

Operadores de Calderas Industriales

MUTUAL
0075
c.l

GERENCIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
DEPTO. DE CAPACITACIÓN



MUTUAL

0075

C.I.

Operadores de Calderas Industriales

GERENCIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
DEPTO. DE CAPACITACIÓN

SEGURIDAD LABORAL
PREVENCIÓN DE RIESGOS
ACCIDENTES DEL TRABAJO



- 3133 -

CAMARA CHILENA DE
LA CONSTRUCCION
Centro Documentación

1751 NFN

1.- Nociones generales sobre el vapor, temperatura, calor y presión.

1.1 Nociones generales sobre el vapor.-

Antes de referirnos a los generadores de vapor o calderas como comúnmente se les llama, es básico que el operador recuerde los fundamentos del proceso físico de la generación del vapor.

El vapor es usado en la industria por lo conveniente y económico para el transporte de energía y calor. La energía del combustible es traspasada por el proceso de combustión al agua, vaporizándola. El vapor producido es llevado a los puntos de consumo para utilizar, ya sea, su fuerza, su cantidad de calor o su temperatura.

El proceso de vaporización o sea el paso del agua de la fase líquida a la fase de vapor se puede efectuar por evaporación y por ebullición. La evaporación es el proceso por el cual el agua pasa al estado de vapor a la temperatura ambiente, es un fenómeno que se desarrolla sólo en la superficie libre del líquido, es más lento que la ebullición, efectuándose a temperaturas más bajas que ésta y sin turbulencia visible de su masa. Toda evaporación produce un enfriamiento del líquido y para que el proceso continúe una vez iniciado, es necesario que siga recibiendo calor para compensar el que ha perdido.

El agua se evapora lentamente en el aire, algunos otros líquidos se evaporan rápidamente, éstos son los llamados volátiles (alcohol, éter, bencina). Otros no se evaporan o lo hacen con mucha dificultad, a estos últimos los llaman fijos (aceites). A mayor temperatura el proceso de evaporación aumenta.

La evaporación tiene mucha aplicación en procesos industriales como es el caso de la concentración de soluciones y para producir bajas temperaturas.

La ebullición es el proceso por el cual el agua pasa del estado o fase líquida al de vapor por la adición de calor, tiene lugar en toda la masa de manera rápida y turbulenta en forma de burbujas que la agitan. Este fenómeno se efectúa a una determinada temperatura que es característica para cada líquido, y en el caso del agua la ebullición tiene lugar a 100°C de temperatura, siempre que sea a nivel del mar, y en un depósito abierto a la atmósfera.

Cuando el agua entra en el proceso de ebullición, su temperatura se mantendrá constante, y no subirá por ningún motivo al aumentar la fuente de calor. Sólo se conseguirá una ebullición más violenta o tumultosa de la masa, pero su temperatura se mantendrá constante.

A medida que se asciende en altura sobre el nivel del mar, el punto de ebullición del agua baja, porque la presión atmosférica disminuye, en estos casos el agua hierve a una temperatura menor de 100°C .

Si en vez de efectuar el calentamiento en un depósito abierto a la atmósfera, lo hacemos en un depósito cerrado donde el vapor producido por el proceso de ebullición no puede escapar al exterior, la temperatura y la presión subirán con la formación de vapor adicional. Mientras más tiempo dure la aplicación de calor, la temperatura y la presión continuarán subiendo, hasta que el agua y el vapor alcancen aproximadamente la temperatura de la fuente de calor, (ollas a presión, marmitas, calderas).

Factores que influyen en el punto de ebullición

- a) La presión exterior.- Si hacemos hervir un mismo líquido en recipiente colocado en el interior de una campana de vacío, puede observarse que al bajar gradualmente la presión, desciende en igual forma el punto de ebullición del líquido. Lo contrario sucede si aumentamos la presión.
- b) La profundidad del líquido.- La presión hidrostática se suma a la atmosférica retardando la ebullición, o sea elevando su punto de ebullición.
- c) Los gases disueltos en el líquido.- El aire o cualquier otro gas disuelto en el líquido acelera el proceso de ebullición, por lo cual, a mayor cantidad de gas disuelto, más bajo punto de ebullición.
- d) Las sales en disolución.- Retardan el proceso, por lo cual hacen subir el punto de ebullición.

De lo anterior se desprende que el punto de ebullición de un líquido puro y de poca profundidad, sólo depende de su naturaleza y de la presión que soporta su superficie libre.

Condensación del vapor de agua.- Si le quitamos el calor al agua que se encuentra en ebullición, el vapor se enfría, se condensa y vuelve a su estado líquido primitivo. El calor desprendido por el vapor de agua al condensarse tiene una importante aplicación en los procesos de calefacción, ello es posible porque el agua tiene uno de los más altos calores específicos y a la vez uno de los calores de condensación más elevados, el que entrega al condensarse.

1.2 Composición del vapor y clases de vapor que produce una caldera.-

El vapor está compuesto de los mismos elementos que el agua, o sea hidrógeno y oxígeno. Cuando está seco no tiene olor, ni sabor. Al entrar en contacto con el aire toma un color blanco debido a la formación de gotas de agua de condensación.

