

# CALDERAS

**COPYRIGHT © 2002 COMPAÑÍA SURAMERICANA DE SEGUROS S.A.**

La Compañías **SURAMERICANA DE SEGUROS S.A** pone a su disposición este Manual y la información contenida en él, con el propósito de que la utilicen única y exclusivamente para su uso personal. Quedan reservados todos los derechos. Dicho Manual fue adquirido por la Compañía, por la compra que hizo al Instituto de Energía y Termodinámica de la Universidad Pontificia Bolivariana del Primer Seminario de Equipos y Servicios dirigido a la Suscripción de Seguros Generales.

Su contenido es de propiedad de la Compañía **SURAMERICANA DE SEGUROS S.A.**, según los artículos. 4 literal f) y 20 de la ley 23 de 1982. Está prohibida su reproducción total o parcial, su traducción, inclusión, transmisión, almacenamiento o acceso a través de medios analógicos, digitales o de cualquier otro sistema o tecnología creada o por crearse, sin autorización previa y escrita de **la Suramericana**.

La utilización de este Manual se hace bajo la propia y única responsabilidad del USUARIO. La Compañía **SURAMERICANA DE SEGUROS S.A.**, no garantizan que el funcionamiento de esta página estará exento de errores de tipo técnico o de alguna otra clase; no se hacen responsables por posibles daños ocasionados al USUARIO o a terceros por el acceso o la utilización de este Manual y la información contenida en el, o por la imposibilidad de acceso o utilización en determinado momento o por un periodo de tiempo.

Tampoco se hacen responsables por los posibles daños o perjuicios, directos o indirectos que, terceras personas puedan ocasionarle al USUARIO por medio del uso de este Manual.

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>CLASIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>ELEMENTOS DE UNA CALDERA.....</b>	<b>1</b>
1.2.1	CÁMARA DE AGUA.....	1
1.2.2	CÁMARA DE VAPOR. ....	2
<b>1.3</b>	<b>CLASIFICACION DE LAS CALDERAS.....</b>	<b>2</b>
1.3.1	POR LA DISPOSICIÓN DE LOS FLUIDOS.....	2
1.3.2	POR SU CONFIGURACIÓN.....	3
1.3.3	POR EL MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE CALOR DOMINANTE.....	3
1.3.4	POR EL COMBUSTIBLE EMPLEADO .....	3
1.3.5	POR EL TIRO .....	4
1.3.6	POR EL MODO DE GOBERNAR LA OPERACIÓN .....	4
<b>1.4</b>	<b>ELEMENTOS DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA .....</b>	<b>4</b>
1.4.1	FUEGO.....	4
1.4.2	AGUA .....	5
1.4.3	SUPERFICIE DE INTERCAMBIO DE CALOR .....	5
<b>2</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE AGUA (CALDERAS PIROTUBULARES).....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE COMBUSTIBLE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD EN LA ATOMIZACIÓN AIRE-VAPOR....</b>	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD AIRE COMBUSTION .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE CALDERAS MODULADAS .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DEL REGULADOR (DAMPER) DE TIRO FORZADO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.7</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE LLAMA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.8</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE TANQUES DE CONDESADOS.....</b>	<b>7</b>

<b>2.9</b>	<b>CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD EN EL TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE.....</b>	<b>7</b>
<b>2.10</b>	<b>CONTROL PARA SEGURIDAD DE GAS EN CHIMENEA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.11</b>	<b>CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE VAPOR DE LA CALDERA.....</b>	<b>8</b>
<b>2.12</b>	<b>CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD IGNICION A GAS O ACPM.....</b>	<b>8</b>
<b>2.13</b>	<b>VÁLVULAS DE SEGURIDAD .....</b>	<b>8</b>
<b>2.14</b>	<b>PURGAS.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>FALLAS EN CALDERAS.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>FALLAS EN EL ARRANQUE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2</b>	<b>FALLAS EN EL ENCENDIDO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>FALLAS EN LOS MATERIALES.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>PRUEBAS Y MANTENIMIENTO EN CALDERAS .....</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, CAPACIDAD Y RENDIMIENTO EN CALDERAS .</b>	<b>11</b>
<b>4.2</b>	<b>MANTENIMIENTO EN CALDERAS.....</b>	<b>12</b>
4.2.1	MANTENIMIENTO DIARIO .....	12
4.2.2	MANTENIMIENTO MENSUAL.....	12
4.2.3	MANTENIMIENTO SEMESTRAL .....	13
4.2.4	MANTENIMIENTO ANUAL .....	13
<b>5</b>	<b>NORMAS DE DISEÑO.....</b>	<b>13</b>

## **1 GENERALIDADES**

### **1.1 Clasificación**

Las calderas o generadores de vapor son instalaciones industriales que, aplicando el calor de un combustible sólido, líquido o gaseoso, vaporizan o calientan el agua para aplicaciones industriales.

