purgándola para que entre agua fría, así, hasta que este totalmente fría. La operación de enfriamiento deberá hacerse con lapsos de reposo de 20 a 25 minutos para que el enfriamiento no sea brusco y dañe los fluxes. Luego se vacía totalmente de agua y se quitan todas las tortugas. Ya habiendo puesto la manguera en la bomba, se cierra la válvula de entrada de agua a la caldera y al poner a funcionar la bomba, sale agua por la manguera a bastante presión. Con este chorro de agua se lava la caldera interiormente, se mete la manguera por todos los registros de mano hasta que quede bien limpia. Se tapa, limpiando perfectamente las tortugas y el asiento de la mismas en la caldera.
8. Comprobar la limpieza de las columnas de control y de las entradas del agua de la bomba de alimentación.



9. Comprobar y lavar los pressuretoles, toda la línea de los mismos y la línea del manómetro.

#### **6.4.8 MANTENIMIENTO DE CALDERA ANUAL**

1. Asentar la válvula de alivio y las reguladoras de presión.
2. Revisar el estado en que se encuentran todas las válvulas de la caldera, asentarlas si es necesario y si no se pueden asentar, cambiarlas por otras nuevas.
3. Cambiar las mangueras de los cilindros de gas de alimentación de combustible.
4. Revisar el estado de todas las tuberías de entradas y salidas al caldero y de salidas de la bomba de combustible y si es necesario cambiarlas.
5. Vacíe y lave con algún solvente apropiado las válvulas, así como todas las tuberías que circula vapor y las tuberías que circula agua.
6. Desarme e inspeccione las válvulas de seguridad, así como las válvulas de las tuberías de drenaje.
7. Revisar el tablero de control eléctrico comprobar que los contactores funcionen adecuadamente y si es necesario reemplazar por unos nuevos.
8. Cambiar todo el cableado del tablero de control eléctrico.

### **6.5 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

#### **6.5.1 INTRODUCCIÓN.**

Sin dudas, el desarrollo de nuevas tecnologías ha marcado sensiblemente la actualidad industrial mundial. En los últimos años, la industria mecánica se ha visto bajo la influencia determinante de la electrónica, la automática y las telecomunicaciones, exigiendo mayor

preparación en el personal, no sólo desde el punto de vista de la operación de la maquinaria, sino desde el punto de vista del mantenimiento industrial.

La realidad industrial, matizada por la enorme necesidad de explotar eficaz y eficientemente la maquinaria instalada y elevar a niveles superiores la actividad del mantenimiento. No remediamos nada con grandes soluciones que presuponen diseños, innovaciones, y tecnologías de recuperación, si no mantenemos con una alta disponibilidad nuestra industria.

Es decir, la Industria tiene que distinguirse por una correcta explotación y un mantenimiento eficaz. En otras palabras, la operación correcta y el mantenimiento oportuno constituyen vías decisivas para cuidar lo que se tiene.

#### **6.5.2 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una maquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

#### **6.5.3 ORGANIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

Esta técnica supone la medición de diversos parámetros que muestren una relación predecible con el ciclo de vida del componente. Algunos ejemplos de dichos parámetros son los siguientes:

- ❖ Vibración de cojinetes
- ❖ Temperatura de las conexiones eléctricas
- ❖ Resistencia del aislamiento de la bobina de un motor

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente. Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle. La figura muestra una

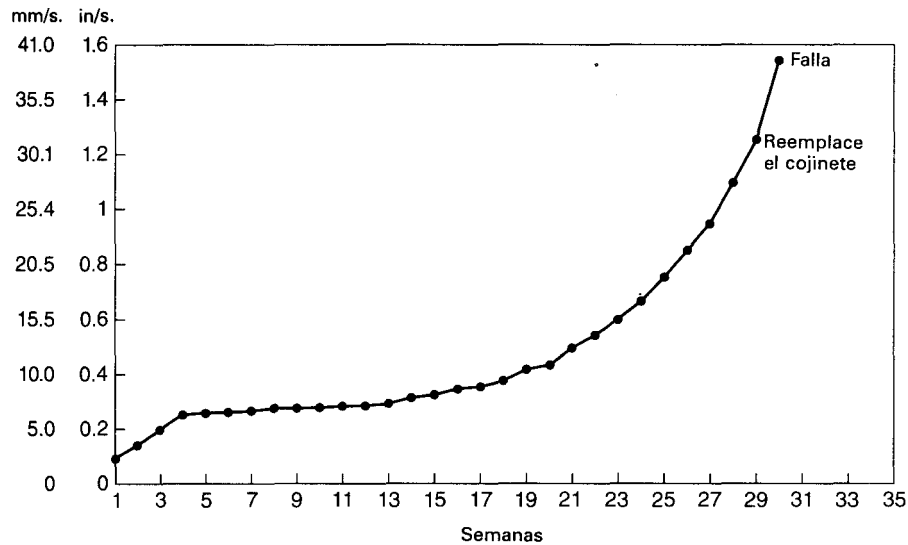


Fig 23: Vibración de Cojinete

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos17/mantenimiento-predictivo/mantenimiento-predictivo.shtml>

Curva típica que resulta de graficar la variable (vibración) contra el tiempo. Como la curva lo sugiere, deberán reemplazarse los cojinetes subsiguientes cuando la vibración alcance 1,25 in/seg (31,75 mm/seg). Los fabricantes de instrumentos y software para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para reemplazar los componentes de la mayoría de los equipos, esto hace que el análisis histórico sea innecesario en la mayoría de las aplicaciones.