Toda caldera produce vapor saturado, entendiéndose por tal el que se encuentra en contacto con el líquido a evaporar sin sobrepasar la temperatura de evaporación. Por otra parte una caldera puede producir vapor saturado seco o vapor saturado húmedo, en el primer caso el vapor producido está exento completamente de partículas de agua sin vaporizar y en el segundo puede llevarlas en suspensión.

La posibilidad que una caldera produzca vapor saturado seco o vapor saturado húmedo, depende del tipo de caldera, del volumen de su cámara de vapor, de la mayor o menor distancia que existe entre el nivel de agua y la salida de vapor, de la velocidad de circulación, presión de trabajo, etc.. El vapor saturado que se usa en instalaciones de calefacción o en procesos industriales en general no requieren de un alto grado de purificación. Un vapor de 97% de calidad 3% de humedad es adecuado para cualquier uso y es posible obtenerlo con separadores de tipo primario o por gravedad.

Vapor recalentado.

Ninguna caldera produce directamente en su cámara de vapor, vapor recalentado. El recalentamiento es un proceso posterior a que se somete el vapor saturado de la caldera haciéndolo pasar por serpentines de poco diámetro y sometándolo a recalentamiento. A través de este proceso se termina de secar el vapor y se le aumenta su temperatura sin aumentar su presión. El vapor recalentado se usa en

algunos procesos industriales y es básico para mover las turbinas en plantas termoeléctricas, ya que la energía calórica se traduce en movimiento mecánico y éste será más efectivo a mayor temperatura del vapor. Además se logran temperaturas de vapor que no sería posible alcanzar directamente en la cámara de vapor porque sobrepasaría con creces las presiones de diseño de las calderas.

1.3 Temperatura y su medición.

La temperatura se define como "La medida del nivel de actividad molecular que tiene un cuerpo". Se dice que un cuerpo está caliente cuando tiene una temperatura alta y está frío cuando su temperatura es baja, no interviniendo su tamaño ni cantidad de masa, sino sólo la medida de su energía interna o su actividad molecular. Una esfera de fierro de 10 cm. de diámetro y otra de 1 cm. de diámetro pueden tener exactamente una misma temperatura, pero la esfera de mayor diámetro poseerá mayor cantidad de calor.

Para medir la temperatura se usan las escalas termométricas, siendo las más usadas la escala centígrado o Celsius en el sistema métrico ($^{\circ}\text{C}$) y la escala Fahrenheit en el sistema inglés ($^{\circ}\text{F}$).

$$\frac{100}{180} = \frac{100 - 32}{F - 32}$$

$$100 = \frac{180}{100} (F - 32)$$

$$100 = 1.8 (F - 32)$$

	212	672		100	373
	32	492		0	273
	0	460		- 17,8	255,2
	Fahrenheit (°F)	Fahrenheit abs. Rankine (°R)		Centígrado (°C)	Centígrado abs. Kelvin (°K)
Cero abs.	459	70		- 273,2	0
	(-460)				

Escalas Termométricas

De acuerdo a la figura es posible establecer una equivalencia entre ambas escalas:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{(^{\circ}\text{F} - 32)}{180}$$

Entonces tenemos:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1,8}$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{C} + 32) = 1,8 ^{\circ}\text{C} + 32$$

°C absolutos = °C + 273 = K (grados Kelvin °K)

°F absolutos = °F + 460 = R (grados Rankine °R)

La temperatura absoluta es la que se mide a partir del cero absoluto. Nunca se ha alcanzado este último punto, la temperatura más baja a que se ha llegado está alrededor de $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La temperatura se expresa en grados y se mide en sus valores bajos con termómetros y en valores altos con pirómetros.

En los termómetros se utiliza mercurio o alcohol, pero ambos tienen ventajas y desventajas. Es así como el mercurio se solidifica a baja temperatura ($-39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero hierve a alta temperatura (357°C). El alcohol se solidifica a ($-130,5^{\circ}\text{C}$), pero hierve a baja temperatura (78°C).

Los pirómetros generalmente son del tipo de cuplas térmicas en los cuales existen fajas de metales diferentes unidos y en contacto cerrado los que son conectados por conductores eléctricos o un galvanómetro. La diferencia de potencial eléctrico generado en metales diferentes por calentamiento se traduce en una indicación en las graduaciones de un dial que puede expresar la temperatura ya sea en $^{\circ}\text{C}$ o en $^{\circ}\text{F}$. El instrumento se puede usar a distancia, colocando la termocupla en el lugar de medición y unida por cables al instrumento que se puede ubicar en un panel central de control.

Ejercicios:

1. Expresa la temperatura de 100°F en $^{\circ}\text{C}$.

Resp. = $37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

2. Expresa la temperatura de 60°C en $^{\circ}\text{F}$.

Resp. = $140\text{ }^{\circ}\text{F}$

3. Expresa la temperatura de 100°F en $^{\circ}\text{R}$.

Resp. = $560\text{ }^{\circ}\text{R}$

4. Expresa la temperatura de 60°C en $^{\circ}\text{K}$.

Resp. = $333\text{ }^{\circ}\text{K}$

1.4 Calor y equivalencias

El calor es una forma de energía que se manifiesta aumentando la temperatura de los cuerpos, dilatándolos y llegando a fundir los sólidos y evaporar los líquidos.