Hasta principios del siglo XIX se usaron calderas para teñir ropas, producir vapor para limpieza, etc., hasta que Papin creó una pequeña caldera llamada "marmita". Se usó vapor para intentar mover la primera máquina homónima, la cual no funcionaba durante mucho tiempo ya que utilizaba vapor húmedo (de baja temperatura) y al calentarse ésta dejaba de producir trabajo útil.

Luego de otras experiencias, James Watt completó una máquina de vapor de funcionamiento continuo, que usó en su propia fábrica.

La máquina elemental de vapor fue inventada por Dionisio Papin en 1769 y desarrollada posteriormente por James Watt en 1776. Inicialmente fueron empleadas como máquinas para accionar bombas de agua de cilindros verticales. Ella fue la impulsora de la revolución industrial, la cual comenzó en ese siglo y continúa en el nuestro.

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

Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros.

### **1.2 Elementos de una caldera**

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

#### **1.2.1 Cámara de agua.**

Recibe este nombre el espacio que ocupa el agua en el interior de la caldera, el nivel de agua se fija en su fabricación, de tal manera que sobrepase en unos 15 cms por lo menos a los tubos o conductos de humo superiores. Con esto, a toda caldera le corresponde una cierta capacidad de agua, lo cual forma la cámara de agua. Según la razón que existe entre la capacidad de la cámara de agua y la superficie de calefacción, se distinguen calderas de gran volumen, mediano y pequeño volumen de agua.

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

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

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

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

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

### 1.2.2 Cámara de vapor.

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

Adicionalmente las calderas tienen dentro de su configuración gran cantidad de elementos en cuanto a operación y control.

Adicionalmente un sistema de generación de vapor tiene

- Válvulas de seguridad
- Válvulas reguladoras de flujo
- Bomba de alimentación
- Tanque de condensados
- Trampas de vapor
- Redes de distribución
- Equipos consumidores
- Sistemas de recuperación de calor

## 1.3 CLASIFICACION DE LAS CALDERAS

### 1.3.1 Por la disposición de los fluidos

Pirotubulares: En este tipo de calderas los gases de combustión circulan por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-300 PSIG.

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.

Acuatubulares: En este tipo de calderas el agua circula por el interior de los tubos y manejan presiones de operación de 0-2200 PSIG.

Ventajas:

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

Inconvenientes:

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

### 1.3.2 Por su configuración

- Vertical
- Horizontal

### 1.3.3 Por el mecanismo de transmisión de calor dominante

- Convección
- Radiación
- Radiación y Convección

### 1.3.4 Por el combustible empleado

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

- Nucleares

### 1.3.5 Por el tiro

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

### 1.3.6 Por el modo de gobernar la operación

- De operación manual
- Semiautomáticos
- Automáticos

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

## **1.4 ELEMENTOS DE FUNCIONAMIENTO DE UNA CALDERA**

Fuego: Debe existir un buen proceso de Combustión.

Agua: Deben existir rigurosos controles de su calidad.

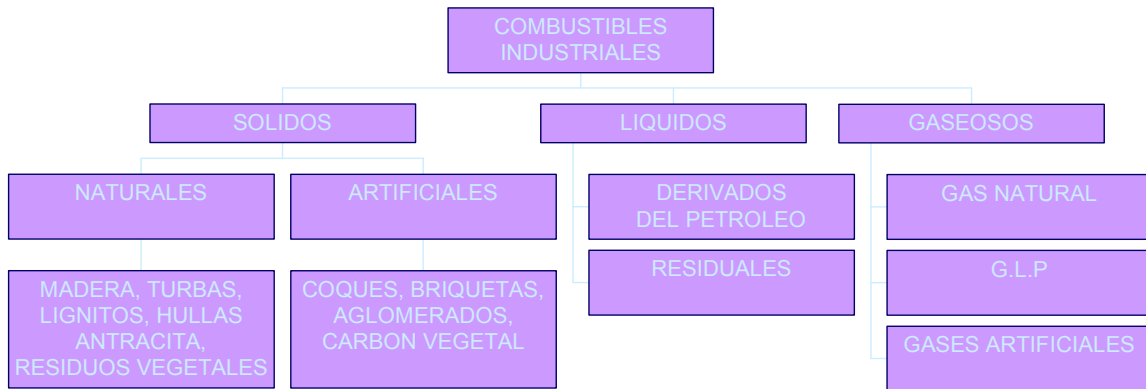
Áreas de Intercambio de Calor: Los tubos y superficies de intercambio deben estar en óptimas condiciones de limpieza.

