



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

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN  
DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL  
HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

**Manuel Arturo de León Rodríguez**  
Asesorado por el Ing. Julio César Molina Zaldaña

Guatemala, febrero 2010



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN  
DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL  
HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MANUEL ARTURO DE LEÓN RODRÍGUEZ**  
ASESORADO POR EL ING. JULIO CÉSAR MOLINA ZALDAÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN  
DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL  
HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 24 de octubre de 2008.



**Manuel Arturo de León Rodríguez**



Guatemala, 03 de Julio de 2009.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Guatemala, Guatemala  
Presente

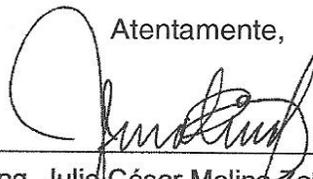
Respetable Ingeniera Sarmiento Zeceña,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor de la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Manuel Arturo de León Rodríguez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 2002-13122, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: "PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO"

En tal virtud, LO DOY POR APROBADO, solicitándole el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Ing. Julio César Molina Zaldana  
Asesor de trabajo de graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ING. MECANICO  
*Julio César Molina Zaldana*  
Colegiado No. 3959





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 27 de octubre de 2009  
REF.EPS.DOC.732.10.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

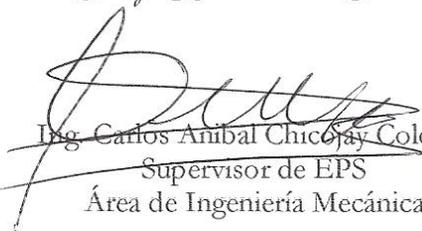
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Manuel Arturo de León Rodríguez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **200213122**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
Ing. Carlos Anibal Chicoy Coloma  
Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo  
CACC/ra







UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 27 de octubre de 2009  
REF.EPS.D.1514.10.09

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Manuel Arturo de León Rodríguez** quien fue debidamente asesorado por el Ing. Julio César Molina Zaldana y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra







**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO, del estudiante Manuel Arturo de León Rodríguez, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, febrero de 2010

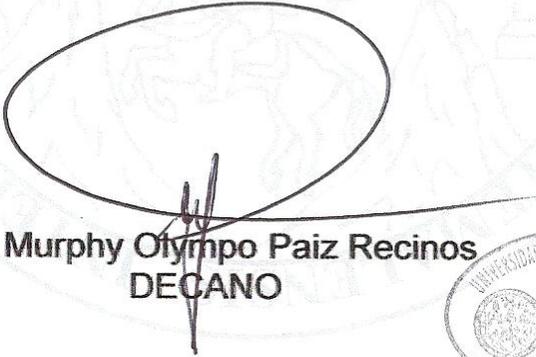
JCCP/behdei





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE CALDERAS E IMPLEMENTACIÓN DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD PARA SALA DE MÁQUINAS DEL HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Arturo de León Rodríguez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, febrero de 2010

/gdech



## **DEDICATORIA A:**

**DIOS**

**MI MADRE**

Sonia Cristina Rodríguez Anléu

**MI ABUELITA**

Eddy Aurora Orozco Pardo

**MIS HERMANOS**

Vallery Georgina del Carmen López Rodríguez,  
Jorge Adalberto López Rodríguez

**TODOS MIS AMIGOS**



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>DIOS</b>	Por haberme dado la oportunidad de terminar los estudios universitarios con satisfacción y por las fuerzas que me da cada día
<b>MI MADRE</b>	Por apoyarme incondicionalmente en todo momento difícil, por su amor y por llevarme hacia el camino correcto
<b>MI ABUELITA</b>	Por su amor en todo momento y sus oraciones que me alientan a seguir adelante
<b>MIS AMIGOS</b>	Por todos los buenos momentos que he pasado con ellos
<b>HOSPITAL NACIONAL DE CHIMALTENANGO</b>	Por haberme dado la oportunidad de realizar mi E.P.S en sus instalaciones
<b>LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	Por ser la institución que me ha formado como profesional



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XIX
<b>OBJETIVOS</b>	XXI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXIII
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Generalidades del Hospital Nacional de Chimaltenango	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Principales actividades	2
1.1.3. Filosofía, visión y misión	3
1.1.3.1. Filosofía	3
1.1.3.2. Visión	3
1.1.3.3. Misión	3
1.1.4. Objetivos y estrategias	4
1.1.4.1. Objetivo general	4
1.1.4.2. Objetivos específicos	4
1.1.4.3. Estrategias	5
1.1.5. Ubicación	6
1.2. Departamento de mantenimiento	7
1.2.1. Actividades	7
1.2.2. Estructura organizacional	7
1.3. Conceptos generales de calderas y mantenimiento	8
1.3.1. Definición de un generador de vapor	8
1.3.1.1. Calderas	12
1.3.1.1.1. Funcionamiento de una caldera	12

1.3.1.1.2.	Tipos de calderas	17
1.3.1.1.3.	Instalación de una caldera	23
1.3.1.2.	Equipo de quemadores para calderas	26
1.3.1.3.	Cámara de agua	31
1.3.1.4.	Ventilador en una caldera	32
1.3.1.5.	Tanque de combustible de la caldera	35
1.3.1.6.	Tratamiento de agua para calderas	37
1.3.1.7.	Sistema eléctrico en la caldera	71
1.3.1.8.	Válvulas de seguridad en la caldera	79
1.3.2.	Definición de mantenimiento	102
1.3.2.1.	Mantenimiento correctivo	103
1.3.2.2.	Mantenimiento preventivo	104
1.3.2.3.	Mantenimiento predictivo	104
1.3.2.4.	Mantenimiento proactivo	105
1.4.	Información general de mantenimiento preventivo	106
1.5.	Información general sobre la seguridad industrial en Guatemala	109
1.5.1.	Conceptos generales de señalización de seguridad	115

## **2. FASE TÉCNICO-PROFESIONAL**

2.1.	Desarrollo de la propuesta de mantenimiento preventivo para el equipo utilizado en la generación de vapor	133
2.1.1.	Mantenimiento preventivo	133
2.1.1.1.	Caldera	133
2.1.1.1.1.	Descripción de la situación actual de la caldera	133
2.1.1.1.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	134
2.1.1.1.3.	Propuesta de mantenimiento para calderas	137

2.1.1.2.	Quemador	145
2.1.1.2.1.	Descripción de la situación actual de los quemadores	145
2.1.1.2.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	145
2.1.1.2.3.	Propuesta de mantenimiento para quemadores	146
2.1.1.2.3.1.	Mantenimiento del quemador de diesel	146
2.1.1.2.3.2.	Mantenimiento del quemador de aceite pesado No. 6 ( <i>bunker</i> )	148
2.1.1.3.	Cámara de agua	157
2.1.1.3.1.	Descripción de la situación actual de la cámara de agua	157
2.1.1.3.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	157
2.1.1.3.3.	Propuesta de mantenimiento para la cámara de agua	158
2.1.1.4.	Ventiladores	160
2.1.1.4.1.	Descripción de la situación actual de los ventiladores	160
2.1.1.4.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	160
2.1.1.4.3.	Propuesta de mantenimiento para los ventiladores de la caldera	161
2.1.1.5.	Tanques de combustible	170
2.1.1.5.1.	Descripción de la situación actual de los tanques de combustible	170
2.1.1.5.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	171

2.1.1.5.3.	Propuesta de mantenimiento para los tanques de combustible	172
2.1.1.5.3.1.	Mantenimiento de la unidad de combustión con diesel	172
2.1.1.5.3.2.	Mantenimiento de la unidad de combustión con <i>bunker</i>	173
2.1.1.6.	Tratamiento de agua para las calderas	176
2.1.1.6.1.	Descripción del tipo actual de agua que se usa para las calderas	176
2.1.1.6.2.	Propuesta de cómo seleccionar suavizadores en el agua para el uso de calderas	177
2.1.1.7.	Sistema eléctrico de la caldera	184
2.1.1.7.1.	Descripción de la situación actual del sistema eléctrico de las calderas	184
2.1.1.7.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	184
2.1.1.7.3.	Propuesta de mantenimiento para el sistema eléctrico	185
2.1.1.8.	Válvulas de seguridad	196
2.1.1.8.1.	Descripción de la situación actual de las válvulas de seguridad	196
2.1.1.8.2.	Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual	196
2.1.1.8.3.	Propuesta de mantenimiento para las válvulas de seguridad	197
2.1.2.	Rutina de mantenimiento a seguir por pieza	199
2.2.	Desarrollo de la implementación de la señalización de seguridad	201
2.2.1.	Señalización de seguridad	201

2.2.2.	Descripción de situación actual en la sala de máquinas	201
2.2.3.	Implementación de señalización de seguridad en la sala de máquinas	201
<b>3.</b>	<b>FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE</b>	
3.1	Objetivo principal	213
3.2	Tipos de mantenimiento	213
3.3	Rutinas de mantenimiento a seguir	215
3.4	Seguridad industrial en el entorno del trabajo	215
3.5	Interpretación de la señalización que se implementó	216
	<b>CONCLUSIONES</b>	221
	<b>RECOMENDACIONES</b>	223
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	227



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango	6
2.	Organigrama del departamento de mantenimiento	7
3.	Proceso de generación de energía por medio de vapor	9
4.	Diagrama de flujo de agua-vapor	13
5.	Caldera pirotubular de cuatro pasos	18
6.	Calderas acuotubulares	20
7.	Esquema de un quemador atmosférico	27
8.	Abastecimiento de aire secundario	34
9.	Ilustración del tanque de combustible	36
10.	Arrastre de agua en una tubería de vapor	44
11.	Gotas de humedad con el vapor	47
12.	Temperatura de salida del agua recomendada para varias presiones del deaerador	56
13.	Reducción de la eficiencia de la transferencia de calor vs espesor de la incrustación	68
14.	Motor modulador del registro	73
15.	Tablero básico con control de programación	75
16.	Caldera básica de vapor de aceite y gas	77
17.	Régimen de presiones para una válvula des seguridad con sobrepresión de 10%	80
18.	Válvula de seguridad de acción o presión directa	84

19.	Efecto de la contrapresión sobre la presión de disparo para válvulas de seguridad convencional o no compensada	87
20.	Válvula de seguridad accionada por piloto	90
21.	Válvula de seguridad asistida por piloto	94
22.	Válvula de seguridad equilibrada por fuelle	95
23.	Válvula de seguridad equilibrada de pistón	97
24.	Efecto de la contrapresión sobre la presión de disparo para válvulas de seguridad compensadas	99
25.	Válvula de seguridad compensada de fuelle con pistón auxiliar	100
26.	Señalización óptica	121
27.	Señales de advertencia	123
28.	Señales de prohibición	124
29.	Señales de obligación	125
30.	Señales relativas de lucha contra incendios	126
31.	Señales de salvamento o socorro	127
32.	Señal de color referida al riesgo de caída, choques o golpes	131
33.	Señalización de conducciones	132
34.	Quemador y boquilla diesel	147
35.	Inyector del quemador desarmado	152
36.	Tirador del quemador con piloto de gas	154
37.	Montadura del electrodo-piloto de aceite	155
38.	Flujo de aire secundario o de combustión	162
39.	Tanque receptor de aire-aceite	166
40.	Alineación de bomba-motor	175
41.	Suavizador o ablandador	176
42.	Conjunto básico del gas	188
43.	Conjunto de pre-calentamiento del aceite pesado	192
44.	Atención alta temperatura	204
45.	Riesgo de incendio	205

46.	Atención riesgo de electrocución	205
47.	Peligro equipo con tensión	206
48.	Salida de emergencia	206
49.	Ubicación de las salidas	207
50.	Prohibido hacer fuego y fumar	208
51.	No obstruir el paso	209
52.	Solo personal autorizado	209
53.	Prohibido estacionarse	210
54.	Peligro materiales inflamables	211
55.	Ducha de emergencia	212
56.	Departamento de mantenimiento	212

## TABLAS

I.	Efectos de un tratamiento inadecuado del agua	39
II.	Límites permitidos de sílice en el agua de la caldera	49
III.	Factores influyentes en el arrastre de sólidos disueltos	51
IV.	Nivel de sulfito (SO <sub>3</sub> ) en el agua de la caldera	58
V.	Niveles de pH	62
VI.	Impurezas más comunes en las aguas de alimentación las calderas	64
VII.	Porcentaje de bióxido de carbono	148
VIII.	Tabla con la rutina general de mantenimiento a seguir	199



## GLOSARIO

Ácidos	Una sustancia que produce iones $H^+$ o que dona un protón, convierte el papel tornasol azul a rojo y neutraliza una base.
Agua destilada	El agua destilada es aquella cuya composición se basa en la unidad de moléculas de $H_2O$ . Es aquella a la que se le han eliminado las impurezas e iones mediante destilación.
Alcalinidad	La basicidad o alcalinidad es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa.
Amina	Las aminas son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de los hidrógenos de la molécula por los radicales alquilo.
Autoclave	Es un dispositivo que sirve para esterilizar material médico o de laboratorio, utilizando vapor de agua a alta presión.

<i>Bunker</i>	El <i>Bunker</i> es un combustible residual que se obtiene de la destilación y refinación de los hidrocarburos, generalmente tiene un precio bajo por esa condición (residuo) es por esto que se prioriza su uso en aplicaciones donde el consumo de energía es importante.
Caldera	Una caldera es una máquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor.
Calor latente	Se denomina calor latente de cambio de estado a la energía que hay que comunicar a 1 kg de una sustancia para que cambie de estado.
Deaerador	Es un equipo que remueve O <sub>2</sub> (aire) de el agua de alimentación a calderas, ya que el oxígeno es altamente corrosivo en los circuitos de vapor.
Diesel	También denominado gasóleo o gasoil, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m <sup>3</sup> (0,850 g/cm <sup>3</sup> ), compuesto fundamentalmente por parafinas.
Economizador	Es un dispositivo mecánico de transferencia de calor que calienta un fluido hasta su punto de ebullición, sin pasar de él.

Efecto Venturi	Consiste en que la corriente de un fluido dentro de un conducto cerrado disminuye la presión del fluido al aumentar la velocidad cuando pasa por una zona de sección menor.
Escudriñador	En una caldera es el componente que averigua la presencia de las llamas de gas o aceite y asegura la seguridad en caso de falla de llama.
Evaporador	Es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, disminuyendo su temperatura, el otro se calienta aumentando su temperatura, pasando de su estado líquido original a estado vapor.
Flóculo	Es un grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.
<i>Hand hole</i>	Son agujeros en forma ovalada que permiten realizar inspecciones y limpieza del lado del agua, se localizan en lugares que permiten tales acciones.

Hollín	Es la partícula sólida de tamaño muy pequeño en su mayoría compuesta de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de color oscuro más bien negro resultante de la combustión incompleta de un material (madera, carbón, etc.).
Incrustación	Es la acción y el efecto de cubrirse una roca, un animal, o un vegetal, con una costra de sustancia mineral abandonada por el agua que la contiene en disolución.
Inercia térmica	Es la dificultad con la que un cuerpo cambia su temperatura al estar en contacto con otros cuerpos o ser calentado.
Man hole	Son agujeros que se encuentran en la parte superior del cuerpo de la caldera y permiten realizar inspecciones y limpieza dentro de la cámara de agua. Estos agujeros son grandes, de manera que un hombre quepa dentro del mismo.
Mhos	Es un anagrama (palabra inversa de ohm u ohmio). Este nombre no está en las actuales normas.

Normas ISO	Son aquellas normas que aportan grandes beneficios en el sistema de calidad a las empresas.
Normas OSHA	Las siglas OSHA (Occupational Safety and Health Administration), en inglés, corresponden a la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. La única responsabilidad de la OSHA es proteger la seguridad y la salud de los trabajadores.
PH	Es el índice de que expresa el grado de acidez o alcalinidad.
Ppm	Partes por millón (abreviado como ppm) es la unidad empleada usualmente para valorar la presencia de elementos en pequeñas cantidades (traza) en una mezcla.
Presión	Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.
Presostato	Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Psi	Es una unidad de presión cuyo valor equivale a una libra por pulgada cuadrada.
Purga	Eliminación de una parte del agua de la caldera con el propósito de reducir la concentración de sólidos, o para descargar el sedimento.
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
Sal	Es el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión.
Serpentín	Es un tubo de forma frecuentemente espiral, utilizado comúnmente para enfriar vapores provenientes de la destilación en un calderín y así condensarlos en forma líquida.
Termostato	Un termostato es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.
Tortugas	Son las tapaderas de los registros, las que permiten, por medio de empaques, un sellado hermético del lado del agua.

Tubos <i>Fluxes</i>	Son los tubos que conducen los gases calientes a través de la caldera, cediendo el calor al agua hasta que ésta hierva y se convierta en vapor.
Vapor	Es un estado de la materia en el que las moléculas apenas interaccionan entre sí, adoptando la forma y el volumen del recipiente que lo contiene y tendiendo a expandirse todo lo posible.
Zeolita	El término está muy arraigado en la práctica y se usa como sinónimo de intercambiador catiónico tipo sódico.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue elaborado con el objetivo de dar un apoyo técnico a los trabajadores del departamento de mantenimiento del Hospital Nacional de Chimaltenango, tanto en la señalización de seguridad en la sala de máquinas, como en el mantenimiento de las calderas, porque es de vital importancia tenerlas en perfecto estado, ya que son de necesarias para la producción de vapor, y con el vapor se puede esterilizar instrumentación quirúrgica, también sirve para la cocción de alimentos, para el funcionamiento de algunas lavadoras y secadoras en el área de lavandería, para tener agua caliente si se necesita, entre otras situaciones.

El trabajo se divide en dos fases, la primera fase es de investigación, la cual incluye las generalidades del Hospital Nacional de Chimaltenango y conceptos generales a cerca de lo que es una caldera y sus clasificaciones, posterior a ello, se detallan las partes principales de una caldera básica, con definiciones y gráficas de los quemadores, cámaras de agua, ventiladores, el tanque de combustible, el tratamiento de agua para las calderas, el sistema eléctrico en la caldera y las válvulas de seguridad, también hay descripciones de los tipos de mantenimiento y conceptos generales a cerca de la señalización de seguridad.

La segunda fase es la técnico profesional, en esta parte del trabajo se describe la situación actual, se identifica el tipo de mantenimiento y se hace la propuesta del mantenimiento, tanto a la caldera como a sus partes principales, que se detallan en la primera fase, también en esta sección se incluye el desarrollo de la implementación de la señalización de seguridad en la sala de máquinas, que incluye una descripción de la situación actual y se indican los lugares específicos en donde se colocaron los catorce carteles, entre los cuales están los de advertencia, de indicación y de prohibición.

En general, este trabajo de graduación trata de ayudar a todo lector que este interesado en un mantenimiento centralizado en las calderas, también trata de ayudar a toda persona que se interese en la señalización de seguridad en el ámbito laboral, hay figuras indicando diferentes tipos de señalización, para diferentes situaciones, mostrando los colores de los diferentes carteles, tanto para advertencia, prohibición, obligación, señales relativas de lucha contra incendios, señales de salvamento y socorro y por último hay una figura que indica la señalización de conducciones para tubería con diferentes fluidos.

## **OBJETIVOS**

### **Generales:**

1. Analizar y realizar un diagnóstico situacional de los equipos involucrados en el proceso de producción de vapor, para proponer las distintas acciones de mantenimiento.
2. Elaborar una propuesta de un plan mantenimiento para las calderas utilizadas para la producción de vapor.
3. Analizar e implementar la señalización de seguridad para la sala de máquinas.

### **Específicos:**

1. Definir rutinas de mantenimiento preventivo para las calderas, con el fin de mejorar su conservación y asegurar su funcionamiento continuo.
2. Realizar una investigación muy detallada para la señalización de seguridad en la sala de máquinas, ya que solo son señales muy específicas.
3. Evitar todos los riesgos posibles a través de la señalización, ya que éstas señales preverán posibles accidentes.



## INTRODUCCIÓN

El Hospital Nacional de Chimaltenango es sumamente importante para cuidar la salud de las personas de esa región, ya que es responsable de brindar atención médica integral, oportuna, eficiente y eficaz que contribuye en la salud de la población. Es una entidad pública de vanguardia con vocación docente, asistencial y cuenta con personal técnico y profesional especializados.

En los hospitales nacionales existe una serie de máquinas, equipo y herramientas que son relevantes para prestar el debido servicio a la población guatemalteca. Para que este equipo no se deteriore, es necesario concienciar al personal que opera éste y, además, a las personas que le prestan el servicio de mantenimiento, quienes deben hacer buen uso del equipo que tienen a su cargo, ya que de ello pueden depender muchas vidas.

Haciendo un análisis de la situación actual del equipo que genera vapor se optó por desarrollar una propuesta de mantenimiento de calderas e implementación de señalización de seguridad para sala de máquinas del Hospital Nacional de Chimaltenango, con dicha propuesta de mantenimiento se espera tener en buen funcionamiento las dos calderas, que sus componentes principales no fallen, que haya una mayor producción de vapor, y que la demanda se satisfaga. Con la implementación de la señalización de seguridad se espera que todas las personas que lo vean, sepan del riesgo y que tomen las medidas apropiadas para no sufrir ningún tipo de daño.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Generalidades del Hospital Nacional de Chimaltenango**

### **1.1.1. Reseña histórica.**

En la década de 1940, se estableció en la ciudad de Chimaltenango la primera institución de salud, la cual recibió el nombre de Delegación Técnica de Sanidad Pública, desarrollando programas de prevención únicamente.

En el mes de julio de 1945, se le cambió el nombre a Unidad Sanitaria, realizando además de los programas de prevención, la atención de partos normales. En febrero de 1958, se inauguró el Centro de Salud, y años más tarde por el tipo de servicio que se prestaba se le denominó Centro de Salud tipo "A" y Maternidad Anexa, en el año de 1978 se implementaron los servicios de Pediatría, Medicina y Emergencias.

El 31 de diciembre de 1982, según Decreto ley No. 107-82, se convierte en HOSPITAL INTEGRADO DE CHIMALTENANGO, al cubrir los programas de atención primaria y curativa.

El 23 de marzo de 1983, se inauguran las nuevas instalaciones, el 10 de mayo se trasladan las oficinas administrativas y el 10 de junio del mismo año el área total de servicios de encamamiento y apoyo.

Actualmente recibe el nombre de HOSPITAL NACIONAL U HOSPITAL INTEGRADO DE CHIMALTENANGO, desarrollando desde su inauguración programas de promoción, prevención y rehabilitación de la salud proyectándose de esta forma a la comunidad, a través de la atención primaria en salud.

### **1.1.2. Principales actividades**

El Hospital Nacional de Chimaltenango es importante para cuidar la salud de las personas de esa región, ya que es responsable de brindar atención médica integral, oportuna, eficiente y eficaz que contribuye en la salud de la población. Es una entidad pública de vanguardia con vocación docente, asistencial y cuenta con personal técnico y profesional especializados.

El Hospital Nacional cuenta con los Departamentos de Medicina, Cirugía, Gineco-Obstetricia y el de Pediatría, y estos a su vez tienen varios servicios, entre ellos tenemos, el Club de Diabéticos, Consulta Interna, Consulta de Psiquiatría, Consulta Odontológica, Medicina en General, Consulta de Nutrición, Consulta de Cirugía, Cirugía Plástica, Consulta Ginecológica, Consulta Pediátrica, Cirugía Pediátrica, entre otros, siendo todos ellos de forma gratuita para la población.

### **1.1.3. Filosofía, visión y misión**

#### **1.1.3.1. Filosofía**

Toda institución posee valores en los cuales cree y fundamenta su forma de ser y de actuar en su desempeño organizacional, estos son el faro que ilumina el camino por el cual transitará la institución y sin ellos no sería posible su existencia.

#### **1.1.3.2. Visión**

Mejorar la calidad de vida de su población del departamento de Chimaltenango, en su aspecto físico, mental y social, enfocados en la recuperación y mantenimiento de una población sana.

#### **1.1.3.3. Misión**

Devolver o mejorar las condiciones de salud de las personas habitantes del departamento de Chimaltenango, y de las que nos consultan para hacerlos individuos útiles, capaces de contribuir al desarrollo de sus familias y la sociedad, a través de los servicios de prevención y recuperación de la salud que les ofrecemos.

#### **1.1.4. Objetivos y estrategias**

##### **1.1.4.1. Objetivo general**

- Mejorar los servicios de atención en salud en forma eficiente y de calidad a la población del Departamento de Chimaltenango, a un mediano plazo a través de nuestro recurso humano y actividades programadas.

##### **1.1.4.2. Objetivos específicos**

- Ampliar la cobertura de servicios de encamamiento, consulta externa y emergencias.
- Mejorar la capacidad de ejecución operativa de nuestro recurso humano, a corto plazo mediante acciones de capacitación y motivación.
- Mejorar la imagen y credibilidad de la institución, a través de la calidad de atención a la población del departamento de Chimaltenango.

#### **1.1.4.3. Estrategias**

- Incrementar los recursos financieros a través de un mayor presupuesto, que asegure una dotación mayor de recursos humanos y materiales.
- Apoyar las políticas y problemas del Ministerio del ramo, con relación a la modernización del Estado.
- Implementación de acciones encaminadas a fortalecer la participación de la población de Chimaltenango, en los programas o actividades de salud planificados.
- Capacitar al personal, de acuerdo a las necesidades de cada servicio.

### 1.1.5. Ubicación

Ubicación Geográfica

Cabecera departamental: Chimaltenango

Extensión territorial: 1,979 kilómetros cuadrados

Altitud: 1,800 metros sobre el nivel del mar

Poblacional: 446,133 habitantes

Clima: templado a frío

Fiesta patronal: el 26 de julio

Idiomas: k'aqchiquel y español

**Figura 1. Ubicación del Hospital Nacional de Chimaltenango**



Fuente: **Google earth**

## 1.2. Departamento de Mantenimiento

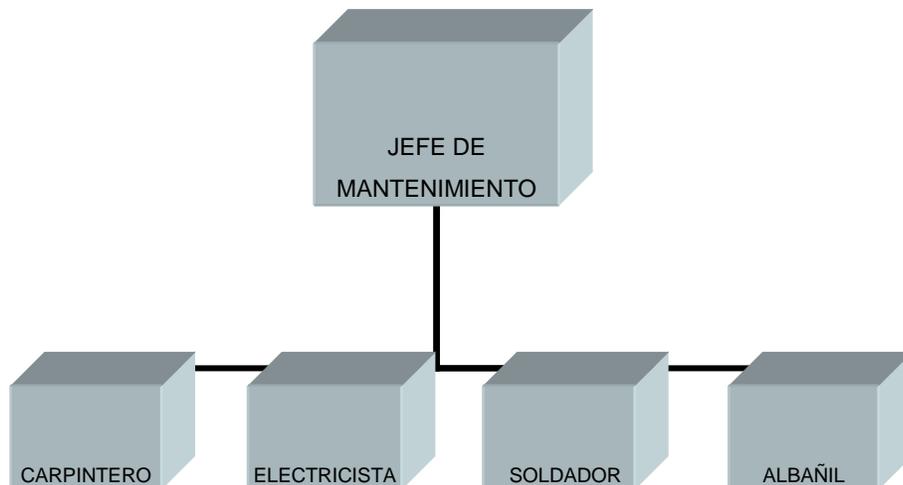
### 1.2.1. Actividades

Los miembros del departamento de mantenimiento deben de conservar las instalaciones del hospital nacional y los servicios en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad específica, pueden ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación.

Actualmente son cinco los trabajadores de mantenimiento, ellos realizan tareas de pintura, plomería, carpintería, trabajos eléctricos, albañilería, operación de calderas, herrería y trabajos de soldadura eléctrica, entre otros.

### 1.2.2. Estructura organizacional

**Figura 2. Organigrama del departamento de mantenimiento**



Para operar a las calderas se hacen turnos, y los operadores son: el electricista, el carpintero y el albañil, todos ellos tienen experiencia en el manejo de calderas.

### **1.3. Conceptos generales de calderas y mantenimiento**

#### **1.3.1. Definición de un Generador de Vapor**

En su forma más simple (convencionales), un sistema de generación de vapor consiste de dos partes esenciales:

- la cámara de destilación o evaporador, donde el agua es calentada y convertida en vapor.
- el condensador, en el cual el vapor es convertido en líquido.

La fuente de calor empleada para vaporizar el agua en las plantas generadora de vapor es vapor de alta o baja presión, el que a su paso por los serpentines de calentamiento, se condensa, cediendo su calor latente al agua cruda que va a ser evaporada. Así, en un evaporador existen dos fuentes de agua destilada. Una, es el condensado de vapor que se ha empleado en calentar el agua, la cual reemplaza al vapor usado por el evaporador y no puede, por lo tanto, ser considerada como “repuesto”. La otra, es el vapor condensado que se convierte en vapor y posteriormente se condensa, los sólidos en suspensión o disueltos en el agua permanecen en la cámara de destilación, a menos que sean arrastrados mecánicamente por el vapor o que pasen en forma de gases.

Los generadores de vapor utilizados en los campos petrolíferos difieren significativamente de las calderas convencionales. Estas, por lo general, se utilizan para generar vapor saturado o quizás vapor sobrecalentado para mover turbinas de vapor y así generando energía eléctrica, como se puede ver en la figura 3.

**Figura 3. Proceso de generación de energía por medio de vapor**



Debido a las altas velocidades del fluido es necesario separar el vapor del líquido antes de que el vapor sea dirigido a las turbinas, pues de lo contrario las gotas de líquido las dañarían. Como alternativa se puede utilizar el vapor sobrecalentado para evitar la separación líquido vapor. La separación se puede lograr mediante tambores giratorios, haciendo uso de las fuerzas centrífugas y de inercia, resultante de su rotación.

El agua condensada es recogida corriente debajo de las turbinas para reutilizarla, por lo cual requiere muy poca agua de reemplazo.

Una vez que se trata el volumen inicial de agua, los costos adicionales de tratamiento están limitados por aquellos asociados con el agua de reemplazo, es decir, las operaciones petroleras de campo requieren grandes cantidades de vapor para la inyección continua y por largo tiempo en los yacimientos. Como esencialmente en estos casos no hay agua condensada limpia para ser reutilizada se requiere que el costo de tratamiento del agua sea relativamente bajo.

Los generadores de vapor del tipo de una sola bombeada o de un solo paso se conocen también como generadores de vapor húmedo y se utilizan exclusivamente en los campos petroleros. Específicamente fueron desarrolladas para aplicaciones en los campos petroleros en los inicios de los años 60 y difieren de una caldera auténtica en que no tienen un tambor de separación, no requieren recirculación ni purga.

Debido a que los generadores carecen de un tambor de separación la calidad máxima del vapor debe ser limitada alrededor de un 80% para evitar la precipitación y deposición de sólidos disueltos sobre los tubos, y por lo tanto reducir la posibilidad de vaporización localizada de la película de agua y la subsecuente falla de los tubos. Existen generadores que son calentados indirectamente, sin embargo, utilizan como alimento agua que no han sido ablandadas o agua extraída del subsuelo. Estos tipos de generadores de vapor no han tenido amplia aceptación.

El sistema de vapor utilizado en los campos petrolíferos, están formados principalmente por calentadores y calderas.

- Calentadores: con sus quemadores y un sistema de aire de combustión, sistema de tiro o de presión para extraer del horno el gas de chimenea, sopladores de hollín, y sistemas de aire comprimido que sellan las aberturas para impedir que escape el gas de la chimenea.

Los calentadores utilizan cualquier combustible o combinación de combustible, como gas de refinería, gas natural, fuel y carbón en polvo.

- Calderas: las calderas son dispositivos utilizados para calentar el agua o generar vapor a una presión superior a la atmosférica. Las calderas se componen de un comportamiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.

### **1.3.1.1. Calderas**

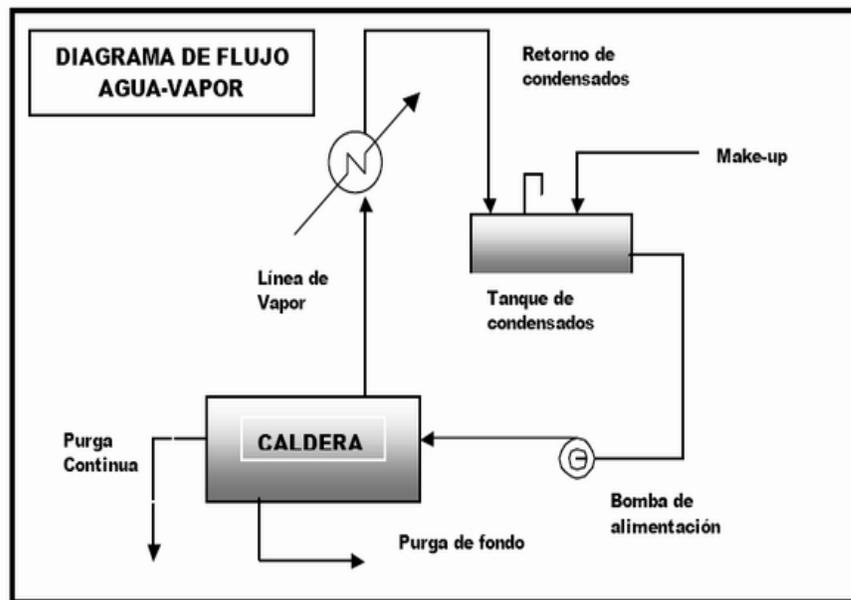
Las calderas son dispositivos industriales de gran aplicabilidad en la industria a nivel mundial; su objetivo principal es el de generar calor a base de un combustible, que pueda luego ser aprovechado en diferentes secciones del proceso. El calor es transferido en forma de vapor, el cual puede ser aprovechado para una gran diversidad de usos. El vapor generado se conduce a través de tuberías, las cuales deben encontrarse aisladas, hacia los diferentes puntos del proceso. Entre las aplicaciones mas importantes en Guatemala del uso del vapor generado en las calderas están: generación de potencia (plantas eléctricas), evaporación de soluciones de sal y azúcar en evaporadores, utilización del vapor en intercambiadores de calor para calentar diversas soluciones, se utiliza en la industria textil, en hoteles y en hospitales; estos últimos utilizan gran cantidad de vapor para realizar el autoclaveado (esterilización de materiales).

#### **1.3.1.1.1. Funcionamiento de una caldera**

Normalmente en el fondo esta la cámara de combustión o el horno en donde es más económico introducir el combustible a través del quemador en forma de flama. El quemador es controlado automáticamente para pasar solamente el combustible necesario para mantener la presión en el vapor deseado. La flama o el calor es dirigido o distribuido a las superficies de calentamiento, que normalmente son tubos, *fluxes* o serpentines.