La cantidad de calor depende de la masa de los cuerpos. Dos cuerpos de la misma composición pueden tener la misma temperatura, pero tendrá más calor el que tenga más masa.

Para medir el calor se necesita de una unidad, en el sistema métrico se usa la caloría Cal. que se define diciendo que es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de 1 litro o kilo de agua.

En el sistema inglés se usa el B.T.U. (British Thermal Unit) y se define diciendo que es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°F, la temperatura de 1 libra de agua.

En resumen: La caloría y el B.T.U. son las unidades en que se expresa el calor en el sistema métrico e inglés respectivamente.

<u>Equivalencias:</u>	1 Kg	=	1000	gramos
	1 libra	=	453,6	gramos
	1 Kg	=	2,2046	libras
	1°C	=	1,8	°F
	1 Cal	=	2,2046 x 1,8	= 3,968 B.T.U.
	1 B.T.U.	=	0,252	calorías

Calor sensible, calor latente y calor total de vaporización.

Calor sensible, es la cantidad de calor necesaria para calentar 1 kilo de agua desde 0 a 100 °C.

Calor latente, es la cantidad de calor necesaria para transformar 1 kg. de agua a 100 °C en vapor a 100 °C. Esta cantidad de calor corresponde a 540 calorías.

Calor total de vaporización, es la cantidad de calor necesaria para transformar 1 kg. de agua de 0 °C en vapor a 100 °C, o sea es la suma del calor sensible más el calor latente.

El calor total de vaporización y la temperatura del vapor aumentan muy poco con el aumento de la presión.

<u>Presión absoluta</u>	<u>Calor total de vaporización</u>	<u>Temperatura del vapor</u>
<u>Kg/cm²</u>	<u>Calorías</u>	<u>°C</u>
2	646	120
4	653	143
6	657	158

Ejercicios:

1. Calcular la cantidad de calor necesaria para calentar 1 m³ de agua desde 15 °C hasta 80°C.

Respuesta:

1 m³ = 1.000 litros de agua

80° - 15° = 65 °C elevación de temperatura para calentar 1 litro de agua en 1 °C se necesita 1 caloría.

Para calentar 1 litro de agua en 65 °C se necesitan 65 calorías.

Para calentar 1.000 litros de agua en 65 °C se necesitan 65.000 calorías.

2.- Calcular la cantidad de calor necesario para evaporar 100 litros de agua, encontrándose el agua a 0 °C.

Desarrollo:

Calor sensible para calentar el agua de 0 °C a 100 °C.

Para calentar 1 litro de agua en 1 °C se necesita 1 Caloría.

Para calentar 1 litro de agua en 100 °C se necesitan 100 calorías.

Para calentar 100 litros de agua en 100 °C se necesitan 10,000 Calorías.

Calor sensible: 10.000 calorías.

Calor latente para transformar los 100 kilos de agua a 100 °C en vapor a 100 °C.

Para evaporar 1 litro de agua a 100 °C en vapor a 100 °C se necesitan 540 calorías.

Para evaporar 100 litros de agua a 100 °C en vapor a 100 °C se necesitan 54.000 Calorías.

Calor latente: 54.000 Calorías.

Calor total necesario para evaporar los 100 litros de agua desde 0 °C:

Respuesta: 10.000 Calorías + 54.000 Calorías = 64.000 Calorías.

TRANSMISION DEL CALOR

El calor se transmite de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura mediante tres formas: Conducción, Convección y Radiación.

Conducción: Es la forma en que se transmite el calor en los cuerpos sólidos, y se propaga a través del movimiento vibratorio de las moléculas de los cuerpos. Si colocamos el extremo

de un metal en una fragua caliente, el calor lo sentiremos en el otro extremo porque se ha transmitido por conducción a lo largo de la barra. La rapidez de la propagación varía según la naturaleza del cuerpo, los buenos conductores son aquellos en que la conducción es rápida, y los malos aquellos en que ésta es lenta.

Los mejores conductores del calor son los metales, las sustancias orgánicas y el agua son malos conductores del calor.

Convección: Es la transmisión del calor por el movimiento de la sustancia misma, y es la forma en que se propaga el calor en los líquidos y gases. Por ejemplo, cuando calentamos el fondo y lados de una vasija que contiene agua, disminuye la densidad de las capas de líquido más cercanas al foco de calor produciéndose un movimiento ascensional del agua más caliente y bajan las capas superiores más frías y por lo tanto más densas. De esta manera se produce una circulación continua que tiende a igualar la temperatura de toda la masa, poniendo en contacto las partes más frías con las más calientes.