### 1.4.1 Fuego

El proceso de combustión es de gran importancia en la operación de las calderas, debe ser lo más óptimo posible en cuanto a su consumo y además amigable con el medio ambiente.

Para que se de el proceso de combustión es necesario que exista un combustible, un comburente (aire) y un agente externo que produzca la ignición (chispa), cuando esto ocurre se da una reacción química del combustible con el oxígeno, para producir gases de combustión y liberar energía en forma de trabajo y calor, la cual es aprovechada en las calderas para evaporar el agua.

A continuación se muestran los diferentes tipos de combustibles; algunos de ellos utilizados para la combustión en calderas.



### 1.4.2 Agua

El agua obtenida de ríos, pozos y lagos es denominada agua bruta y no debe utilizarse directamente en una caldera.

El agua para calderas debe ser tratada químicamente mediante procesos de decarbonatación o ablandamiento, o desmineralización total, adicionalmente, según la presión manejada por la caldera, es necesario controlar los sólidos suspendidos, sólidos disueltos, dureza, alcalinidad, sílice, material orgánico, gases disueltos (CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), de no llevarse a cabo este tipo de tratamiento, la caldera sufrirá problemas de incrustaciones, sedimentación, desgaste por material particulado, etc.

### 1.4.3 Superficie de intercambio de calor

La tubería por la que circulan los gases en las calderas piro-tubulares o el agua en las acu-tubulares es fundamental para una eficiente transferencia de calor. De la buena combustión y tratamiento de agua, así como de las características físicas del material de intercambio de calor depende que el flujo de energía de los gases de combustión hacia el agua sea lo más eficiente posible.

## 2 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD

### 2.1 Controles para manejo y seguridad de agua (Calderas piro-tubulares)

a) Control de nivel por flotador.

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

b) Control de nivel (Auxiliar) Warrick.

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

Es importante saber, en caso de detectar el nivel de agua por debajo de la mitad del volumen total, no suministrar agua fría a la caldera porque implotaría por choque térmico brusco.

## **2.2 Controles para manejo y seguridad de combustible**

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

Componen un sistema de manejo de combustible:

- Filtro: Protección de cuerpos extraños.
- Bomba: Mecanismo de transporte.
- Precalentador eléctrico y a gas: Elevar la temperatura del combustible.
- Válvula desaireadora: Sacar el aire en el precalentador eléctrico.
- Válvula termostática: Localizada a la entrada del calentador de vapor, si baja la temperatura del combustible se abre.
- Válvula Reductora: Reduce la presión de vapor de la línea al precalentador según lo requerido por este.
- Trampa: Desalojar los condensados a la salida del precalentador.
- Manómetro y termómetro: Se instalan después del filtro y muestran presión de atomización y temperatura.
- Válvula Modulante: Regula la presión y la cantidad de combustible al quemador principal.
- Válvulas Solenoides: Abren y cierran el flujo de combustible.

## **2.3 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD EN LA ATOMIZACIÓN AIRE-VAPOR**

EL PRESURETROL N.O", Es el dispositivo que controla la existencia de atomización, cerrando o abriendo las válvulas solenoides del sistema de combustión

## **2.4 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD AIRE COMBUSTION**

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



## **2.5 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE CALDERAS MODULADAS**

### **QUE ES UN SISTEMA MODULADO**

Sistema que permite aumentar o disminuir la generación de vapor, variando la cantidad de combustible en el quemador.

Un sistema modulado varía la energía producida por la combustión según la demanda de vapor que los elementos consumidores requieran. Esta modulación debe conservar las proporciones de aire y combustible para lograr una combustión eficiente con bajos niveles de contaminación por residuos.

La secuencia de modulación consiste en:

- Censa presión de vapor.
- Percibida por sensor (Presuretrol).
- Envía señal eléctrica a Motor modulador (Modutrol).
- El modulador (Modutrol) acciona el regulador de aire y la válvula reguladora de combustible mecánicamente.