#### 6.5.4 METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES.

Una vez determinada la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a una máquina o unidad, el paso siguiente es determinar la o las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de esta parte es revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo según condición, de manera que sirvan de guía para su selección general. La finalidad del monitoreo es obtener una indicación de la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad y economía.

Por monitoreo, se entendió en sus inicios, como la medición de una variable física que se considera representativa de la condición de la máquina y su comparación con valores que indican si la máquina está en buen estado o deteriorada. Con la actual automatización de estas técnicas, se ha extendido la acepción de la palabra monitoreo también a la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina debe distinguirse entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

Vigilancia de máquinas. Su objetivo es indicar cuándo existe un problema. Debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuán mala es.

Protección de máquinas. Su objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos, la máquina se detiene automáticamente.

Diagnóstico de fallas. Su objetivo es definir cuál es el problema específico. Pronóstico de vida la esperanza a. Su objetivo es estimar cuánto tiempo más Podría funcionar la máquina sin riesgo de una falla catastrófica.

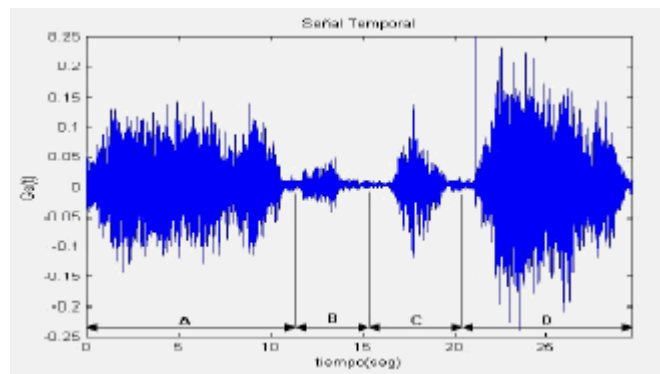
En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibroanálisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc.

#### **6.5.5 TÉCNICAS APLICADAS AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

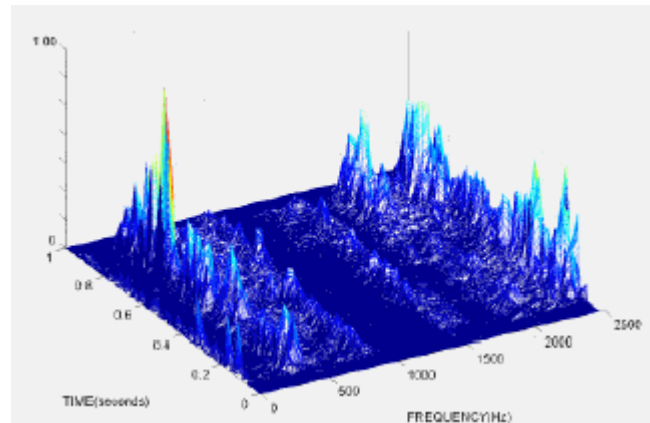
Existen varias técnicas aplicadas para el mantenimiento preventivo entre las cuales tenemos las siguientes:

## 1. Análisis de vibraciones.

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



Registro de vibraciones en un ciclo de trabajo de la pala



Transformada Tiempo-Frecuencia.

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

Parámetros de las vibraciones.

*Frecuencia:* Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).

*Desplazamiento:* Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.

*Velocidad y Aceleración:* Como valor relacional de los anteriores.

*Dirección:* Las vibraciones pueden producirse en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales

Tipos de vibraciones.

*Vibración libre:* causada por un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

*Vibración forzada:* causada por un sistema vibra debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas

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

Vibración debida al Desequilibrado (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falta de Alineamiento (maquinaria rotativa)

Vibración debida a la Excentricidad (maquinaria rotativa).

Vibración debida a la Falla de Rodamientos y cojinetes.

Vibración debida a problemas de engranajes y correas de Transmisión (holguras, falta de lubricación, roces, etc.)

## **2. Análisis de lubricantes.**

Estos se ejecutan dependiendo de la necesidad, según:

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

*Análisis Rutinarios:* aplican para equipos considerados como críticos o de gran capacidad, en los cuales se define una frecuencia de muestreo,

siendo el objetivo principal de los análisis la determinación del estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación entre otros

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

Contaminación con agua

Sólidos (filtros y sellos defectuosos).

Uso de un producto inadecuado

Equipos

Bombas de extracción

Envases para muestras

Etiquetas de identificación

Formatos

Este método asegura que tendremos:

Máxima reducción de los costos operativos.

Máxima vida útil de los componentes con mínimo desgaste.

Máximo aprovechamiento del lubricante utilizado.

Mínima generación de efluentes.

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

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

Conteo de partículas: Determinación de la limpieza, ferrografía.

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

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

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

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

Tiempo perdido en producción en razón de desperfectos mecánicos.

Desgaste de las máquinas y sus componentes.  
Horas hombre dedicadas al mantenimiento.  
Consumo general de lubricantes

### **3. Análisis por ultrasonido.**

Este método estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano.

Ultrasonido pasivo: Es producido por mecanismos rotantes, fugas de fluido, pérdidas de vacío, y arcos eléctricos. Pudiéndose detectarlo mediante la tecnología apropiada.