En algunos diseños el agua fluye a través de los tubos o serpentines y el calor es aplicado por fuera, este diseño es llamado "Calderas de Tubo de Agua" (acuotubulares). En otros diseños de calderas, los tubos o *fluxes* están sumergidos en el agua y el calor pasa en el interior de los tubos, estas son llamadas "Calderas de Tubos de Humo" (pirotubulares). Si el agua es sujeta también a contacto con el humo o gases calientes más de una vez, la caldera es de doble, triple o múltiples pasos. En la figura 4 tenemos el diagrama de flujo de agua-vapor.

**Figura 4. Diagrama de flujo de agua-vapor**



El agua calentada o vapor se levanta de la superficie del agua se vaporiza y es colectada en una o varias cámaras o tambores. El tamaño del tambor determina la capacidad de producción de vapor.

En la parte superior del tambor de vapor se encuentra la salida o el llamado "Cabezal de vapor", desde donde el vapor es conducido por tuberías a los puntos de uso.

En la parte superior del hogar mecánico se encuentra una chimenea de metal o de ladrillo, la cual conduce hacia fuera los productos de la combustión como gases.

En el fondo de la caldera, normalmente opuesto del hogar mecánico, se encuentra una válvula de salida llamada "purga de fondo". Por esta válvula salen del sistema la mayoría del polvo, lodos y otras sustancias no deseadas, que son purgadas de la caldera.

En conjunto a la caldera existen múltiples controles de seguridad, para aliviar la presión si esta se incrementa mucho, para apagar la flama si el nivel del agua es demasiado bajo o para automatizar el control de nivel del agua.

Un tubo de vidrio con una columna de agua generalmente se incluye, para mostrarle al operador el nivel interno del agua en la caldera.

El agua de alimentación de las calderas debe ser bien tratada de lo contrario pudiera causar los siguientes problemas:

- Formación de costra
- Corrosión
- Formación de burbujas de aire
- Adherencia del vapor al cilindro

Por los daños que causa utilizar agua no tratada es que existe una unidad de tratamiento de las impurezas del agua, la que opera de la siguiente manera: el objetivo fundamental de esta unidad es reducir la dureza del agua hasta cero, por los daños que estos generan, con el objeto de utilizarla como agua de alimentación de las calderas. El agua normalmente contiene una cierta cantidad de sales, entre las más importantes para la utilización en la generación del vapor se tienen: carbonato de calcio y carbonato de magnesio. Estas sales de no eliminarse antes de ser usadas en las calderas pueden producir incrustaciones en los tubos. Las incrustaciones son la formación de depósitos sólidos y duros sobre la superficie interna de los tubos. Para evitar esta formación en la planta de tratamiento de agua se tiene el proceso de suavización en caliente que consiste en la formación de flóculos producto de la reacción de la cal con las sales y lodos que contiene el agua. Este proceso es llamado termocirculador.

Luego del proceso termocirculador, se filtra el agua en filtros de carbón y finalmente se efectúa el intercambio iónico en los suavizadores de zeolita, en donde se disminuye el contenido de carbonato de calcio hasta valores de cero, después de esto el agua se almacena para alimentar las calderas según la demanda de vapor.

Las calderas son los equipos encargados de generar el vapor necesario para la operación de la refinería y el calentamiento de los tanques de almacenamiento. El agua tratada se envía a un deaerador en donde se disminuye el contenido de oxígeno disuelto hasta valores muy bajos, luego se envía directamente a las calderas para la producción de vapor.

En relación a tratamientos de agua para calderas, se ha estudiado ampliamente en el desarrollo de compuestos inorgánicos tales como: fosfatos, sulfitos, aminos, etc., sin embargo todos estos compuestos se comportan exclusivamente como preventivos, esto significa que cuando una caldera ya se encuentra incrustada, estos productos evitarán que dicha incrustación continúe creciendo, pero la incrustación formada no sufrirá disminución alguna (al contrario, tiende a aumentar cuando existen errores en la dosificación) por tanto la desincrustación se deberá realizar manualmente o por medio de recirculación de ácidos, teniendo estricto control de niveles de pH, durezas, alcalinidad y otros parámetros recomendados por el proveedor de productos químicos para el tratamiento interno del agua; en ambas opciones se tendrá que parar el funcionamiento del equipo.

### **1.3.1.1.2. Tipos de calderas**

- ✓ Por su diseño

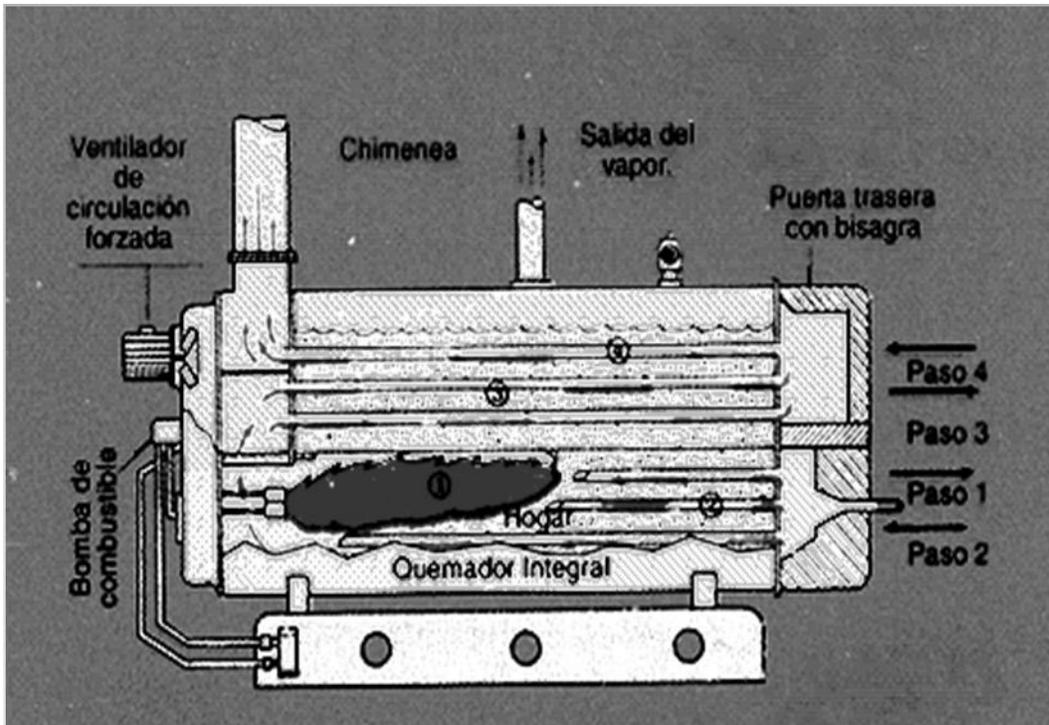
#### Calderas pirotubulares

Se denominan pirotubulares por ser los gases calientes procedentes de la combustión de un combustible, los que circulan por el interior de tubos cuyo exterior esta bañado por el agua de la caldera.

El combustible se quema en un hogar, en donde tiene lugar la transmisión de calor por radiación, y los gases resultantes, se les hace circular a través de los tubos que constituyen el haz tubular de la caldera, y donde tiene lugar el intercambio de calor por conducción y convección.

Según sea una o varias las veces que los gases pasan a través del haz tubular, se tienen las calderas de uno o de varios pasos, como lo podemos ver en la figura 5. En el caso de calderas de varios pasos, en cada uno de ellos, los humos solo atraviesan un determinado número de tubos, cosa que se logra mediante las denominadas cámaras de humos. Una vez realizado el intercambio térmico, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea.

Figura 5. Caldera pirotubular de cuatro pasos



Fuente: Selmec, Equipos industriales S.A de C.V. Caldera Cleaver-Brooks, modelo C.B, pág. 3

Ventajas:

- Menor costo inicial debido a la simplicidad de su diseño
- Mayor flexibilidad de operación
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación
- Son pequeñas y eficientes

Inconvenientes:

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

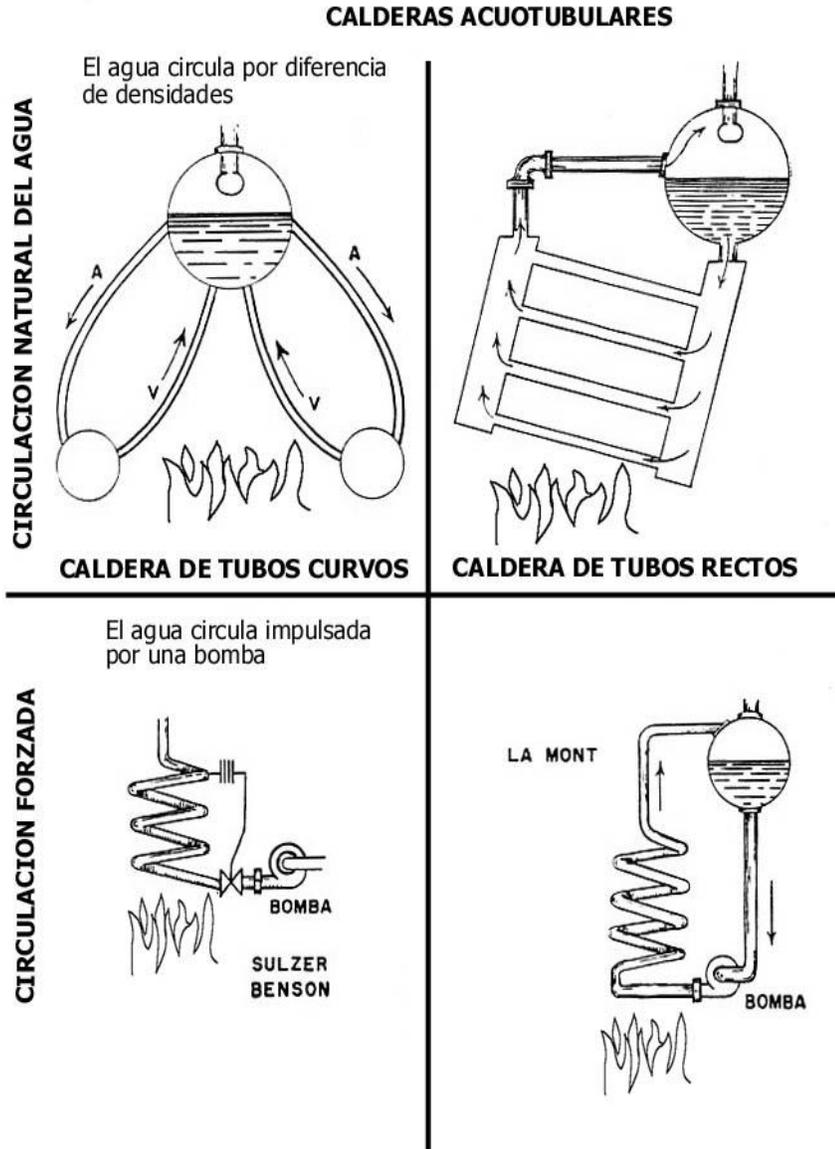
## Calderas acuotubulares

En estas calderas, al contrario de lo que ocurre en las pirotubulares, es el agua la que circula por el interior de tubos que conforman un circuito cerrado a través del calderín o calderines que constituye la superficie de intercambio de calor de la caldera, como se puede observar en la figura 1.6. Adicionalmente, pueden estar dotadas de otros elementos de intercambio de calor, como pueden ser el sobrecalentador, recalentador, economizador, etc.

Estas calderas, constan de un hogar configurado por tubos de agua, tubos y refractario, o solamente refractario, en el cual se produce la combustión del combustible y constituyendo la zona de radiación de la caldera.

Desde dicho hogar, los gases calientes resultantes de la combustión son conducidos a través del circuito de la caldera, configurado este por paneles de tubos y constituyendo la zona de convección de la caldera. Finalmente, los gases son enviados a la atmósfera a través de la chimenea.

**Figura 6. Calderas acuotubulares**



Fuente: INACAP, **Máquinas térmicas e hidráulicas**, pág. 12.

Ventajas:

- Pueden ser puestas en marcha rápidamente y trabajan a 300 o más psi

Inconvenientes:

- Mayor tamaño y peso, mayor costo
- Debe ser alimentada con agua de gran pureza

✓ Por su configuración:

- Vertical
- Horizontal

✓ Por el mecanismo de transmisión de calor dominante:

- Convección
- Radiación
- Radiación y Convección

✓ Por el combustible empleado:

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

- Por el tiro:
  - De tiro natural
  - De hogar presurizado
  - De hogar equilibrado
  
- Por el modo de gobernar la operación:
  - De operación manual
  - Semiautomáticos
  - Automáticos
  
- Por la presión de trabajo:
  - Baja presión: de 0 - 2.5 Kg./cm<sup>2</sup>
  - Media presión: de 2.5 - 10 Kg./cm<sup>2</sup>
  - Alta presión: de 10 - 220 Kg./cm<sup>2</sup>
  - Supercríticas: mas de 220 Kg./cm<sup>2</sup>
  
- Por su generación:
  - De agua caliente
  - De vapor: saturado (húmedo o seco)
  - De vapor: recalentado

Las calderas en su configuración interna presentan tuberías para el transporte de los fluidos, las cuales pueden ser de 1, 2 ó 3 pasos.

### **1.3.1.1.3. Instalación de una caldera**

En esta sección se mencionan los aspectos más importantes a tomar en cuenta dentro de la sala de calderas, cuando se desea instalar una caldera.

#### **Sala de calderas**

Son los recintos destinados exclusivamente a los equipos de calderas. Son locales que requieren estar separados en su propio sitio y deben cumplir con la normativa en relación a ventilaciones, protecciones y prevenciones por los riesgos de incendios y explosión a que podrían estar expuestos.

Debe considerarse un sector de incendios con una resistencia mínima al fuego de 120 minutos, e instalar puertas cortafuegos en los accesos.

Las calderas de gasóleo pueden instalarse en sótanos. En el caso de emplear como combustible el gas natural, no se aconsejan los sótanos, ya que en caso de fuga, los gases más pesados que el aire, no pueden evacuarse.

Las calderas de gas conviene situarlas en azoteas y espacios exteriores, en este caso, protegidos con una cubierta ligera pensada para que ceda fácilmente si ocurre una explosión, sin afectar muros ni estructura.

Las salas de calderas con equipo de más de 70 Kw, debe contar con un espacio de 1 m x 1 m de pared con una resistencia mínima, inferior al resto de los cerramientos y que dé al exterior directamente.

La superficie de la sala de calderas deberá determinarse en función de los equipos a instalar. Debe considerarse la posibilidad de efectuar el mantenimiento, garantizar las ventilaciones correctas y considerar que no se produzcan interferencias térmicas entre dos calderas dentro de un mismo local.

Calcular la distancia suficiente antes de ubicar la caldera, de manera de poder extraer el quemador completamente del interior de la caldera a fin de realizar las tareas periódicas de mantenimiento y efectuar las reparaciones por averías cuando sea necesario.

No siempre se toman en cuenta estos recaudos pues se instalan las calderas con el quemador montado; por ello recomendamos tener presente estos aspectos durante el proceso de diseño para que la sala de calderas tenga la superficie necesaria.

Las salas de calderas requieren de una especial atención con las ventilaciones. Una de las razones es que cada caldera requiere de grandes cantidades de aire para que funcione correctamente, de no ser así tendrán una mala combustión y la generación de gases tóxicos.

Otra razón es que se necesita efectuar la renovación del aire viciado dentro del recinto; para lograr una buena ventilación, debe disponerse de una abertura inferior y otra superior con las dimensiones calculadas según lo que indica la normativa (en función de las características de la caldera).

Las calderas se montan sobre bancadas de obra, construidas con una altura mínima de 15 cm. Esta manera de instalar la caldera se debe a la necesidad de aislar la caldera del pavimento o el forjado para no transmitir a los mismos las vibraciones que produce la caldera durante su funcionamiento. Estas bancadas deberán estar perfectamente niveladas para que la caldera también esté nivelada, lo cual permite el correcto funcionamiento de los sistemas hidráulicos de la misma.

Se dispondrá en la sala de calderas de un desagüe conectado a la red de saneamiento. En el caso en que se necesiten vaciar los circuitos de agua del sistema de calefacción, ya sea por avería o por mantenimiento, las salas de calderas deben disponer de sistemas de seguridad que purguen el agua si hubiera sobrepresión.

### **1.3.1.2. Equipo de quemadores para calderas**

Los quemadores son los equipos donde se realiza la combustión, por tanto deben contener los tres vértices del triángulo de combustión, es decir que deben lograr la mezcla íntima del combustible con el aire y además proporcionar la energía de activación.

En esta sección se describen los quemadores para combustibles líquidos y gaseosos, ya que los combustibles sólidos se queman sobre parrilla, o requieren un tratamiento previo del combustible, unido a quemadores de diseños especiales.

Por la forma en que toman el aire de combustión se distinguen dos tipos de quemadores:

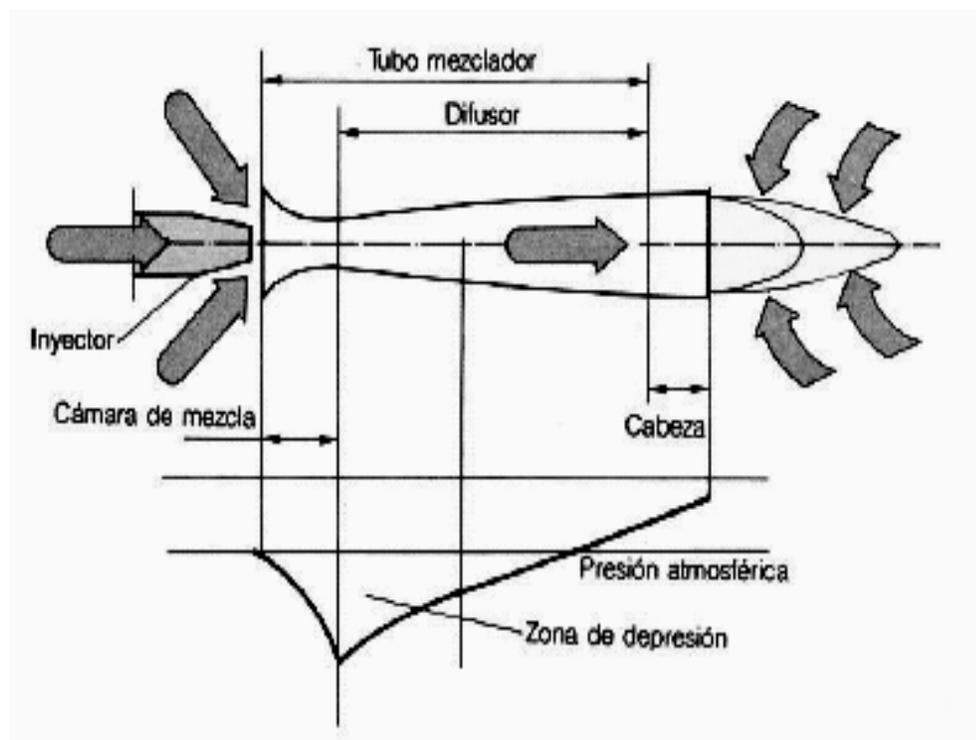
- Quemadores atmosféricos.
- Quemadores mecánicos.

#### Quemadores atmosféricos

Estos únicamente se emplean para combustibles gaseosos, y podemos ver su esquema en la figura 7.

Una parte del aire necesario para la combustión (Aire Primario) se induce en el propio quemador por el chorro de gas salido de un inyector (efecto Venturi); el aire restante (Aire Secundario) se obtiene por difusión del aire ambiente alrededor de la llama. En este tipo de quemadores se tienen combustiones con altos índices de exceso de aire.

**Figura 7. Esquema de un quemador atmosférico**



Fuente: Ricardo García San José, Ingeniero industrial (nov.2001), **Quemadores**, pág.3

La principal ventaja de este sistema es su simplicidad y bajo coste. Aunque se pueden fabricar para potencias unitarias altas (unos 1.200 Kw), los empleados habitualmente en climatización no superan los 300 Kw.

La energía de activación se logra mediante llama piloto, que debe estar permanentemente encendida, o con encendidos automáticos (electrónicos, tren de chispas, etc.). La regulación del gas se obtiene por variación de la presión en el inyector (abriendo y cerrando progresivamente la válvula de gas); esto permite que el quemador pueda ser modulante con relativa facilidad.

La regulación del aire (con gas a presión constante) se puede conseguir:

- Variando la sección de entrada de aire, por obturación de los orificios por donde entra, mediante discos roscados, anillo móvil o capuchón deslizante.
- Por deslizamiento de la boquilla del inyector respecto del Venturi.

Lo más habitual es que únicamente se module la válvula de gas, dejando en una posición fija la entrada de aire en la puesta en marcha.

### Quemadores mecánicos

También se denominan como quemadores a sobrepresión; el aire de combustión es introducido mediante un ventilador, existen diversos sistemas para lograr la mezcla del aire con el combustible.

En el caso de gas, el combustible se introduce mediante los inyectores, aprovechando la propia presión de suministro. En los combustibles líquidos se utilizan diversos sistemas para su pulverización, de modo que se creen microgotas de combustible que facilitan su mezcla con el aire. El tipo más extendido es el de pulverización mecánica.

Estos quemadores se fabrican desde pequeñas hasta muy altas potencias. La combustión puede ajustarse actuando sobre el gasto de combustible, sobre la cantidad de aire a impulsar y sobre los elementos que producen la mezcla; por lo que es posible obtener rendimientos de combustión muy altos.

Por el número de escalones de potencia que producen, se distinguen los siguientes tipos de quemadores:

De una marcha

Son quemadores que sólo pueden funcionar con la potencia a la que hayan sido regulados, son quemadores de pequeña potencia.

## De varias marchas

Son quemadores con dos o más escalones de potencia (habitualmente dos); es decir, que pueden funcionar produciendo potencias distintas.

Deben disponer de los elementos necesarios para poder regular la admisión de aire y el gasto de combustible, de modo que en cada escalón de potencia se obtenga el rendimiento de combustión más alto posible.

Se utilizan para potencias intermedias o altas.

## Modulantes

Estos quemadores ajustan continuamente la relación Aire-Combustible, de manera que pueden trabajar con rendimientos elevados en una amplia gama de potencias; adecuándose de manera continua a las necesidades de producción.

### **1.3.1.3. Cámara de agua**

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera.

El nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cm por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. 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.

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, es muy rápida 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.

#### **1.3.1.4. Ventilador en una caldera**

Es el corazón del eficiente sistema de tiro forzado. El aire para la combustión en relación balanceada con el combustible proporcionado, muy a menudo llamado “aire secundario”, es suministrado por el soplador, que acciona el ventilador (impulsor centrífugo) montado en la tapa delantera.

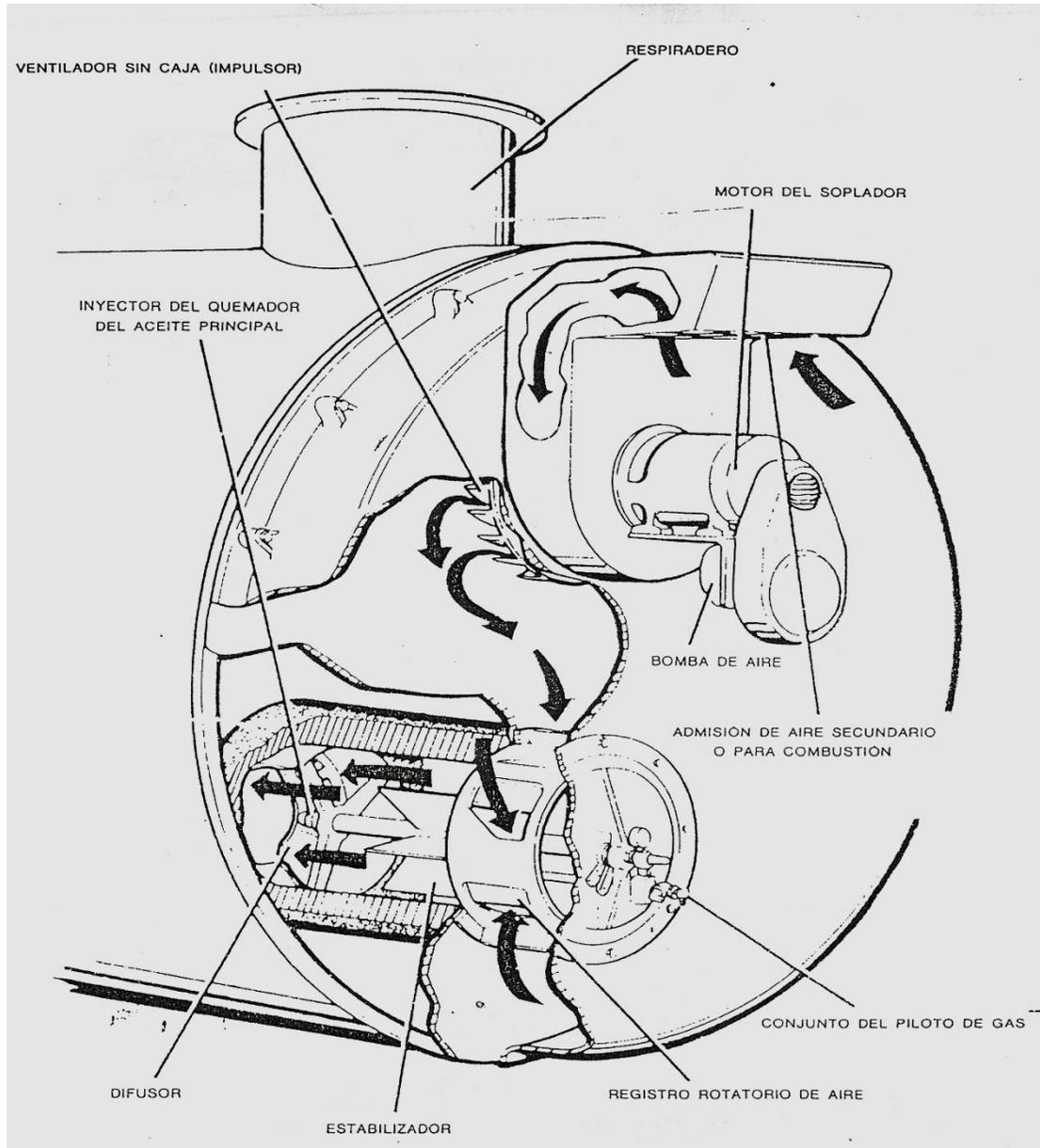
Durante la operación, presión de aire aumenta en la cabeza de la caldera y este es forzado por el disco difusor para mezclarse completamente con el combustible para efectuar buena combustión.

El abastecimiento de aire secundario se gobierna por medio de la regulación automática de la entrega del ventilador al quemador por la modulación del registro rotatorio del aire, como puede observarse en la figura 8.

Se provee así la cantidad correcta de aire para la mejor proporción de aire-combustible en todo el campo de asignación de fogeo. Entre el ventilador y el quemador se deben instalar juntas flexibles, para amortiguar las vibraciones y absorber las dilataciones de la caldera.

En las instalaciones industriales se instala en un foso situado en el frente de la caldera, para amortiguar ruidos.

**Figura 8. Abastecimiento del aire secundario**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 1-17

### **1.3.1.5. Tanque de combustible de la caldera**

Para cumplir con el suministro de combustible que demanda la caldera en su período de operación, existe el tanque principal en donde se almacena dicho combustible. Este tanque debe de estar retirado de la sala de calderas por seguridad.

Cuando la caldera trabaja a base de combustible pesado No 6(*Bunker*), es necesario calentarlo, ya que si se encuentra a baja temperatura es muy viscoso.

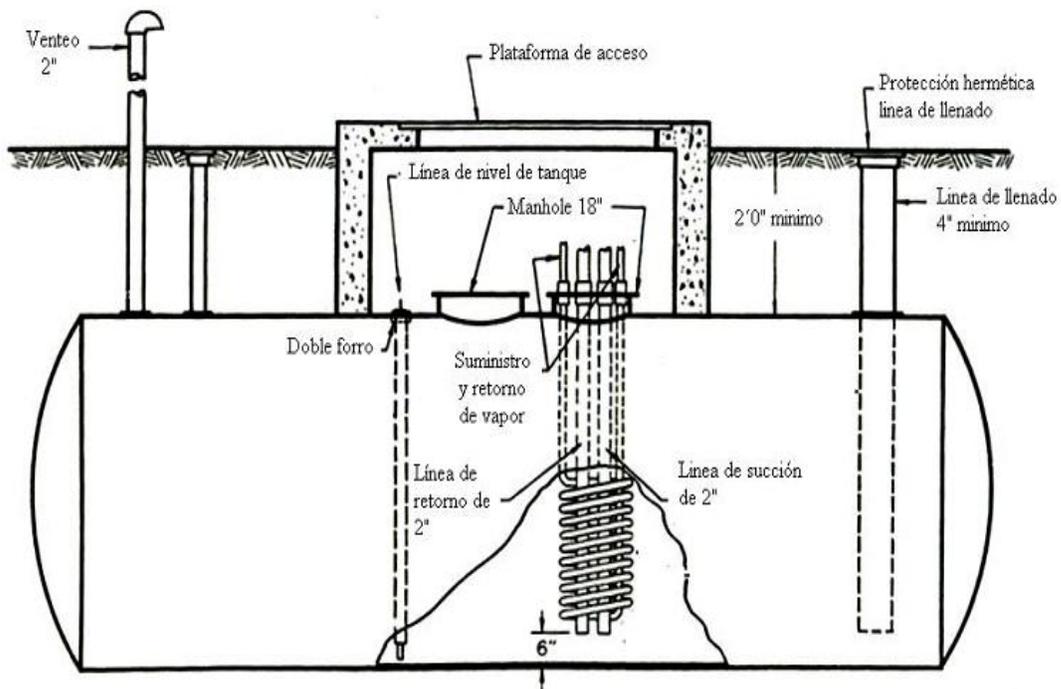
Entonces generalmente todos estos contenedores tienen en la parte superior un *man hole* aproximadamente de 18 pulgadas de diámetro en el cual ingresan 4 tubos, dos de ellos son de 2 pulgadas de diámetro, uno se utiliza para la succión y otro para la línea de retorno de combustible, en los otros dos tubos que son de 1 pulgada de diámetro circula vapor proveniente de la caldera y es este el medio utilizado para calentar el aceite pesado No. 6 para que el mismo este menos viscoso y fluya sin problema por la línea de succión.

El tanque principal de petróleo debe mantenerse a una temperatura entre 130°F y 140 °F para que el combustible que será bombeado tenga la viscosidad adecuada y la bomba no tenga problemas en la succión.

La línea de venteo debe de tener por lo general un diámetro de 2 pulgadas y la misma se instala de 9.84 a 16.4 pies (3 a 5 metros) sobre el nivel del suelo.

Gráficamente el tanque principal de aceite pesado No 6 (*Bunker*) se ilustra en la figura 9.

**Figura 9. Ilustración del tanque de combustible**



### **1.3.1.6. Tratamiento de agua para calderas**

A continuación se mencionan y describen algunos conceptos que se deben de entender antes de entrar en materia del tratamiento de agua para calderas.

- Sólidos disueltos

Las impurezas en el agua de alimentación se concentran en la caldera. Prácticamente todas las aguas de alimentación a las calderas contienen sólidos disueltos. Cuando el agua de alimentación se calienta, se evapora y sale de la caldera como vapor destilado dejando las impurezas atrás. Entre más y más agua se evapora en la caldera, se añade más líquido para reemplazarla. Como resultado de esto, la cantidad de sólidos disueltos al interior de la caldera aumenta gradualmente. En poco tiempo se acumula una gran cantidad de éstos en el agua de la caldera, provocando que no hierva ya como agua ordinaria, sino como una especie de jarabe.

Las burbujas de vapor que suben no se separan fácilmente de la superficie; en vez de esto, se forman grandes burbujas que, cuando revientan, arrastran con ellas hacia el espacio de vapor algo de la película (solución) con que se formó la burbuja. Esta condición se denomina comúnmente “acarreo”.

Además, algunos materiales que son altamente solubles a bajas temperaturas, debido a la alta temperatura en la caldera, cambian su solubilidad, se transforman en materiales con baja solubilidad y son precipitados, como es el caso del carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), un compuesto presente en la mayoría de las aguas de alimentación para calderas.

La mayor parte de esta precipitación tiene lugar donde el agua de la caldera está más caliente, es decir, donde el agua está en contacto con las zonas de mayor transferencia de calor. El material precipitado se deposita en la superficie caliente y forma incrustaciones.

Estas incrustaciones, en forma de placas, son un buen aislante del calor y reducen el grado de transferencia de calor. Conforme la incrustación crece, el vapor y el agua son cada vez menos capaces de mantener estas superficies enfriadas y comienzan a recalentarse, al grado de reducir la resistencia del metal de los tubos y causar su ruptura. Dependiendo de las circunstancias, esta falla puede presentarse en forma de ampollas o, incluso, provoca que se funda el material de los tubos.

Uno de los objetivos de un programa de tratamiento de agua es el de mantener en solución a algunos de los sólidos responsables de la formación de incrustaciones. En otros casos, se busca convertirlos en un precipitado ligero y esponjoso que fluya hacia las zonas bajas de la caldera.

La tabla I. Muestra los efectos de un tratamiento inadecuado del agua de la caldera.

**Tabla I. Efectos de un tratamiento inadecuado del agua**

Efecto	Problema	Observaciones
Incrustación	Sílice	Forma un recubrimiento duro y vidrioso en las superficies internas de la caldera. Se vaporiza en las calderas de alta presión y se deposita en los alabes de las turbinas.
	Dureza	El $\text{CaSO}_4$ , $\text{MgSO}_3$ , $\text{CaCO}_3$ y $\text{MgCO}_3$ forman incrustaciones en los tubos de la caldera.
Se reduce la transferencia del calor	Depósitos: incrustaciones y lodos.	Pérdida de eficiencia, desperdicio de combustible.
Corrosión	Oxígeno	Causa erosión en las superficies metálicas de la caldera y las tuberías de condensado.
	Dióxido de carbono	Es la causa principal del deterioro de las líneas de retorno de condensado.
	Oxígeno y Dióxido de carbono	Su combinación es más corrosiva que cuando actúan aislados.
Arrastre de agua y espumado	Alta concentración en agua de caldera	Contaminación del sistema de distribución, vapor húmedo y depósitos en las tuberías, en los alabes de turbina y asientos de válvulas.
Fragilidad cáustica	Alta concentración cáustica	Causa fisuras intercrystalinas del metal de la caldera (tubos).
Pérdidas económicas	Reparaciones	Reparación de calderas dañadas y limpieza mecánica de calderas con incrustaciones severas

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pag.6

- Ciclos de concentración

La cantidad de un material disuelto en un líquido se mide en partes por millón (ppm). A todas las impurezas disueltas en el agua se les conoce como “Total de Sólidos Disueltos” (TSD); el método moderno para conocer esta cantidad utiliza instrumentos electrónicos que miden la conductancia (lo opuesto a la resistencia) del agua de la caldera. Las lecturas se dan en “*mhos*” o “*micromhos*” y pueden ser convertidos a su equivalente en partes por millón, con respecto a iones de sodio, simplemente multiplicando la lectura por un factor.