El calentamiento del aire y de los gases también se transmite por convección, ya que al calentarse se hacen más ligeros o livianos al disminuir su densidad y adquieren un movimiento ascensional desplazando el aire más frío que baja por su mayor peso y al calentarse vuelve a subir generando movimientos llamados corrientes convectivas, que tienden a subir y bajar continuamente hasta que la temperatura se normaliza en el ambiente. A través de la convección se produce el tiraje natural en las calderas y la calefacción por radiadores.

Radiación: Es la transmisión del calor de un cuerpo caliente a uno más frío a través del espacio, sin necesidad de un medio material que lo conduzca o transporte. Un ejemplo típico de transmisión por radiación es el del sol que a través de la enorme distancia que lo separa de la tierra la calienta

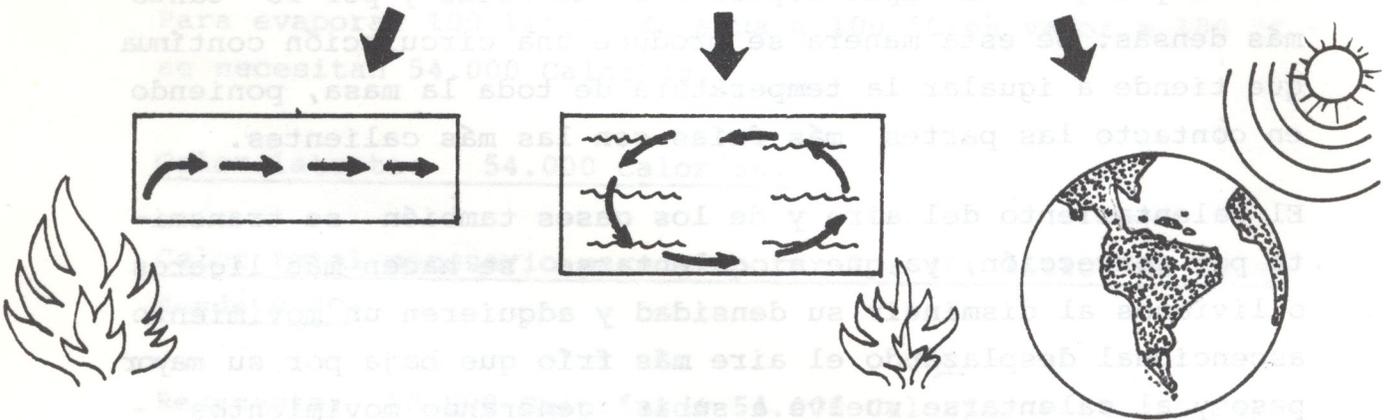
sin que haya contacto de ningún tipo entre ambos planetas.

Una persona colocada a cierta distancia del fuego experimentará una sensación de calor que no se debe a la temperatura del aire, ya que cesa inmediatamente si se interpone una pantalla, lo cual no sucedería, si el ambiente tuviese una temperatura elevada. Lo mismo sucede cuando se interponen las nubes al paso del sol, disminuyendo inmediatamente la temperatura. El calor radiante se propaga en línea recta y en todas direcciones alrededor del foco de calor y se transmite en el vacío lo mismo que en el aire

CONDUCCION

CONVECCION

RADIACION



1.5. Presión, unidades y equivalencias.

Presión es el efecto que produce una fuerza sobre una superficie. En las calderas la presión se mide corrientemente con un instrumento o accesorio llamado manómetro, el que puede indicar la presión en distintas unidades.

En el sistema métrico la fuerza se mide en kilos y la superficie en cm^2 , obteniéndose la unidad de presión kg/cm^2 . En el sistema inglés la fuerza se mide en libras y la superficie en pulgadas cuadradas, obteniéndose la unidad de presión Lbs/pulg.^2 .

La presión se mide algunas veces en función de la presión atmosférica normal, que es la presión equivalente a la ejercida por una columna de mercurio de 760 mm. de altura, a la temperatura de 0°C , a nivel del mar y a 45° de latitud.

Los manómetros miden presiones relativas efectivas o manométricas, si a la presión manométrica le sumamos la presión atmosférica, tendremos la presión absoluta.

Algunas veces las presiones se miden en milímetros de mercurio, centímetros y metros de agua.