El Ultrasonido permite:

Detección de fricción en maquinas rotativas.

Detección de fallas y/o fugas en válvulas.

Detección de fugas de fluidos.

Pérdidas de vacío.

Detección de "arco eléctrico".

Verificación de la integridad de juntas de recintos estancos.

Se denomina *Ultrasonido Pasivo* a la tecnología que permite captar el ultrasonido producido por diversas fuentes.

El sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-a-20.000 Hertz) se considera ultrasonido. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 Khz Frecuencia con características muy aprovechables en el Mantenimiento Predictivo, puesto que las ondas sonoras son de corta longitud atenuándose rápidamente sin producir rebotes. Por esta razón, el ruido ambiental por más intenso que sea, no interfiere en la detección del ultrasonido. Además, la alta direccionalidad del ultrasonido en 40 Khz. permite con rapidez y precisión la ubicación de la falla.



La aplicación del análisis por ultrasonido se hace indispensable especialmente en la detección de fallas existentes en equipos rotantes que giran a velocidades inferiores a las 300 RPM, donde la técnica de medición de vibraciones se transforma en un procedimiento ineficiente.

De modo que la medición de ultrasonido es en ocasiones complementaria con la medición de vibraciones, que se utiliza eficientemente sobre equipos rotantes que giran a velocidades superiores a las 300 RPM.

Al igual que en el resto del mundo industrializado, la actividad industrial en nuestro País tiene la imperiosa necesidad de lograr el perfil competitivo que le permita insertarse en la economía globalizada. En consecuencia, toda tecnología orientada al ahorro de energía y/o mano de obra es de especial interés para cualquier Empresa.

#### **4. Termografía.**

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

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

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial - ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación - están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. Con la implementación de programas de inspecciones

termográficas en instalaciones, maquinaria, cuadros eléctricos, etc. es posible minimizar el riesgo de una falla de equipos y sus consecuencias, a la vez que también ofrece una herramienta para el control de calidad de las reparaciones efectuadas.

El análisis mediante Termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos: ensayos, radiográfico, el ultrasonido activo, partículas magnéticas, etc.

El análisis mediante Cámaras Termográficas Infrarrojas, está recomendado para:

Instalaciones y líneas eléctricas de Alta y Baja Tensión.

Cuadros, conexiones, bornes, transformadores, fusibles y empalmes eléctricos.

Motores eléctricos, generadores, bobinados, etc.

Reductores, frenos, rodamientos, acoplamientos y embragues mecánicos.

Hornos, calderas e intercambiadores de calor.

Instalaciones de climatización.

Líneas de producción, corte, prensado, forja, tratamientos térmicos.

Las ventajas que ofrece el Mantenimiento Preventivo por Termovisión son:

Método de análisis sin detención de procesos productivos, ahorra gastos.

Baja peligrosidad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo.

Determinación exacta de puntos deficientes en una línea de proceso.

Reduce el tiempo de reparación por la localización precisa de la Falla.

Facilita informes muy precisos al personal de mantenimiento.

Ayuda al seguimiento de las reparaciones previas.

## 5. Análisis por árbol de fallas.

El Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica deductiva que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas que han producido dicho accidente. Nació en la década de los años 60 para la verificación de la fiabilidad de diseño del cohete Minuteman y ha sido ampliamente utilizado en el campo nuclear y químico. El hecho de su gran utilización se basa en que puede proporcionar resultados tanto cualitativos mediante la búsqueda de caminos críticos, como cuantitativos, en términos de probabilidad de fallos de componentes.

Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

La técnica consiste en un proceso deductivo basado en las leyes del Álgebra de Boole, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él.

Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo (por ejemplo rotura de un depósito de almacenamiento de amoníaco) en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos, ligados normalmente a fallos de componentes, errores humanos, errores operativos, etc. Este proceso se realiza enlazando dichos tipos de sucesos mediante lo que se denomina puertas lógicas que representan los operadores del álgebra de sucesos.

Cada uno de estos aspectos se representa gráficamente durante la elaboración del árbol mediante diferentes símbolos que representan los tipos de sucesos, las puertas lógicas y las transferencias o desarrollos posteriores del árbol.

## 6. Análisis FMECA.

Otra útil técnica para la eliminación de las características de diseño deficientes es el análisis de los modos y efectos de fallos (FMEA); o análisis de modos de fallos y efectos críticos (FMECA)

La intención es identificar las áreas o ensambles que es más probable que den lugar a fallos del conjunto.

El FMEA define la función como la tarea que realiza un componente --por ejemplo, la función de una válvula es abrir y cerrar-- y los modos de fallo son las formas en las que el componente puede fallar. La válvula fallará en la apertura si se rompe su resorte, pero también puede tropezar en su guía o mantenerse en posición de abierta por la leva debido a una rotura en la correa de árbol de levas.

La técnica consiste en evaluar tres aspectos del sistema y su operación: Condiciones anticipadas de operación, y el fallo más probable.

Efecto de fallo en el rendimiento.

Severidad del fallo en el mecanismo.

La probabilidad de fallos se evalúa generalmente en una escala de 1 a 10, con la criticidad aumentando con el valor del número.

Esta técnica es útil para evaluar soluciones alternativas a un problema pero no es fácil de usar con precisión en nuevos diseños.