Una parte por millón (ppm) equivale a un kilogramo del sólido disuelto de que se trate en un millón de kilogramos de agua. Como el agua pesa un kilogramo por litro, una ppm equivale a un kilogramo en un millón de litros de agua.

Si un determinado tipo de agua tiene un total de sólidos disueltos de 500 ppm y la concentramos dos veces o dos ciclos, el nivel TSD final será 1,000 ppm. Con tres ciclos, su TSD será de 1,500 ppm; con cuatro ciclos, 2,000 ppm y así sucesivamente.

Por ejemplo: una caldera de 100 caballos puede evaporar unos 37,500 litros de agua en 24 horas de trabajo continuo. Si el agua tiene una dureza de 340 ppm, se quedarán dentro de la caldera 12.75 kilogramos de sólidos cada día.

Las pérdidas de energía por purga pueden reducirse si se mantienen los ciclos de concentración del agua de la caldera lo más cerca posible del límite recomendado. Esto puede lograrse de una mejor forma si se automatiza la purga continua de la caldera.

El control automático de la purga implica el uso de un monitoreo continuo de la conductividad para activar la válvula de control de purga. Con estos equipos se puede mantener la conductividad del agua dentro de los límites requeridos y minimizar las pérdidas de energía, en forma de agua caliente, que ocurren con el control manual.

- Dureza del agua

A las aguas con alto contenido de minerales de calcio y magnesio se les conoce como “aguas duras”, probablemente del inglés “*hard to wash with*”, debido a que con este tipo de aguas es muy difícil lavar.

La dureza en el agua de la caldera indica la presencia de impurezas relativamente insolubles; éstas se clasifican en: (a) sólidos disueltos, (b) gases disueltos y (c) sólidos en suspensión. En el proceso de calentamiento y concentración del agua de la caldera, estas impurezas precipitan más rápidamente debido a que son menos solubles en alta temperatura.

La cantidad de dureza en el agua normal puede variar desde algunas partes por millón hasta más de 500.

Como los compuestos de calcio y magnesio son relativamente insolubles en agua, tienden a precipitar fácilmente causando problemas de incrustación y depósitos. Como se mencionó antes, el proceso de precipitación ocurre principalmente sobre las superficies calientes y se conoce como incrustación. No sólo la cantidad disponible, sino también la dureza del agua de la región (municipal, pozo, etc.) es de suma importancia al considerar la disponibilidad de agua para la generación de vapor.

- Corrosión del sistema de condensado

El tipo de corrosión más común en estos sistemas es la causada por el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

El  $\text{CO}_2$  entra al sistema con el agua de alimentación en forma de sales de carbonato o bicarbonato (alcalinidad) que cuando se ponen en contacto con el agua interior de la caldera a alta temperatura, estos compuestos se rompen formando dióxido de carbono que es transportado por el vapor y se condensa en las tuberías y equipos que forman el sistema de condensados, transformándose en ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

- Arrastre de agua

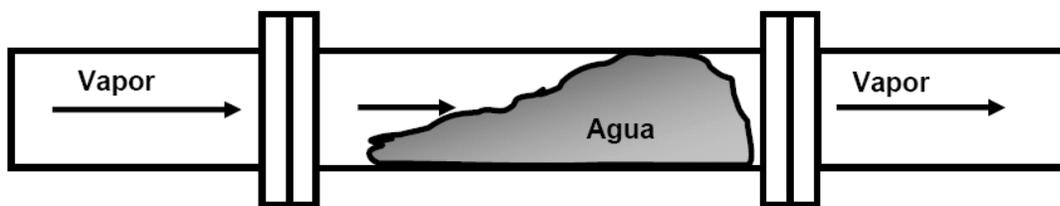
El arrastre de agua ocurre cuando una porción de líquido entra al sistema de distribución de vapor y se forma una especie de émbolo de agua que viaja a la misma velocidad del vapor (figura 1.10). Existen varias causas que pueden provocar esto, como son: un aumento en la demanda de vapor, caídas bruscas en la presión del sistema, purgas, la abertura rápida de válvulas en el sistema de distribución, tamaño inadecuado de la tobera o del cabezal de vapor. Este fenómeno también puede producirse por el aumento repentino de la cantidad de condensado en una tubería.

Una condición típica en que ocurre el arrastre de agua se da cuando la caldera ha alcanzado la presión de trabajo y el operario abre rápidamente la válvula de distribución del cabezal de vapor. En pocos minutos se notará que el nivel del agua oscila de arriba hacia abajo, oscilación que puede volverse bastante violenta y causar que la caldera se pare debido a que el sensor de nivel interpreta esto como bajo nivel de agua.

Lo que ocurrió en realidad es que toda la tubería de distribución y el equipo de intercambio de calor al que el cabezal suministra vapor se encuentran fríos y el vapor se condensa rápidamente, quizá formando un vacío, lo que causa que dentro de la caldera se produzca una ebullición violenta; con esto se produce una serie de oscilaciones en la superficie del agua que alcanza la tobera de vapor. La elevación del nivel del agua no se puede mantener y cae rápidamente iniciando un efecto de vaivén.

Entonces se inicia un efecto de ola que permite que el agua entre al sistema de vapor intermitentemente, lo que es una condición peligrosa que puede ocasionar alteraciones a la circulación del agua en la caldera y provocar daños al equipo al producirse el llamado “golpe de ariete” cuando la porción de agua impacta, a una velocidad muy alta, los elementos del sistema de distribución de vapor o de los equipos, como por ejemplo, los álabes de turbinas.

**Figura 10. Arrastre de agua en una tubería de vapor**



En la figura 10, se observa cuando una porción de líquido entra al sistema de distribución de vapor por cambios bruscos en el nivel o se forma por acumulación de condensados en la tubería, se produce el fenómeno llamado “golpe de ariete”.

Una buena práctica es el aumentar la temperatura del agua en la caldera lentamente, a un promedio de 40 °C por hora y abrir poco a poco las válvulas, permitiendo que todo el sistema se caliente gradualmente y se establezca su temperatura antes de introducir una demanda brusca de vapor.

- Recuperación de calor de la purga continua.

La purga continua, también llamada de superficie o “desnatado”, es lo más efectivo para controlar la concentración de sólidos en el agua de la caldera. Donde se utiliza el sistema de purga continua, la purga de fondo o de lodos se utiliza para eliminar las impurezas precipitadas, en especial aquellas que tienden a depositarse en las partes más bajas de la caldera.

Se pueden utilizar intercambiadores de calor en combinación con la purga continua para recuperar la energía del agua, en forma de vapor, que sale de la caldera.

- ¿Qué tan pura debe ser el agua de alimentación?

La pureza del agua de alimentación depende de la cantidad de impurezas y de la naturaleza de éstas.

Algunas impurezas como la dureza, hierro y sílice, por ejemplo, son de mayor preocupación que las sales de sodio. Los requerimientos de pureza dependen de cuánta agua de alimentación se utiliza y del diseño particular de la caldera de que se trate. Asimismo, la presión, grado de transferencia de calor y equipo instalado en el sistema, como turbinas, pistones, etc. tienen que ser considerados para definir la pureza del agua de alimentación.

Los requerimientos de pureza del agua de alimentación varían ampliamente. Una caldera de tubos de humo a baja presión puede, normalmente, tolerar una dureza alta del agua mediante un tratamiento químico adecuado, mientras que prácticamente todas las impurezas deben ser eliminadas del agua para las calderas modernas de tubos de agua y alta presión.

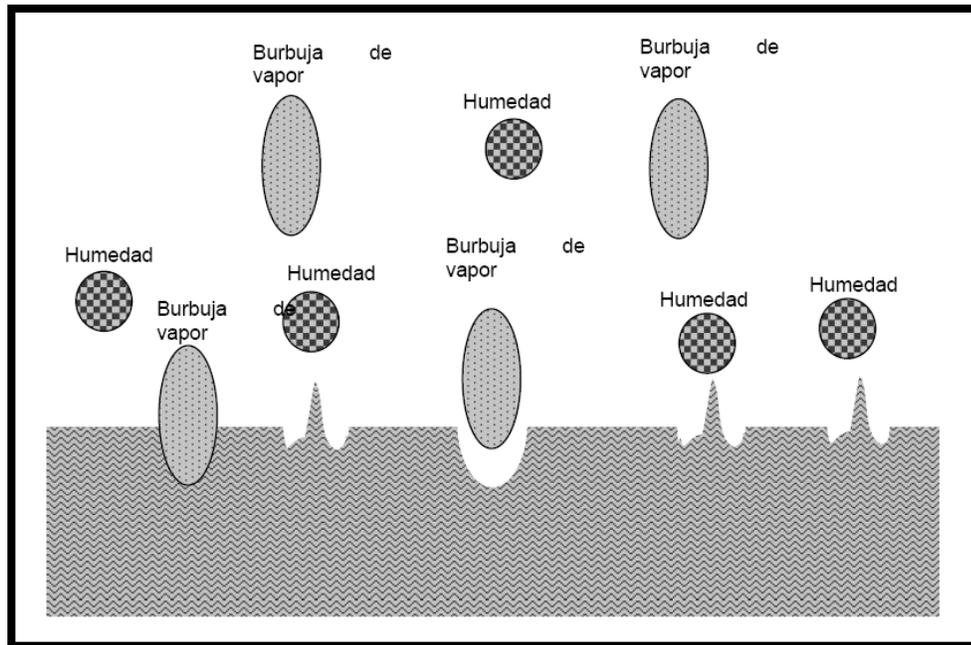
- Acarreo de agua en el vapor

El agua evaporada para producir vapor no debe contener materiales contaminantes, sin embargo, el vapor puede acarrear junto con él, gotas de agua, debido a varias causas.

#### Acarreo de humedad

Al hervir el agua se produce una neblina muy fina. Cuando las burbujas de vapor dejan la superficie del agua, queda una depresión momentánea que al ser llenada por el líquido produce una pequeña gota que se eleva de la parte central de la depresión. Como resultado de esto se producen muchas gotas de agua pequeñas que son proyectadas hacia arriba de la superficie y se forma una neblina. Esta neblina puede ser eliminada parcialmente en la sección seca de la caldera, sin embargo, la cantidad de humedad que permanece junto con el vapor tendrá el mismo nivel de contaminación que el agua de la caldera. Este proceso se ilustra en la Fig. 11.

**Figura 11. Gotas de humedad con el vapor**



La figura 11 muestra la formación de humedad en el agua hirviendo con niveles altos de impurezas. En la parte superior se encuentra el vapor de agua, se ilustra cómo se forman las burbujas de vapor y se producen las pequeñas gotas de agua al cerrarse la superficie del agua en el lugar de donde salió la burbuja de vapor.

- Acarreo de espuma

La alcalinidad, el contenido total de sólidos en suspensión y los sólidos disueltos (TSD) interactúan para crear espuma dentro de la caldera. Una capa ligera de espuma ayuda a reducir la formación de humedad hasta cierto punto. Por otro lado, una capa gruesa de espuma es otra fuente de arrastre de líquido dentro de la corriente de vapor.

El nivel de espumado puede controlarse normalmente hasta un límite razonable manteniendo el grado total de alcalinidad menor que el 20% de los TSD y el de los sólidos suspendidos abajo del 8% del total de los sólidos disueltos. Se añaden, además, agentes anti-espumado al dispersante de sedimentos (lignosulfonado de sodio).

- Arrastre de agua

El arrastre de agua se explica por la entrada de volúmenes considerables de agua en exceso dentro del domo de vapor, el cual vierte este exceso dentro del espacio de vapor y es arrastrado hacia el cabezal.

Este arrastre es causado, en la gran mayoría de los casos, por un problema mecánico o propiedades mecánicas, como puede ser un control de alimentación de agua mal ajustado (hipersensitivo) o procedimientos incorrectos de purga. Para controlar esto, no existe un método de control químico.

- Acarreo de sólidos disueltos

#### Acarreo de sílice

La sílice dentro del agua de la caldera puede evaporarse y entrar en la corriente de vapor, independientemente del arrastre de agua. Cuando esto ocurre, la sílice puede formar un depósito en los álabes de las turbinas y otros equipos al condensarse el vapor. Esto puede ser controlado manteniendo un nivel bajo de sílice en el agua de la caldera. Los límites recomendados dependen de la presión de trabajo de la caldera y se muestran en la tabla II.

**Tabla II. Límites permitidos de sílice en el agua de la caldera**

Presión de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	Contenido de sílice permitido como SiO <sub>2</sub> (ppm)
0 - 1	200
1 - 10	200
10 - 21	150
21 - 32	90
32 - 42	40
42 - 53	30
53 y más	20

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.12

- Determinando el volumen acarreado

La mejor manera para determinar si existe acarreo es la medición de la conductividad del vapor; una conductividad de 20 a 30 *micromhos* indica que existe muy poca probabilidad de que exista un acarreo significativo.

- La alta conductividad indica acarreo

Una medida alta de la conductividad del condensado de vapor indica que existe acarreo o que existen fugas en el sistema de vapor. En este caso, debe de verificarse la dureza. Si se encuentra dureza, la contaminación del condensado indicada por la alta conductividad se debe a fugas dentro del sistema de condensado y no por acarreo. Esto se explica porque el arrastre se da en condiciones de baja dureza del agua debido al tratamiento químico o a que no se requiere mucho tratamiento para el agua de repuesto.

- Factores que influyen en el arrastre de sólidos

La tabla III muestra los factores que influyen en el arrastre de sólidos disueltos.

**Tabla III Factores influyentes en el arrastre de sólidos disueltos**

Factores mecánicos	Condición del agua	Operación
Diseño de la caldera	Tipo de fuente y cantidad de reposición	Capacidad
Dimensión de domos	Ciclos de concentración	Variaciones en capacidad
Cantidad de domos	Alcalinidad	Presión de trabajo
Accesorios en domos	Contenido de materia orgánica	Nivel del agua
Circulación del agua	Sólidos en suspensión	Variaciones en el nivel
Superficie de calefacción radiante	Tipo de tratamiento químico	Sólidos en purgas
Superficie de calefacción por convección	Capacidad de espumeo	Válvulas de seguridad en mal estado

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.13

- Corrosión

Los gases no condensables son aquellos que no se condensan a la temperatura normal del agua cruda y entran al sistema de generación de vapor arrastrados por el agua. Los más comunes y dañinos son el oxígeno disuelto en el agua y el bióxido de carbono.

El oxígeno disuelto ataca al hierro y forma hidróxido férrico; esta corrosión se presenta como ampollas en la superficie del metal y con el tiempo puede llegar a perforarlo. El bióxido de carbono ataca al metal, especialmente cuando está en presencia del oxígeno disuelto.

El bióxido de carbono combinado con el agua forma ácido carbónico que, bajo ciertas condiciones, es un agente corrosivo para los metales férreos y las aleaciones de níquel y cobre.

En ocasiones se puede presentar otro gas no condensable, el hidróxido de amonio, que ataca a las aleaciones de cobre con que están fabricadas las válvulas y conexiones.

En las líneas de retorno de condensados se puede llegar a presentar corrosión debido a la presencia de oxígeno y de bióxido de carbono. El primero se encuentra disuelto en el agua y también puede ser absorbido directamente del aire que entra en contacto con el agua.

El bióxido de carbono se produce por la transformación de los bicarbonatos contenidos en el agua que se convierten en carbonatos al elevarse la temperatura de ésta.

- Eliminación del oxígeno del agua de alimentación

Para la remoción del oxígeno contenido en el agua de alimentación se requiere un deareador, en donde el agua de repuesto y el retorno de condensado son mezclados, calentados y agitados mediante la inyección de vapor vivo. Esta acción separa al oxígeno y otros gases no condensables del agua, los cuales salen por el tubo de venteo junto con una pequeña cantidad de vapor.

- Deareadores

El oxígeno y el dióxido de carbono son dañinos para los sistemas de generación y distribución de vapor.

Para eliminarlos se han diseñado equipos deareadores cuya función es eliminar los gases disueltos en el agua de alimentación a la caldera. Son bastante eficientes y pueden reducir el contenido de oxígeno hasta niveles de trazas, más o menos 0.005 ppm. No obstante la eficiencia de estos equipos, las trazas de oxígeno pueden causar bastante corrosión, por lo que es necesario utilizar un tratamiento químico para evitar esto.

El deaerador elimina la mayoría del dióxido de carbono del agua de alimentación, sin embargo, dentro de la caldera, la alcalinidad debida a los carbonatos y bicarbonatos produce una cantidad adicional de dióxido de carbono. Esto requiere un tratamiento adicional del agua de la caldera.

Los deaeradores contienen una sección de calentamiento y otra propiamente para la deaeración. La sección de almacenamiento se diseña comúnmente con una capacidad equivalente a 10 minutos de bombeo de agua de alimentación.

Al entrar el agua en el deaerador, se “rompe” en forma de atomización o neblina y es mezclada con vapor para forzar la eliminación de los gases disueltos. El vapor y los gases no condensables fluyen hacia arriba, a la sección de venteo, donde el vapor es condensado. Los gases eliminados se descargan a la atmósfera a través de la salida de venteo.

- Control del deaerador

Para la correcta operación del deaerador, se deben vigilar muy de cerca las condiciones siguientes:

Pluma de vapor. Es conveniente de observar que la pluma de vapor salga constantemente por el tubo de venteo.

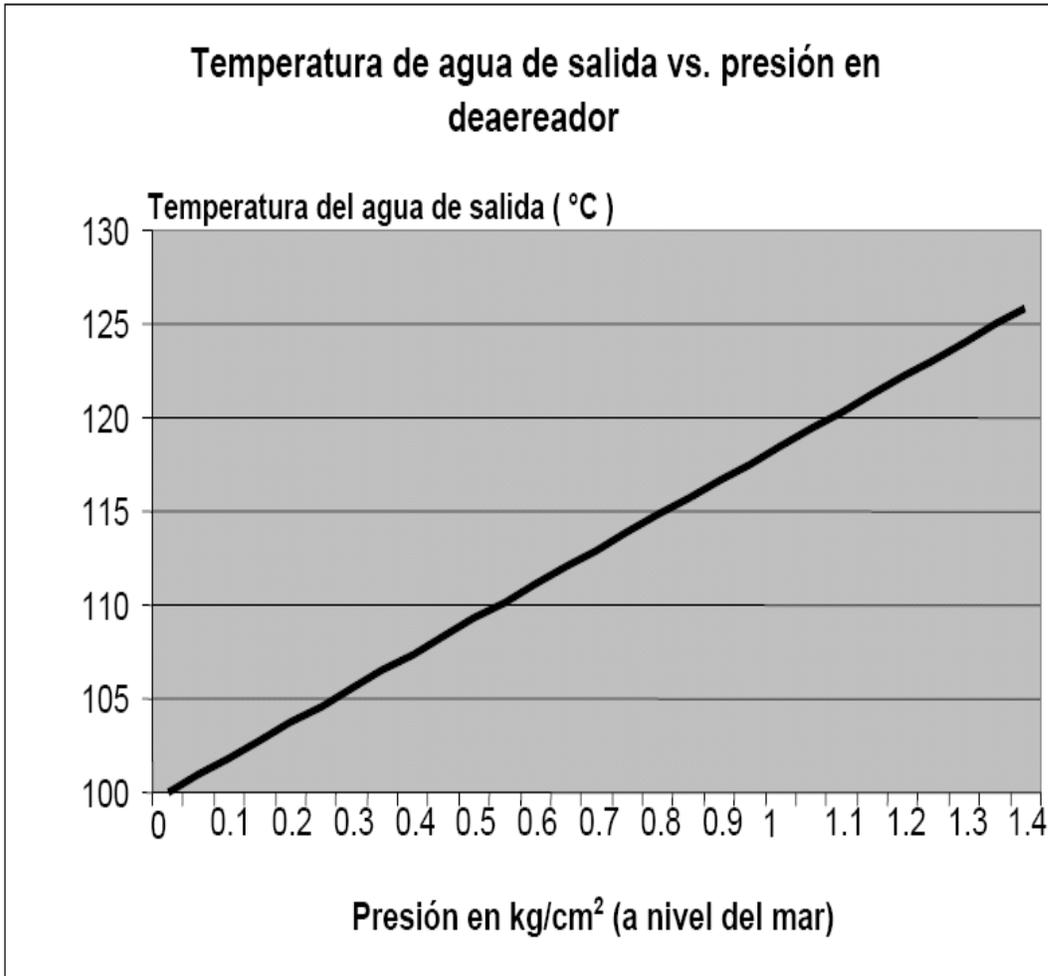
Temperatura y presión. La presión del deaerador y la temperatura del agua de salida deben controlarse.

Para una presión dada, la temperatura tendrá que estar un grado centígrado por arriba o abajo de la temperatura mostrada en la figura 12, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar del sitio donde se encuentra instalado. Si el flujo de vapor en el venteo es bajo o la temperatura del vapor es menor a la requerida, el equipo no operará correctamente.

La mezcla de agua con oxígeno es una combinación muy corrosiva; la corrosividad se duplica por cada 10 °C de aumento en la temperatura.

La corrosión por oxígeno se reconoce por la formación de pequeñas muescas o picaduras que aparecen en la parte superior del domo de vapor o en la línea de nivel de agua. El oxígeno puede eliminarse del agua de alimentación por deaeración mecánica o química; se suelen utilizar los dos métodos simultáneamente.

**Figura 12. Temperatura de salida del agua recomendada para varias presiones del deaerador (a nivel del mar)**



Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.16

- Remoción del oxígeno por método químico

Los deaeradores mecánicos pueden reducir el contenido de oxígeno en el agua de alimentación hasta fracciones de ppm. Sin embargo, para una eliminación completa se requiere un tratamiento químico adicional. Uno de los métodos más comunes es el que utiliza sulfito de sodio como catalizador, que reacciona con el oxígeno, produciendo sulfato de sodio, el cual no provoca corrosión.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (sulfito de sodio) +  $\frac{1}{2}$   $\text{O}_2$  (oxígeno) =  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (sulfato de sodio). La reacción química requiere 7.88 kg de sulfito de sodio puro por cada kilogramo de oxígeno. En la práctica se añaden, aproximadamente, 10 kg de sulfito de sodio por kilogramo de oxígeno para mantener un pequeño exceso de sulfito en el agua de la caldera. Este exceso dependerá de la presión de trabajo de la caldera, como se muestra en la Tabla IV.

El sulfito de sodio se debe administrar continuamente a la caldera. Si se utilizan niveles más altos de sulfito, esto se convierte en un desperdicio; además, el sulfito se puede descomponer y causar que el vapor y su condensado se vuelvan corrosivos.

**Tabla IV Nivel de sulfito (SO<sub>3</sub>) en el agua de la caldera**

Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Sulfito residual (ppm de SO <sub>3</sub> )
0 - 1	30 - 60
1 - 10	30 - 60
10 - 14	30 - 60
14 - 31	20 - 40
31 - 42	20 - 40
42 - 52	15 - 30
52 - más	15 - 30

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.17

- Corrosión en el condensado

Cualquier cantidad de dióxido de carbono en el agua de alimentación debe ser eliminado por el deaerador. Sin embargo, alguna forma de combinación del dióxido de carbono puede entrar al agua de alimentación de la caldera en forma de carbonatos o bicarbonatos. Bajo la acción del calor y la presión, estos compuestos pueden formar dióxido de carbono libre que saldrá de la caldera junto con el vapor.

- Control del CO<sub>2</sub> con aminas neutralizantes

Las aminas son compuestos químicos orgánicos derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de hidrógenos por radicales alquilo. Según se sustituyan uno, dos o tres hidrógenos, las aminas serán primarias, secundarias o terciarias; respectivamente.

El dióxido de carbono en las calderas de vapor y sus sistemas puede controlarse neutralizándolo con una amina volátil (neutralizante), que al añadirse al agua de la caldera, se vaporiza y pasa al sistema de distribución, donde se combina con el CO<sub>2</sub> libre contenido en el vapor de agua para formar un nuevo compuesto denominado amida.

Las aminas más comúnmente usadas son la morfolina y la ciclohexilamina. Cuando el vapor inicia su condensación, en los puntos del sistema de distribución cercanos a la caldera, la morfolina estará presente en concentraciones altas. En los puntos más lejanos del sistema de distribución, la ciclohexilamina estará disponible en concentraciones altas y será más efectiva para controlar la corrosión. Para una mejor protección se utilizan juntos estos dos compuestos químicos.

- Control del CO<sub>2</sub> con aminas que forman película

Otra medida para evitar la corrosión por CO<sub>2</sub> es la utilización de aminas, que tienen la propiedad de producir un recubrimiento protector, como la octadecilamina, que forma una película en el interior de la tubería de condensado, protegiéndola contra la humedad, ya que actúa como una barrera entre el condensado y el metal de los tubos, lo que provee una protección contra el oxígeno y el dióxido de carbono, aunque no los neutralizan.

Las aminas se utilizan normalmente en concentraciones de 0.7 a 1.0 ppm y debido a que presentan dificultad para su manejo y mezclado, se deben suministrar directamente en el cabezal de vapor.

El tipo correcto de amina, neutralizante o de película, depende del sistema de generación y distribución de vapor, el trazado de las líneas, condiciones de operación y composición del agua de alimentación.

Las aminas volátiles son más adecuadas en sistemas con agua que requiere poco tratamiento previo, con poca alcalinidad y un buen control del oxígeno.

En general, los inhibidores tipo película dan una protección más económica en los sistemas con buen tratamiento previo del agua, alta alcalinidad del agua de alimentación y en sistemas que operan intermitentemente. En la mayoría de los casos, se recomienda la combinación de estos métodos para combatir mejor el problema de corrosión de los sistemas de condensado.

- Potencial de hidrógeno (pH)

#### Generalidades

En 1909, el químico danés Sorensen definió el potencial hidrógeno (pH) como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno. Esto es:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Desde entonces, el término pH ha sido universalmente utilizado por la facilidad de su uso, evitando así el manejo de cifras largas y complejas.

Por ejemplo, una concentración de  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-8}$  M (0.00000001) es simplemente un pH de 8 ya que:  $\text{pH} = -\log [10^{-8}] = 8$ .

**Tabla V. Niveles de pH**

	pH	Conc. H <sup>+</sup>	Conc. OH <sup>-</sup>	pOH
	14	1 x 10 <sup>-14</sup>	1 x 10 <sup>0</sup>	0
NaOH, 0.1 M	13	1 x 10 <sup>-13</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1
Blanquedor casero Amoniaco casero	12	1 x 10 <sup>-12</sup>	1 x 10 <sup>-2</sup>	2
Agua de cal	11	1 x 10 <sup>-11</sup>	1 x 10 <sup>-3</sup>	3
Leche de magnesia	10	1 x 10 <sup>-10</sup>	1 x 10 <sup>-4</sup>	4
Borax	9	1 x 10 <sup>-9</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	5
Clara de huevo, agua de mar Sangre humana, lágrimas	8	1 x 10 <sup>-8</sup>	1 x 10 <sup>-6</sup>	6
Punto de neutro	7	1 x 10 <sup>-7</sup>	1 x 10 <sup>-7</sup>	7
Lluvia	6	1 x 10 <sup>-6</sup>	1 x 10 <sup>-8</sup>	8
Café negro	5	1 x 10 <sup>-5</sup>	1 x 10 <sup>-9</sup>	9
Plátanos, tomates	4	1 x 10 <sup>-4</sup>	1 x 10 <sup>-10</sup>	10
Vino	3	1 x 10 <sup>-3</sup>	1 x 10 <sup>-11</sup>	11
CocaCola, vinagre	2	1 x 10 <sup>-2</sup>	1 x 10 <sup>-12</sup>	12
Jugo de limón	1	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-13</sup>	13
Jugo gástrico	0	1 x 10 <sup>0</sup>	1 x 10 <sup>-14</sup>	14

**RELACIÓN DE pH, pOH y Concentración de H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup>**

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.26

## Principios

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. No mide el valor de la acidez o alcalinidad.

Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino, como puede observarse en la tabla V.

La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico, debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o muy alcalino puede ser indicio de una contaminación industrial.

El valor del pH en el agua es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, así como en las plantas de tratamiento de agua.

A continuación en la tabla VI se presenta una serie de impurezas más comunes encontradas en aguas de alimentación.

**Tabla VI. Impurezas más comunes en las aguas de alimentación de calderas**

Impurezas más comunes encontradas en aguas de alimentación			
Nombre	Fórmula	Nombre común	Efecto que provoca
Bicarbonato de calcio	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	-----	Incrustación
Bicarbonato de magnesio	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	-----	Incrustación Corrosión
Bicarbonato de sodio	$\text{Na}(\text{HCO}_3)_2$	-----	Espumado
Carbonato de calcio	$\text{CaCO}_3$	Caliza o calcita	Incrustación
Carbonato de sodio	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Sosa común, Soda ash	Alcalinidad
Cloruro de calcio	$\text{CaCl}_2$	-----	Corrosión
Cloruro de magnesio	$\text{MgCl}_2$	-----	Corrosión
Cloruro de sodio	$\text{NaCl}$	Sal común	Electrólisis
Dióxido de silicio	$\text{SiO}_2$	Sílice	Incrustación
Hidróxido de magnesio	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	-----	Incrustación
Hidróxido de sodio	$\text{NaOH}$	Sosa cáustica	Cristalización
Sulfato de calcio	$\text{CaSO}_4$	Yeso de París	Incrustación
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4$	Sales Epsom	Incrustación
Sulfato de sodio	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Sales Glauber	Incrustación

Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.27

## **Tratamiento de agua**

### Agua de repuesto

El agua de repuesto la que se añade a la caldera, desde una fuente externa, para reemplazar la que se pierde en la caldera y el sistema de distribución de vapor y retorno de condensado; esto incluye las purgas, fugas de vapor, pérdidas de condensado y el vapor utilizado directamente en los procesos.

La fuente normal del agua de repuesto es el suministro de agua potable municipal. Ésta es, generalmente, agua tratada que tiene una calidad uniforme y que se mantiene prácticamente igual día con día. Algunas otras fuentes de alimentación son pozos de agua, aguas superficiales o ríos, lagos y lagunas, que no son tratadas de igual forma que las municipales.

La uniformidad de la calidad del agua de repuesto es muy importante para diseñar y operar con confiabilidad el sistema de tratamiento de agua de la caldera.

El tratamiento del agua de repuesto varía según las necesidades de cada instalación en particular y se pueden utilizar varios procesos para mejorar su calidad, entre los que se incluyen:

- I. Ablandamiento mediante cal y bicarbonato de sodio
- II. Intercambio de iones (general)
- III. Intercambio de iones de sodio
- IV. Intercambio de iones de hidrógeno
- V. Deionización
- VI. Dealcalinización
- VII. Destilación
- VIII. Ósmosis inversa
- IX. Electrodialisis

El agua de repuesto se combina con el condensado del vapor que regresa del sistema de distribución, llamado retorno de condensado, para formar el agua de alimentación a la caldera. Ésta es deaerada para eliminar los gases no condensables y tratados con los eliminadores de oxígeno.

#### Tratamiento interno del agua

El mejor método es la eliminación de los materiales que producen la incrustación del agua de repuesto, reduciendo la dureza de ésta a valores cercanos a cero.

El tratamiento interno del agua se realiza mediante la adición de los químicos requeridos para prevenir la incrustación derivada de los materiales que no fueron eliminados por el tratamiento externo al agua de repuesto y la formación de depósitos de lodo por la precipitación de estos materiales.

#### Formación de depósitos

Existen dos causas principales por las que se forman los depósitos en las calderas:

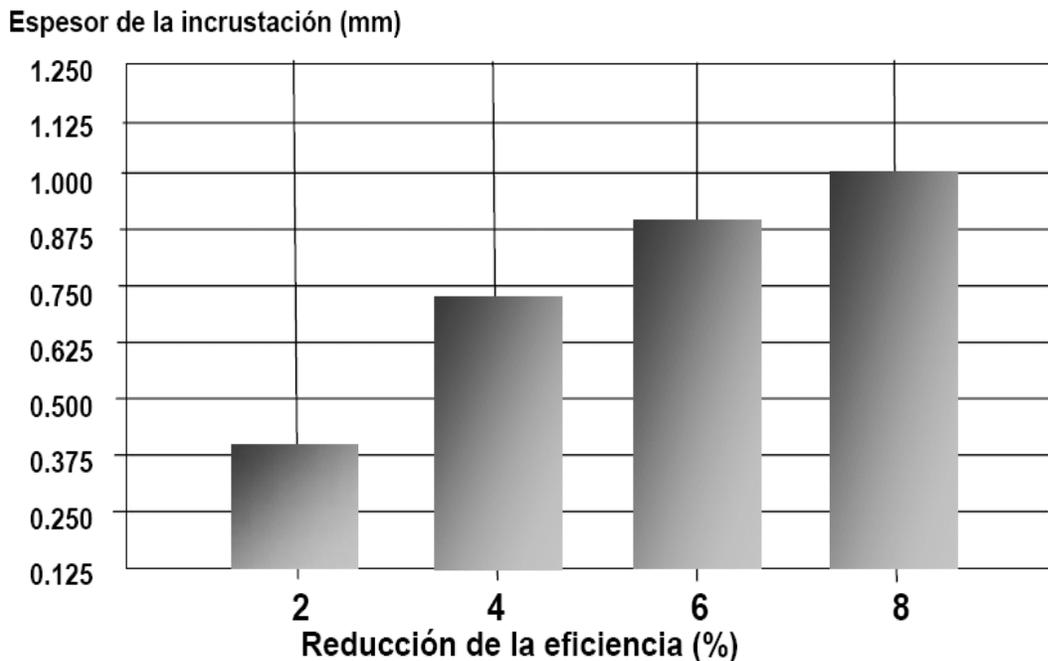
1. Incrustación: las altas temperaturas en el interior de las calderas causan la precipitación de los compuestos donde la solubilidad es inversamente proporcional a la temperatura de solución.
2. Lodos: la concentración en el agua de la caldera causa que ciertos compuestos, a una temperatura dada, excedan su máxima solubilidad, forzando la precipitación de éstos en las áreas de la caldera donde la concentración es más alta.