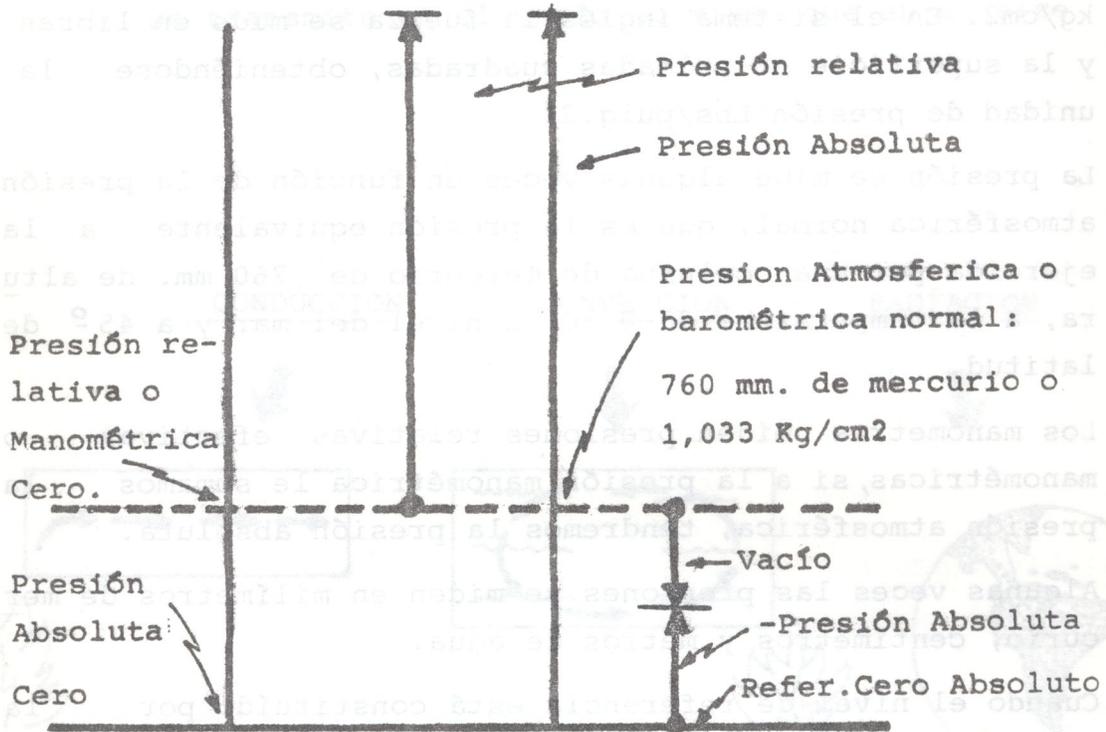
Cuando el nivel de referencia está constituido por la presión atmosférica, el vacío se mide por la disminución de presión por debajo de la atmosférica.

Ejemplo: Un vacío de 500 mm. de mercurio, cuando la presión barométrica es de 760 mm. significa que la presión absoluta vale $760 - 500 = 260$ mm.

Los instrumentos que miden la presión atmosférica se llaman barómetros.

Para medir presiones bajas se utilizan corrientemente tubos "U" llenos de mercurio, agua o petróleo.

Todos los aparatos destinados a medir presiones deben - comprobarse periódicamente para que sus indicaciones sean seguras. El desajuste se produce por vibraciones, sobrepresiones o por trabajar a temperatura demasiado elevada, pudiendo causar una deformación permanente de los muelles. La mayoría de los manómetros, se pueden comprobar rápidamente comparando sus indicaciones con las de otro manómetro patrón.



Representación gráfica de las presiones absolutas, relativa y del vacío.

Equivalencias.-

Para cálculos de precisión o laboratorio se utiliza la atmósfera física cuya equivalencia es la siguiente:

1 atm = 1,033 kg/cm² = 14,7 Lbs/pulg² = 10,33 mts.
columna de agua.

Para el caso de las calderas utilizamos la atmósfera
técnica o métrica, cuyas equivalencias son:

1 atm = 1 Kg/cm² = 14,3 Lbs/pulg² = 10 mts. columna
de agua.

Ejercicios:

1).- Supongamos que tenemos un manómetro que indica
4 Kg/cm². ¿ A cuántas libras por pulgada cua -
drada corresponden?

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 14,3 \text{ Lbs/pulg}^2.$$

$$4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ corresponderán a: } 4 \times 14,3 = 57,2 \text{ Lbs/pulg}^2.$$

2).- ¿ A cuántos kg/cm² corresponde una presión de
80 Lbs/pulg²?

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 14,3 \text{ Lbs/pulg}^2.$$

$$\frac{80}{14,3} = 5,59 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ Lb/pulg}^2 = 0,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$80 \times 0,07 = 5,6 \text{ kg/cm}^2.$$

3).- ¿ A cuántas Lbs/pulg². corresponden una presión
de 40 metros de columna de agua?

$$10 \text{ mts. columna de agua} = 14,3 \text{ Lbs/pulg}^2.$$

40 mts. corresponden a :

$$\frac{40 \times 14,3}{10} = 4 \times 14,3 = 57,2 \text{ Lbs/pulg}^2$$

10

CLASIFICACION GENERAL DE LAS CALDERAS

Las múltiples aplicaciones que tienen las calderas industriales, las condiciones variadas de trabajo y las innumerables exigencias de orden técnico y práctico que deben cumplir para que ofrezcan el máximo de garantías en cuanto a solidez, seguridad en su manejo, durabilidad y economía en su funcionamiento, ha obligado a los fabricantes de estos equipos a un perfeccionamiento constante a fin de encarar los problemas cuyas soluciones han originado los varios tipos existentes y que será necesario agrupar según sus características más importantes.