El FMEA es útil para evaluar si hay en un ensamble un número innecesario de componentes puesto que la interacción de un ensamble con otro multiplicará los efectos de un fallo. Es igualmente útil para analizar el producto y el equipo que se utiliza para producirlo.

El FMEA, ayuda en la identificación de los modos de fallo que es probable que causen problemas de uso del producto. Ayuda también a eliminar debilidades o complicaciones excesivas del diseño, y a identificar los componentes que pueden fallar con mayor probabilidad. Su empleo no debe confinarse al producto que se desarrolla por el grupo de trabajo. Puede también usarse eficazmente para evaluar las

causas de parada en las máquinas de producción antes de completar el diseño.

## **7. CONCLUSIÓN.**

Es importante considerar que la productividad de una industria aumentará en la medida que las fallas en las máquinas disminuyan de una forma sustentable en el tiempo. Para lograr lo anterior, resulta indispensable contar con la estrategia de mantenimiento más apropiada y con personal capacitado tanto en el uso de las técnicas de análisis y diagnóstico de fallas implementadas como también con conocimiento suficiente sobre las características de diseño y funcionamiento de las máquinas.

En el presente trabajo se mencionaron varias de las técnicas de análisis utilizadas hoy en día, entre las que se destaca el análisis de vibraciones mecánicas, ilustrando con un grafico su alcance así como la necesidad de usar diferentes indicadores con el fin de llegar a un diagnóstico acertado. Diagnosticado y solucionado los problemas, la vida de las máquinas y su producción aumentará y por tanto, los costos de mantenimiento disminuirán.

## **6.6 GUIA PARA IDENTIFICACION DE FALLAS**

### **6.6.1 FALLA EN EL ARRANQUE**

Características: El ventilador y el quemador no arrancan.

CAUSAS POSIBLES:

#### **Bajo nivel del agua**

Sugerencia: Seguir el proceso indicando bajo el titulo “Condiciones de bajo nivel de agua”

#### **Falla en el suministro de energía eléctrica**

Sugerencia: Verificar la posición de los switches principales, interruptores y fusibles; repararlos o sustituirlos según el caso.

### **Switch de encendido defectuoso o en posición OFF**

Sugerencias: Asegúrese de que el switch de encendido este en la posición ON, verificar su estado y repararlo o reemplazarlo, según sea el caso.

Controles de operación o controles de condiciones limite defectuosos o desajustados.

Sugerencias: Chequear que existan buenos contactos, ajustarlos si es necesario, repararlos o reemplazarlos, según sea el caso.

Fusibles defectuosos en el gabinete de la caldera

Sugerencias: Reemplazar los fusibles.

### **Voltaje demasiado bajo o demasiado alto**

Sugerencias: Asegúrese de que el voltaje sea el correcto en los terminales en el gabinete de control de la caldera; chequear el voltaje en la línea principal, llamar a la compañía de Energía Eléctrica si es el caso.

### **Los térmicos de los motores del ventilador o del compresor se saltan**

Sugerencias: Verificar el voltaje, los fusibles y determinar las razones por las cuales existen sobrecarga, tales como tensión de correas, fallas mecánicas, etc. Reparar o reemplazar los elementos defectuosos.

### **Contactos eléctricos defectuosos**

Sugerencia: Chequear y ajustar todos los contactos electrónicos.

### **Los mecanismos de modulación de fuego alto y bajo (si existen) no se encuentran en la posición adecuada de fuego alto**

Sugerencias: Asegurarse que los mecanismos y el motor que los acciona no han sufrido daño.

### **Controles de seguridad y regulación defectuosos o desajustados**

Sugerencias: (Controles tales como: Control de presión alta o baja del combustible; controles de temperatura alta o baja del aceite (si existe) controles de presión alta o baja del gas).

Determinar las causas por las cuales el control no esta cumpliendo sus funciones y ajustarlos, repararlos o reemplazarlos según el caso.

### **Control principal de combustión en posición OFF o defectuoso**

Sugerencia: Cerrar el circuito de control, chequear los contactos “reales” y tubos; reparar o reemplazar las partes defectuosas.

## **6.6.2 FALLA EN EL ENCENDIDO**

Características: El ventilador y el quemador arrancan pero no se inicia la llama principal.

CAUSAS POSIBLES:

### **Chispa de ignición defectuosa**

Sugerencia: Ajustar en forma adecuada la luz necesaria del electrodo para que salte la chispa. Remover el carbón y limpiar el aislamiento de porcelana; verificar el transformador. Chequear cables y alambres buscando interrupciones del circuito.

### **No hay flujo de gas o su presión es baja (encendido a gas)**

Sugerencia: Verificar la presión de suministro de gas, asegurarse de que todas las válvulas de gas estén abiertas. Verificar el switch de bloqueo de gas, si existe.

### **Válvula solenoide de gas defectuosa (encendido a gas)**

Sugerencia: Chequear el funcionamiento de la válvula. Chequear las conexiones eléctricas buscando interrupciones en el circuito. Limpiar la válvula.

### **Control de combustión defectuoso**

Sugerencia: Chequear los contactos del control, “reles”, tubos y efectividad de las conexiones.

### **Suministro inadecuado de aire de encendido (fuego bajo)**

Sugerencia: Revisar la regulación de aire de encendido o fuego bajo.