Es una descripción muy simplificada de los mecanismos involucrados en la formación de depósitos, sin embargo, incluye los factores esenciales para su formación.

## Incrustación

Se produce por el crecimiento de cristales sobre el lado de agua de las superficies de transferencia de calor y es más severa en las zonas donde ocurre la máxima transferencia de calor. La figura 13 muestra la relación existente entre la eficiencia de la transferencia de calor y el espesor de la incrustación.

**Figura 13. Reducción de la eficiencia de la transferencia de calor vs espesor de la incrustación**



Fuente: Conae, **Tratamiento de agua para su utilización en calderas**, pág.20

## Problemas causados por la incrustación

Las calderas de vapor utilizan una fuente de calor externo que normalmente se encuentra a una temperatura mucho mayor que la del agua en el interior de la caldera. Los tubos o placas metálicas que forman las superficies de intercambio de calor se mantienen a una temperatura menor que la del hogar, ya que son enfriados por el agua de la caldera. Al formarse los depósitos, éstos actúan como un material aislante entre el agua y el metal, lo que da como resultado el que los tubos y/o placas tengan que trabajar sometidos a una temperatura mayor. A mayor espesor del depósito o incrustación, el efecto aislante es también mayor, y los tubos y placas tienen que soportar temperaturas más altas. A temperaturas muy altas, el metal con que están hechos los tubos o placas puede perder su resistencia a la tensión y romperse.

## Lodos

Los lodos son precipitados directamente en el cuerpo principal de la caldera cuando la solubilidad de los sólidos disueltos es excedida. Estos depósitos ocurren, normalmente, cuando existe la presencia de materiales aglutinantes o la circulación del agua es tal que permite que se asienten en puntos calientes y se endurezcan sobre éstos.

## Sólidos totales en suspensión (TSD)

El total de sólidos disueltos en la caldera (TSD) es uno de los parámetros utilizados para controlar el programa de tratamiento de agua.

Con el agua de repuesto, continuamente se están añadiendo sólidos disueltos al agua de la caldera; éstos no son evaporados junto con el vapor y, como resultado de esto, los sólidos totales en suspensión aumentan entre más vapor se genera. El nivel de concentración de estos sólidos (TSD) es determinado por la cantidad de estas sales, que son eliminadas por la purga de la caldera; por esto, el control del nivel de TSD es crítico para la operación de la caldera. Si se reduce la purga de caldera, se tendrá una mejor eficiencia, pero el nivel de TSD aumentará y afectará su operación.

### **1.3.1.7. Sistema eléctrico en la caldera**

El sistema eléctrico es indispensable para poder garantizar que la caldera opere adecuadamente, además tiene como finalidad mantener el funcionamiento de los motores, válvulas solenoides, termostatos, presostatos, etc.

Entonces para el funcionamiento de las calderas existe un componente electrónico muy importante llamado programador, el cual se convierte en el cerebro de la caldera. La función del programador es dar una secuencia de operación al funcionamiento de la caldera.

Como ya se mencionó, el programador es el cerebro de la caldera, ya que se encarga de efectuar la secuencia adecuada del encendido y apagado del equipo. En este sistema existen auxiliares de arranque y paro por presión (presostato), a partir de una presión establecida (presuretrol).

Entonces el programador envía una señal para modular la flama, variando la entrada de aire a través del motor modulador del registro (modutrol). Comprende del control programador, presostato, presuretrol, control de nivel de agua, motor modulador del registro (modutrol) y alarma.

## Función de los controles y los componentes

El termino “control” se refiere a las válvulas y componentes más importantes inclusive aunque no restringido a los controles eléctricos o los que el control de la programación gobierna.

Las calderas que no sean estándar es posible que tengan componentes de control que no se citan aquí.

### Controles comunes a toda caldera

Motor del ventilador (impulsor): Mueve el ventilador sin caja (impulsor) directamente para abastecer el aire para combustión. También designado como soplador.

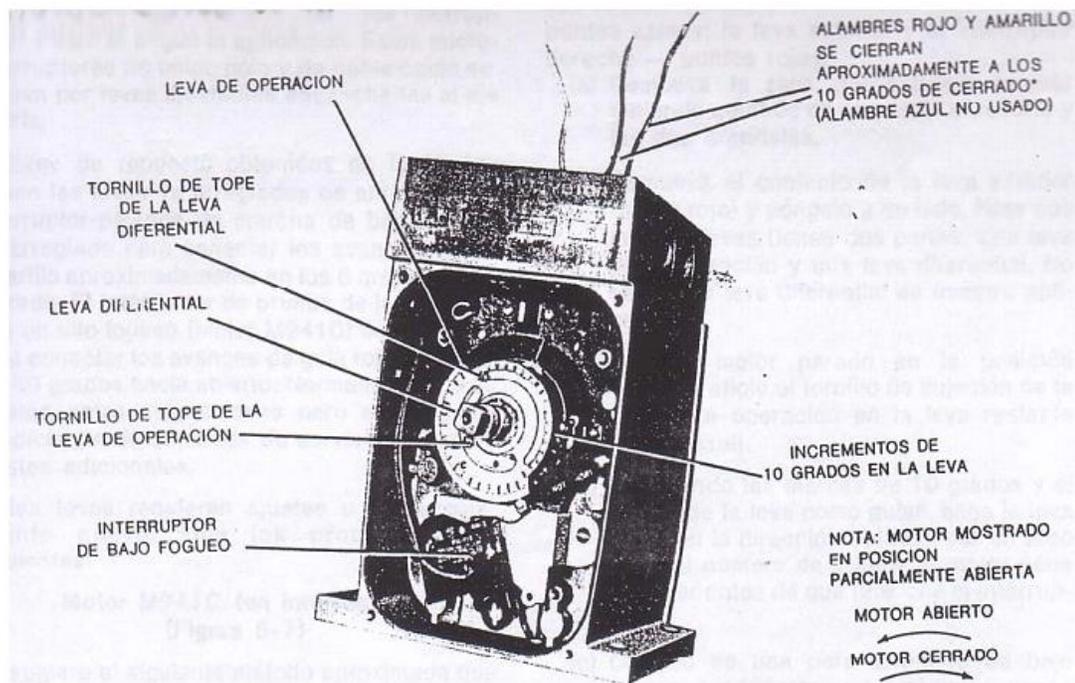
Arranque del motor del ventilador: Da energía al motor del impulsor.

Transformador para la ignición: Provee una chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o piloto de aceite liviano.

Motor modulador del registro: Mueve el registro rotatorio del aire y modula las válvulas del combustible por medio de levas y un sistema articulado para asegurar la proporción correcta de aire-aceite bajo toda condición de carga.

Interruptor de bajo fogueo (figura 14): Por medio de una extensión actúa sobre el eje principal del motor modulador del registro. Este interruptor tiene que estar cerrado para que se encienda el quemador en posición de bajo fogueo. Este dispositivo evita la ignición del quemador a menos que el motor modulador haya vuelto a colocar el registro rotatorio del aire y la válvula reguladora del combustible también a la posición de bajo fogueo. Este interruptor es una parte integral del motor.

**Figura 14. Motor modulador del registro**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 5-5

Interruptor del quemador: Manualmente empieza y para la operación del quemador por medio de una conexión directa.

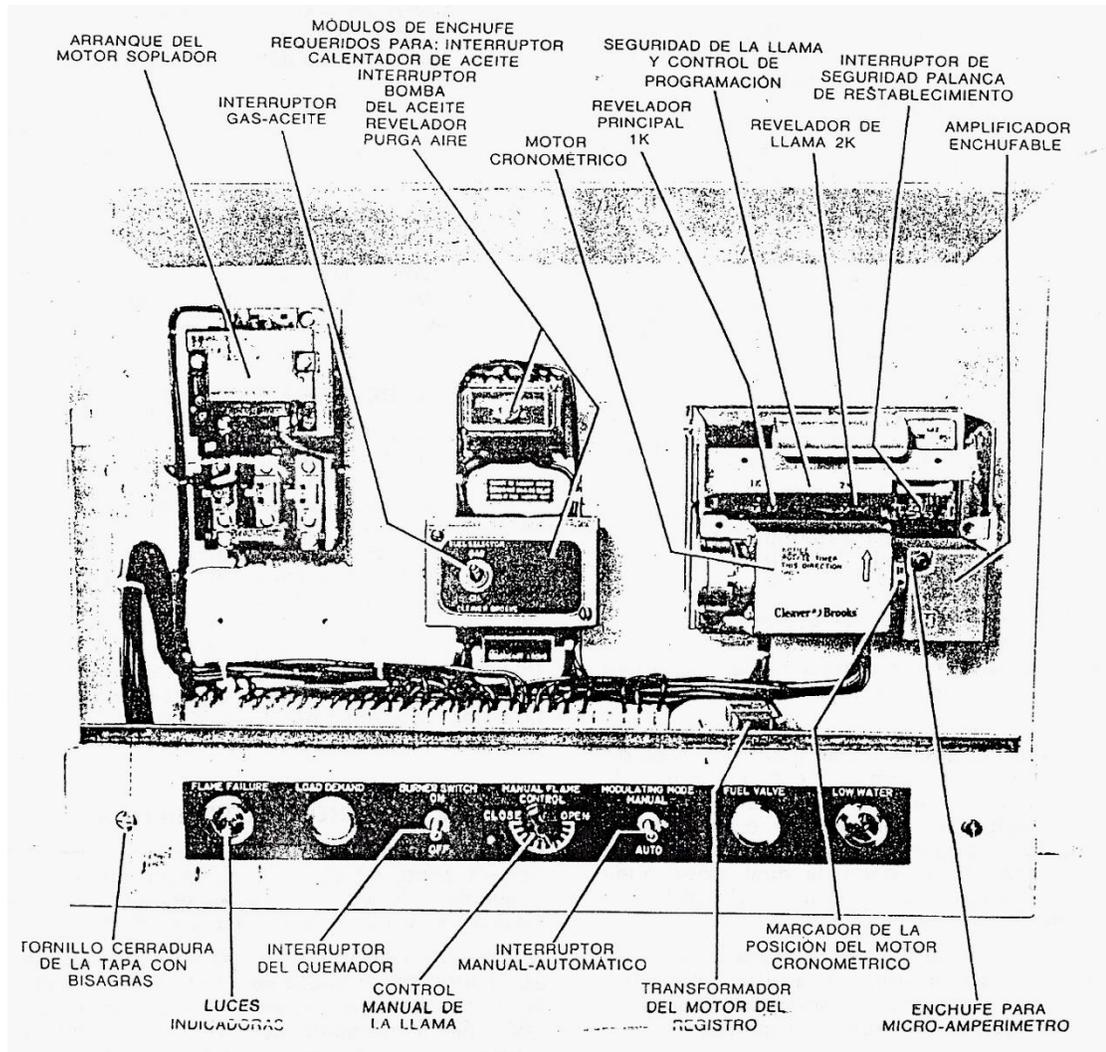
Transformador del motor modulador del registro: Reduce el voltaje del circuito de control (115VAC) al voltaje apropiado (24 VAC) para la operación del motor modulador.

Control de programación y Seguridad de la llama: En coordinación con los dispositivos de operación, límite y entre conexión, éste programa automáticamente cada período de arranque, operación y parada. Incluye en una secuencia calculada y cronometrada la operación del motor soplador, el sistema de ignición, las válvulas del combustible y motor modulador del registro. La misma secuencia abarca períodos de purga antes de la ignición y al cerrarse el quemador.

El escudriñador, componente de este programa, averigua la presencia de las llamas de gas o aceite y asegura la seguridad en caso de falla de llama.

El control reanuda su ciclo automáticamente durante la operación normal, o después de una falla de energía. Hay que accionar el restablecimiento manualmente después de una parada de seguridad debido a falla de llama. Un circuito para probar el sistema internamente, está incorporado en este control de programación; funcionando en cada arranque, hace que la caldera se cierre en caso de que el relevador quede detenido durante este período por cualquier motivo. Los componentes integrales más importantes de este control a los cuales hacemos referencia en la secuencia de procedimientos son los siguientes y se muestran a continuación en la figura 15.

**Figura 15. Tablero básico con control de programación**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 1-13

Relevador principal (1 K): Cuando todos los controles de límite y operación e interruptores de cierre automático están cerrados recibe energía para empezar la secuencia de programación y dar energía al arranque del motor del soplador.

Relevador de llama (2K): Recibe energía cuando el escudriñador indica una llama adecuada en el quemador. Cuando una falla de llama le quita la energía este relevador hace transferir el circuito de control al interruptor de seguridad.

Interruptor de seguridad (SS): Se detiene después de una falla de llama, falla de ignición o falla de que el relevador de llama quede en su posición desconectada durante el periodo de prueba de la programación. Un periodo breve de enfriamiento es necesario antes del restablecimiento.

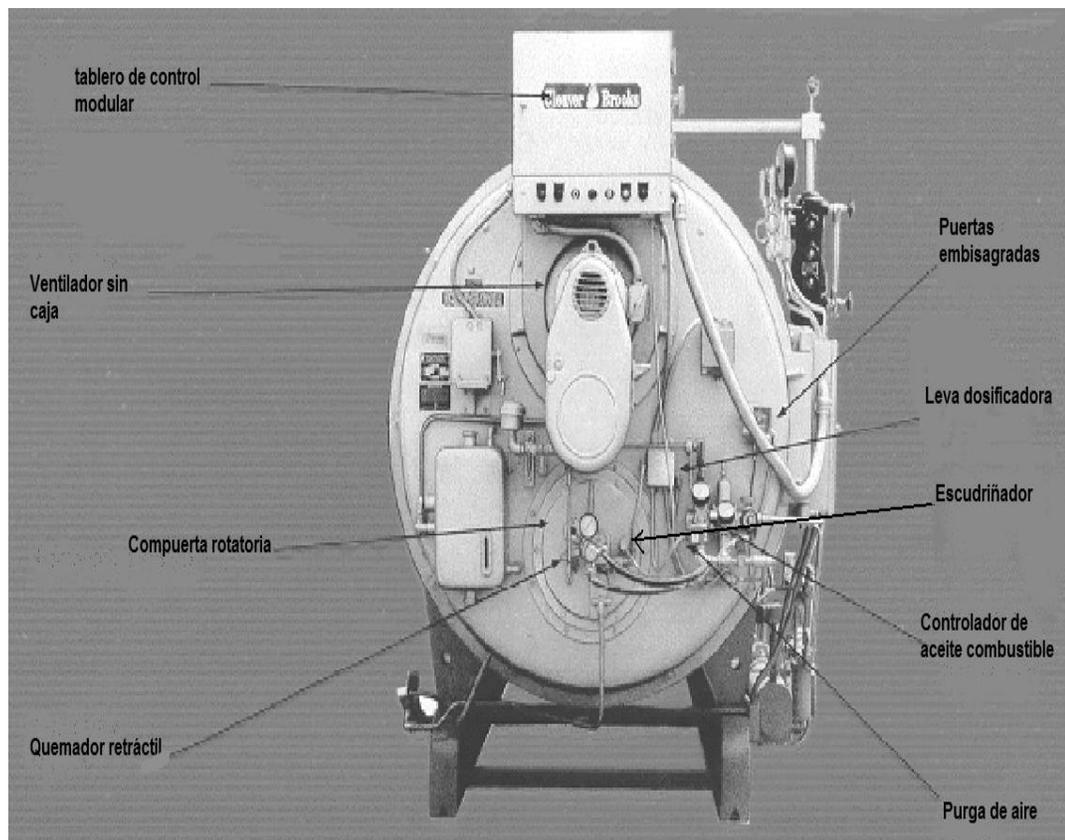
Advertencia: Es preciso investigar y corregir cualquier causa de interrupción de seguridad antes de intentar de arrancar de nuevo.

Motor cronométrico: Actúa las levas para abrir y cerrar los contactos en un programa cronometrado no ajustable, a fin de que el control de programación pase por todas las funciones necesarias de la operación del quemador.

Indicador del motor cronométrico: Indica la posición del motor y el grado alcanzado en el ciclo de la operación del quemador.

Escudriñador (figura 16): Escudriña el piloto de gas o de aceite liviano y da energía al relevador de la llama del programador como respuesta a la presencia de la llama. Sigue respondiendo a la llama principal (aceite o gas) después de que se termine el periodo de prueba del piloto. Las calderas estándar tienen un escudriñador de sulfuro de plomo (infrarrojo).

**Figura 16. Caldera básica de vapor de aceite y gas**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 1-4

Ventilador (figura 8): Suministra todo el aire comprimido para la combustión del combustible del piloto y del combustible principal y suministra el aire de purga.

Interruptor de prueba de aire para Combustión: Un interruptor sensitivo a la presión que se mueve por medio de presión del aire del ventilador. Los contactos se cierran al probar que hay suficiente presión de aire para combustión. Las válvulas del combustible no puedan recibir energía a menos que este interruptor se cierre. La caldera de aceite generalmente no tiene este interruptor distinto sino que utiliza el interruptor de prueba del aire para atomización al mismo fin, puesto que la presencia de aire para atomización de la bomba de aire, impulsada por una correa del motor del soplador, es prueba que funciona el soplador.

Registro rotatorio del aire (figura 8): Este registro da control exacto del aire para combustión para que haya la proporción correcta entre aire y combustible según las demandas de carga. Consiste en dos cilindros concéntricos con aberturas. El exterior es inmóvil y el interior es girado por el motor modulador para variar el tamaño efectivo de las aberturas donde se solapan.

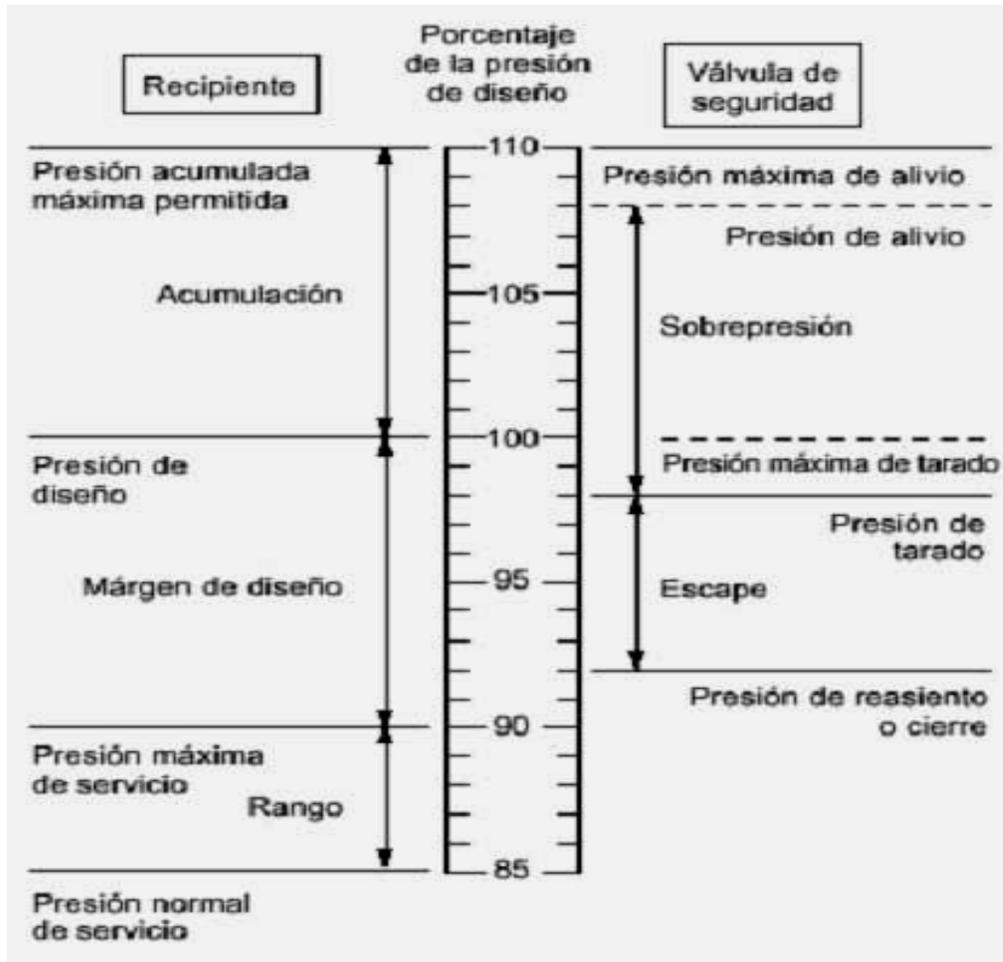
### **1.3.1.8. Válvula de seguridad en la caldera**

La válvula de seguridad de resorte es el dispositivo más empleado para el alivio de presión. También se la conoce con los nombres de válvula de alivio, válvula de alivio de seguridad, válvula de alivio de presión y válvula de seguridad de presión.

Se puede definir como un dispositivo que automáticamente sin otra asistencia de energía que la del propio fluido implicado, descarga fluido para evitar que se exceda una presión predeterminada y que esté diseñada para que vuelva a cerrar y se evite el flujo adicional de fluido después de haberse restablecido las condiciones normales de presión.

Para entender los diferentes tipos de válvulas de seguridad se debe conocer la terminología empleada más importante. Una ayuda gráfica se da en la figura 17.

Figura 17. Régimen de presiones para una válvula de seguridad con sobrepresión del 10%



Fuente: Estructplan on line, **Maquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 1.

Presión de diseño: Es la máxima presión de trabajo a la temperatura de diseño y será utilizada para el cálculo resistente de las partes a presión del aparato. También se puede definir como la presión utilizada para el cálculo del espesor de un recipiente o un sistema de tuberías.

Presión de tarado o consigna: Es la presión manométrica predeterminada a la que empieza a ascender la válvula de seguridad.

Sobrepresión: Es el incremento de presión sobre la presión de tarado durante el ascenso de la válvula. Se alcanza el valor máximo cuando la válvula está completamente abierta. Se expresa normalmente como un porcentaje de la presión manométrica de tarado.

Presión de alivio: Es la suma de la presión de tarado más la sobrepresión.

Escape despresurización, subpresión de reasiento. (*Blowdown*): Es la diferencia entre la presión de tarado y la presión del cierre de nuevo cuando la válvula retorna a su posición normal de descanso. Este término se expresa normalmente como un porcentaje de la presión de tarado.

Contrapresión: Es la presión estática existente en la boca de salida de una válvula de seguridad. La contrapresión puede estar impuesta por las condiciones de flujo en el sistema de descarga u originada por el flujo de escape desde la válvula de seguridad a través del sistema de descarga.

Acumulación: Es el incremento de presión sobre la presión de diseño del equipo durante la descarga a través del sistema de alivio. El término se refiere al equipo a proteger y no al dispositivo de alivio de presión.

La acumulación máxima permitida está regulada por las normas y códigos de diseño o de trabajo de los equipos y sistemas. La acumulación es el aumento permitido en una situación de emergencia y puede variar del 10% de la presión de diseño, hasta el 25% para situaciones de incendio.

Presión acumulada máxima permitida: Es la suma de la presión de diseño y la acumulación máxima permitida.

Caudal de alivio requerido: Es el flujo calculado de descarga de fluido en las condiciones de alivio requeridas para mantener la presión en el equipo protegido en el valor de la acumulación permitida o por debajo de ella.

Presión de trabajo o servicio: Es la presión normal de trabajo del aparato o sistema a la temperatura de servicio.

## Tipos de válvulas

Se pueden distinguir tres tipos según sea su accionamiento: Válvulas de seguridad de acción directa o convencional, Válvulas de seguridad accionadas por válvula piloto o de acción indirecta y Válvulas de seguridad equilibradas.

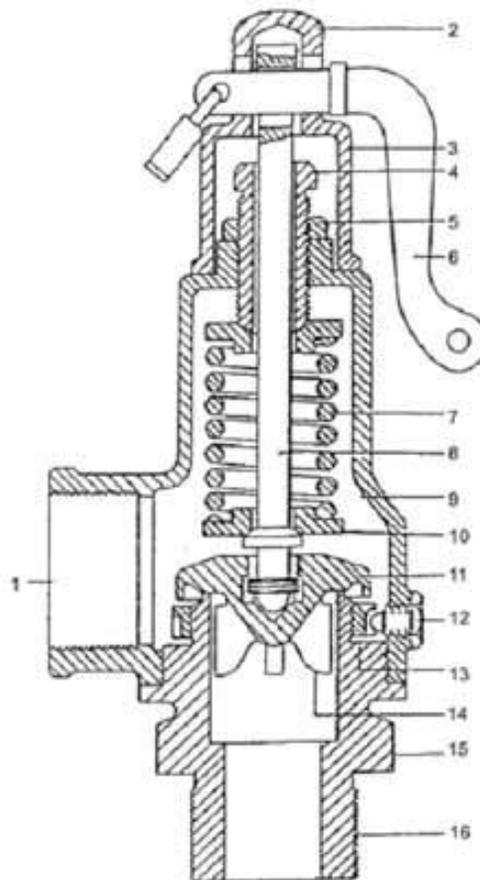
Todas deben llevar un sistema (palanca, neumático, etc.) que permita su accionamiento a voluntad (excepto en caso de emergencia) para comprobar su funcionamiento, que el disco no esté pegado a su asiento, para despresurizar el sistema, etc.

#### Válvulas de seguridad de acción directa o convencional

A su vez estas válvulas pueden ser de varios tipos. Tienen en común que la resistencia a la apertura es generada por una acción mecánica directa de la propia válvula.

Válvula de seguridad de acción o presión directa: Las válvulas de seguridad de acción directa son válvulas cargadas axialmente que al alcanzarse una presión prefijada de tarado se abren automáticamente debido a la acción del fluido o presión sobre el disco de cierre de la válvula. (Ver figura 18). La carga debida a la presión del fluido por debajo del disco de cierre de la válvula está contrarrestada sólo por una carga mecánica directa tal como un resorte, un peso o una palanca y un peso. Es el tipo más sencillo y de uso común sin características especiales para mejorar sus prestaciones. Normalmente alcanzan su capacidad de descarga certificada a una sobrepresión del 10% para gases y vapores y del 10 al 25% para líquidos.

**Figura 18. Válvula de seguridad de acción o presión directa**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 1.

1. Boca de salida lateral.
2. Caperuza.
3. Sombrerete o bonete.
4. Tornillo de ajuste.
5. Tuerca de fijación del ajuste.
6. Palanca de apertura manual.
7. Resorte.
8. Husillo o vástago.
9. Cuerpo.
10. Placa del extremo del resorte.
11. Disco de cierre de la válvula.
12. Tornillo de fijación del anillo de ajuste.
13. Anillo de ajuste del escape.
14. Elemento de guiado en parte inferior.
15. Asiento.
16. Conexión roscada al recipiente

Válvula de seguridad convencional. Es una válvula de seguridad del tipo de presión directa en la que la presión de tarado está afectada por cambios en la contrapresión superpuesta.

Esta válvula de seguridad es la más común en la industria química de procesos. Es una válvula mantenida cerrada por la acción de un muelle o resorte con una boquilla de abertura total debajo del asiento, con sombrerete o bonete abierto o cerrado rodeando el resorte y unos anillos de ajuste para variar el margen o intervalo entre la presión de tarado y la presión de reasiento o cierre después de la descarga de alivio de presión.

Se fabrican en distintos diámetros nominales. La válvula normalmente está guiada por la parte superior a diferencia de la presentada en la figura 18.

La parte exterior del disco de cierre de la válvula (parte que no está en contacto con el fluido del recipiente a presión) está sometida a la contrapresión existente a la salida de la válvula, por lo que la fuerza aplicada por el muelle debe equilibrarse con las fuerzas ocasionadas por la presión de tarado y la contrapresión. Si la contrapresión varía, también lo hará la presión de tarado y esto puede ser un inconveniente por lo que el empleo de válvulas de seguridad convencionales se reserva para aplicaciones en que la contrapresión no supera el 10% de la presión de tarado. El efecto de la contrapresión sobre la presión de disparo varía según que el sombrerete ventee a la atmósfera o a la boca de descarga de la propia válvula.

Adoptando la simbología

$F_S$  = Fuerza del resorte

$P_1$  = Presión interna del lado del equipo protegido

$P_2$  = Contrapresión en el lado de descarga

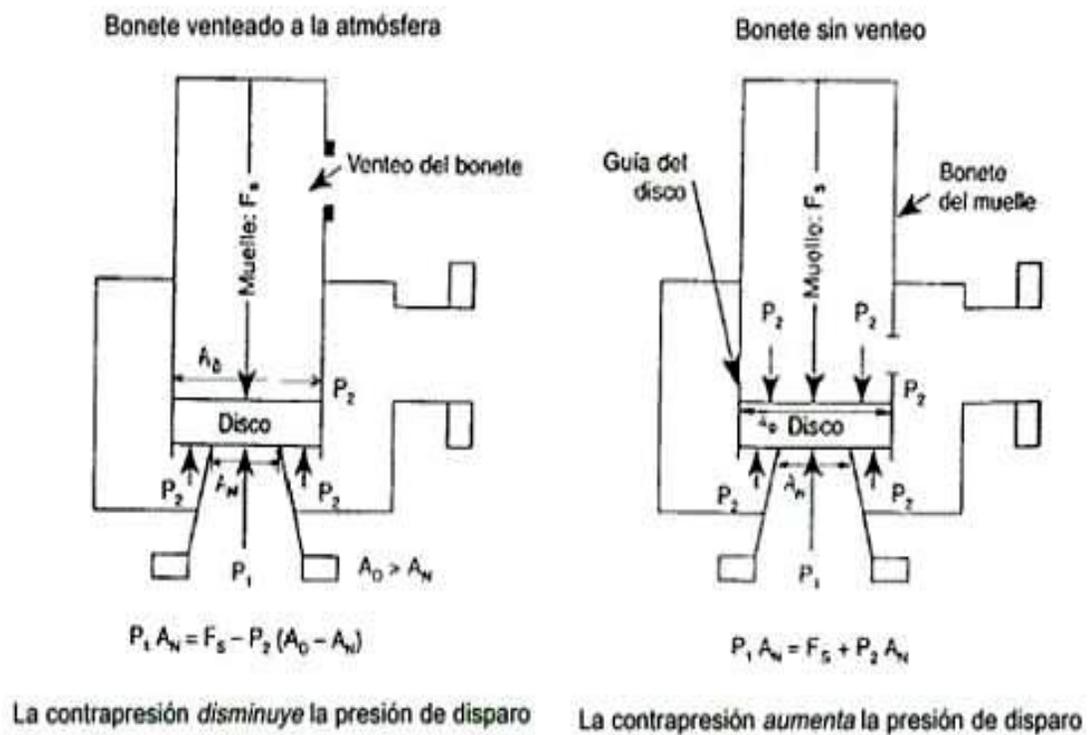
$A_N$  = Área de la boquilla

$A_D$  = Área del disco

$A_P$  = Área de la sección del pistón en contacto con el disco

Y estableciendo el equilibrio de fuerzas en el momento en que abre la válvula (desaparecen las fuerzas de reacción en el asiento) según puede verse de forma esquemática en la figura 19, se tiene para los dos subtipos de válvulas siguientes:

**Figura 19. Efecto de la contrapresión sobre la presión de disparo para válvulas de seguridad convencional o no compensada**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 1.

Válvulas con venteo del sombrerete a la atmósfera.

$$P_1 A_N + P_2 (A_D - A_N) = F_S \quad P_1 A_N = F_S - P_2 (A_D - A_N)$$

En el momento en que abre, P1 pasa a ser la presión de disparo y queda la relación.

$$P_1 = F_S / A_N - (A_D - A_N) \cdot P_2 / A_N$$

La contrapresión hace disminuir la presión de disparo por debajo de la presión de tarado prevista  $F_S / A_N$  en la magnitud  $P_2 (A_D - A_N) / A_N$  con riesgo de disparo prematuro.

Válvulas con venteo del sombrerete a la boca de descarga

$$P_1 A_N + P_2 (A_D - A_N) = F_S \quad P_2 A_N \quad P_1 A_N = F_S + P_2 A_N$$

$$P_1 = F_S / A_N + P_2$$

En este caso la contrapresión incrementa la presión de disparo por encima de la presión de tarado prevista  $F_S / A_N$  en la magnitud  $P_2$  con riesgo de no abrir cuando se requiera. Abre con retardo.

Cuando la contrapresión excede el 10%, se recomienda utilizar válvulas de seguridad equilibradas que permiten contrapresiones hasta el 50% de la presión absoluta de tarado. A partir de ese valor la capacidad de descarga de esas válvulas decrece notablemente. Los límites en casos particulares dependerán del fabricante y de la proporción relativa entre la contrapresión fija y variable.

Válvula de seguridad de carga o presión suplementaria. Es una válvula de seguridad que tiene aplicada una fuerza adicional (la presión suplementaria) en la parte superior del disco de cierre de la válvula para aumentar la fuerza de sellado y mejorar la hermeticidad (o estanqueidad) del asiento de la válvula hasta que se alcanza la presión de tarado. La carga suplementaria deberá ser fácilmente eliminable al alcanzar la presión máxima admisible.

La fuerza adicional es proporcionada por una fuente de potencia externa (neumática, hidráulica o solenoide eléctrico) que se libera de forma fiable al alcanzar la presión de tarado permitiendo que abra la válvula y alivie el exceso de presión. Esta fuerza adicional vuelve a quedar aplicada para ayudar al reasiento de la válvula de seguridad, cuando la presión desciende por debajo de la presión de tarado.

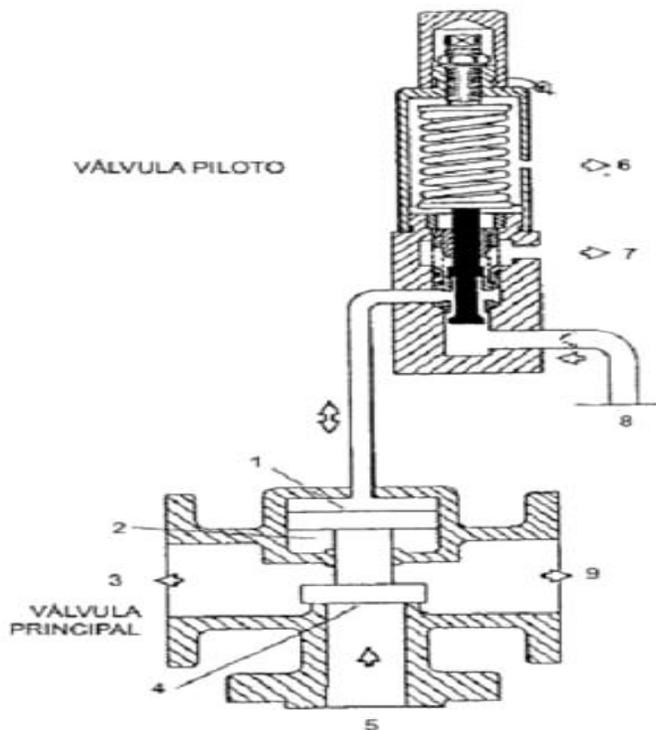
La presión suplementaria está limitada de forma que si por mal funcionamiento no se libera esa presión cuando se llega a la presión de tarado la capacidad de descarga certificada de la válvula se consigue a una sobrepresión del 15% (para gases o vapores). Este requisito significa que la presión de tarado será frecuentemente menor que la presión de diseño, de forma que la presión de alivio no exceda la presión acumulada máxima permitida. En el Código Español de Recipientes A Presión (CERAP), se indica que la suma de las fuerzas de cierre, incluida la carga suplementaria, no puede ser superior a 1,2 veces la fuerza de apertura de la válvula a la máxima presión admisible.