La clasificación general de las calderas de acuerdo al mayor uso en nuestro país sería la siguiente:

1) Atendiendo a su posición:

- a) Horizontales
- b) Verticales

2) Atendiendo a su instalación:

- a) Fija o estacionaria
- b) Móviles o portátiles

3) Atendiendo a la ubicación del Hogar:

- a) De Hogar exterior (típica la cilíndrica sencilla)
- b) De Hogar interior (por ejemplo: Escocesas)

4) Atendiendo a la circulación de los gases:

- a) Recorrido en un sentido
- b) Con retorno simple (típica: caldera marina)
- c) Con retorno doble (algunas escocesas)

- 5) Con respecto a su forma de calefacción:
- a) Cilíndrica sencilla de hogar exterior
 - b) Con un tubo hogar (liso o corrugado)
 - c) Con dos tubos hogares (lisos o corrugados)
 - d) Con tubos Galloway (calderas horizontales o verticales)
 - e) Con tubos múltiples de humo (Ignotubulares). Los tubos pueden ser horizontales, inclinados o verticales.
 - f) Con tubos múltiples de agua (Acuotubulares)
 - g) Con tubos múltiples de agua y múltiples de humo (combinados o mixtas).
- 6) De acuerdo a la presión del vapor que producen:
- a) De Baja Presión (hasta $2,0 \text{ kg/cm}^2$)
 - b) De Mediana Presión (sobre $2,0 \text{ Kg/cm}^2$ hasta 10Kg/cm^2)
 - c) De Alta Presión (más de 10 kg/cm^2).
- 7) Con respecto al volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción:
- a) De gran volumen de agua (más de 150 lt de agua por m^2 de superficie de calefacción)
 - b) De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 lt de agua por m^2 de superficie de calefacción)
 - c) De pequeño volumen de agua (menos de 70 lt de agua por m^2 de superficie de calefacción)

EVOLUCION DE LAS CALDERAS.- Los primeros tipos de calderas que se utilizaron eran de Hogar exterior y solamente podían trabajar a presiones muy bajas, a causa de su forma y calidades deficientes de los materiales utilizados.

Posteriormente se observó la necesidad de disminuir el costo de funcionamiento de las calderas y a la cilíndrica sencilla se le

aumentó el rendimiento instalándoles tubos hogares (nace la caldera de hogar interior). Además la experiencia señaló la conveniencia de obtener mayores presiones de trabajo, lo cual se tradujo en variaciones de las formas de las calderas.

Con el propósito de aumentar la superficie de calefacción de las calderas (sin aumentar su tamaño) se dividió esta superficie en pequeñas porciones, insertando tubos de pequeño diámetro por cuyo interior circulaban los gases provenientes del sistema de combustión. Estas constituyen, hoy día, las calderas denominadas de tubos múltiples de humo (Ignotubulares).

Finalmente, debido al desarrollo industrial, se fabricaron las calderas acuotubulares, en las cuales por el interior de los tubos pasa agua o vapor, y los gases calientes se hallan en contacto con la superficie externa. Estas calderas son, generalmente, de alta presión. En la actualidad se encuentran trabajando calderas de este tipo a presiones relativas de 164 kg/cm^2 llegando en algunos casos especiales a 315 kg/cm^2 .

ALGUNOS TIPOS DE CALDERAS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA

Caldera Cilíndrica Sencilla: Aún es posible encontrar hoy día trabajando este tipo de calderas, que se caracterizan por pertenecer al grupo de calderas de gran volumen de agua, de baja o mediana presión, y de Hogar exterior. Se le emplea principalmente cuando se requiere gran cantidad de vapor al iniciar el consumo.

Consiste esencialmente en un cilindro de unos 2 mts. de diámetro con su hogar exterior debajo del cuerpo principal. Los gases calientan la parte inferior del cilindro, circulando, además por canales (ductos) contruídos por ladrillo refractario que constituyen la mampostería de la unidad.

Ventajas: Se podrían mencionar como ventajas, su fácil construcción mantienen una gran reserva de energía por ser de gran volumen de agua, son fáciles de limpiar en forma manual o mecánica

por tener todas sus partes accesibles a una persona, lo que implica bajo costo de mantención.

Desventajas: Su rendimiento es muy bajo, se producen dilataciones disparejas debido a su tamaño lo que puede ocasionar trizaduras en su planchaje. La puesta en marcha es dificultosa porque necesita por lo menos 24 horas de precalentamiento, a fin de normalizar su temperatura en todas sus partes. Son peligrosísimas - en casos de accidentes.

Calderas con tubos hogares: En las calderas cilíndricas sencillas se produce gran pérdida debido a la irradiación del calor, con el propósito de suprimir este inconveniente se introdujo una modificación que consistió en colocar un tubo hogar dentro del cuerpo principal, en la parte inferior, y que lo atraviesa de lado a lado en el sentido longitudinal.

En el interior de este tubo se ubicó el Fogón de parrillas planas. Con ésto se consiguió, además de reducir las pérdidas, aumentar considerablemente la superficie de calefacción sin variar el tamaño de la caldera. Si se quiere obtener aún mayor superficie de calefacción se instala un tubo hogar ondulado (corrugado) lo que ofrece, también mayor resistencia mecánica.

Ventajas: Como ventajas pueden señalarse las mismas que corresponden a la caldera cilíndrica sencilla agregando que éstas últimas son de mayor rendimiento.