### **Fallas en el suministro principal de combustible**

Sugerencia: Chequear el suministro de energía eléctrica a la válvula solenoide principal en la línea de combustible están abiertas. Verificar los reles en el control principal de combustión buscando su correcta operación y limpieza. Chequear el sistema de suministro de combustible

incluyendo bombas, filtros, reguladores de presión en toda la línea hasta el depósito principal.

**Temperatura o presión inadecuada en el combustible o controles de regulación desajustados o defectuosos**

Sugerencia: Chequear todos los controles de presión y temperatura en la línea de combustible, ajustarlos o reemplazarlos.

**Posición inadecuada del modulador de fuego alto y bajo**

Sugerencia: Verificar la posición del mecanismo del sistema de modulación o del sistema de fuego alto y bajo.

**6.6.3 FALLA EN LA LLAMA PRINCIPAL DURANTE EL ARRANQUE.**

CARACTERISTICAS: Se enciende la llama principal pero falla luego de un periodo que puede ir desde unos pocos segundos hasta algo más de un minuto.

CAUSAS POSIBLES

**Ajuste defectuoso del suministro de aire o combustible**

Se reconoce por el sonido irregular o por las pulsaciones de sonido, o por condiciones no usuales en los humos.

Sugerencias: Chequear el suministro de aire primario y secundario. Chequear el suministro de combustible.

Si existe sistema de modulación de combustión o de fuego alto o bajo, chequear el estado del mecanismo correspondiente.

Verificar el sistema de control de flujo de combustible buscando irregularidades en presión o temperatura y verificar el estado de limpieza de válvulas, filtros y reguladores de presión.

**Control de combustión defectuoso**

Sugerencia: inspeccionar el control de combustión asegurándose de que los contactos están ajustados, de la buena operación del rele y de la limpieza del conjunto.



#### **6.6.4 FALLA DURANTE LA OPERACIÓN**

**CARACTERÍSTICAS:** La caldera se apaga existiendo condiciones normales de operación.

##### **CAUSAS POSIBLES**

##### **Combustión pobre o inadecuada**

**Sugerencia:** Chequear la dosificación de aire y combustible, y los mecanismos del sistema modulador si existe; verificar presión y temperatura del combustible en busca de irregularidad.

Observar si el suministro de aire de combustión.

##### **Condiciones de bajo nivel de agua**

**Sugerencia:** Asegurarse de que el nivel del agua llega al punto normal en el vidrio de nivel.

Verificar completamente el sistema de alimentación de agua y de los controles de nivel.

##### **Falla en el suministro de energía eléctrica**

**Sugerencia:** Chequear los switches de la línea, los fusibles e interruptores. Observar si existen fluctuaciones de voltaje.

Determinar si existen interrupciones en los cables eléctricos ocasionadas por vibraciones o calentamiento.

Verificar todas las terminales y conexiones eléctricas.

##### **Control de combustión defectuoso**

**Sugerencia:** Observar si hay vibración o calentamiento que afecten el control.

Observar si los contactos del control están sucios o no están convenientemente ajustados.

Chequear si el rele opera correctamente.

Observar si el detector electrónico de llama presenta deterioro, y verificar su posición y limpieza.

## **6.7 TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CALDEROS**

### **6.7.1 PROPOSITO DEL TRATAMIENTO.-**

Ya que aun pequeñas cantidades de impurezas disueltas y sus pensas en el agua pueden causar serios problemas, se necesita un tratamiento complementario no importa lo bien que el agua haya sido pretratada.

Un programa completo para el tratamiento del agua de calderos incluye:

1. Productos químicos de ablandamiento, para que reaccionen con la dureza del agua de alimentación
2. Condicionadotes (acondicionadores) de lodos, para evitar que los sólidos suspensos o lodos se peguen al metal.
3. Atrapadores de oxígeno, para evitar la corrosión.
4. Antiespumantes, para evitar el arraste.

### **6.7.2 COMO SE CONTROLA EL TRATAMIENTO.-**

Se necesita una buena dosificación y alimentación de los productos químicos. Para asegurar que se mantiene continuamente la cantidad necesaria para un buen tratamiento.

Hay que mantener los sólidos disueltos y suspensos del caldero dentro de los limites establecidos, mediante la purga (la descarga de los sólidos concentrados en el agua del caldero). Hay que hacer análisis del agua del caldero, para controlar el tratamiento y las purgas.

### **6.7.3 CONSIDERACIONES ESPECIALES.-**

A tratar el agua para calderos, de debe tener en cuenta que es para:

1. Evitar incrustaciones y corrosiones.
2. Evitar corrosión en el sistema de vapor
3. Tomar precauciones contra la fragilización caústica.
4. Evitar las contaminaciones de aceites y materiales del proceso.
5. adecuado tratamiento de calderos fuera de servicio.

#### **6.7.4 PROPOSITO DEL TRATAMIENTO.-**

##### **1.- Necesidad del tratamiento químico interno.-**

El tratamiento químico interno del agua del caldero es indispensable, haya sido o no pretratada el agua. El tratamiento químico interno, por lo tanto, complementa el tratamiento externo controlando todas las impurezas que entran al caldero con el agua de alimentación (dureza, oxígeno, sílice, hierro, etc.), no importa si la cantidad es grande o pequeña.

En muchos casos, el tratamiento externo no es necesario y el agua puede ser tratada solo internamente.