Válvulas de seguridad accionadas por válvula piloto o de acción indirecta

Las válvulas de seguridad de acción indirecta son aquellas en las que el soplado de la válvula principal se efectúa únicamente por la acción de una o varias válvulas de seguridad piloto.

Válvula de seguridad accionada por piloto o presión indirecta. (Ver Figura 20). Es una válvula de seguridad accionada por el movimiento de una válvula piloto que es por sí misma una válvula de presión directa como la descrita en primer lugar. La válvula piloto debe actuar debidamente sin ayuda de ninguna fuente exterior de energía.

**Figura 20. Válvula de seguridad accionada por piloto**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

1. Área mayor
2. A igual presión que el conducto de alivio
3. Descarga al conducto de alivio
4. Área menor
5. Orificio de entrada desde el proceso
6. Venteo a la atmósfera
7. Escape a la atmósfera
8. Conexión al recipiente de proceso
9. Descarga al conducto de alivio

Cuando se alcanza la presión de tarado, la válvula piloto se abre, liberando la presión del fluido que actuaba sobre el área mayor del disco de cierre de la válvula principal y permitiendo que se abra la válvula principal para la descarga de alivio. Si son necesarios conductos tubulares de control, éstos serán cortos y de trazo sencillo.

A continuación se indican las ventajas de estas válvulas de seguridad:

- La ventaja principal es la reducción del margen entre la presión de servicio y la de tarado, y poder funcionar a presiones de tarado bajas.
- Para un tamaño dado del orificio de la válvula, queda reducida la altura y el peso.
- Diseñadas para permanecer herméticamente cerradas hasta que se alcanza la presión de tarado. Adecuadas cuando la presión de servicio supera el 90% de la presión de tarado.
- La vibración o castañeteo (chattering) de la válvula debido a la contrapresión no es posible.
- La presión de tarado no se ve afectada por la contrapresión.

- Se pueden utilizar en servicio de vapor o líquido con contrapresiones superiores al 50% de la presión de tarado (sujeto a la verificación del suministrador).
- La presión de la válvula piloto y de reasiento se puede verificar con la válvula en servicio.
- El escape se puede especificar a valores tan bajos como el 2% de la presión de tarado.
- Se pueden especificar para acción modulante, es decir, abrir sólo en proporción a la necesidad de alivio. De esta forma reduce el problema en la unidad de proceso y la cantidad de producto perdido hacia la antorcha de quemado cada vez que ocurra una ligera sobrepresión. Una válvula de acción modulante tiene un valor del escape igual a cero. Está diseñada para cerrar de nuevo a su presión de tarado.
- Su coste puede ser menor que las válvulas de resorte por acción directa a partir de un tamaño superior a 3”.

Algunos de los inconvenientes son:

- El inconveniente principal es que la válvula piloto sólo funciona satisfactoriamente en un servicio limpio, tal como con agua y vapor de agua. Los conductos estrechos de la válvula piloto están sujetos a obturaciones en servicio sucio o cuando ocurran solidificaciones o precipitaciones en la descarga.
- Necesitan características de diseño no relacionadas generalmente con las válvulas de resorte de acción directa, tales como un filtro en el conducto sensor si el servicio es sucio y una válvula de retención si la válvula descarga a un sistema colector en una antorcha de quemado.
- Tienen límites de temperatura más restrictivos que las válvulas de resorte de acción directa.

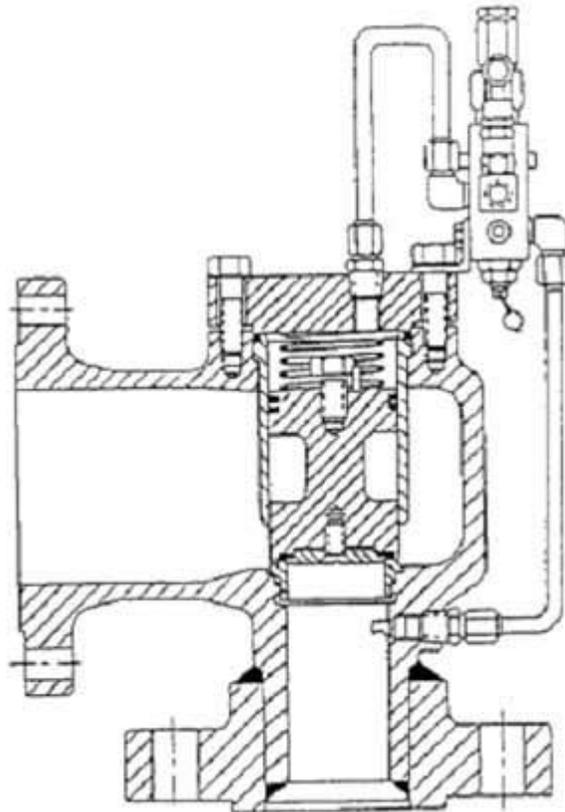
- La tecnología es más complicada y se necesita un mejor conocimiento para especificarlas e instalarlas correctamente.
- La selección de los metales de fabricación es más restrictiva.
- Son más caras que las válvulas de resorte de acción directa cuando son de tamaño inferior a 3”.

Se puede aumentar la fiabilidad y la posibilidad de verificación mediante la duplicación de estas válvulas, pero aún así no se puede garantizar la fiabilidad si la presión sobre la válvula está proporcionada totalmente por el fluido. Para mejorar esta situación se utiliza la válvula descrita a continuación.

Válvula de seguridad asistida por piloto. (Ver figura 21). Es una válvula de seguridad accionada por el movimiento de una válvula piloto en la que la presión de cierre de la válvula principal está proporcionada por una combinación de la presión del fluido y un resorte helicoidal. En una disposición típica el resorte contribuye en un 75% de la fuerza total y el resto lo proporciona la propia presión del recipiente protegido a través de la válvula piloto. Si la válvula piloto falla en su apertura, la válvula de seguridad asistida por piloto, todavía funcionará como válvula de seguridad de presión directa, (como en la figura 18), aunque a una presión de alivio superior. Cuando se excede la presión de tarado se dispara la válvula piloto que ventea la presión complementaria que mantenía el disco de la válvula principal en posición de cierre, con lo cual ésta se abre.

La válvula de seguridad asistida por piloto también permanecerá cerrada en situación de vacío (presión inferior a la atmosférica) por la fuerza ejercida por el resorte, al contrario de lo que sucedería en la válvula de seguridad accionada por piloto (figura 20) la cual quedaría abierta, como se puede ver al hacer la composición de fuerzas y especialmente por el efecto de la presión atmosférica o contrapresión al actuar sobre dos superficies contrapuestas de distinta área (superficie inferior del disco de área mayor y superficie superior del disco de área menor), dando lugar a una fuerza ejercida hacia arriba mayor que hacia abajo y por lo tanto levantando (abriendo) la válvula principal de su asiento.

**Figura 21. Válvula de seguridad asistida por piloto**

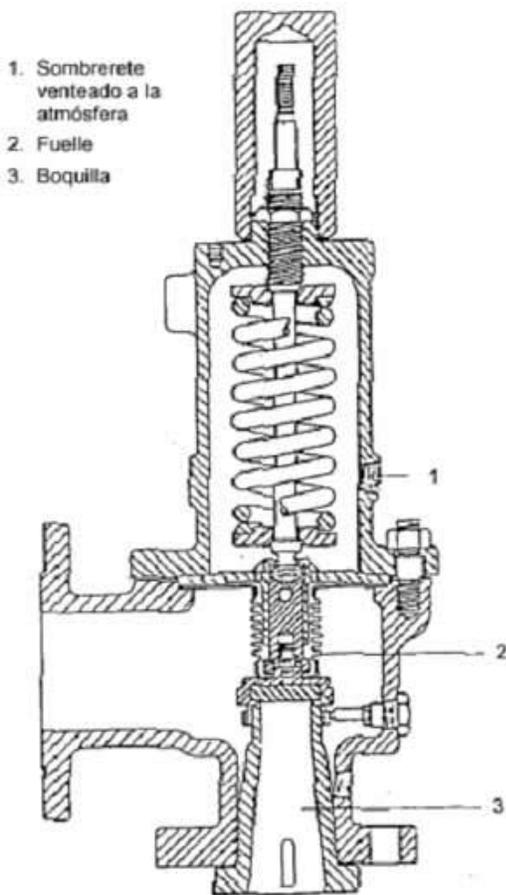


Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

## Válvulas de seguridad equilibradas

Son aquellas en las que se consigue equilibrar el efecto de la contrapresión mediante un fuelle o pistón según se describe en los siguientes tipos:

**Figura 22. Válvula de seguridad equilibrada de fuelle**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

Válvula de seguridad equilibrada o compensada de fuelle. (Ver figura 22). Este tipo de válvula incorpora un cierre con fuelle lo cual evita que la descarga de fluido entre en el espacio del sombrerete. El fuelle tiene un área efectiva igual al área del asiento de la válvula por lo cual el efecto de la contrapresión sobre la presión de tarado queda eliminado. Están diseñadas para que se igualen las fuerzas ocasionadas por la contrapresión a ambos lados del disco de cierre de la válvula. El equilibrio de fuerzas se puede ver esquemáticamente en la figura 24, adoptando la simbología anterior y siendo:

$A_B = \text{Área del fuelle}$

Estableciendo el equilibrio de fuerzas

$$P_1 A_N + P_2 (A_D - A_N) = F_S + P_2 (A_D - A_B)$$

Como  $A_B = A_N$  se tiene

$$P_1 A_N = F_S \quad P_1 = F_S / A_N$$

La contrapresión  $P_2$  no influye en la presión de disparo  $P_1$ .

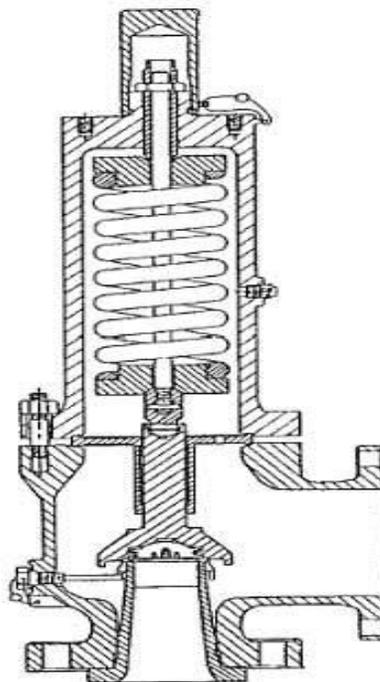
El sombrerete tiene un orificio en comunicación con la atmósfera, el cual no debe taponarse ya que en ese caso alteraría la presión de tarado, debido al aumento de la presión en el interior del sombrerete durante la ascensión del vástago, por lo cual la válvula no funcionaría como válvula de seguridad equilibrada. El fuelle también tiene un venteo para no acumular presión en su interior.

Estas válvulas se recomiendan para servicio con productos corrosivos, que lleven suciedad o que den lugar a incrustaciones.

En el caso de fallo o avería del fuelle, el fluido puede entrar en el espacio del sombrerete y escapar por el orificio de venteo. Es esencial que se detecte cualquier escape a través del orificio del sombrerete ya que afectaría a la presión de tarado de la válvula. Si no se puede aceptar tal fallo, en especial si es súbito, se debe utilizar una válvula de seguridad equilibrada de pistón o de fuelle con pistón auxiliar.

Válvula de seguridad equilibrada o compensada de pistón. (Ver figura 23). Es una válvula de seguridad que incorpora un pistón entre el disco de la válvula y el resorte.

**Figura 23. Válvula de seguridad equilibrada de pistón**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

El pistón tiene un área efectiva igual al área del asiento de la válvula de forma que queda eliminado el efecto de la contrapresión sobre la presión de tarado de la misma manera que en la válvula anterior. El equilibrio de fuerzas (Ver figura 24) daría:

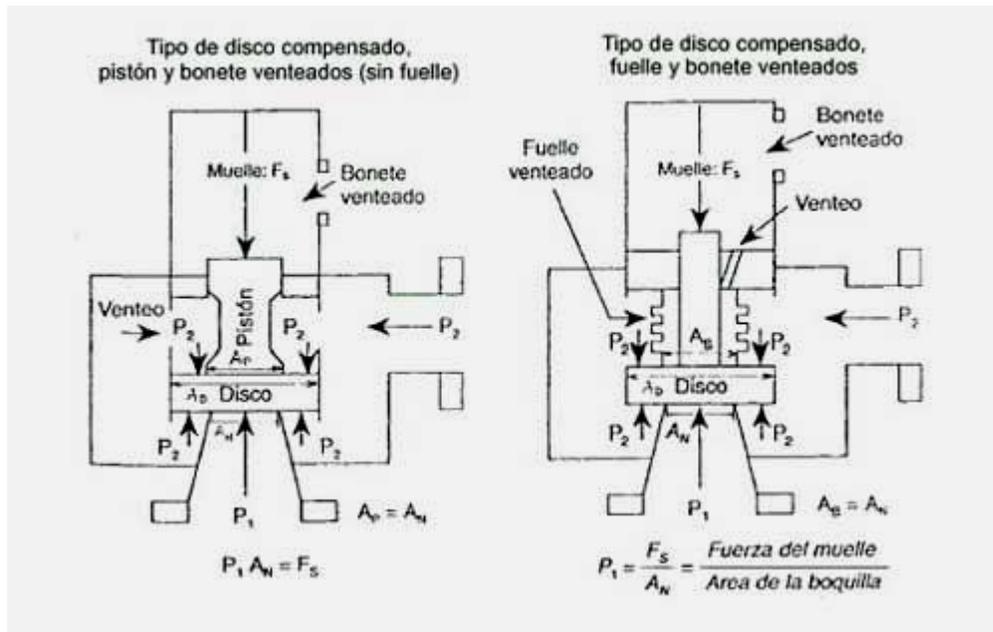
$$P_1 A_N + P_2 (A_D - A_N) = F_S + P_2 (A_D - A_P)$$

Siendo  $A_P = \text{Área del pistón}$ ; como  $A_P = A_N$  se tiene

$$P_1 A_N = F_S \quad P_1 = F_S / A_N$$

Igual que en la válvula compensada de fuelle la presión de disparo  $P_1$  no depende de la contrapresión  $P_2$  o dicho de otra forma, la fuerza de apertura (presión de disparo x área de la superficie de contacto del disco con el recipiente) es igual a la fuerza del resorte y sin dependencia de la contrapresión  $P_2$ .

**Figura 24. Efecto de la contrapresión sobre la presión de disparo para válvulas de seguridad compensadas**



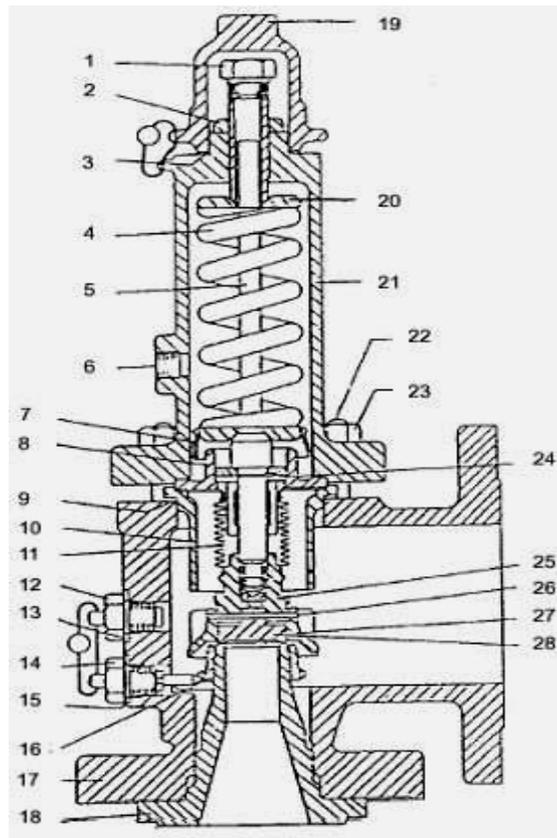
Fuente: Estructurplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

Estas válvulas tienen las siguientes características:

- La cara superior del pistón tiene igual área que el asiento de la boquilla (superficie de contacto con el fluido del recipiente).
- La guía del pistón está venteadada de forma que se equilibran las contrapresiones en las caras opuestas del disco.
- El sombrerete debe estar venteadado a un lugar seguro a presión atmosférica para operar con productos peligrosos, ya que con este tipo de válvula es inevitable un flujo reducido continuo que pasa desde el pistón al sombrerete.

Válvula de seguridad equilibrada o compensada de fuelle con pistón auxiliar. (Ver figura 25). Esta válvula incorpora un pistón auxiliar que tiene un área efectiva igual a la del asiento de la propia válvula. En caso de fallo del fuelle la válvula funcionaria como una válvula de seguridad equilibrada de pistón, evitando así el inconveniente indicado en las válvulas de seguridad equilibradas de fuelle que se ven afectadas por un escape de fluido al interior del sombrerete. El sombrerete también debe ser venteado a un lugar seguro.

**Figura 25. Válvula de seguridad compensada de fuelle con pistón auxiliar**



Fuente: Estructplan on line, **Máquinas, equipos y herramientas de trabajo, válvulas de seguridad: selección.** Parte 2.

1. Tornillo de ajuste
2. Tuerca de bloqueo del tornillo de ajuste
3. Junta de la caperuza
4. Resorte
5. Vástago
6. El sombrerete debe estar venteado a la atmósfera
7. Guardapolvo
8. Guía del vástago
9. Junta protectora
10. Protector del fuelle
11. Fuelle
12. Tapón
13. Junta del tapón
14. Tornillo de ajuste del anillo de la boquilla
15. Junta del tornillo de ajuste
16. Anillo de la boquilla
17. Cuerpo
18. Boquilla
19. Caperuza
20. Arandela
21. Sombrerete
22. Espárrago del sombrerete
23. Tuerca del espárrago del sombrerete
24. Pistón auxiliar equilibrado
25. Soporte del disco
26. Pasador
27. Anillo del disco
28. Separador

### **1.3.2. Definición de mantenimiento**

Mantenimiento: acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación.

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

Entonces, el mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en sistemas, subsistemas, equipos maquinas, etc., para que estos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad esperada, son trabajos de mantenimiento, pues están ejecutados con este fin.

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

#### **1.3.2.1. Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

### **1.3.2.2. Mantenimiento preventivo**

Es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un equipo, instrumento o estructura, con el propósito de que opere a su máxima eficiencia, evitando que se produzcan paradas forzadas o imprevistas. Este sistema requiere un alto grado de conocimiento y una organización muy eficiente. Implica la elaboración de un plan de inspecciones para los distintos equipos de la planta, a través de una buena planificación, programación, control y ejecución de actividades a fin de descubrir y corregir deficiencias que posteriormente puedan ser causa de daños más graves.

### **1.3.2.3. Mantenimiento predictivo**

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en las aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

#### **1.3.2.4. Mantenimiento proactivo**

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar consientes de las actividades que se llevan a acabo para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

#### **1.4. Información general de mantenimiento preventivo.**

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.

Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos. Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

#### Desventaja del mantenimiento preventivo

- El mantenimiento preventivo tradicional, basado en tiempo de operación (hrs., ciclos, RPM's, etc.) y el cuál es la base de los programas de mantenimiento de casi la mayoría de las plantas tiene la gran desventaja de que únicamente es aplicable a aproximadamente el 11% del total de modos de falla que se presentan en la maquinaria de la industria actual y que tienen una edad de envejecimiento predecible. El 89% de los modos de falla restantes no tienen una edad predecible y por lo tanto no funciona el aplicar tareas de mantenimiento preventivo para prevenir fallas en operación.

#### Ventajas del mantenimiento preventivo

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.

- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

#### Fases del mantenimiento preventivo

- Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente,
- Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar

## **1.5 Información general sobre la seguridad industrial en Guatemala**

La Seguridad Industrial en Guatemala, se ha ido desarrollando desde hace algunos años, pero ha sido en los últimos tiempos en donde ha alcanzado mayores niveles de desarrollo en cuanto a programas establecidos en la industria.

A nivel general, en nuestro medio no ha trascendido el desarrollo de programas que ayuden a controlar los riesgos de las actividades productivas en cualquier campo, como ha ocurrido en países del continente tales como Estados Unidos, México, y en el resto de Centro y Sudamérica, tal es el caso de Costa Rica, quienes en legislación y desarrollo de esta práctica nos llevan una gran diferencia.

En el desarrollo de este tema, ha surgido la polémica sobre las normas de calidad tan de moda en nuestros tiempos, ya que la imagen de una empresa certificada en normas ISO, es altamente apreciada, lo que provoca que muchas empresas en la industria de nuestro país estén buscando establecer los procedimientos necesarios para implementarlas.

Sobre la implementación de la calidad para programas de Seguridad industrial existe una gran polémica, debido a que la norma OSHAS 18001 o ISO 18000 que contienen directrices de la OIT, no han sido aprobadas para su aplicación y posterior certificación en cuanto a su gestión, unos no coinciden en cuanto a la imposición generalizada de una especificación técnica sobre la gestión de la seguridad y salud ocupacional con carácter de reconocido prestigio internacional y por la posibilidad de certificación por tercera parte, que en el mercado para la gestión de otras normas de calidad quedó resuelto el conflicto al otorgar sellos que les garantiza la gestión. Además de no estar de acuerdo en certificar y garantizar la seguridad y la salud de los empleados como si fuese la excelencia de un producto. Otros argumentos que tienen los detractores de la aplicación de las normas OSHAS 18001, son la poca flexibilidad que ofrecen y la diferencia en la legislación de cada país lo que provoca limitantes según ellos hasta en tratados de libre comercio, por estas diferencias.

Por otro lado es obvio que la implantación generalizada de una norma de estas características facilita la prevención de riesgos laborales en las empresas que operan en distintos ámbitos geográficos del mundo entre distintas empresas implicadas entre sí en cuestiones de trabajo y la integración del sistema de prevención de riesgos laborales con los ya certificados o implantados de calidad ISO 9001 y medio ambiente ISO 14001. Respecto a la integración, conviene recordar que con una sola norma de sistemas internos para la prevención y medio ambiente, se reducirían bastas costos a las empresas.

Lógicamente, tanto quienes están a favor de la norma ISO 18000, como quienes están en contra coinciden que en primer lugar y en cualquier caso, es importante y necesario cumplir la extensa legislación aplicable, aunque argumentan que en muchos casos, como sucede en la Unión Europea, la legislación de riesgos laborales supone de hecho la exigencia de implementar un sistema de gestión al respecto por lo que no consideran necesario implantar una norma y mucho menos certificarla.

Si se considerara el aplicar dichas normas se tendrían que considerar algunos puntos para hacer el esfuerzo en el avance de lo que es la seguridad y salud, algunas preguntas importantes podrían ser:

¿Posee la organización procedimientos, prácticas, métodos o políticas documentadas para cada área, actividad o sector (en las premisas)?

¿Se auditan las áreas y se evalúa el desempeño?

Como ayuda a estas preguntas y en el avance en materia de seguridad y salud, se debe considerar (Código de Trabajo; 2005):

1. La participación del liderato de la organización
2. Identificar y definir expectativas
3. Identificación de objetivos y tomar acción
4. Comunicación
5. Participación
6. Definir responsabilidad
7. Desempeño
8. Efectividad de Prácticas y Métodos
9. Investigación y análisis (acción correctiva)
10. Capacitación y formación
11. Planificación contemplando seguridad y salud.

Estos puntos anteriores conducen a, bajo esquemas nacionales asistiendo en la implantación y avance de sistemas para reducir riesgos mediante seguridad y salud, considerar como mínimo:

- La participación por parte de los diversos niveles de infraestructura en la organización.
- Análisis de áreas, actividades y procesos
- Análisis de historial de accidentes y situaciones
- Control para prevención de errores
- Respuesta ante emergencias
- Capacitación y formación

Desarrollando un esquema de calificación en que tan efectiva es su organización en cada uno de estos aspectos, cada empresa puede conocer la situación en la que se catalogue y lanzarse a la búsqueda de la mejora en la seguridad y salud.

Además, se conocen algunos factores y causas que bajo análisis como el anterior han surgido como factores y causas de riesgo en las distintas organizaciones, estos son los siguientes (Gestión de Prevención de Riesgos):

1. El 33% premisa y equipo
2. El 22% falta de reconocimiento del riesgo
3. El 17% desacuerdos en prácticas de seguridad
4. El 9% cultura empresarial
5. El 7% por razón de preferencia, personal
6. El 12% otros variados

Estos datos contribuyen a establecer en parte la situación en la que se encuentra cada empresa, pero se ha tenido la creencia que el punto cinco que se refiere a personal, es la causa de la mayor cantidad de accidentes ocupacionales, pero se deja a un lado el factor de capacitación sobre los riesgos y las medidas para evitarlos que se le deben dar a ese personal para que dicho factor se reduzca, ya que muchas veces es por desconocimiento de las reglas o normas de la empresa por parte de su personal es que suceden este tipo de actos inseguros.

Un ejemplo típico es el de un pasamano para bajar escaleras, está presente por razón de seguridad, la persona puede elegir o no asegurarse al pasamano para transitar por la escalera, el acto de no asegurar con apoyo de la mano la subida o bajada, de acuerdo a las circunstancias; puede propiciar un acto de violación a las normas de seguridad. Estas circunstancias (o en algunos casos sin excepción) los define la empresa y lo integra dentro de su cultura de empresa, mediante la capacitación sobre las normas que cada quién debe seguir dentro de sus instalaciones.

Actualmente, en Guatemala el tema sobre seguridad industrial y salud ocupacional ha ido creciendo, incrementando la demanda en programas de capacitación y asesorías para establecerlos dentro de las empresas. El INTECAP, cuya principal actividad radica en la capacitación, es uno de los entes que ha dado el apoyo en cuanto a capacitaciones y asistencias técnicas sobre este tema. En los últimos tres años se ha observado el incremento en la demanda de dicho apoyo en todas las áreas pero en la de seguridad industrial ha tenido un crecimiento importante; lo que implica el aumento de interés por trabajar un tema que no ha sido muy desarrollado en nuestro país.

En cuanto al aspecto legal, el Código de Trabajo, exige aspectos mínimos a cubrir como parte del programa de seguridad industrial, para ello ha elaborado folletos informativos sobre la estructura básica que debe existir para implementar un programa y los aspectos que éste debe de llenar. El IGSS, es otra entidad que se ha enfocado a exigir a las empresas requisitos mínimos sobre el asunto y se ha enfocado más a capacitaciones que no siempre tratan sobre la seguridad industrial sino más a política salarial.

El Ministerio de Trabajo cuenta con un departamento que se encarga de estos asuntos, incluso cuenta con personal para orientar y proporcionar información, pero aún dista de la estructura que se requiere para desarrollar la seguridad industrial como en otros países.

### **1.5.1. Conceptos generales de señalización de seguridad**

En la señalización se destacan las acciones preventivas, particularmente aquellas que informan y advierten respecto a la posibilidad de un riesgo.

Uno de los propósitos es el de minimizar el riesgo a que están expuestos los trabajadores de la industria "ANTES, DURANTE y DESPUÉS" de presentarse cualquier situación de emergencia; garantizándose su seguridad a través de la implementación de medidas preventivas como lo es una señalización básica para localizar y detectar áreas seguras y la estandarización de señales y avisos de seguridad que se aplican para la protección, con el fin de que cualquier persona las pueda identificar correctamente y éstas cumplir la función para lo cual fueron creadas.

## Propósito fundamental

Lograr una estandarización y uniformidad de la señalización, que permita a las personas, mayor familiaridad con los símbolos representativos de seguridad, con base a las normativas internacionales existentes y así fomentar la cultura en prevención de accidentes.

## Campo de aplicación

Estas normas se aplicarán en todo tipo de industria, en los lugares públicos o privados, de acuerdo a las características y condiciones del lugar y donde exista concentración de personas.

## Definiciones

Para efectos de su aplicación se dan las siguientes definiciones

Aviso: relación existente entre señal y texto para recordar y advertir a las personas, las instrucciones que debe acatar para ejecutar acciones determinadas.

Color de seguridad: es aquél al que se le atribuye cierto significado y que se utiliza con la tonalidad de transmitir información, indicar la presencia de un peligro o una obligación a cumplir.

Color contraste: es aquél que se utiliza para resaltar el color básico de seguridad.

Amenaza: factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un fenómeno de origen natural o provocado por el ser humano, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo de exposición determinado.

Vulnerabilidad: es un factor interno de riesgo de un sistema (sujeto y objeto) expuesto a una amenaza, correspondiente a su disposición intrínseca a ser afectado.

Riesgo: es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias sociales, económicas y ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado.

Prevención: conjunto de medidas destinadas el evitar el impacto destructivo de los fenómenos de origen natural o provocado sobre las personas o sus bienes, así como al medio ambiente.

Se define también como toda acción anticipada a un fenómeno o evento destructivo que modifica las causas que lo producen.

Mitigación: conjunto de actividades que reducen los efectos de un desastre y/o probabilidad de que éstos ocurran, minimizando por lo tanto el impacto de los mismos.

Preparación: conjunto de medidas para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y bienes, organizando oportuna y eficazmente las acciones de respuesta y rehabilitación.

Alerta: vigilancia de la evolución de un fenómeno o evento con el fin de tomar precauciones específicas, debido a su probable y cercana ocurrencia.

Señal: tablero fijo en forma geométrica en el que se combina uno o más colores y un símbolo, tiene como objetivo informar, prevenir, prohibir u obligar sobre un aspecto determinado. Cualquier señal exige la ocurrencia de tres requisitos fundamentales: llamar la atención, transmitir un mensaje claro y ubicarle en el lugar adecuado.

Símbolo: es una imagen simple en forma gráfica y de fácil interpretación.

Clasificación: la clasificación de las señales se basa en el significado siguiente:

Señales informativas: son las que se utilizan para guiar al usuario y proporcionar ciertas recomendaciones que se deben observar.

Señales preventivas: son los que tienen por objeto advertir al usuario de la existencia y naturaleza de un riesgo.

Señales prohibitivas o restrictivas: son las que tienen por objeto indicar las acciones que no se deben ejecutar.

Señales de obligación: son las que se utilizan para imponer la ejecución de una acción determinada a partir del lugar en donde se encuentra la señal y el momento de visualizarlo.

## Consideraciones

Para que las señales y avisos sean entendibles y perseveren su función de información, prevención, prohibición, obligación, y se mantenga la uniformidad en la simbología, se debe tomar en cuenta:

- Entendibles para cualquier persona
- Evitar el uso de textos extensos
- Evitar el exceso de señales
- Realizar permanentemente simulaciones y simulacros

## Tipos de señalización

### 1. Señalización óptica

Sistema basado en la apreciación de las formas y colores por medio del sentido de la vista, como puede observarse en la figura 26.

Figura 26. Señalización óptica

## COLORES DE SEGURIDAD

COLOR	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
<b>Rojo</b>	Señal de prohibido	Comportamiento peligroso
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipo de lucha contra incendios	Identificación y localización.
Amarillo o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación.
<b>Azul</b>	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica.
		Obligación de utilizar un equipo de protección visual.
<b>Verde</b>	Señal de salvamento o auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o socorro, locales.
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

## COLORES DE CONTRASTE

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTE
<b>Rojo</b>	<b>Blanco</b>
Amarillo o amarillo anaranjado	Negro
<b>Azul</b>	<b>Blanco</b>
Verde	Blanco

Fuente: Coepa, *Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad*, pág.9

## Señales en forma de panel

### Características

- Pictogramas sencillos y de fácil comprensión.
- Señales resistentes de forma que aguanten golpes, inclemencias del tiempo y agresiones medioambientales.
- Las señales garantizarán buena visibilidad y comprensión.

### Requisitos

- Altura y posición adecuada en relación al ángulo visual.
- Lugares de emplazamiento iluminado y fácilmente visible.
- Se deben retirar cuando desaparezca el riesgo.
- Evitar emplear varias señales próximas.

Señales de advertencia (figura 27)

- Forma triangular.
- Pictograma negro sobre fondo amarillo, bordes negros.

**Figura 27. Señales de advertencia**



Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.10

Señales de prohibición (figura 28)

- Forma redonda.
- Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda rojos.

**Figura 28. Señales de prohibición**



Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.11

## Señales de obligación (figura 29)

- Forma redonda.
- Pictograma blanco sobre fondo azul.

**Figura 29. Señales de obligación**



Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.11

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios (figura 30)

- Forma rectangular o cuadrada
- Pictograma blanco sobre fondo rojo. (El rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal)

**Figura 30. Señales relativas de lucha contra incendios**



Manguera para incendios



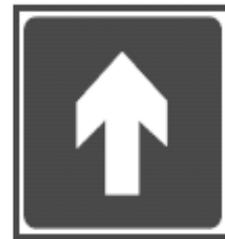
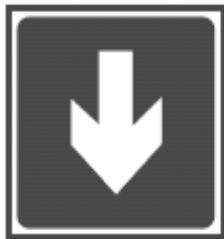
Escalera de mano



Extintor



Teléfono para la lucha contra incendios



Dirección que debe seguirse  
(señal indicativa adicional a las anteriores)

Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.12

## Señales de salvamento o socorro (figura 31)

- Forma rectangular o cuadrada.
- Pictograma blanco sobre fondo verde.

**Figura 31. Señales de salvamento o socorro**



Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.12

## 2. Señalización acústica

Emisión de señales sonoras a través de altavoces, sirenas y timbres que, conformadas a través de un código conocido, informan de un determinado mensaje sin intervención de voz humana.

### Características

- Las señales acústicas permitirán su correcta identificación y clara distinción.
- El nivel sonoro debe ser superior al nivel de ruido ambiental.
- No se empleará una señal acústica cuando el ruido ambiental sea demasiado intenso.
- Será objeto de comprobación inicial y periódica.
- No se deben utilizar dos señales acústicas al mismo tiempo.