Desventajas: Los hogares de estas calderas son de magnitud muy limitada, datos prácticos indican que el emparrillamiento no debe pasar de 2 mts² de su superficie, debido a dificultades en la alimentación de combustible. Cuando es necesario una mayor superficie de parrilla se instalan dos o tres tubos hogares con el propósito de eliminar un hogar demasiado grande. Estas últimas calderas (de dos o tres hogares) son similares en sus características a las calderas de un tubo hogar con la diferencia que aumenta la superficie de calefacción y facilitan la carga del hogar.

Calderas con tubos Galloway: En algunas calderas horizontales se han instalado transversalmente tubos cónicos en los tubos hogares con el objeto de aumentar la superficie de calefacción y acelerar la circulación del agua en el interior de la caldera; a estos tubos Galloway se les denomina también, en este caso tubos hervidores.

Entre las calderas con tubos galloway la más común es la vertical que pertenece al grupo de mediano volumen de agua, y se utiliza en aquellas industrias que necesitan poca energía. Los tubos de sección cónica atraviesan de lado a lado el tubo central vertical (tubo hogar), y frente a cada tubo existe, generalmente, una tapa removible para inspeccionar, interiormente, los tubos y efectuar su limpieza.

Calderas con tubos múltiples de humo: Estas calderas son denominadas también como Igneotubulares o Pirotubulares y pueden ser verticales u horizontales. Entre las calderas verticales pueden encontrarse dos tipos con respecto a los tubos: 1° de tubos semi sumergidos y 2° de tubos totalmente sumergidos. En el primer caso el agua no cubre totalmente los tubos en cambio en el 2° éstos están totalmente cubiertos.

Las calderas horizontales con tubos múltiples de humo, hogar interior y retorno simple o doble retorno son las llamadas, hoy día, calderas escocesas y son las de aplicación más frecuente en nuestro país. Estas calderas, como cualquier otro tipo, pueden ser utilizadas con hogar para quemar carbón, leña o bien con quemadores de petróleo.

Se encuentran en este grupo de calderas las Locomóviles y las Locomotoras que se caracterizan principalmente por ser de mediano volumen de agua, tiraje forzado y cuentan con tres partes bien definidas: a) Una caja de fuego donde va montado el hogar, esta caja puede ser de sección rectangular o cilíndrica, es de doble pared, por lo que el hogar queda rodeado de una masa de agua, debi-

do a esta doble pared las planchas deben reforzarse con tirantes o estayes (pernos o refuerzos con un orificio central para detectar filtraciones cuando se cortan por corrosiones o exceso de tensiones), b) Un cuerpo cilíndrico atravesado longitudinalmente, por tubos de pequeño diámetro por cuyo interior circulan los gases calientes, c) Una caja de humos, que es la prolongación del cuerpo cilíndrico, a la cual llegan los gases después de pasar por el haz tubular, para salir hacia la chimenea. Estas calderas trabajan, casi siempre con tiraje forzado el cual se consigue mediante un chorro de vapor de la misma caldera (vapor vivo) o utilizando vapor de escape de la máquina.

Como se puede apreciar, estas calderas (igneotubulares) necesitan mayor preocupación y cuidado en su fabricación y manejo. Especial cuidado debe tenerse con la calidad del agua de alimentación ya que existe mayor riesgo de que ellas se embanquen por exceso de "incrustaciones" y por el hecho que es difícil efectuar una limpieza mecánica-manual de los tubos por el reducido espacio que hay entre ellos.

Calderas Acuotubulares: (Hidrotubulares). En estas calderas, como ya se dijo anteriormente, por el interior de los tubos pasa agua o vapor y los gases calientes se hallan en contacto con las caras exteriores de ellos, son de pequeño volumen de agua. Las calderas acuotubulares son las empleadas casi exclusivamente cuando interesa obtener elevadas presiones y rendimiento, debido a que los esfuerzos desarrollados en los tubos por las altas presiones, se traducen en esfuerzos de tracción en toda su extensión. La limpieza de estas calderas se lleva a cabo fácilmente porque las incrustaciones se quitan utilizando dispositivos limpia-tubos accionados mecánicamente o por medio de aire.

La circulación del agua en este tipo de caldera alcanza velocidades considerables con lo que se consigue una transmisión eficiente del calor, por consiguiente se eleva la capacidad de producción de vapor.

La amplitud de uso de este tipo de calderas ha dado como resultado muchos diseños y modificaciones. Tal es el caso que se encuentran calderas con tubos rectos, tubos curvos, de varios colectores y las posiciones relativas de los haces tubulares pueden ser: horizontales, verticales o inclinados.

Existen también calderas que se caracterizan por ser una combinación de igneotubulares y acuotubulares. Estas calderas son las denominadas acuo-pirotubulares.

Calderas de circulación forzada: Existen calderas acuotubulares en que la circulación del agua se hace a presión por medio de bombas. Normalmente trabajan a presiones relativas superiores a los 100 kg/cm^2 .