El tratamiento interno puede ser suficiente sin el externo, cuando:

- a.- El caldero opera a presiones bajas o moderadas.
- b.- Cuando el retorno es grande.
- c.- Cuando el agua de reposición es de buena calidad.

##### **2.- Finalidad del tratamiento interno.-**

El propósito de todo tratamiento químico interno es el siguiente:

- a.- Reaccionar con la dureza del agua de alimentación y evitar que precipite como incrustación sobre el metal del caldero.
- b.- Acondicionar cualquier materia suspendida, como lodos de dureza u oxido de hierro, para hacerla no adherente al metal del caldero.
- c.- Dar protección antiespumante, para permitir una concentración adecuada de sólidos disueltos y suspensos en el agua del caldero, sin que se produzca arrastres, y

d.- Eliminar el oxígeno del agua y dar la suficiente alcalinidad, para evitar la corrosión del metal del caldero.

Además, como medidas adicionales, el tratamiento interno debe evitar la corrosión y la incrustación del sistema de alimentación de agua, así como de las líneas de vapor y sitios de condensación.

### **3.- Químicos usados en el tratamiento interno.-**

Los productos químicos de ablandamiento incluyen carbonato de sodio, sosa cáustica y varios tipos de fosfatos de sodio.

Estos químicos reaccionan con el calcio y magnesio del agua, precipitándolos. Algunas veces se usa también el silicato de sodio para aumentar la alcalinidad y para que reaccione selectivamente con el magnesio.

Los materiales usados para condicionar los lodos incluyen varios orgánicos, como taninos, ligninas y alginatos. Es importante que estos materiales se seleccionen y procesen para que sean estables y efectivos a las condiciones de uso. Ciertos orgánicos sintéticos se usan como agentes antiespumantes.

Los químicos usados para atrapar oxígeno son sulfito de sodio e hidracina.

Se usan combinaciones polifosfatos y orgánicos, para evitar incrustaciones y corrosión en tuberías de alimentación. Se usan aminas volátiles neutralizantes y filmicas para evitar la corrosión en los sitios de condensación.

#### **4.- Reacción de los carbonatos y fosfatos.-**

El bicarbonato de calcio que entra al caldero se rompe con la temperatura y la alcalinidad que encuentra o reacciona con la sosa caústica para formar carbonato de calcio. Como el carbonato de calcio es relativamente insoluble, tiende a precipitar de la solución.

El carbonato de calcio se rompe parcialmente a altas temperaturas, para formar hidróxido de sodio y CO<sub>2</sub>.

Cuando se usan fosfatos en el tratamiento interno, reaccionan con el carbonato de calcio para formar fosfatos tricálcico y carbonato de sodio. En la presencia de suficientes hidróxidos, el bicarbonato de magnesio precipita como hidróxido de magnesio o reacciona con sílice para formar silicato de magnesio.

Los minerales precipitados (carbonato de calcio, fosfato de calcio, hidróxido de magnesio silicato de magnesio, etc.), forman lodos que deben ser acondicionados para evitar que se peguen al metal. El lodo acondicionado se elimina del caldero mediante la purga.

#### **5.- Reacción de los sulfatos.-**

Las temperaturas altas en agua de calderos, reducen la solubilidad del sulfato de calcio y tienden a hacerlo precipitar directamente sobre el metal como incrustación. Consecuentemente, el sulfato de calcio

### **6.8 NORMAS DE SEGURIDAD**

Para evitar riesgos de accidentes al personal y destrucción de la infraestructura de la empresa con el estudio realizado se deben seguir las siguientes normas de seguridad:

- En caso de que exista una situación de peligro inminente, que no pueda corregirse, se deberá apagar el equipo a presión siguiendo los procedimientos de seguridad establecidos en la instalación.
- El aparato térmico se deberá reparar o instalar en lugares donde los riesgos a que se expone el personal de la instalación sean mínimos.
- Las personas que están trabajando dentro de la empresa deberán ser informadas si se han de realizar algunos trabajos afuera que puedan afectarlos.
- Para el aparato térmico se deberá tener un registro que incluirá como mínimo de la siguiente información: Presión máxima de operación, temperatura de la chimenea, presión máxima de salida de combustible, para verificar si la caldera funciona correctamente.
- Inspección de equipos a presión todos los equipos a presión deberán contar con instrucciones para su debido uso, mantenimiento y seguridad, las cuales serán verificadas durante las inspecciones.
- Las inspecciones de los equipos a presión se llevarán a cabo por personal de la empresa o por personal contratado idóneo. Los equipos a presión se deben inspeccionar, por lo menos con la periodicidad indicada por los fabricantes o los códigos referidos en esta norma.
- Las pruebas e inspecciones realizadas por contratistas se deberán efectuar con la presencia de un representante del dueño, quién deberá dar fe de la misma.