## 3. Señalización olfativa

Se basa en la difusión de olores predeterminados que son apreciados por el sentido del olfato.

## Características

- La respuesta dependerá de la sensibilidad individual del trabajador.
- Emitida una determinada cantidad de olor, llegará más o menos pronto en base a las condiciones climatológicas del local.
- **En ocasiones**, la adaptación al sistema oloroso disminuye la eficacia de la señal.

## 4. Señalización táctil

Basado en la distinta sensación que experimentamos cuando tocamos algo con cualquier parte del cuerpo.

Hay otro de señales que se refieren fundamentalmente a instalaciones, sustancias, recipientes, situaciones de emergencia, riesgos de caídas, etc.

## Señalizaciones particulares

- Riesgos, prohibiciones y obligaciones
- Se advierte el riesgo o se recuerda la prohibición u obligación mediante señales en forma de panel

## Riesgo de caídas, choques y golpes

- Panel o color de seguridad o ambos complementariamente

## Vías de circulación

- Franjas continuas de un color visible, preferiblemente blanco y amarillo

## Tuberías y recipientes. Áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos

- Etiquetados
- Pueden ser sustituidos por señales de advertencia
- Identificación mediante señal de advertencia o etiqueta que corresponda

## Equipos de protección contra incendios. Emplazamiento

- Color rojo
- Señal de color rojo o en forma de panel.

## Medios y equipos de salvamento y socorro

- Señales en forma de panel

### Situaciones de emergencia

- Señal luminosa, acústica o comunicación verbal.

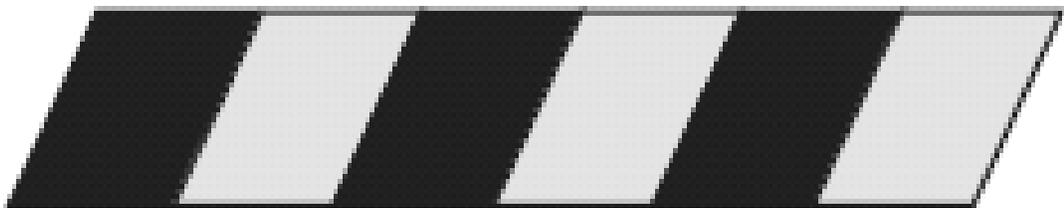
### Maniobras peligrosas

- Señales gestuales o comunicación verbales.

### Marcado de embalajes

- Etiqueta. Señales de orientación de protección

**Figura 32. Señal de color referida al riesgo de caída, choques y golpes**



Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.16

**Figura 33. Señalización de conducciones**

Fluido	Color básico	Estado Fluido	Color complementario	
ACEITES	MARRÓN	Gas-oil	Amarillo	
		De alquitrán	Negro	
		Bencina	Rojo	
		Benzol	Blanco	
ÁCIDO	NARANJA	Concentrado	Rojo	
AIRE	AZUL	Caliente	Blanco	
		Comprimido	Rojo	
		Polvo carbón	Negro	
AGUA	VERDE	Potable	Verde	
		Caliente	Blanco	
		Condensada	Amarillo	
		A presión	Rojo	
		Salada	Naranja	
		Uso industrial	Negro	
		Residual	Negro+negro	
ALQUITRÁN	NEGRO			
BASES	VIOLETA	Concentrado	Rojo	
GAS	AMARILLO	Depurado	Amarillo	
		Bruto	Negro	
		Pobre	Azul	
		Alumbrado	Rojo	
		De agua	Verde	
		De aceite	Marrón	
		Acetileno	Blanco+blanco	
		Ácido carbónico	Negro+negro	
		Oxígeno	Azul+azul	
		Hidrógeno	Rojo+rojo	
Nitrógeno	Verde+verde			
		Amoniaco	Violeta+violeta	
VACÍO	GRIS			
VAPOR	ROJO	De alta	Blanco	
		De escape	Verde	

Fuente: Coepa, **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad**, pág.16

## **2. FASE TÉCNICO-PROFESIONAL**

### **2.1. Desarrollo de la propuesta de mantenimiento preventivo para el equipo utilizado en la generación de vapor**

#### **2.1.1. Mantenimiento preventivo**

##### **2.1.1.1. Caldera**

###### **2.1.1.1.1. Descripción de la situación actual de las calderas**

Las calderas utilizadas en el Hospital Nacional de Chimaltenango son dos Piro-tubulares, una es la *Cleaver Brooks*, su funcionamiento es a base de combustible *Bunker*(aceite pesado núm.6), modelo CB-600-150, con número de serie L-69100 y una presión máxima de 150 psi, esta es la caldera mas utilizada, ya que es la que cubre toda la demanda de vapor que se necesita en el Hospital, pero es lógico pensar que su capacidad y rendimiento ha disminuido a través del tiempo, como ejemplo podemos mencionar a equipos auxiliares en mal estado como el manómetro de la presión del vapor(calentador), el termómetro de la chimenea, unas trampas de vapor no funcionan, algunas válvulas están deterioradas y el material refractario en malas condiciones.

La otra caldera es una *York Shipley*, su funcionamiento es a base de combustible diesel, modelo 974-312, con una presión máxima de 100 psi, la anterior mencionada se usa solo en caso de que el combustible *Bunker* se halla agotado, o que este en mantenimiento la caldera *Cleaver Brooks*, ya que ésta no cubre toda la demanda de vapor en el Hospital, esta caldera es relativamente sencilla y es de dimensiones mucho menores que la *Cleaver Brooks*, la caldera *York Shipley* tiene el problema de que la mezcla *V-Block*, las tejas del deflector, el refractario moldeable Furnas-Crete, la empaquetadura, el cemento aislante y las cuerdas de asbesto están un poco dañadas y es evidente este daño en la parte trasera.

#### **2.1.1.1.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

A las calderas *Cleaver Brooks* y *York Shipley* se les da un mantenimiento general anual, y este mantenimiento está a cargo de una empresa especializada en esa rama. El departamento de mantenimiento del Hospital, no cuenta con un plan de mantenimiento para calderas. Y si se produce una falla en alguno de los componentes, dichos técnicos lo tratan de arreglar o de cambiar si esta a su alcance.

- Descripción

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento anual está a cargo de una empresa especializada en esta rama y la contrata el Hospital, el procedimiento a realizar de estos técnicos subcontratados es primero dar un diagnóstico general de las calderas, prueban todas las válvulas, observan manómetros, calibran el quemador en conjunto con el control de aceite, revisan la columna de agua de los *McDonnell & Miller*, la bomba de abastecimiento de combustible, la bomba de abastecimiento de agua y el tablero de control, esto es con la caldera funcionando.

Después de dicho diagnóstico, aproximadamente a las 24 horas, ya cuando la caldera esta totalmente fría y sin energía eléctrica, purgan la caldera, abren la parte delantera y trasera de la misma y quitan las tortugas, ahora es cuando proceden a limpiar el hogar, quitando todo el hollín y materias incombustibles que se encuentran allí, si esta muy dañado el material refractario del hogar proceden a cambiarlo, también limpian los tubos de fuego conocidos también como tubos de humo con una varilla larga y en un extremo un cepillo de alambre, luego a la cámara de agua le agregan 30 galones de desincrustante para prevenir, desprender o disolver la formación de incrustaciones en la superficie de los tubos de fuego, también sirve para agregarle una capa protectora a todos los tubos, a las 24 horas ya que el desincrustante ha disuelto todas las incrustaciones y se ha adherido en los tubos de fuego, lavan la cámara con agua a presión para eliminar el desincrustante y todos los residuos que se han desprendido.

Posteriormente agregan 30 galones de neutralizante para eliminar y controlar los efectos secundarios del desincrustante que se puedan llegar a dar en el vapor cuando la caldera se ponga a funcionar, después de esto ya instalan todas las tortugas cambiándoles el sello.

En seguida, proceden a cambiar todo el asbesto de la puerta trasera, cambian el cemento aislante, las tejas del deflector, el refractario moldeable Furnas-Crete, la mezcla *V-Block* y la empaquetadura, ahora ya cierran la puerta trasera, apretando los pernos uniformemente para evitar que la puerta se desequilibre o que daños ocurran en la empaquetadura nueva, ahora lo que hacen en la puerta interior delantera es verificar si el deflector esta en buen estado.

Si notan que esta dañado, le agregan una capa uniforme de *Mezcla V-Block*, después de esto ya proceden a cerrar la puerta interior delantera en conjunto con el cabezal delantero, teniendo mucho cuidado de apretar los pernos uniformemente.

Después de lo anteriormente dicho, limpian los controles de nivel de agua, comúnmente llamados *McDonnell & Miller*, desmontan la parte del flotador para limpiarle todo el sarro o depósitos que puedan provocar que el guarda nivel (flote), quede trabado y emita una señal errónea, cambian el tubo de nivel y se aseguran de que las tuercas que lo sostienen queden bien ajustadas para que no hayan fugas.

Ya en la fase final del mantenimiento desmontan todo el quemador, desarmen el conjunto del inyector y lo limpian con un paño limpio y fino empapado de diesel, teniendo el cuidado de no dejar ningún tipo de obstrucción, revisan el electrodo que no este rajado y/o quebrado, si es así lo cambian, ya por ultimo arman todo el conjunto del quemador y lo montan en la caldera.

El último paso es pintar la caldera con un tipo de pintura especial que soporte altas temperaturas, y finalmente arrancan la caldera para verificar que todo esta bien.

#### **2.1.1.1.3. Propuesta de mantenimiento para las calderas**

- Recomendaciones para el mantenimiento de caldera de vapor mantenimiento diario. Por el operador de la caldera
1. Revisar el quemador a través del ojo de vidrio, situado en la parte trasera de la caldera, y ver si este esta encendido, revise cuidadosamente las líneas de combustible a efecto de corregir cualquier fuga que pudiese existir.

2. Comprobar el nivel de lubricantes para el compresor en el tanque aire-aceite. Debe de estar a 1/2 de nivel, esto es, dentro del tercio medio y si está más bajo, ponerlo a nivel.
  3. Se recomienda consultar a su experto en tratamiento de aguas, sobre las purgas de fondo y las columnas de control de nivel, y es muy importante que siga sus instrucciones así como también colocar las instrucciones sobre purgas de fondo y control de nivel. Lea y siga las instrucciones de la placa de advertencia que aparece a un costado de la caldera.
  4. 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.
  5. Comprobar si la presión de aire de atomización es la correcta.
  6. Comprobar y registrar la temperatura de los gases de la chimenea.
  7. Tomar análisis de gases de combustión y registrar en bitácora.
- Mantenimiento cada tercer día. Por el operador de la caldera
1. Comprobar que la trampa del calentador de vapor opera correctamente.
  2. Limpiar los filtros de combustible que están en la succión de la bomba.

- Mantenimiento cada ocho días. 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 la tensión de la banda al compresor.
  3. Limpiar el filtro de lubricante, que está pegado al compresor.
  4. Lavar los filtros, tanto el de entrada a la bomba como el de entrada de agua al tanque de condensados.
  5. Limpiar el electrodo del piloto de gas.
  6. Comprobar que los interruptores termostáticos del calentador de combustible operen a la temperatura a que fueron calibrados al hacer la puesta en marcha.
  7. Inspeccione los prensa estopas de la bomba de alimentación de agua.
- Mantenimiento quincenal. Por el operador de la caldera
1. Hacer limpieza de todos los filtros de agua, aceite combustible y aceite lubricante.
  2. Probar la operación por falla de flama.

3. Revisión a las condiciones del quemador, presión, temperatura, etc.
4. Revisar 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 foto celda está limpia, así como el tubo en donde se encuentra colocada.

- Mantenimiento mensual. Por el operador de la caldera

1. Comprobar que los niveles del agua son los indicados: 58 mm (2 1/4") de nivel máximo. 45 mm (1 3/4") arranque de la bomba. 32 mm (1 1/4") 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 32 mm (1 1/4") 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 de un correcto funcionamiento del flotador y que la columna este exenta de lodos o acumulaciones.
3. Comprobar el voltaje y cargas que toman los motores.
4. Limpieza general de quemador, inyector y electrodo.

- 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 80°C por arriba de la temperatura del vapor saturado 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. Llame al técnico en tratamiento de agua.
  3. Cada vez que se desholline es conveniente para la mejor conservación del refractario, agregarle una capa fina con mortero refractario, tanto a la tapa trasera como al refractario del hogar. Cambie los empaques.
  
- Mantenimiento de caldera semestral
  1. Comprobar el nivel de aceite del reductor de velocidad de la bomba de combustible.
  2. Revisar los empaques del prensa-estopa de la bomba de alimentación de agua. En caso de encontrarse secos, cámbiense por nuevos.
  3. Efectúe limpieza general a los contactos del programador de flama y los arrancadores con un trozo de paño limpio, humedecido con tetracloruro de carbono.

4. 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.
5. Inspeccione los tubos *fluxes* por el lado del hollín y límpiense de ser necesario.
6. Inspeccione el material refractario del horno y la puerta trasera.
7. 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.
8. Revise sus bandas de transmisión, de la tensión apropiada.
9. 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 las mismas en la caldera.

10. Comprobar la limpieza de las columnas de control y de las entradas del agua de la bomba de alimentación y el inyector.

11. Comprobar y lavar los presostatos, toda la línea de los mismos y la línea del manómetro.

- Mantenimiento de caldera anual

1. Limpiar el calentador eléctrico y el calentador de vapor para combustible, así como 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. Re engrasar los cojinetes de la bomba de agua y de combustible.

4. Re lubricar los cojinetes sellados de las transmisiones ó motores que tengan este tipo de cojinetes. Repónganse los sellos cuidadosamente, reemplácense los cojinetes defectuosos ó los que se tenga duda.
  
5. Vacíe y lave con algún solvente apropiado el tanque aire-aceite, así como todas las tuberías de aire y aceite que de él salgan, procurando que al reponerlas, queden debidamente apretadas.
  
6. Cámbiese el lubricante por aceite nuevo SAE 10.

## **2.1.1.2. Quemador**

### **2.1.1.2.1. Descripción de la situación actual de los quemadores**

Los quemadores de ambas calderas se encuentran en buen estado, funcionan adecuadamente y no presentan daño alguno.

### **2.1.1.2.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

El mantenimiento del quemador de la caldera *Cleaver Brooks* es mensual, ya que es el de la caldera que se usa diariamente y esta a cargo de los técnicos del Hospital. En el caso del quemador de la caldera *York Shipley* el mantenimiento es anual ya que es la que solo usan en caso de emergencia y esta a cargo de la empresa que contrata el Hospital.

- Descripción

Para darle mantenimiento al quemador, la caldera tiene que estar apagada y sin energía eléctrica. Primero lo desmontan, desenroscan la boquilla del inyector y está la limpian con una brochita y diesel, revisan si esta en buen estado el electrodo y si no lo esta, lo cambian por uno nuevo, posteriormente arman la boquilla del inyector y ya colocan el quemador en la caldera.

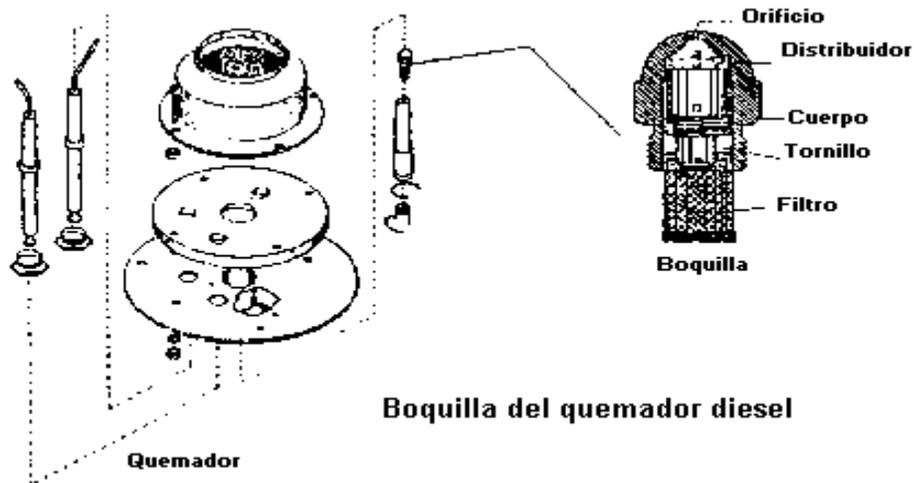
#### **2.1.1.2.3. Propuesta de mantenimiento para quemadores**

La frecuencia del mantenimiento de los quemadores diesel y bunker es mensual, a continuación se presenta el procedimiento a seguir.

##### **2.1.1.2.3.1. Mantenimiento del quemador de diesel**

1. Desconecte la tubería del combustible. Quite los cables y mariposas que sujetan al quemador.
2. Desármelo, limpie y raspe todo el carbón depositado en el quemador y electrodos (figura 34). Saque sólo las boquillas (sólo calderas de diesel), desármelos y límpielos con gasolina o solvente.

**Figura 34. Quemador y boquilla diesel**



Fuente: Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del estado de México, **Guía técnica de operación y mantenimiento de generadores de vapor**, pág. 10.

3. Revisar que el orificio de la boquilla no tenga basura que lo obstruya; de ser así, destaparlo con aire o lavar las boquillas con algún solvente. No use instrumentos cortantes para limpiar las boquillas, una leve ralladura puede afectar la atomización del combustible.
4. Por precaución se recomienda quitar las boquillas de una en una para que no se pierda el orden de colocación, ya que dependiendo del modelo de caldera que se tenga, las boquillas de fuego alto son diferentes a las de fuego bajo.
5. Verifique que la mezcla de aire y combustible es la adecuada, observando los porcentajes de bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) de los gases de combustión. Utilice para el efecto un aparato *Orsat* o una de sus variantes.

El porcentaje de oxígeno deberá variar de 1 a 4%; el monóxido de carbono no deberá existir y el porcentaje de bióxido de carbono se da en la tabla VII:

**Tabla VII. Porcentaje de bióxido de carbono**

Grado	Gas Natural	Aceite No. 2	Aceite No.6
			<i>Petróleo chapopote</i> <i>pesado</i>
Excelente	10.0	12.8	13.8
Bueno	9.0	11.5	13.0
Regular	8.5	10.0	12.5
Pobre	8.0 o menos	9.0 o menos	2.0 o menos

Fuente: Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del estado de México, **Guía técnica de operación y mantenimiento de generadores de vapor**, pág. 11.

#### **2.1.1.2.3.2. Mantenimiento del quemador de aceite pesado número 6 (*bunker*)**

El quemador debe ser inspeccionado a ver si han ocurrido daños debidos a una combustión mal ajustada. La disposición del inyector de aceite en relación con el difusor y los otros componentes es bien importante al fogeo acertado y se debe examinar también.

El sello entre la cubierta del quemador y el recubrimiento del refractario es extremadamente importante. Debe inspeccionarse periódicamente y hacerse las reparaciones que sean necesarias.

#### Coladores de aceite

Los coladores de aceite se deben limpiar con frecuencia para mantener un flujo de combustible que sea tan libre como pleno.

#### Colador de aceite pesado

Mantenga el cartucho del colador libre, mediante una vuelta completa en cualquier dirección al mango exterior. Haga esto frecuentemente hasta que aprenda por experiencia la frecuencia necesaria para mantener las condiciones óptimas del flujo.

Si el mango está duro de maniobra debido a descuido ocasional, hágalo girar de un lado al otro hasta que se pueda girar por una vuelta completa. No lo fuerce con una llave u otro instrumento.

Desaloje el colador de cualquier impureza siempre que la experiencia lo muestre necesario.

Quite el colador o el conjunto de la cabeza y cartucho para una limpieza completa y una inspección efectuada a frecuentes intervalos. Tenga cuidado de no causar daños a los discos del cartucho o a las palas limpiadoras. Lave el cartucho en solventes pero no trate de desarmarlo.

#### Tratamiento de aceite combustible

Las condiciones y la calidad del aceite entregado al quemador pueden variar a tal punto y a tal grado que el uso de aditivos en el combustible sea aconsejable para obtener la combustión apropiada y ayudar en el bombeo de aceite. Los tanques de almacenaje del aceite deben ser examinados periódicamente y limpiados de todo depósito de cieno.

#### Limpieza del inyector de aceite

La eficiente operación del equipo de foguero a aceite depende de lo limpio que se mantenga el conjunto del inyector. Aunque el inyector es purgado de aceite después de cada parada, debe ser quitado periódicamente del quemador, desarmado y limpiado totalmente.

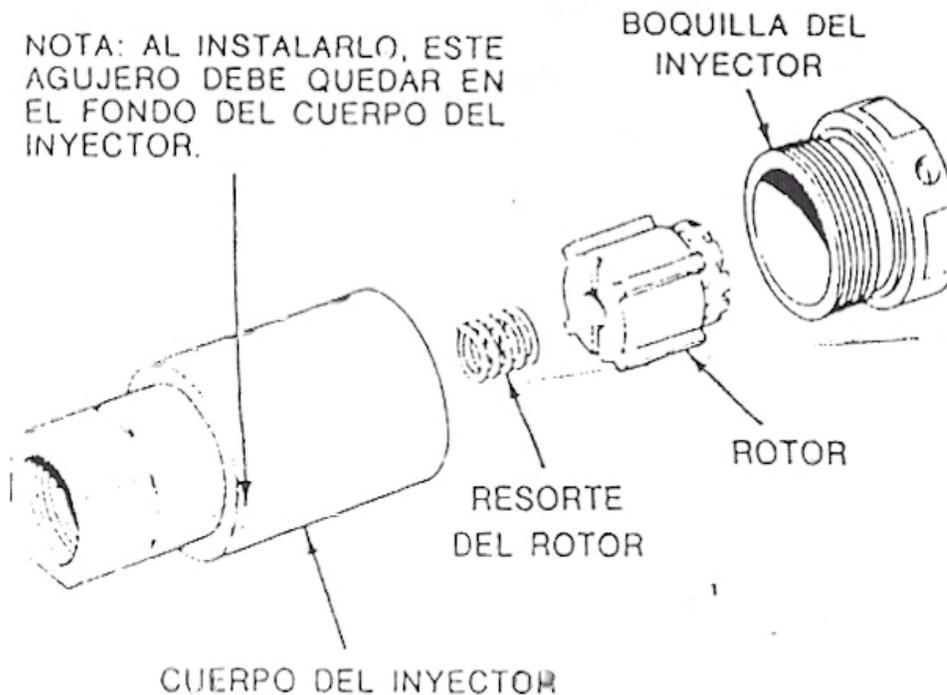
Si en cualquier momento, la llama del quemador se pone "filamentosa" o "perezosa", es probable que el inyector esté obstruido parcialmente. Cualquier obstrucción en el tubo o conjunto del inyector hace que el manómetro de la presión de aire en el inyector marque más de su valor normal.

Para desarmar el conjunto del inyector del quemador principal, levante la aldaba y quite el tirador de aceite. Coloque el cuerpo del inyector en la prensa que está montada en la tapa delantera de la caldera.

Use la llave ajustable suministrada con la caldera para destornillar la boquilla y con cuidado quite el rotor y el resorte de fijación del rotor, teniendo cuidado de no dejarlo caer porque se dañan (figura 35). Haga la limpieza necesaria con un disolvente, como el disolvente de laca.

Para limpiar no use alambre u objetos metálicos puntiagudos, pues pueden deformar el orificio así como las superficies pulidas de precisión del rotor y de la boquilla, dejando inservible el inyector. Use más bien un palito puntiagudo de madera blanda.

**Figura 35. Inyector del quemador desarmado**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 7-6

### Advertencia

El disolvente de laca es extremadamente inflamable. Guarde el envase a una distancia de 25 pies al menos de la llama. Si es posible, limpie los componentes del quemador fuera del edificio o en una sala interior bien ventilada, siempre usando no más que una pequeña cantidad a la vez y echando lo que quede en un lugar apropiado y seguro después.

Al volver a armar la boquilla y el rotor, esté seguro que haya una buena sopladura del rotor en la boquilla. Las boquillas y los rotores forman conjuntos emparejados y si se cuida otro conjunto de reserva, no intercambie los componentes. Esté seguro que el resorte de fijación del rotor está en el inyector y que sostiene firmemente el rotor contra la boquilla. El rotor mismo no gira sino queda fijado en su asiento y comunica un movimiento giratorio al aceite combustible.

Note el anillo “o” en el bloque múltiple del quemador (figura 36) que sirve para sello al tubo de aceite interior. Se recomienda reemplazar este elemento durante la inspección anual y al mismo tiempo inspeccionar la superficie interior de este tubo. Al instalar el inyector, cerciórese que el agujero relleno quede en el fondo del cuerpo del inyector. (Ver fig. 35).

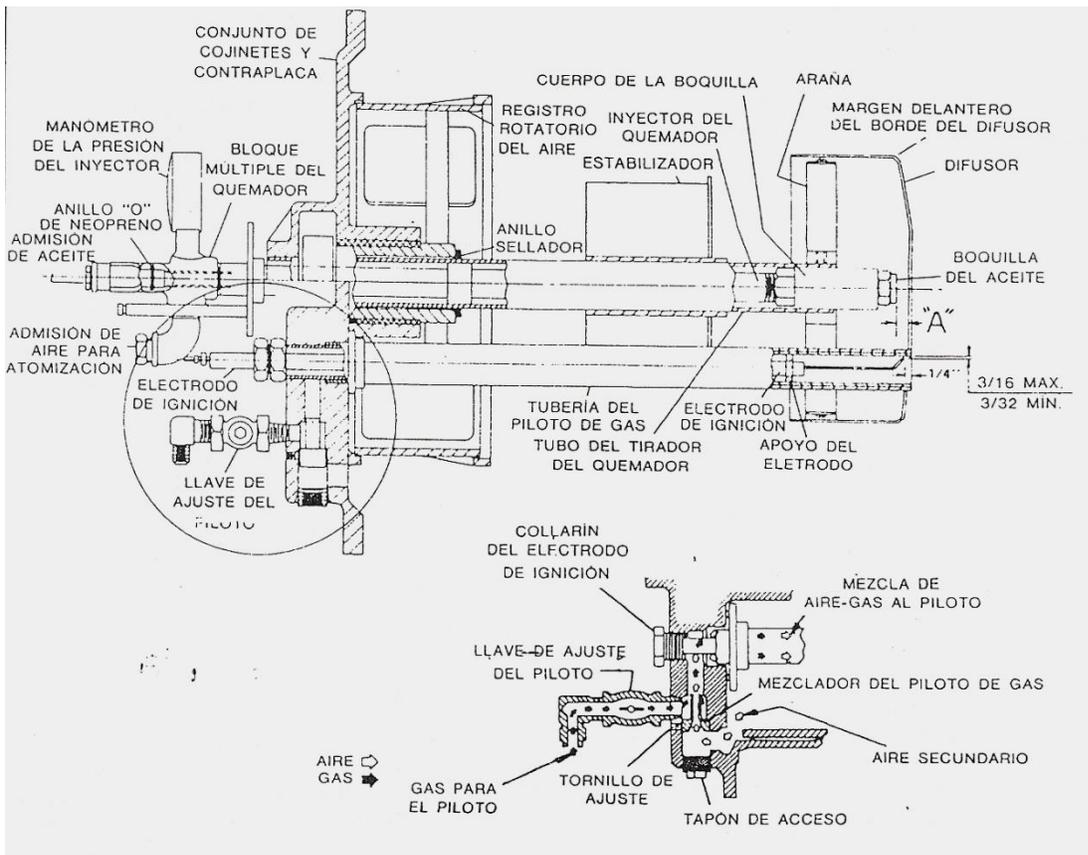
Boquilla de aire purgante.

Se debe inspeccionar y limpiar periódicamente la boquilla de orificio (que consta de una soplete con un corazón) y el colador. Limpie todas las superficies de la boquilla y las ranuras en el corazón con un palito puntiagudo de madera blanda para evitar daños de ralladura. Reponga el corazón y apriételo en su lugar pero no excesivamente.

Limpie el tamiz fino del colador sacándole cuidadosamente toda materia extraña por medio de solventes aptos. Agua bien caliente comprimida también puede ayudar en la limpieza.

Reponga el colador enroscándolo en el cuerpo de la boquilla y solamente apriételo con los dedos.

**Figura 36. Tirador del quemador con piloto de gas**

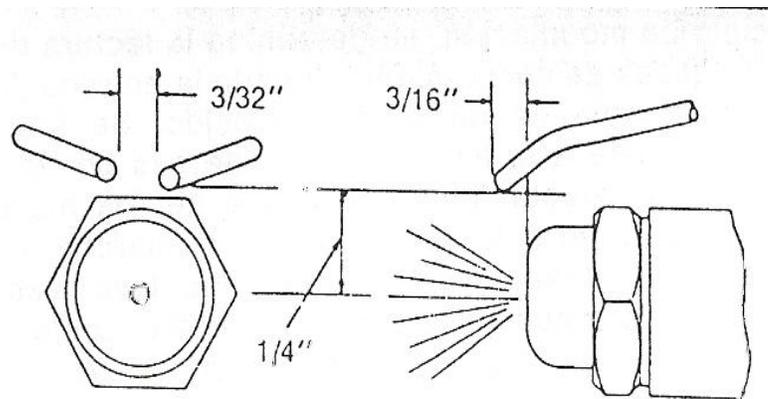


Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 5-19

## Sistema de ignición

Mantenga las dimensiones e intervalos correctos de los electrodos para ignición para obtener el mejor resultado en arranques. La figura 37 muestra las medidas apropiadas.

**Figura 37. Montadura del electrodo – piloto del aceite**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 5-19

Examine los puntos de los electrodos para ver si tienen signos de picadura o depósitos de combustión y alíselos a lima fina como se requiera. Inspeccione la parte aislante de porcelana a ver si tiene grietas o astilladuras y reemplácela si se las encuentra pues esto puede causar un contacto del voltaje para ignición a tierra. Como el carbón es un conductor eléctrico, es necesario mantener limpia la parte aislante del electrodo. El amoníaco es bueno en quitar el carbón y el hollín.

Inspeccione los cables para la ignición a ver si hay grietas en el aislamiento y cerciórese también que todas las conexiones entre el transformador y los electrodos están bien apretadas.

Quite el tapón de acceso periódicamente del aspirador del piloto (figura 36) y saque toda acumulación de hilos u otra materia extraña.

### Mantenimiento del quemador de gas

El quemador de gas requiere poco mantenimiento después de examinar los componentes del quemador a ver si hay indicios de daños debidos a una combustión mal ajustada.

Verifique periódicamente que el sello entre el extremo del quemador y el refractario del horno esté en buenas condiciones. Además, examine el difusor a fin de que no cubra los agujeros de salida para gas en la cubierta del quemador.

Pruebe las medidas que tiene el electrodo y busque grietas que se presenten en el aislante de porcelana. Si hay grietas, reemplace el electrodo pues pueden causar inducción a tierra del voltaje para la ignición. Examine el extremo del electrodo para ver si tiene algunos signos de picadura o depósitos de combustión y alíselo como se requiere a lima fina. Vea la figura 36 para las medidas del electrodo.

### **2.1.1.3. Cámara de agua**

#### **2.1.1.3.1. Descripción de la situación actual de la cámara de agua**

La cámara de agua de la caldera *Cleaver Brooks* se encuentra en un estado aceptable, no se podría decir que en un estado excelente, porque su funcionamiento ha sido alrededor de 24 años, no presenta fugas, picaduras ni rajaduras. La cámara de agua de la caldera *York Shipley*, se encuentra en el mismo estado aceptable, tiene el mismo tiempo de estar en el Hospital, pero es la que menos se usa, por no llegar a cubrir la demanda de vapor del Hospital, así que la cámara de agua de esta caldera no presenta daño alguno.

#### **2.1.1.3.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

A las cámaras de agua de las calderas *Cleaver Brooks* y *York Shipley*, no se les da ningún tipo de mantenimiento por parte de los técnicos del Hospital, pero anualmente llega una empresa que se especializa en mantenimiento general de calderas y son ellos los encargados de darles su respectivo servicio a las cámaras de agua.

- Descripción

El mantenimiento de las cámaras de agua de ambas calderas es anual y esta a cargo de una empresa que contrata el Hospital. En primer lugar lo que hacen estos técnicos es con la caldera apagada y sin energía eléctrica, es purgar la caldera para sacar toda clase de sedimentos acumulados, posteriormente a dicha cámara le agregan 30 galones de desincrustante para prevenir, y disolver toda formación de incrustaciones y oxido en la superficie de los tubos de fuego y este químico también forma una capa protectora en dichos tubos, a las 24 horas de esto, lavan la cámara con agua a presión para remover toda materia extraña y parte de desincrustante que haya quedado, después ya le agregan 30 galones de neutralizante, para eliminar cualquier residuo de desincrustante que haya quedado en la cámara.

#### **2.1.1.3.3. Propuesta de mantenimiento para la cámara de agua**

Esta operación se realiza semestralmente y con la caldera apagada y completamente fría, proceda a quitar las tortugas o tapas, realice la inspección respectiva y lave con agua a presión, conectando una manguera a la bomba de alimentación o por algún otro medio con suficiente presión para poder limpiar, tratando de evacuar todos los sólidos, lodos, incrustaciones, sedimentos, partículas sólidas que contenga.

Los sedimentos descienden al domo de lodos o a un anillo colector, pueden ser eliminados por medio de la purga periódica. Si se vuelven pastosos, son expulsados por lavado con la ayuda de manguera y agua a alta presión durante períodos de parada, de otra manera tendrán que ser sacados a pedazos.

Las incrustaciones que se forman en las superficies en contacto con el fuego, son mucho más difíciles de quitarse. Si la incrustación se encuentra en la superficie exterior de los tubos, la caldera puede ser calentada cuidadosamente estando vacía, rociando después los tubos con agua fría. La incrustación que se encuentra dentro de los tubos, tendrá que desprenderse por rimado (rasqueteado) con equipo especial.

Limpie los registros y las tortugas o tapas colocándoles empaques nuevos y asegurándose que todas las tortugas queden centradas en los registros, ajustándolas adecuadamente para evitar cualquier fuga. Proceda a llenar la caldera verificando los niveles alto y bajo de operación. Se contrata a personal especializado cuando dentro de la caldera se observa alguna falla en la cual el encargado no posee los conocimientos completos para corregirla.

#### **2.1.1.4. Ventiladores**

##### **2.1.1.4.1. Descripción de la situación actual de los ventiladores de las calderas**

El motor del soplador funciona perfectamente, no se encuentra en deterioro, este es el que hace girar al ventilador (impulsor).