## **2.6 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DEL REGULADOR (DAMPER) DE TIRO FORZADO**

El damper es manejado mecánicamente por el motor modutrol modulador, garantiza que la caldera no encienda en una posición distinta a bajo fuego, de lo contrario provocaría explosiones en el encendido por exceso de aire y combustible (encendido brusco).

## **2.7 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE LLAMA**

EL CONTROL DE COMBUSTIÓN Permite que se produzca y sostenga la llama. El sistema tiene una secuencia de encendido y operación automática para habilitar o deshabilitar el sistema de combustión, mediante el censo de variables como: existencia de llama, presión de atomización, demanda necesaria, etc.

## **2.8 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE TANQUES DE CONDESADOS**

Para controlar el nivel de fluido en los tanques de condensado se usa válvulas flotador, es aconsejable utilizar controladores de nivel Warrick, electrodos y válvulas solenoides, para incrementar la seguridad.

## **2.9 CONTROLES PARA MANEJO Y SEGURIDAD EN EL TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE**

Se usan como recipiente de calentamiento de fuel oil No.6 para ser manejado fácilmente por la bomba y apresurar la elevación de la temperatura en el precalentador.

Deben estar provistos de:

- Control de nivel
- Control de temperatura
- Bomba de trasiego
- Termómetro
- Resistencia eléctrica
- Venteo
- Drenaje
- Entrada y salida de combustible

## **2.10 CONTROL PARA SEGURIDAD DE GAS EN CHIMENEA**

Es ubicado en algunas calderas un termómetro a la salida de los gases, en cual es enclavado directamente con el quemador para desactivarlo cuando la temperatura supera el set point indicado. Esta elevada temperatura puede originarse por falta de agua, hollinamiento e incrustaciones al lado del agua, etc.

## **2.11 CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD DE VAPOR DE LA CALDERA**

Limita la presión de trabajo, deshabilitando el control de combustión cuando censa la presión establecida.

## **2.12 CONTROL PARA MANEJO Y SEGURIDAD IGNICION A GAS O ACPM**

Lo más importante de este control es el regulador de gas pues debe ser su salida de menos de media libra, de lo contrario estaríamos mandando mucho caudal de gas y habría una posible explosión

## **2.13 VÁLVULAS DE SEGURIDAD**

Se accionan a determinada presión de trabajo, desalojando cierta cantidad de vapor. Debe ser manipulada solo por personal autorizado, y contener los sellos de seguridad luego de manipulada.

## **2.14 PURGAS**

El agua y vapor presente en una caldera esta provisto de sedimentos y material particulado que deben ser evacuados para evitar mal formaciones en la estructura y evitar la falsa toma de señales de presión y temperatura de los diferentes elementos de control y seguridad. Existen purgas de:

Columna de agua. Se hace por lo menos cada turno. Si la cámara de Macdonnell se queda con lodos, el flotador se queda pegado dando una falsa señal de que la caldera tiene agua.

Purga de fondo. Para desalojar los lodos de la caldera en la parte inferior. Si hay sedimentación se generan puntos calientes que agrietan y queman las laminas de la caldera.

Purga continua: Desaloja los lodos que circulan en el agua, las espumas y las grasas. Es continua al mantener la válvula con una proporción de apertura.

### **3 FALLAS EN CALDERAS**

#### **3.1 FALLAS EN EL ARRANQUE**

Características: El quemador y el ventilador no arrancan (Hay enclavamiento eléctrico en las calderas moduladas).

Posibles causas: Bajo nivel de agua, falla del sistema de energía eléctrica, interruptor manual defectuoso en posición off, control de operación o controles de carácter limite defectuosos o descalibrados, voltajes demasiado altos o bajos, control principal de combustión apagado o defectuoso, fusibles defectuosos en el gabinete de la caldera, térmicos del motor del ventilador o del motor del compresor que saltan, contactos o arrancadores eléctricos defectuosos, motores del compresor y/o ventilador defectuosos, mecanismos de modulación de fuego alto y bajo no se encuentran en la posición adecuado de bajo fuego y fallo en el fluido eléctrico.

#### **3.2 FALLAS EN EL ENCENDIDO**

Características: Ventilador y Quemador arrancan pero no hay llama principal

a) No hay ignición

Posible causa: Falla de chispa, hay chispa pero no hay llama piloto, válvula solenoide a gas defectuosa, interruptor bajo fuego abierto.

b) Hay llama piloto, pero no hay llama principal

Posibles causas: Llama piloto inadecuada, falla en el sistema de detección de llama, falla en el suministro principal de combustible, programador ineficaz.

c) Hay llama de bajo fuego, pero no de alto fuego.