- Todas las herramientas y equipos de seguridad necesarios para la inspección deberán ser revisados, calibrados y estar en buenas condiciones, antes de iniciar la misma.
- El inspector deberá adherir una etiqueta certificando la inspección del caldero
- Se deberá llevar un registro de las inspecciones y pruebas realizadas del caldero
- Las inspecciones, reparaciones o alteraciones de calderas a bordo del equipo flotante deberá cumplir, adicionalmente, con lo indicado en el código ASME Sección I, Sección IX, o el ANSI/NB-23.
- Las inspecciones de las partes, tuberías, conexiones, válvulas seguirán las practicas recomendadas en API 510.
- El equipo será aislado y sellado para controlar cualquier fuga de líquidos, gases o vapores.
- El equipo térmico deberá ser drenado, purgado, limpiado, ventilado y la atmósfera probada antes de entrar al mismo. Se deberá utilizar el equipo de protección personal requerido, que proteja los ojos, pulmones y otros puntos del cuerpo.
- Las personas alrededor del equipo de presión deberán ser informadas que hay personal trabajando dentro del mismo.
- Calibración: todos los aparatos utilizados para las pruebas de presión deben estar debidamente calibrados.

- Todos los equipos a presión deben contar con dispositivos de seguridad y de medición debidamente calibrados y debidamente protegidos.
- Los accesos a los dispositivos de seguridad deben mantenerse libres de obstrucción en todo momento.
- Las válvulas de presión y la presión del recipiente deberán ajustarse con un porcentaje considerable para prevenir su mal funcionamiento.
- Los dispositivos de alivio de presión de los equipos a presión deberán ser probados a intervalos y frecuencias necesarias para verificar que las mismas trabajan de manera confiable.
- La descarga de la válvula de seguridad se debe efectuar en un lugar seguro.
- La presión de operación de los equipos a presión no deberá exceder la presión de calibración de las válvulas de seguridad.
- La presión de la calibración de las válvulas de seguridad utilizadas no deberá rebasar la presión de trabajo máxima permisible.
- Se deberán realizar las pruebas de corrosión indicadas por el código ASME para estimar el espesor de las paredes de los equipos.
- Cada reparación deberá ser debidamente documentada.
- Trabajos de soldadura. Sólo soldadores certificados por la ACP o con certificaciones reconocidas por la ACP deben soldar equipos a presión.



## 6.7 BIBLIOGRAFÍA

[http://www.calderasvapor.com/itc1\\_art15.htm](http://www.calderasvapor.com/itc1_art15.htm)

[http://www.calderasvapor.com/seguridad\\_en\\_calderas.htm](http://www.calderasvapor.com/seguridad_en_calderas.htm)

<http://www.ruelsa.com/notas/ahorro.html>

<http://www.doschivos.com/trabajos/Tecnologia/723.htm>

<http://www.geocities.com/MadisonAvenue/6883/>

[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_778\\_recomendacionesopera](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_778_recomendacionesopera)

<http://www.quiminet.com.mx/ar0/a4E%257F%25A4v%251A%250A%25BA.htm>

<http://www.quiminet.com.mx/ar5/ar%25A9H%2585%25D0%25FAL%2581.htm>

<http://www.scif.com/safety/safetymeeting/Article.asp?ArticleID=147>

<http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimientoindustrial/mantenimiento-industrial.shtml>

<http://www.monografias.com/trabajos5/aguacald/aguacald.shtml#probcald>

[http://www.dif.gob.mx/edif/sad/SGC\\_CHN/MANUALES/SGC/CHN-SC-24%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO.pdf](http://www.dif.gob.mx/edif/sad/SGC_CHN/MANUALES/SGC/CHN-SC-24%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO.pdf)

<http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

<http://www.monografias.com/trabajos17/mantenimiento-predictivo/mantenimiento-predictivo.shtml>

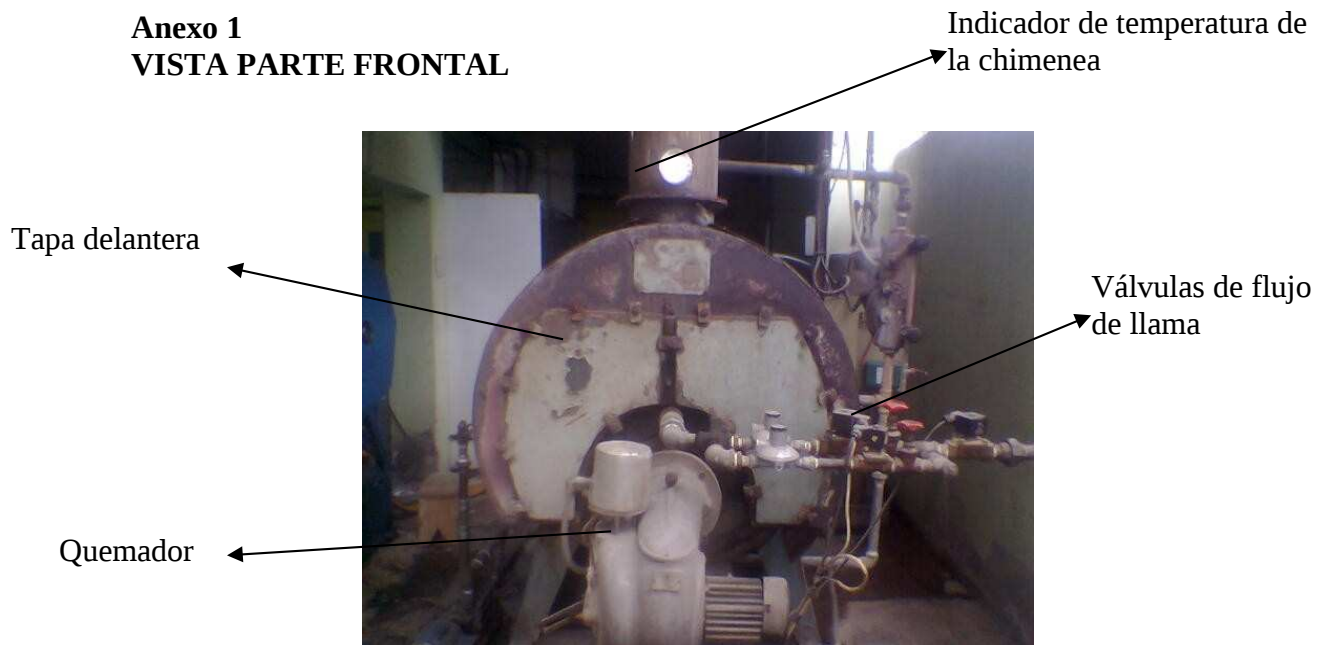
Libro: Fundamentos de mantenimiento para calderos- Autor: Edisson Jordán