El impulsor está en buenas condiciones, no tiene las aspas quebradas ni rajadas, esto es en ambas calderas.

##### **2.1.1.4.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

Al motor del soplador y al ventilador no se le da ningún tipo de mantenimiento actualmente.

- Descripción

Como se mencionó anteriormente al motor del soplador y al ventilador (impulsor), no se le da ningún tipo de mantenimiento, pero al llegar a descomponerse dicho motor y/o ventilador (impulsor), se cambian las piezas defectuosas, esto es si esta a su alcance, acá los técnicos del Hospital emplean el mantenimiento correctivo.

#### **2.1.1.4.3. Propuesta de mantenimiento para los ventiladores de la caldera**

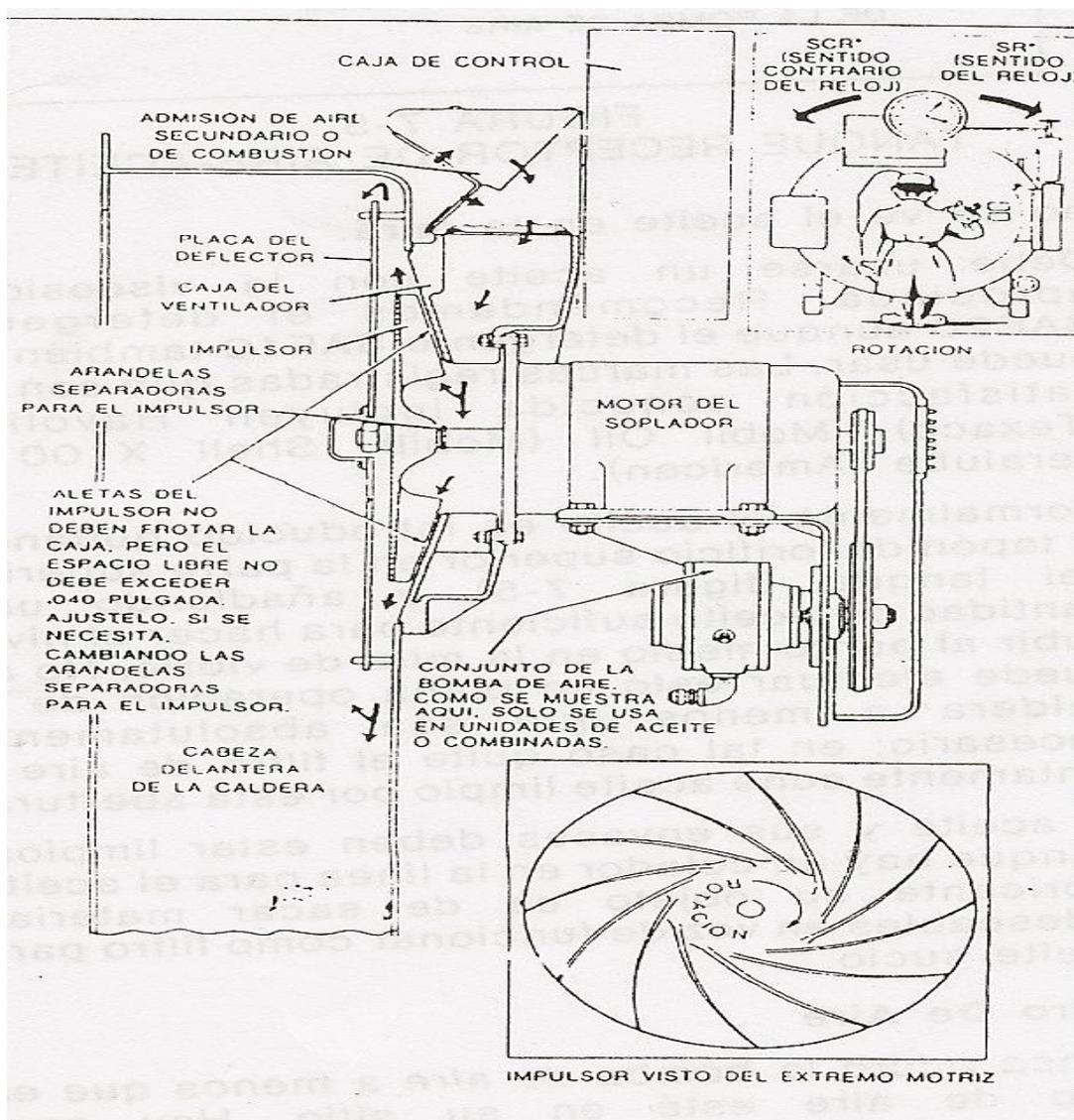
Impulsor

La figura 38 muestra el flujo de aire secundario para combustión a través de la admisión de aire, la cubierta del conducto de conexión y el impulsor.

La colocación de las aletas del impulsor en relación a la cubierta de la admisión de aire tiene suma importancia para lograr la potencia de rendimiento del impulsor. Las aletas del ventilador no deben frotar ni tocar la cubierta pero al mismo tiempo el claro no debe exceder 0,030 de una pulgada y se prefiere menos.

El dibujo adicional en la esquina inferior a la derecha en la figura 2.4 provee una vista del impulsor desde el lado del motor e indica la dirección de rotación.

**Figura 38. Flujo de aire secundario o de combustión**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 7-9

El dibujo adicional en la esquina superior a la derecha muestra cómo se usa “en el sentido de la dirección de la marcha del reloj” y “en el sentido contrario a la marcha del reloj”.

Verifique de vez en cuando que el ventilador está sujeto firmemente al árbol del motor. Si se instala una caldera en una locación polvorosa, inspeccione las aletas a ver si hay depósitos de polvo o mugre pues estas acumulaciones pueden disminuir la potencia en el movimiento de aire y resultar en desequilibrio.

#### Malla de ventilador

Semestralmente vea que no exista acumulación de mota u otra suciedad que impida el correcto acceso de aire a la combustión, si existiera limpie con brocha y solvente. Recuerde que todas estas acciones se deben realizar con el equipo fuera de servicio.

#### Lubricación del motor ventilador o soplador

Semestralmente proceda a lubricar el motor de acuerdo con las indicaciones del manual del fabricante, si carece de él, aplique grasa grafitada, para ello utilice una engrasadora manual.

## Temperatura de cojinetes

Compruebe semestralmente la temperatura de los cojinetes del motor de la bomba, para esto, ponga la mano en la parte donde van instalados los cojinetes con la bomba en funcionamiento. Si no soporta mantener la mano más de 10 segundos por la alta temperatura, investigue la causa del calentamiento.

Puede ser que tengan exceso de grasa, estén faltos de ella o requieran reemplazo.

Si la temperatura es inferior a los 180 °F debe utilizarse una grasa con base de calcio cuando existe la posibilidad de contaminación por agua, cuando la temperatura sobrepasa los 180 °F debe utilizarse una grasa a base de sodio, pero sin olvidar que el agua las ataca, por lo que las grasas a base sodio no deben utilizarse en lugares húmedos, para tal situación utilice grasa tipo *FIBRAX 280* o *235*.

## Lubricación de cojinetes

Al lubricar los cojinetes semestralmente revise cuidadosamente que estén completamente limpios, al ponerles grasa nueva procure que sea 1/3 del volumen entre pistas utilizando una engrasadora manual.

Los cojinetes lubricados con aceite deberán vaciarse, escurrirse y rellenarse con aceite nuevo. La elección depende normalmente de consideraciones particulares sobre cada cojinete o instalación.

## Bomba de aire y su sistema de lubricación

### Bomba de aire

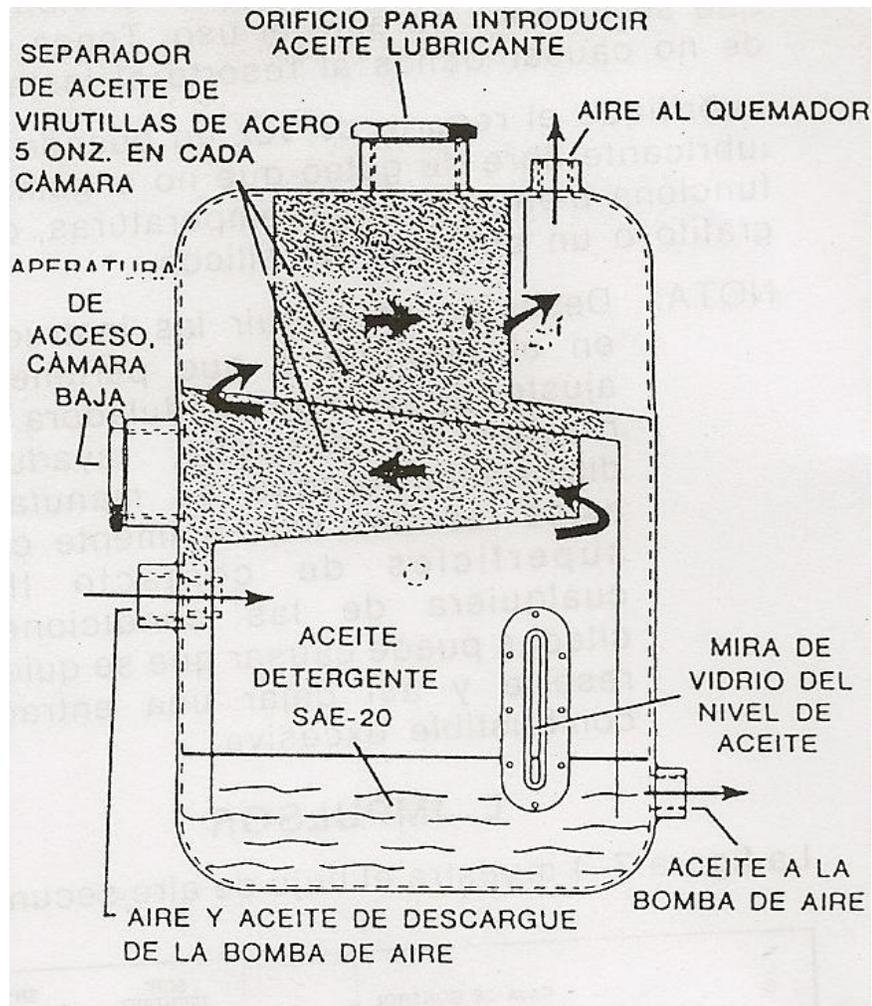
La bomba de aire en sí misma requiere poco mantenimiento. Sin embargo, la vida de la bomba depende en una provisión adecuada de limpio y fresco aceite lubricante. El nivel del aceite en el tanque receptor de aire-aceite debe ser observado atentamente.

La falta de aceite daña la bomba y necesitará reemplazo. No se recomienda desarmar la bomba o tratar de efectuar reparaciones en campo.

### Aceite lubricante

El nivel del aceite lubricante debe ser visible en todo momento en la mira de vidrio. No hay un nivel específico requerido con tal de que se pueda ver el aceite. No haga la bomba operar si no se ve el aceite en la mira.

**Figura 39. Tanque receptor de aire-aceite**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 7-10

Debe usarse un aceite con la viscosidad apropiada. Recomendamos el lubricante SAE20 aunque el SAE10 también se puede usar. Las marcas registradas que son de satisfacción conocida incluyen *Havoline* (Texaco). *Mobil Oil* (Mobil). *Shell X 100* y *Peralube* (American).

Normalmente el aceite es introducido quitando el tapón del orificio superior en la parte superior del tanque (ver figura 39). Y añadiendo una cantidad de aceite suficiente para hacer el nivel subir al punto medio en la mira de vidrio. No se puede efectuar esto en plena operación de la caldera a menos que sea absolutamente necesario; en tal caso quite el filtro de aire y lentamente eche aceite limpio por esta abertura.

El aceite y sus envases deben estar limpios. Aunque hay un colador en la línea para el aceite lubricante su objeto es de sacar materias indeseables en vez de funcionar como filtro para aceite sucio.

#### Filtro de aire

Nunca opere la bomba de aire a menos que el filtro de aire esté en su sitio. Hay que inspeccionar el dispositivo entero ocasionalmente y enjuagar y limpiar su elemento interno. El nivel apropiado de aceite tiene que ser conservado en el filtro.

#### Tanque receptor de aire-aceite

El tanque receptor de aire-aceite contiene como medio filtrador virutillas de acero para separar el aceite lubricante del aire comprimido. Un tanque típico se ve en la figura 39. Las virutillas son empacadas en dos compartimentos con unas 5 onzas en cada uno.

Debe reemplazar esta "lana" periódicamente siempre que la inspección revele la necesidad de hacerla. Las virutillas deben ser empacadas cuidadosamente para asegurar una densidad uniforme. Si la empacada es incorrecta puede causar un gran consumo de aceite. Use la lana de la densidad apropiada.

### Colador del aceite lubricante

La malla del colador para el aceite lubricante debe ser quitada y limpiada en intervalos regulares. Se aconseja quitar este filtro cada mes y limpiarlo completamente sumergiéndolo en un disolvente y soplándolo con aire comprimido. Para quitarlo, afloje el tornillo del tapón teniendo cuidado de no perder el anillo de empaque de cobre. Golpee la tapa del colador ligeramente para aflojarla e inspeccione la empaquetadura. Introduzca pinzas en la cruz que se halla en la parte superior del colador y tuérzala a la izquierda para quitar la empaquetadura. Vuelva a armar el colador en el orden inverso.

### General

Mantenga el motor y los otros componentes libres de polvo y mugre para evitar recalentamiento y daños. La lubricación del motor debe ser conforme con las recomendaciones del fabricante.

## Correa de la bomba de aire

La correa de transmisión en V no necesita mantenimiento. No se le debe aplicar ninguna clase de preservativos. Las correas en V se estiran después de algún tiempo, aunque se las mantenga a la tensión precisa.

Evite operar con correas muy tensas. La bomba de aire puede moverse lo poco que se necesita para ajustar la correa sin que haya que hacer cambios en la tubería.

En una unidad combinada, es costumbre admisible quitar la correa cuando se usa el gas combustible por largo tiempo. Aunque no es absolutamente preciso hacerlo, esto sí extenderá la vida de la bomba y de la correa cuando se remueve ésta del motor.

## **2.1.1.5. Tanques de combustible**

### **2.1.1.5.1. Descripción de la situación actual de los tanques de combustible**

El Hospital Nacional cuenta con dos tanques principales para el combustible, el tanque del combustible *Bunker* (aceite pesado núm.6) con una capacidad de 2000 galones. El tanque de combustible Diesel con una capacidad de 1000 galones. Estos tanques se encuentran a 20 metros de la sala de calderas debajo del nivel del suelo.

También cuentan con tanques secundarios que estos si se encuentran en la sala de calderas, el tanque secundario de *Bunker* tiene una capacidad de 100 galones y por medio de una resistencia se mantiene el combustible a una temperatura de 60° C, para que no se vuelva muy espeso y sobrecargue la bomba de suministro de combustible. El tanque secundario del combustible Diesel, tiene una capacidad aproximada de 10 galones.

Dichos tanques se encuentran en buen estado ya que no presentan picaduras y/o fugas.

#### **2.1.1.5.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

Actualmente a los tanques de combustibles primarios y secundarios, no se les da ningún tipo de mantenimiento y no cuentan con un plan de mantenimiento para los tanques.

- Descripción

Como los tanques de combustibles tanto primarios como secundarios no cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, entonces si hay alguna fuga o rajadura, la corrigen inmediatamente.

### **2.1.1.5.3. Propuesta de mantenimiento para los tanques de combustible**

#### **2.1.1.5.3.1. Mantenimiento de la unidad de combustión con diesel**

##### Filtros de aceite

Los filtros de combustión deberán ser limpiados frecuentemente, manteniéndolos libres al permitir flujos continuos y correctos, y limpiando continuamente las canastillas.

##### Tratamiento de combustión

Dependiendo de la cantidad de combustible, el cual puede variar cada vez que se surte de nuevo, puede llegar el caso en que sea necesario utilizar un aditivo para obtener una buena combustión. Se recomienda evitar el uso de aditivos en el mayor grado posible. El tanque de almacenamiento de combustible se deberá revisar periódicamente y, en caso de ser necesario, hacer una limpieza extrayendo todo tipo de depósitos en el mismo.

#### **2.1.1.5.3.2. Mantenimiento a la unidad de combustión de *bunker***

Semestralmente verificar en el tanque principal de combustible *bunker* que no haya agua en su interior, porque el medio que lo rodea es muy húmedo.

Semestralmente revisar el serpentín que funciona a base de vapor, encontrado en el tanque primario de combustible *bunker*, que no presente ninguna clase de picadura o rajadura, de lo contrario hacer las reparaciones necesarias inmediatamente.

Mensualmente inspeccionar el tanque secundario de combustible *bunker*, que no tenga fugas y que la resistencia eléctrica de precalentamiento funcione adecuadamente.

#### Línea de alimentación

Mensualmente observe que no existan fugas a lo largo de toda la línea desde el tanque principal hasta el quemador, si existieran corríjalas de inmediato, ajustando conexiones, cambiando empaques, tubos o accesorios según se requiera. Observe que no existan tramos de tubería sin aislante térmico ya que esto puede ocasionar quemaduras a operarios y alta temperatura en el ambiente de trabajo.

## Nivel de tanque principal

Revise diariamente el nivel del tanque principal de combustible y compárelo con las horas que estuvo funcionando la caldera, esto para llevar el control aproximado de galones consumidos y así poder determinar la fecha para realizar el requerimiento de combustible.

Para esta operación proceda al desenroscar el tapón del tanque principal, luego por medio del medidor de nivel, mida el nivel de combustible y anótelo en la libreta de control.

## Filtro de línea de alimentación

Semestralmente desmonte cuidadosamente cada filtro que encuentre a lo largo de la línea de alimentación y remueva la suciedad que tenga la malla, para esto utilice diesel o cualquier otro agente limpiador, luego colóquelos de nuevo en su lugar respectivo asegurándose que no queden fugas.

## Fajas de transmisión

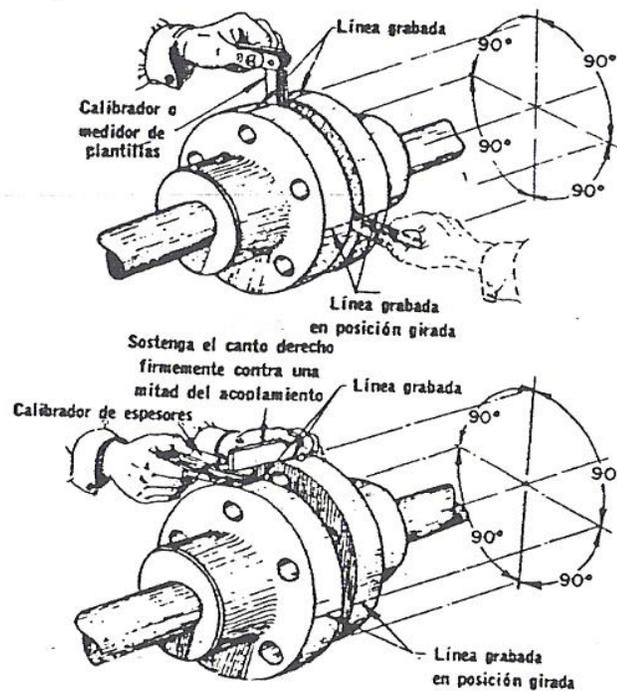
Semestralmente vea que las fajas de la bomba de alimentación, o de recirculación de combustible, tengan la tensión adecuada la que no debe exceder  $1 \frac{1}{4}$  de pulgada con una presión de 10 libras.

Para comprobar la tensión presione manualmente la faja, si excede la tensión indicada, observe si la bomba y el motor cuentan con tornillos de ajuste a la base, desenrosque un poco estos tornillos y ajuste la tensión de la faja y rosque nuevamente los tornillos teniendo cuidado de no desalinear el acoplamiento bomba-motor.

## Alineación

Anualmente verifique la alineación bomba-motor, ajustando los tornillos de sujeción a la base, ya sea del motor, la bomba o ambos a la vez. Ver figura. 40.

**Figura 40. Alineación de bomba-motor**



Fuente: Igor J. Karassik y Roy Carter, **Bombas centrífugas, selección, operación y mantenimiento**, Cecsca, pág.490.

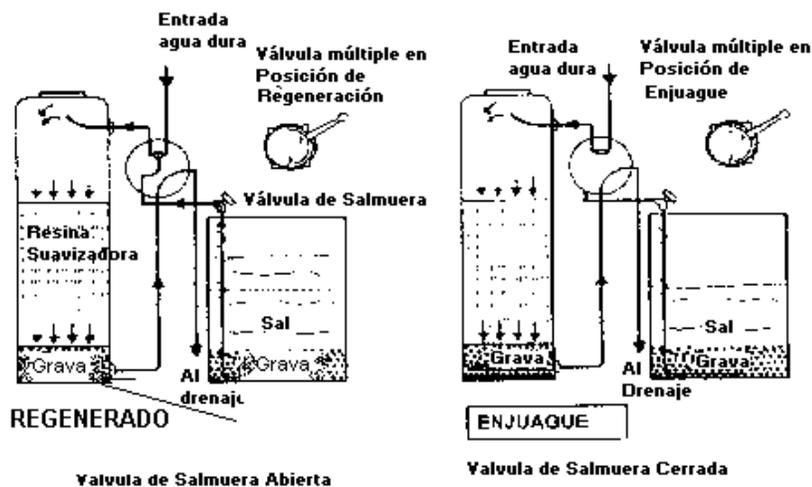
## 2.1.1.6. Tratamiento de agua para las calderas

### 2.1.1.6.1. Descripción del tipo actual de agua que se usa para las calderas

El tratamiento de agua de las calderas es externo, y se realiza por medio del método Suavizador o Ablandador (ver figura 41), cuentan con un tanque cilíndrico de 1430 galones, en el cual agregan salmuera para generar la resina, y ésta resina es un ablandador o suavizador químico que elimina la dureza del agua, sales minerales de calcio, hierro, oxido de silicio etc.

Los técnicos del departamento de mantenimiento agregan al tanque 48 onzas de sal cada 8 días.

Figura 41. Suavizador o ablandador



Fuente: Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del estado de México, Guía técnica de operación y mantenimiento de generadores de vapor, pág. 15.

### **2.1.1.6.2. Propuesta de como seleccionar suavizadores en el agua para el uso de calderas**

En la siguiente propuesta se muestran algunos parámetros a controlar en el agua de alimentación.

1. PH: identifica el nivel de agresividad química del agua. En las purgas el PH debe estar entre 10 y 10.5; dentro de estos valores la caldera se conserva adecuadamente. Si el PH es mayor de 11 comienza un fenómeno indeseable, que es la fragilidad cáustica.
2. Dureza total: indica la cantidad de sales minerales disueltas en el agua; una alta dureza en el agua de alimentación causa la formación de depósitos muy duros, sobre las superficies de calentamiento y evaporación, llamados incrustaciones que disminuyen la eficiencia de producción de vapor y originan daños por rotura de tuberías. La dureza se contrarresta directamente sobre el agua de alimentación, antes de que ésta ingrese a la caldera, mediante el uso de equipos de operación sencilla, los suavizadores, que usan resinas de intercambio iónico; también se usan los inhibidores de dureza, llamados equipos *solavite*.
3. Sólidos disueltos: el agua de alimentación para calderas debe ser traslúcida (baja turbidez), por consiguiente se debe contar con una planta general de tratamiento de agua cruda, que garantice una eficiente remoción de los sólidos en suspensión, causantes de una alta turbidez; al no removerlos previamente, ocasionan taponamientos en tuberías e incrustaciones dentro de la caldera.

4. Contenido de hierro: el hierro presente en el agua de alimentación para calderas es corrosivo y debe eliminarse. Es necesario poner atención a este parámetro cuando el agua que se usa para la planta de beneficio primario es de pozo profundo. El hierro se elimina mediante oxidación, floculación y filtración, en la planta de tratamiento de agua cruda.
  
5. Oxígeno disuelto: el oxígeno es otro de los enemigos de las calderas; se encuentra disuelto en el agua de alimentación y es completamente necesario retirarlo. De lo contrario produce el fenómeno conocido como “*pitting*” en las tuberías de evaporación dentro de las calderas, que se manifiesta como “huecos” o manchas fácilmente reconocibles. Cuando el agua de alimentación tiene bastante oxígeno disuelto, el daño de las tuberías es muy rápido. El agua de alimentación para calderas debe tener 0.0 ppm de oxígeno disuelto.

A continuación se muestra mediante un ejemplo la forma de calcular la demanda de un suavizador en una caldera típica.

Lamentablemente no fue posible realizar estos cálculos en el hospital nacional, ya que no llevan un registro de condensado recuperado y además éste condensado no se retorna, se va directamente al desagüe.

## Cálculo de un suavizador

El procedimiento para seleccionar un suavizador adecuado para la alimentación del agua a la caldera, muchas consideraciones deben de ser revisadas. De entrada y es básico obtener un análisis del agua, los caballos de vapor de la caldera y la información pertinente sobre la recuperación de vapor en condensados. Cada una de estas áreas deberá de ser calculada antes de comenzar el proceso de selección del suavizador.

El orden para seleccionar un suavizador de agua, comienza con determinar como primer paso la cantidad de dureza. Muchos de los análisis del agua expresan la dureza en “partes por millón” (ppm).

Las partes por millón deben de convertirse a “granos por galón” (gpg), para poder calcular el tamaño del suavizador. Para convertir la dureza expresada en ppm a gpg hay que dividir los ppm entre 17.1.

$$\text{Gpg} = \text{Dureza en ppm} / 17.1$$

Es necesario determinar el volumen de agua de reemplazo. Determinamos la capacidad de la caldera en caballos de fuerza caldera (BHP), por cada BHP la caldera requiere alimentarse con 4.25 galones por hora de agua, de esta manera obtenemos el consumo por hora de acuerdo al caballaje de la caldera.

$$\text{Consumo/hora} = \text{BHP} * 4.25$$

El último paso en la recopilación de información para nuestro proceso de selección de un suavizador, es obtener el número de horas al día en que la caldera está en operación. Esto no es solo importante en la determinación del volumen de agua para alimentar la caldera, también es importante esta información para determinar el diseño de nuestro sistema de suavización. Una caldera que opera las 24 horas del día, necesitará agua suavizada todo el tiempo, por lo tanto en el diseño se tiene que considerar dos unidades. En sistemas en donde la operación es solamente 16 horas al día, un suavizador sencillo o de una unidad, cumple con las necesidades de la caldera. El tiempo típico para regenerar un suavizador es menor a tres horas.

$$\text{Consumo/día} = (\text{consumo/hora}) * (\text{horas operación caldera})$$

Esto primero para poder determinar la cantidad de condensados que se recuperan. La cantidad de condensado recuperado en una caldera es una información vital en la selección de un suavizador. El operador de la caldera o el ingeniero de diseño generalmente conocen esta información.

La cantidad de condensados recuperada es restada del consumo diario de alimentación a la caldera, calculada de los caballos vapor o caballos de fuerza. La cantidad neta se obtiene del resultado del consumo diario en base a los caballos de vapor, menos la cantidad de condensados recuperados en el sistema.

$$\text{Consumo Neto} = (\text{consumo/día}) - (\text{recuperación condensado})$$

Con la información obtenida anteriormente podemos realizar el cálculo de cuántos granos totales de dureza (GTD) deben ser removidos al día.

$$\text{GTD} = (\text{Consumo Neto}) * \text{gpg}$$

La información lograda en los pasos anteriores nos ofrece la cantidad de dureza a remover al día, esto nos ofrece la información básica para poder seleccionar el suavizador. Debido a la natural importancia de obtener agua suavizada como alimentación a la caldera, debemos de considerar un margen de error en la selección del suavizador.

Este margen es común el 15%, por lo tanto multiplicamos el resultado de  $\text{GTD} * 1.15$  para obtener un resultado mas confiable.

En la selección de un suavizador de agua, primero hay que estar familiarizado en cuales son las capacidades de un suavizador. Obviamente los esfuerzos realizados para calcular los granos totales necesarios para suavizar un volumen específico de agua con una dureza específica, nos sirven para seleccionar algún suavizador en base a su capacidad. Cuando se revisa la información técnica de un suavizador se observara que la mayoría de ellos siempre vienen especificados a su capacidad máxima de intercambio en granos. Al poner un ejemplo que se necesitan remover 78200 granos al día, la selección no debe de realizarse en la capacidad máxima de granos del suavizador, hacer esto tendrá como resultado una ineficiente operación en términos de consumo de sal. La selección debe de realizarse en base a la capacidad baja o media de granos del suavizador. Para demostrar esto en el ejemplo anterior, vamos a revisar la operación en los tres niveles de capacidad, los tres niveles convencionales para los suavizadores son:

Nivel 1:

30,000 granos por pie<sup>3</sup> de resina (regenerando con 15 libras de sal por pie<sup>3</sup> de resina)

Nivel 2:

25,000 granos por pie<sup>3</sup> de resina (regenerando con 10 libras de sal por pie<sup>3</sup> de resina)

Nivel 3:

20,000 granos por pie<sup>3</sup> de resina (regenerando con 5 libras de sal por pie<sup>3</sup> de resina)

Si aplicamos mediante una sencilla regla de tres, lo anterior al ejemplo, se observa los beneficios en forma muy tangible, además de observar un ahorro real del 50% en el consumo de sal, a continuación se muestran los resultados del ejemplo, en donde necesitamos remover 78,200 granos por día por lo tanto:

Nivel 1:

$$\begin{aligned} (78,200\text{gpg}/30,000 \text{ granos pie}^3) &= 2.60\text{pies}^3 \\ &= 2.60\text{pies}^3 * 15\text{libras sal} = 39.09 \text{ libras sal día.} \end{aligned}$$

Nivel 2:

$$\begin{aligned} (78,200\text{gpg}/25,000 \text{ granos pie}^3) &= 3.12\text{pies}^3 \\ &= 3.12\text{pies}^3 * 10\text{libras sal} = 31.28 \text{ libras sal día.} \end{aligned}$$

Nivel 3:

$$\begin{aligned} (78,200\text{gpg}/20,000 \text{ granos pie}^3) &= 3.91\text{pies}^3 \\ &= 3.91\text{pies}^3 * 5\text{libras sal} = 19.55 \text{ libras sal día.} \end{aligned}$$

Por lo que se recomienda que cada vez que se seleccione un suavizador, se considere que tan eficiente se quiere diseñar, en el ejemplo anterior si se diseña en base a 15 libras para regenerar un pie<sup>3</sup> de resina, es decir a la capacidad máxima de intercambio, probablemente seleccionemos un equipo mas pequeño pero muy ineficiente en el consumo de sal, seleccionando en el nivel de 5 libras por pie<sup>3</sup> de resina, es decir en su nivel bajo de capacidad lograremos un ahorro del 50% en el consumo de sal.

Es importante mencionar que el empleo de la máxima, media o baja capacidad solamente afecta en el consumo de sal, pero cualquiera de las tres que se seleccione el suavizador elimina totalmente la dureza, esto se hace por el ahorro en la operación y no por la calidad del agua, siempre será suavizada.

## **2.1.1.7. Sistema eléctrico de la caldera**

### **2.1.1.7.1. Descripción de la situación actual del sistema eléctrico de las calderas**

En la actualidad el sistema eléctrico en general de la caldera *Cleaver Brooks* funciona sin problemas, en el tablero de control hay componentes que no son los originales de la *Cleaver Brooks*, como lo es el cerebro electrónico, hay una válvula solenoide del vapor que controla la temperatura del abastecimiento de aceite que no funciona, las demás válvulas solenoides, los presostatos, los termostatos, el calentador de aceite (eléctrico), y el motor eléctrico del soplador funcionan correctamente, pero por el uso constante tienen cierto nivel de deterioro. En el caso de la caldera *York Shipley*, todos los componentes son los originales, todos funcionan con un nivel aceptable, pero al igual que la caldera *Cleaver Brooks*, por el uso y por el paso del tiempo hay deterioro.

### **2.1.1.7.2. Identificación y descripción del mantenimiento actual**

- Identificación

Actualmente para el sistema y los componentes eléctricos de las calderas *Cleaver Brooks* y *York Shipley*, no hay un tipo de mantenimiento periódico.

- Descripción

Como se mencionó anteriormente a las calderas *Cleaver Brooks* y *York Shipley* no se les da ningún tipo de mantenimiento, entonces al momento de alguna falla de un componente se intenta reparar, o si se puede de preferencia se cambia, los técnicos aplican el mantenimiento correctivo.

#### **2.1.1.7.3. Propuesta de mantenimiento para el sistema eléctrico**

##### Controles eléctricos

La mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento aparte de la inspección ocasional. Verifique que toda conexión esté apretada y manténgalas limpias, saque todo el polvo que se acumule en el interior del control con aire comprimido de baja presión teniendo cuidado de no causar daños al mecanismo.

El polvo y la suciedad pueden producir excesivo calentamiento y desgaste del arranque del motor y de los contactos; así pues requieren un mantenimiento también. Los contactos del arranque están cubiertos en plata y no se dañan por descolorización o ligeras picaduras.

No use limas o materiales abrasivos (como papel de lija) en los puntos de los contactos porque lo único que hacen es quitarles el recubrimiento de plata. Use un instrumento para bruñir o un papel con una superficie dura para limpiar y pulir los contactos.

Solamente es necesario reemplazar los puntos cuando la plata está muy gastada.

Los relevadores térmicos (sobrecargas) son del tipo de aleación fundente; cuando saltan es necesario dar tiempo para que la aleación vuelva a solidificarse antes de que el relevador pueda ser restablecido. Si las sobrecargas se saltan repetidamente cuando la corriente del motor es normal, reemplácelas con nuevas. Si esta condición sigue después del reemplazo será forzoso averiguar la causa de la toma excesiva de corriente.

El abastecimiento de fuerza eléctrica a la caldera debe ser protegido con fusibles de doble elemento como "*Fusetrons*" o cortacircuitos. Use fusibles semejantes en circuitos derivados pero no le recomendamos fusibles comunes de "un disparo."

#### Control de programación

Este control no requiere ajustes y no intente alterar las posiciones de los contactos aunque estos contactos requieren una limpieza ocasional.

No use materias raspantes para limpiarlos y mantenga la puerta del cajón del control cerrada durante la operación normal.

El lente del escudriñador debe ser limpiado siempre que las condiciones de operación lo exijan. Use una tela mojada con detergente si se necesita.

El reemplazo de componentes internos (salvo un amplificador enchufable ver figura 15) no es ni práctico ni recomendado.