Posibles causas: Baja temperatura de combustible, presión inadecuadas de la bomba, motor modutrol deficiente, Articulación suelta o pegada

d) Falla de llama principal durante el arranque

Posibles causas: Ajuste defectuoso de aire combustible, control de combustión o programador defectuoso.

e) Falla de llama durante la operación

Posibles causas: Combustible pobre e inadecuado, fotocelda deficiente, circuito limite abierto, interruptor automático no funciona correctamente, motores ocasionan sobrecargas, control de combustión o programador defectuosos, calibración de quemador incorrecta, dispositivos de interconexión defectuosos o ineficaces, condiciones de bajo nivel de agua, falla en el suministro de energía eléctrica, proporción aire combustible

f) No funciona el motor modutrol

Características: No hay movimiento del modulador (modutrol) a las palancas que regulan el damper.

Posibles causas: Interruptor alto y bajo fuego en posición inadecuada, sistema de palancas pegadas, motor no se mueve a lato fuego durante la prepurga porque están sucios o abiertos los contactos del control de combustión, modutrol no va a bajo fuego porque los contactos no se abren, el motor es ineficaz (conexión eléctrica suelta, transformador del motor esta defectuoso).

### **3.3 FALLAS EN LOS MATERIALES**

a) Por corrosión

Proceso de acción erosiva ejercida sobre la superficie interna de la caldera por la acción mecanica de materiales sólidos, abrasivos, transportados por el agua o los gases en circulación. La corrosión tambien se presenta por oxidación.

b) Por Sobre calentamiento

Cuando los materiales de fabricación de la caldera son expuestos a altas temperaturas se presentan fallas de diferentes tipos dependiendo de las causas que la generan.

c) Soldadura y construcción

El conjunto de partes soldadas no debe ser poroso ni tener inclusiones no metálicas significativas, debe formar contornos superficiales que fluyan suavemente con la sección que se está uniendo y no tener esfuerzos residuales significativos por el proceso de soldadura.

d) Implosión y explosión

Las explosiones en calderas suelen ocurrir cuando la presión a la que esta operando la caldera supera la presión para la cual fue diseñada. Generalmente esto ocurre cuando algunos de los sistemas de alarma o control estan descalibrados, dañados o no funcionan.

Las implosiones en calderas ocurren generalmente cuando el flujo de agua de entrada para producir vapor no ingresa al equipo, ocasionando un sobrecalentamiento excesivo y el colapso del material.



ref. (Guía Analco para el análisis de fallas en calderas)

## **4 PRUEBAS Y MANTENIMIENTO EN CALDERAS**

### **4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO, CAPACIDAD Y RENDIMIENTO EN CALDERAS**

Cuando se opera con calderas y en especial cuando estas son adquiridas por primera vez, es necesario realizar ciertas pruebas que garantizan la correcta operación de la caldera según las especificaciones dadas por el proveedor. Entre ellas se destacan:

- a) Inspecciones de fabricación y pruebas de comportamiento en fábrica: Consiste en la verificación de materiales especificados. Inspecciones radiográficas, ultrasonido, partículas magnéticas Balanceo estático y dinámico de rotores.
- b) Pruebas durante el montaje e instalación de los equipos. Consiste en la verificación de correcta instalación del equipo, apropiada ubicación, nivelación, alineamiento, soportes y utilización de métodos y procedimientos de montaje aceptables, calificación de soldadores y ejecución de inspecciones radiográficas, Limpieza de tuberías y equipos, Funcionamiento de controles y alarmas.
- c) Pruebas de funcionamiento previas a la recepción por el cliente. Adelantadas por el contratista antes de la puesta en operación de la instalación.

El cliente debe exigir pruebas de: Capacidad individual de cada equipo o sistema, correcto funcionamiento de protecciones, controles y alarmas, correcto funcionamiento de uxiliares y accesorios de cada equipo. Es importante que el cliente compare estos resultados con los especificados en el contrato

d) Pruebas de capacidad y eficiencia garantizadas por el cliente.

El objetivo es demostrar al cliente el cumplimiento de las garantías del contrato relacionados con la capacidad de producción de vapor y rendimiento de la unidad, así como su eficiencia.