**ANEXOS**

# ANEXOS

## CALDERO DE “Lavanderías Nacionales”

**Anexo 1**  
**VISTA PARTE FRONTAL**



**Anexo 2**  
**VISTA PARTE TRASERA**



**Anexo 3**  
**CHIMENEA**



TIPO COMBUSTIÓN: (Completa)

**Anexo 4**  
**ALIMENTACIÓN DE AGUA**

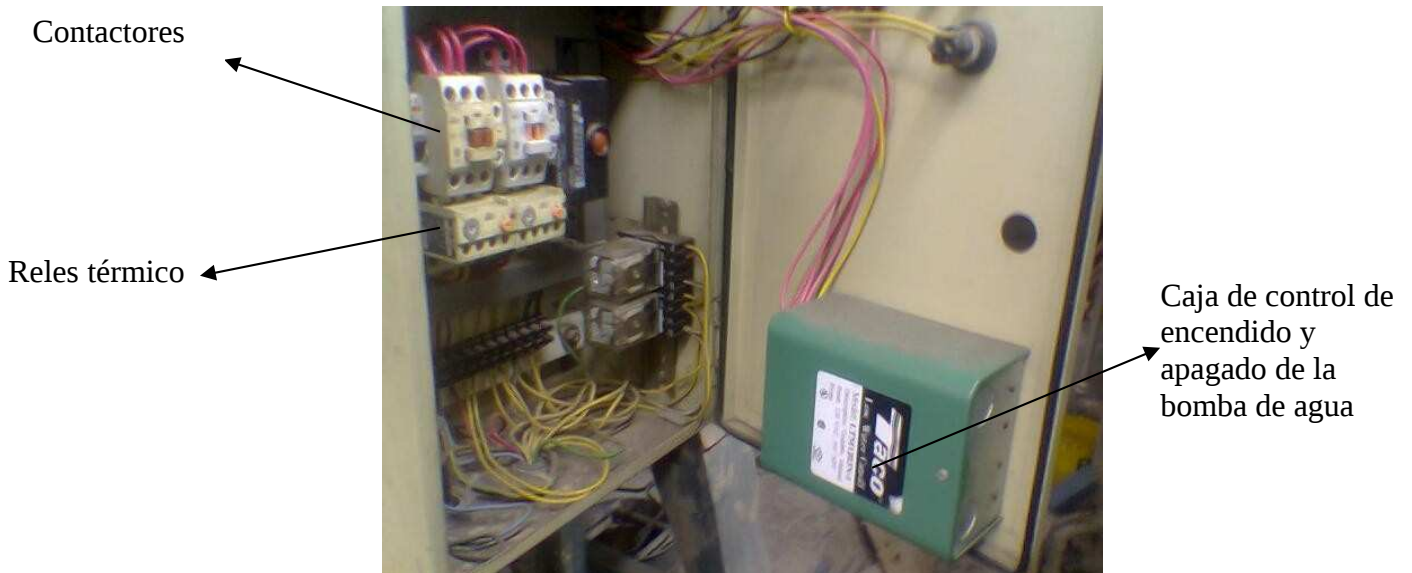


**Anexo 5**  
**AREA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**



TIPO DE COMBUSTIBLE: GAS DE 15 Kg

**Anexo 6**  
**TABLERO DE CIRCUITO DE CONTROL**



## Anexo 7

### MAQUINAS QUE FUNCIONAN A VAPOR



**Nombre:** Plancha semiautomática.

**Uso:** Para planchar sabanas, mantelería, etc.

**Mantenimiento:** Limpiar y Engrasar los rodillos, Revisar válvulas de vapor y circuito de control.



**Nombre:** Plancha semiautomática.

**Uso:** Para planchar pantalones, ternos, etc.

**Mantenimiento:** Revisar tuberías, válvulas de presión de vapor y limpiar zona de trabajo.



**Nombre:** Lavadora semiautomática al agua.

**Uso:** Para lavar todo tipo de prendas de vestir.

**Mantenimiento:** Revisar tensión del motor con un multimetro, revisar el circuito de control, revisar válvulas de vapor y agua.



**Nombre:** Lavadora semiautomática al seco.

**Uso:** Para ternos y vestidos de tela especial.

**Mantenimiento:** Revisar mangueras que conectan a las electro válvulas.



**Nombre:** secadora industrial.

**Uso:** Se utiliza para secar cualquier tipo o prenda que lo requiera.

**Mantenimiento:** Limpiar el sistema de absorción, revisar las bandas del motor.