#### Advertencia

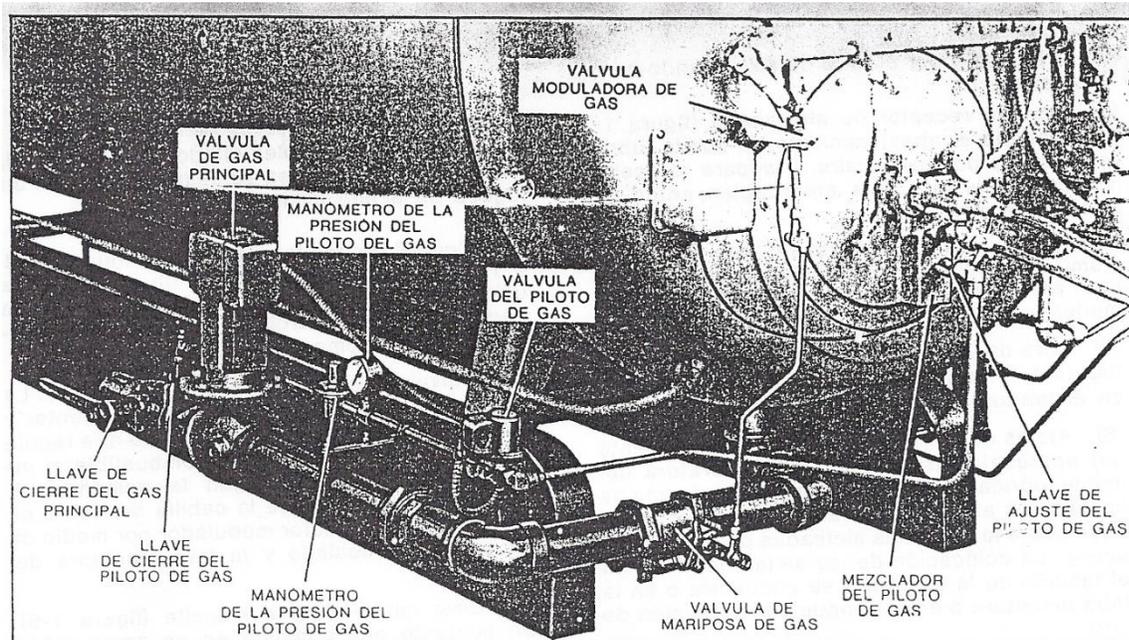
Al reemplazar el control o al limpiar los contactos, esté seguro que haya abierto el interruptor del abastecimiento de energía puesto que el control está todavía excitado aunque el interruptor del quemador esté en "off". Un procedimiento de pruebas para seguridad debe ser establecido para comprobar el sistema completo de seguridad al menos una vez al mes o más frecuentemente. La comprobación debe averiguar que una parada de seguridad y un cierre automático ocurran en toda falla de ignición del piloto, de la llama principal y al perder cualquier llama.

Estas pruebas también sirven para verificar la apretadura de las válvulas del combustible.

## Prueba de falla de la llama del piloto

Cierre la llave de cierre de gas hacia el piloto (figura 42) y cierre la válvula de abastecimiento de combustible principal también. Haga girar el botón del interruptor del quemador a "on." El sistema del piloto recibe energía al fin del período de purga. Puesto que no hay una llama del piloto que se pueda descubrir, la válvula del piloto queda sin energía y las válvulas de combustible principales no reciben energía. Examine a ver que exista la chispa para ignición pero que no haya llama. El programador termina su ciclo durante cuyo tiempo el interruptor de cierre eléctrico se salta causando un cierre automático y actuando la luz indicadora de falla de llama (alarma opcional, si se usa).

**Figura 42. Conjunto básico del gas**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 1-9

Gire el botón del interruptor del quemador a "off" y restablezca el interruptor de seguridad después de unos minutos para dejar el elemento térmico enfriarse. Vuelva a abrir la llave de cierre de gas al piloto y restablezca el abastecimiento del combustible principal.

#### Prueba de falla de la llama principal

Deje la llave de cierre de gas al piloto abierto y cierre el abastecimiento de combustible principal. Gire el interruptor del quemador a "on." El piloto se prende al terminar el período de prepurga. Las válvulas de combustible principales reciben energía pero no debe haber una llama principal. El relevador de llama (2K), (ver en la figura 15), debe saltarse entre 4 segundos después del fin del periodo de ensayo para la ignición del quemador. El interruptor de seguridad debe accionarse y cerrar automáticamente a los 30 segundos después del fin del ensayo para ignición. La luz indicadora de falla de llama (y la alarma opcional) recibe energía.

Gire el botón del interruptor del quemador a "off" y restablezca el interruptor de seguridad después de unos minutos para dejar el elemento térmico enfriarse. Restablezca el abastecimiento del combustible principal.

## Prueba de pérdida de la llama

Con el quemador en plena operación, cierre el abastecimiento de combustible principal al quemador haciendo extinguirse la llama principal. El relevador de llama (2K) (ver en la figura 15), debe saltarse entre 4 segundos después de que la llama principal se extinga. El motor del soplador va girando más lentamente en una postpurga. El interruptor de cierre eléctrico se saltara unos 30 segundos más tarde dejando el relevador maestro o principal (1K) (ver en la figura 15), sin energía. La luz indicadora de falla de llama (y la alarma opcional) recibe energía.

Gire el botón del interruptor de quemador a "off" y restablezca el interruptor de seguridad después de unos minutos para dejar el elemento térmico enfriarse. Restablezca el abastecimiento del combustible principal.

## Lubricación motores eléctricos

Los fabricantes de motores eléctricos varían en sus especificaciones en cuanto a la lubricación y al cuidado de los cojinetes y por eso se deben seguir sus recomendaciones.

Los motores dotados de cojinetes de bolas están pre-lubricados. El espacio de tiempo que un cojinete puede funcionar sin añadir más grasa depende de muchos factores.

La potencia del motor, el tipo de recubrimiento que lo guarda, las cargas verdaderas, las condiciones atmosféricas, la humedad y la temperatura del ambiente son algunos de los factores implicados.

Cuando se necesita, se puede efectuar una renovación completa de la grasa sacando la vieja con la nueva. Enjague completamente las partes de la cubierta alrededor de los tapones de relleno y de descarga (sobre y debajo de los cojinetes). Quite el tapón de descarga (al fondo) y libere el agujero de desagüe de toda grasa endurecida que se haya acumulado. Parado el motor, agregue grasa nueva en el agujero de llenar hasta que la grasa limpia salga por el otro agujero. Antes de reponer el tapón inferior, deje que el motor funcione por unos 10 ó 20 minutos para echar fuera toda grasa excesiva. Los dos tapones deben ser limpiados completamente antes de reponerlos.

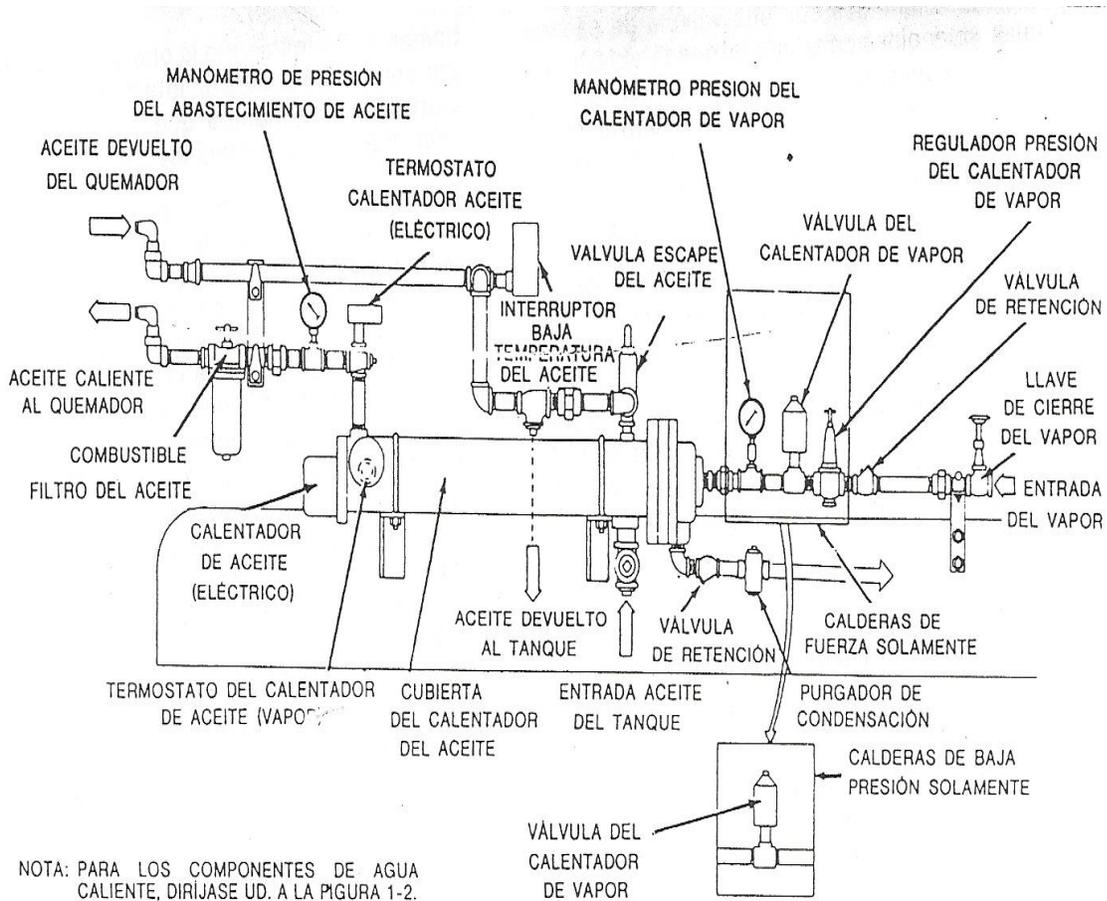
#### Sistema articulado de control

Aplique un lubricante libre de goteo que no engoma y que funciona bien a temperaturas altas, por ejemplo grafito o un derivado de silicón, a todos los puntos de giro y piezas móviles. Haga el lubricante penetrar bien y enjuague el exceso. Repita la aplicación en los intervalos requeridos para mantener la movilidad de toda pieza.

Las válvulas solenoides y las válvulas motorizadas no requieren lubricación.

Calentador de aceite pesado número 6 (ver figura 43)

**Figura 43. Conjunto de pre-calentamiento del aceite pesado**



Fuente: Cleaver-Brooks, **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** pág. 1-15

El mantenimiento del conjunto del calentador consiste principalmente en sacar de su cubierta del elemento térmico y rasparle cualquier acumulación de aceite carbonizado o depósitos de sedimento que puedan haberse formado en las superficies térmicas.

Antes de separar las conexiones eléctricas que van al elemento térmico, marque cada alambre y terminal para que después le sea fácil volver a colocar cada alambre en su puesto preciso.

Termine el proceso de limpieza con amoníaco para poder quitar del elemento térmico todo depósito endurecido. Debido al efecto aislador del carbón y del sedimento, son indispensables estas limpiezas periódicas para evitar el recalentamiento de los elementos. Si la operación del calentador se pone lenta, examine inmediatamente el elemento y límpielo.

Inspeccione la cubierta, o tanque, cada vez que saque el calentador. Lave con una manguera todo el sedimento que se haya acumulado en el tanque antes de volver a instalar el calentador.

Hay que llevar el condensado del calentador de vapor a un punto seguro de descarga. También debe inspeccionarse esta descarga a ver si hay indicios de aceite que indicarían tubos defectuosos en el calentador.

## Termostatos

Trimestralmente quite la tapa y limpie el interior teniendo cuidado de no dañarlo. Ajuste si es necesario a la temperatura requerida para una buena atomización del combustible en la boquilla.

## Presostatos

Trimestralmente revise todos los interruptores de tubo de mercurio a ver si están dañados o partidos; esta condición la pone en manifiesto una mancha oscura sobre la superficie normalmente lustrosa del mercurio y produce una acción errática del control. Cerciórese que los controles de este tipo estén correctamente nivelados empleando el indicador de nivelación (si se suministra uno) y limpie la tubería que conduce a los controles movidas por presión si se necesita. Las tapas deben quedar puestas en los controles en todo momento.

## Válvulas solenoides

Estas válvulas funcionan por largos períodos sin dificultad alguna. No obstante si materia extraña llega a fijarse entre el asiento de la válvula y el disco de la misma, puede causar filtración. Se pueden desarmar fácilmente pero hay que tener cuidado en no dañar las partes interiores al quitarlos y en averiguar que el remontaje procede en el orden correcto.

Normalmente se puede oír un zumbido bajo cuando la bobina está excitada. Si un ruido bronco o un chirrido se desarrollan en la válvula, verifique que hay el voltaje apropiado y limpie el conjunto del émbolo y el tubo interior del émbolo. No use aceite. Esté seguro que el tubo del émbolo y el solenoide se aprietan al rearmar la válvula. Tenga cuidado de no dañar, abollar ni hacer muescas al tubo del émbolo.

Es posible reemplazar la bobina sin quitar la válvula de la línea pero esté seguro que se ha quitado la fuerza eléctrica de la válvula. Examine la posición de la bobina y cerciórese que toda arandela aislante o resorte de retención es repuesto en el orden correcto.

## **2.1.1.8. Válvulas de seguridad**

### **2.1.1.8.1. Descripción de la situación actual de las válvulas de seguridad**

La caldera *Cleaver Brooks* cuenta con dos válvulas de seguridad. La caldera *York Shipley* cuenta con una sola válvula de seguridad. En ambas calderas las válvulas de seguridad no han sido probadas por mas de un año, así que no se puede dar un diagnostico certero.

### **2.1.1.8.2. Identificación y descripción del tipo de mantenimiento actual**

- Identificación

Para las válvulas de seguridad no hay ningún tipo de mantenimiento por parte de los encargados del departamento de mantenimiento del Hospital Nacional, ya que estas válvulas vienen calibradas de fábrica y seria demasiado imprudente destaparlas y limpiarlas.

- Descripción

Como ya se ha mencionado anteriormente, una empresa especializada en dar mantenimiento general a calderas llega al Hospital Nacional cada año, es entonces cuando ellos diagnostican el estado de estas válvulas.

Según los técnicos que llegan a darle mantenimiento anual a las calderas, dicen que las válvulas están en buen estado, porque ellos las prueban, levantando la palanca de apertura manual por un instante, y argumentan que la última vez que se cambiaron las válvulas de las dos calderas fue hace 4 años.

#### **2.1.1.8.3. Propuesta de mantenimiento para las válvulas de seguridad**

Válvulas de seguridad

La descarga de las válvulas de seguridad es de suma importancia ya que deberá ser guiada a un lugar seguro, tener libre movimiento y crecer en el diámetro de desfogue. Evite lo más posible que la válvula de seguridad opere, ya que al operar continuamente no sellarán correctamente, produciéndose fugas de vapor costosas.

Por lo anterior, entre menos abran, mayor vida útil del asiento y por consiguiente de la válvula. Contrario a prácticas comunes erróneas, no es aconsejable las pruebas de apertura de las válvulas de seguridad con frecuencia, que únicamente dañarán al asiento de la válvula. Se recomienda la prueba de apertura semestral sin usar su palanca. Su apertura de prueba se deberá lograr subiendo la presión límite del control de presión, momentáneamente, por arriba de la presión de diseño de la caldera, regresando al valor fijo de operación del control de presión, una vez que la válvula de seguridad haya probado su apertura y por lo tanto su correcta operación y su confiabilidad.

Trate de mantener la presión de operación de la caldera lo más lejana posible del punto de ajuste de la válvula de seguridad.

Es recomendable un diferencial mayor o igual al 10% cuando esto sea posible.

Cada 3 meses se tiene que hacer una inspección visual. Si la válvula deja escapar o tiene fugas, se deberá cambiar por otra.

La reparación de una válvula de seguridad debe ser llevada a cabo solamente por el fabricante de la válvula de seguridad.

### 2.1.2. Rutina de mantenimiento a seguir por pieza

A continuación en la tabla VIII se presenta la rutina de mantenimiento a seguir, esta tabla muestra la actividad y la frecuencia por pieza o componente de la caldera.

**VIII. Tabla con la rutina general de mantenimiento a seguir por pieza**

PIEZA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
CONJUNTO DEL QUEMADOR	Limpieza de boquillas	( 30 ) días
	Limpieza del quemador	( 30 ) días
	Ajuste de electrodos	( 30 ) días
	Revisar cable del transformador	( 90 ) días
	Limpieza de fotocelda	( 15 ) días
	Verificar combustión	( 180 ) días
CONTROL DE NIVEL	Verificar cristal de nivel	( 30 ) días
	Ajustar niveles de arranque y paro.	( 30 ) días
	Verificar grifos de prueba	( 15 ) días
	Revisión del flotador	( 30 ) días
	Limpieza interior de columna de nivel	( 30 ) días
BOMBA DE INYECCIÓN DE AGUA	Verificar temperatura de cojinetes	( 180 ) días
	Relubricación de cojinetes	( 180 ) días
	Revisión de los prensa-estopas	( 180 ) días
	Verificar alineación	( 360 ) días
	Revisar caja o cuerpo	( 180 ) días
CUERPO DE LA CALDERA	Limpieza por el lado de agua	( 180 ) días
	Limpieza de conexiones y tubería	( 180 ) días
	Revisión de fluxes	( 180 ) días
	Revisión de material refractario	( 180 ) días

	Lubricar pernos	( 180 ) días
	Cambiar empaques de registros	( 120 ) días
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Limpieza de filtro metálico	( 15 ) días
	Limpieza del filtro de la bomba	( 15 ) días
	Revisar tensión de bandas	( 180 ) días
	Revisar partes internas	( 180 ) días
	Revisar caja o cuerpo	( 180 ) días
SISTEMA DE AIRE	Limpiar malla del ventilador	( 180 ) días
	Verificar alineación del ventilador	( 90 ) días
	Revisar temperatura de baleros	( 180 ) días
	Lubricación del ventilador	( 180 ) días
	Cambiar baleros del ventilador	( 360 ) días
	Limpiar rotor del ventilador	( 180 ) días
	Revisar si hay vibraciones	( 30 ) días
CONTROLES ELÉCTRICOS	Limpieza de contactos	( 180 ) días
	Verificar controlador	( 30 ) días
	Revisar falla de flama	( 15 ) días

## **2.2. Desarrollo de la implementación de la señalización de seguridad**

### **2.2.1. Señalización de seguridad**

#### **2.2.1.1. Descripción de la situación actual en la sala de máquinas**

En la sala de calderas no hay ningún tipo de señalización de seguridad, carecen de extintores, de una ducha de seguridad, guantes, casco, tapones para los oídos, lentes protectores y vestimenta adecuada para trabajar. Realmente es sumamente peligroso que los técnicos del Hospital Nacional trabajen así, corriendo el riesgo de que suceda un accidente. También en la sala de máquinas, donde solo tendría que estar el equipo indispensable, hay muchas cosas no correspondientes a ese lugar, como cajas de cartón llenas de chatarra, botes vacíos, etc. Y estos objetos son obstruccionistas de paso y ocupan un lugar que debería de ser para herramienta y/o simplemente para tener un lugar limpio, ordenado y estético.

#### **2.2.1.2. Implementación de la señalización de seguridad en la sala de máquinas**

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado E.P.S. se hizo la implementación de catorce rótulos de señalización de seguridad, estando ellos dentro de la sala de máquinas y afuera de ella.

Dimensiones:

Doce rótulos de Vinil Adhesivo.

Ancho= 30.5 cm

Alto = 45.5 cm

Dos rótulos de Coroplast.

Ancho= 45.5 cm

Alto = 61.0 cm

Para seleccionar el tipo de señalización de seguridad a implementar, se hizo un análisis de los puntos de mayor relevancia, para que los trabajadores del hospital y cualquier otra persona los visualicen fácil y rápidamente.

Propósitos de la señalización de seguridad

El propósito de la señalización de seguridad junto con la aplicación de los colores que refuerzan su efecto, es dar un aviso o un mensaje de seguridad.

Esta señalización de seguridad puede también usarse para indicar la ubicación de los elementos y equipos particularmente importantes desde el punto de vista de la seguridad.

La señalización de seguridad no eliminan por sí mismo los riesgos, y las instrucciones o advertencias que se dan no sustituyen las medidas adecuadas para la prevención de accidentes.

Una de las finalidades de la señalización de seguridad es atraer rápidamente la atención ante un peligro y facilitar su identificación especificándolo, si es necesario, mediante indicaciones más precisas.

El uso de la señalización de seguridad, tiene como propósito evitar lesiones al personal, daño a la propiedad o ambos.

A continuación se presenta la señalización que se implementó:

En sala de máquinas.

**Figura 44. Atención alta temperatura**

*Manifold del Vapor.*



**Figura 45. Riesgo de incendio**

Tanque secundario de *Bunker*.



**Figura 46. Atención riesgo de electrocución**

Tableros Eléctricos.



**Figura 47. Peligro equipo con tensión**  
Planta Generadora de Energía.



**Figura 49. Ubicación de la salida de emergencia.**



**Figura 49. Ubicación de las salidas.**



Afuera de la sala de máquinas.

**Figura 50. Prohibido hacer fuego y fumar**  
Tanque de gas propano.



**Figura 51. No obstruir el paso**

Entrada de sala de máquinas.



**Figura 52. Solo personal autorizado.**

Entrada de sala de máquinas.



**Figura 53. Prohibido estacionarse.**  
Área de mantenimiento.



**Figura 54. Peligro materiales inflamables**  
Tanques principales de *bunker* y diesel.



**Figura 55. Ducha de emergencia.**



**Figura 56. Departamento de mantenimiento.**



## **3. FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

### **3.1 Objetivo principal**

Proporcionarle a todo el personal de mantenimiento del hospital nacional conceptos básicos de los diferentes tipos de mantenimiento, rutinas a seguir para conservar las calderas y a sus componentes principales en buen estado, hacerles saber que la seguridad industrial en el entorno a su trabajo es sumamente importante, e interpretar los diferentes colores de señalización de seguridad.

### **3.2 Tipos de mantenimiento**

#### **RCM2 Reliability-Centered Maintenance**

(Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)

Es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, luego preguntarse por los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias.

A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias mas adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

Las consecuencias en el RCM2 son clasificadas en cuatro categorías:

Fallas ocultas

Seguridad y medio ambiente

Operacionales

No operacionales

Las estrategias que se prevén son:

Predictivo

Preventivo

Detectivo

Correctivo

Mejorativo

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas, consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

Mantenimiento Correctivo o A la Rotura, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento Mejorado o Rediseños, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

### **3.3 Rutinas de mantenimiento a seguir**

Al personal de mantenimiento del hospital nacional de Chimaltenango, se le hizo entrega de una tabla, que muestra la rutina general de mantenimiento y su frecuencia.

### **3.4. Seguridad industrial en el entorno del trabajo**

Todos somos conscientes de la importancia que en nuestros días ha alcanzado la señalización en la vida urbana y la circulación de todo tipo.

En el mundo laboral se dan situaciones de peligro en las que conviene que el trabajador reciba una determinada información relativa a la seguridad y que denominamos SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD.

#### Utilización de la señalización

Su empleo es complementario de las medidas de seguridad adoptadas, tales como uso de resguardos o dispositivos de seguridad, protecciones personales, salidas de emergencia, etc. Y su puesta en práctica no dispensará, en ningún caso, de la adaptación de las medidas de prevención que correspondan.

#### Clases de señalización

La Señalización, empleada como técnica de Seguridad puede clasificarse en función del sentido por el que se percibe en: Óptica, Acústica, Olfativa y Táctil.

### **3.5 Interpretación de la señalización que se implementó**

Color de seguridad: Propiedad específica al cual se le atribuyo un significado o mensaje de seguridad.

Color de contraste: Color neutral, blanco o negro, usado como contraste en combinación con los colores de seguridad.

Colorimetría: Medida de intensidad de la coloración de las superficies difusas, los líquidos y los cristales coloreados.

Significado y aplicación de los colores de seguridad

### **Color rojo**



Es un color que señala peligro, detención inmediata y obligada.

### **SIGNIFICADO**

#### a) Peligro

- Receptáculos de sustancias inflamables.
- Barricadas
- Luces rojas en barreras (obstrucciones temporales)

#### b) Equipos y aparatos contra incendio

- Extintores
- Rociados automáticos
- Caja de alarma

#### c) Detención

- Señales en el tránsito de vehículo (Pare)
- Barras de parada de emergencia en Máquinas
- Señales en cruces peligrosos
- Botones de detección en interruptores eléctricos

## Color amarillo



Es el color de más alta visibilidad.

### SIGNIFICADO

Se usa como color básico para indicar ATENCION y peligros físicos tales como: caídas, golpes contra tropezones, etc.

### EJEMPLO DE APLICACIÓN

- Equipo y maquinaria (*bulldozer*, tractores, palas mecánicas, retroexcavadoras, etc).
- Equipo de transporte de materiales (grúas, montacargas, camiones).
- Talleres, plantas e instalaciones (barandas, pasamanos, objetos salientes, transportadores).

Alternativas de uso del color amarillo.



Amarillo con franjas negras de 10 cm en ángulo de 45°



Amarillo con cuadros negros

Se utilizan para indicar el riesgo de caídas, atropellamiento, cortadura, golpes o choque contra objetos y obstáculos.

## Color verde



### SIGNIFICADO

Se usa como color básico para indicar SEGURIDAD y la ubicación del equipo de primeros auxilios.

### **EJEMPLO DE APLICACIÓN**

- Tableros y vitrinas de seguridad
- Refugios de seguridad
- Botiquines de primeros auxilios
- Lugares donde se guardan las máscaras de emergencia y equipos de rescate en general.
- Salidas de emergencia, salidas.

Este color se utiliza también como demarcación de pisos y pavimentos en áreas de almacenamiento.

**Color azul**



### **SIGNIFICADO**

Se usa como color básico para designar OBLIGACIÓN y para llamar la atención contra el arranque, uso o el movimiento de equipo en reparación o en el cual se está trabajando.

### **EJEMPLO DE APLICACIÓN**

- Tarjetas candados, puerta de salas de fuerza motriz.
- Elementos eléctricos como interruptores, termostatos, transformadores, etc.
- Calderas
- Válvulas
- Andamios, ascensores
- Uso obligatorio de equipo de protección especial.

Este color se utiliza para advertir el uso obligatorio de equipo de protección personal.



## CONCLUSIONES

1. En general, las calderas del Hospital Nacional de Chimaltenango se encuentran en mal estado, entonces se vio la necesidad de realizar un diagnóstico actual de la maquinaria involucrada en el proceso de la producción de vapor y con ello proponer el mantenimiento preventivo de la misma.
2. Con la realización del mantenimiento preventivo y las rutinas que se deben de seguir, se asegura la mejora continua de la funcionalidad y se alarga más el tiempo de vida de las calderas y de todos sus componentes.
3. Si las calderas funcionan en perfecto estado, si no hay ningún paro inesperado, habrá una economía tanto en la compra de repuestos de emergencia y en el consumo del combustible, y se asegura que la producción de vapor no será interrumpida y los departamentos que lo requieran, no tendrán ningún problema en ese sentido.
4. La sala de máquinas del Hospital Nacional de Chimaltenango, carecía totalmente de señalización de seguridad, pero con la implementación de la misma, se trata de evitar daños a la integridad humana. También es muy necesario aclarar que la señalización de seguridad no elimina por sí mismo los riesgos, y las instrucciones o advertencias que se dan no sustituyen las medidas adecuadas para la prevención de accidentes.



## RECOMENDACIONES

1. El Hospital Nacional de Chimaltenango debe de contratar a una empresa que se especialice en darle tratamiento al agua que se usa en el proceso de la generación de vapor, y seguir sus indicaciones.
2. Que se alimente la caldera con agua suavizada, no permitir que se le introduzca agua cruda. La mayoría de los deterioros de una caldera son consecuencia de no darle tratamiento al agua.
3. Dar tratamiento químico interno al agua de alimentación a las calderas. Además de suavizar el agua, existen elementos tales como acidez, alcalinidad, hidróxidos, fosfatos, sulfitos, nitratos y sílice, los cuales deben mantenerse dentro de rangos permisibles de operación para evitar otro tipo de daños (corrosión, incrustación, fragilización y arrastres, entre otros).
4. Que no existan fugas en las tuberías de vapor y retorno de vapor. En una caldera que opere a  $7 \text{ Kg/cm}^2$ , al abrir una tubería de media pulgada de diámetro, se desperdicia medio kilogramo de vapor por cada segundo que esté abierta, y por cada C.C. tarda en producirlo aproximadamente 133 segundos, lo cual significa que se necesita una caldera de 133 C.C. de potencia para producir el vapor que se desperdicia por esa fuga.

5. Que no exista tubería sin recubrimiento térmico. Como ejemplo, una caldera cuya presión de trabajo es de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ , por cada metro lineal de tubería de media pulgada de diámetro que no tenga recubrimiento, en el lapso de una jornada laboral de 8 horas, se desperdician 0.125 C.C., y de una tubería de 4 pulgadas se desperdician 0.67 C.C. aproximadamente, por lo que la caldera debe de trabajar de más para mantener su potencia, sufriendo mayor desgaste y teniendo un desperdicio de combustible quemado en la línea de media pulgada de casi medio litro.
  
6. Verificar que no se forme hollín en los tubos fluxes. Esto se puede verificar a través de la lectura del termómetro que mide la temperatura de la salida de los gases de combustión por la chimenea. En condiciones normales, no debe exceder de  $83^\circ\text{C}$  de la temperatura de vapor. Una caldera que opere a  $7 \text{ Kg/cm}^2$ , teóricamente producirá vapor a  $165^\circ\text{C}$  de temperatura, por lo que el termómetro de la chimenea marcará  $248^\circ\text{C}$  como máximo permisible; el incremento de temperatura que se detecte dependerá del grado de hollinamiento que tenga. Una capa de hollín que tenga el grueso de su uña significa en forma aproximada una pérdida de eficiencia del 10% y un 3% de combustible no aprovechado; si esa capa es del doble de su uña, significa una pérdida de eficiencia del 25% y un 7.5% de combustible no aprovechado. Esto es consecuencia de una mala combustión y se corrige carburando la caldera perfectamente con laboratorio electrónico, para garantizar resultados.

7. Establecer una bitácora de operación diaria.
  - Presión de la caldera
  - Presión del combustible en la bomba
  - Verificar nivel del agua
  - Temperatura de los gases en la chimenea
  - Efectuar prueba de bajo nivel
  - Hacer análisis químico del agua, de la caldera y de los suavizadores
  - Realizar las purgas de fondo necesarias
  - Reportar dosificación de productos químicos
  
8. Es necesario que se les proporcione a los trabajadores de mantenimiento, protección especial, como por ejemplo:
  - Máscaras o caretas respiratorias, cuando por la índole de la industria o trabajo, no sea posible conseguir una eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.
  - Gafas y pantallas protectoras adecuadas, contra toda clase de proyección de partículas: sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador.
  - Gafas y protectores especiales contra radiaciones luminosas o caloríficas peligrosas, cualquiera que sea su origen.
  - Cascos para toda clase de proyecciones violentas o posible caída de materiales pesados.
  - Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial, para la protección conveniente del cuerpo contra las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general.
  - Trajes o equipos especiales para el trabajo, cuando éste ofrezca marcado peligro para la salud o para la integridad física del trabajador.
  - Cualquier otro elemento, dispositivo o prenda que pueda proteger al trabajador contra los riesgos propios de su trabajo.

9. Que se les proporcione suficiente herramienta para que realicen su trabajo, ya que ellos carecen de toda clase de herramienta.
  
10. Es muy importante que en la sala de máquinas solo este el equipo involucrado en la generación de vapor, y herramienta para la reparación de la misma, que se elimine toda clase de obstrucciones y equipo no apto para ese recinto.
  
11. Contratar a más personal para laborar en el departamento de mantenimiento del hospital, ya que actualmente solo cuentan con cuatro personas, y el encamamiento es de 110. Y un hospital que cuenta con un rango entre 51 y 120 camas tiene que contar con 8 personas en el departamento de mantenimiento:
  - 1 Ing. Jefe de Departamento.
  - 1 Técnico de Equipo médico.
  - 1 Técnico electromecánico.
  - 1 Plomero albañil.
  - 1 Carpintero pintor.
  - 2 auxiliares.
  - 1 secretaria.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene A. y Baumeister, Theodore. **Manual del ingeniero mecánico**, 9ª. Edición, México, Editorial Mcgraw-Hill, 1998.
2. Chiroy Santos, Julio Roberto. Programa de Mantenimiento Preventivo para el Cuarto de Calderas del Hospital Privado de las Américas. Tesis Ing. Mecánico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006, 271 pp.
3. Cleaver-Brooks. **Manual de operación, mantenimiento y repuestos de 125 a 350C.F.** Número de catálogo 750-97.
4. Colmenares de Guzmán, María. **Mantenimiento preventivo y correctivo de las calderas.** Guatemala: s.e., 2000. 142 pp.
5. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE. **Tratamiento de Agua para su utilización en calderas.** [en línea]. [México D.F.]. [Consulta: 02 mayo 2009].  
[www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/6/Tratamiento\\_de\\_agua\\_v1\\_1.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/6/Tratamiento_de_agua_v1_1.pdf)
6. Comité Nacional de Emergencia (CONE) Guatemala, GT; sf. **Normas de señalización, formas, colores y símbolos de seguridad en caso de desastres.** Documento No. 6114, 18 pp.
7. Confederación Empresaria de la Provincia de Alicante COEPA. **Guía para la mejora de la gestión preventiva, señalización de seguridad.** [en línea]. [Alicante, España]. [Consulta: 03 de mayo 2009].  
[www.coepa.es/prevencion/guias/\\_pdf/11\\_senalizacion\\_seguridad.pdf](http://www.coepa.es/prevencion/guias/_pdf/11_senalizacion_seguridad.pdf),

8. Igor J. Karassik y Roy Carter, **Bombas centrifugas, selección, operación y mantenimiento**, Cecsca, 555 pp.
9. Morrow, L. C. **Manual de mantenimiento industrial**. México. Cía. Editorial continental, S.A. de C.V. 572 pp.
10. Rubio Contreras, Miriam Patricia. **La seguridad industrial en nuestro país**. Universidad Rafael Landívar. Boletín electrónico No 02. 7 pp.
11. STORCH de GRACIA, J.M. **Manual de Seguridad Industrial en Plantas. Químicas y Petroleras. Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño**. Madrid, McGrawHill / Interamericana de España, S.A.U., 1998.
12. Subdirección de Conservación de la Subdirección General Médica. **Guía técnica de operación y mantenimiento de generadores de vapor**. México, 33 pp.