## 4.2 MANTENIMIENTO EN CALDERAS

Desarrollar un programa de mantenimiento permite que la caldera funcione con un mínimo de paradas en producción, minimiza costos de operación y permite un seguro funcionamiento.

El mantenimiento en calderas puede ser de tres tipos:

- Correctivo   ↳ Corregir
- Preventivo   ↳ Prevenir
- Predictivo   ↳ Predecir

El mantenimiento en calderas debe ser una actividad rutinaria, muy bien controlada en el tiempo. Es por ellos que se recomiendan las siguientes actividades a corto, media y largo plazo.

### 4.2.1 Mantenimiento diario

- 1) Ciclo de funcionamiento del quemador.
- 2) Control de la bomba de alimentación.
- 3) Ubicación de todos los protectores de seguridad.
- 4) Control rígido de las purgas.
- 5) Purga diaria de columna de agua.
- 6) Procedimiento en caso de falla de suministro.
- 7) Tipo de frecuencia de lubricación de suministro de motores y rodamientos.
- 8) Limpieza de la boquilla del quemador y del electrodo de encendido (si es posible).
- 9) Verificación de la temperatura de agua de alimentación.
- 10) Verificación de limpieza de mallas a la entrada del aire al ventilador, filtro de aire en el compresor, filtros de combustible, área de la caldera y sus controles.
- 11) Precauciones al dejar la caldera fuera de servicio, en las noches o fines de semana.
- 12) Verificación de combustión.
- 13) Verificación de presión, producción de vapor y consumo de combustible .

### 4.2.2 Mantenimiento mensual

- 1) Limpieza de polvo en controles eléctricos y revisión de contactos.
- 2) Limpieza de filtros de las líneas de combustible, aire y vapor.
- 3) Mantenimiento a todo el sistema de agua: filtros, tanques, válvulas, bomba, etc..
- 4) Engrasar motores.
- 5) Desmonte y limpieza del sistema de combustión.
- 6) Verificar estado de la cámara de combustión y refractarios.
- 7) Verificar estado de trampas de vapor.
- 8) Limpieza cuidadosa de columna de agua.

- 9) Verificar acoples y motores.
- 10) Verificar asientos de válvulas y grifos.
- 11) Verificar bloqueos de protección en el programador.
- 12) Dependiendo del combustible incluir limpieza del sistema de circulación de gases.

#### 4.2.3 Mantenimiento semestral

Se incluye el programa mensual, adicionando:

- 1) Lavado interior al lado del agua, removiendo incrustaciones y sedimentos.
- 2) Verificar si hay indicios de corrosión, picadura o incrustación al lado del agua. Análisis periódico del agua.
- 3) Utilizar empaques nuevos en tapas de inspección de mano y hombre.
- 4) Cambiar correas de motor si es necesario. Revisar su tensión.
- 5) Limpiar los tubos del lado de fuego, pues el hollín es un aislante térmico.
- 6) Verificar hermeticidad de las tapas de inspección al llenar la caldera.
- 7) Verificar el funcionamiento de las válvulas de seguridad.

#### 4.2.4 Mantenimiento anual

Se incluye el programa semestral, adicionando:

- 1) Cambio de empaques de la bomba de alimentación si es necesario.
- 2) Mantenimiento de motores en un taller especializado. Desarme total con limpieza y prueba de aislamientos y bobinas.
- 3) De acuerdo a un análisis del agua y las condiciones superficiales internas de la caldera, se determina si es necesario realizar una limpieza química de la caldera.

## 5 NORMAS DE DISEÑO

En los años 20, no existía ningún criterio a la hora de diseñar calderas y recipientes a presión. Ocurrian explosiones por causas desconocidas. Fue entonces cuando en esta misma decada la American Society of the Metal and Electricity (ASME) comenzó a crear códigos para utilizar en el diseño y control de los recipientes que fuesen a trabajar a presión.

La ASME VIII Div. 1, Es la parte encargada de diseño, tiene distintas partes que comprenden cálculo de espesores, cálculo de aberturas, conexiones, etc.

Esta norma para diseño de calderas y recipientes a presión es utilizada a nivel mundial, aunque existe otros normas como: Norma alemana (AD-Merkblätter), Diseño de calderas según normativa española UNE 9-300.

Es necesario verificar que la empresa oferente de este tipo de equipos este certificada en cuanto a calidad, lo que implica que dicho fabricante usa alguna de estas normas para la fabricación y montaje.