Cuando se trata de calderas de este tipo el diámetro de los tubos se reduce, el circuito de los tubos puede alargarse y puede disminuirse el espesor de sus paredes para presión dada. Los tubos pueden disponerse como serpentines continuos e incluso pueden formar el revestimiento del hogar. De este modo se mejora la transmisión de calor, el espacio requerido para su instalación se reduce al mínimo y los colectores y cuerpos cilíndricos quedan suprimidos. Otras ventajas que pueden mencionarse a esta clase de calderas son: su puesta en marcha es muy rápida, bastan sólo algunos minutos para obtener vapor. En comparación con las calderas de tipo convencional de la misma capacidad, éstas son más livianas en cuanto a su peso total y sus funciones son más sencillas, además de requerir menor espacio.

El problema grave que tienen estas unidades es que el agua de alimentación debe ser de muy buena calidad, caso contrario, los tubos se incrustan y se quemán inutilizando la caldera. Son totalmente automáticas lo que implica una constante mantención de sus controles y revisiones periódicas de sus instrumentos.

COMPORTAMIENTO DE LAS CALDERAS

El comportamiento de una caldera puede expresarse en función de los kilogramos de vapor producido, por metro cuadrado de superficie de calefacción y por hora. Esta producción de vapor se ha ido elevando cada día más en los tipos modernos, pasando de los 15 a 25 kgs/m², que dan las calderas ordinarias de gran y mediano volumen de agua, a 50 kgs/m² en las calderas de pequeño volumen y hasta 150 kgs/m² en ciertos tipos de calderas de radiación y circulación forzada.

La intensificación de la producción de vapor se basa principalmente en la circulación de agua en el interior de los tubos, con una velocidad tal, que el vapor que se va formando por el calentamiento de los mismos, vaya saliendo con la misma corriente del agua que se evapora, porque de no ser así, las burbujas de vapor formadas crearían espacios huecos en el líquido que no podrían absorber el calor transmitido, quemándose el material de los tubos.

Cabe hacer presente que en las primitivas calderas de hervidores y grandes cuerpos cilíndricos, apenas se acusa la circulación del agua y que únicamente puede acelerarse algo por la ubicación de la línea de alimentación de agua.

En las calderas acuotubulares con tubos poco inclinados ya se asegura una circulación más definida, aunque un poco lenta. Finalmente, en las calderas de tubos verticales y fuertemente inclinados, la circulación por diferencia de temperatura, adquiere ya velocidades considerables, sobre todo si al diseñar la caldera se aíslan los tubos descendentes. En estas condiciones se puede obtener una potencia vaporizadora de hasta 66 kgs/m² de superficie de calefacción.

PARTES PRINCIPALES QUE COMPONEN UNA CALDERA

Es importante antes de mancionar las partes constitutivas de una caldera, anotar las siguientes definiciones:

- a) Caldera: Es un recipiente metálico destinado a producir vapor, mediante la acción del calor, a una temperatura y presión mayores a la atmosférica.
- b) Generador de vapor: Es el conjunto formado por la caldera y sus accesorios.
- c) Superficie de calefacción de una caldera: Es la superficie en contacto con los gases y humos de combustión por un lado y con el agua por el otro, medida esta superficie por el lado que está en contacto con los gases calientes.

- Puerta del Hogar
- 1.- HOGAR 
- Cenicero - Puerta del cenicero
- 2.- EMPARRILLADO
 - 3.- ALTAR
 - 4.- CONDUCTOS DE HUMO
 - 5.- CAJA DE HUMOS
 - 6.- CHIMENEA  TEMPLADOR
 - 7.- MAMPOSTERIA  AISLACION TERMICA
 - 8.- CAMARA DE AGUA
 - 9.- CAMARA DE VAPOR
 - 10.- CAMARA DE ALIMENTACION
 - 11.- TAPAS DE REGISTRO DE INSPECCION O LAVADO
 - 12.- PUERTAS DE HOMBRE

- 1.- HOGAR: Prácticamente, se designan también con los nombres de fogón o caja de fuego y corresponde a la parte en que se quema el combustible.

Actualmente se ha descartado el uso de calderas de hogar exterior, por ser antieconómicas, usándose sólo calderas de ho

gares interiores en los cuales el fogón queda rodeado por el agua a evaporar, lo que redundará en un mejor aprovechamiento del calor.

Las calderas pueden instalarse con Hogares para combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, todo dependerá del proyecto - del equipo y de la selección del combustible a utilizar (mayores informes sobre hogares se encuentran en el tema "combustión").

Puerta del Hogar: En aquellas calderas que utilizan combustibles sólidos el hogar lleva una puerta metálica, abisagrada, revestida interiormente con refractarios, a veces se construye de doble pared y con orificios de refrigeración. Debe tener ajuste hermético para suprimir entradas de aire perjudiciales, por esta puerta se palea o alimenta el combustible, se aviva el fuego y se saca la escoria.

En las calderas que trabajan con combustibles líquidos - la puerta del Hogar la constituye el marco metálico sobre el cual va montado el quemador y puede abrirse cuando es necesario efectuar alguna inspección o reparación del Hogar por disponer de articulaciones (bisagras).

Las paredes de los hogares, en las calderas modernas, pueden ser de tres clases: 1º) de refractario macizo. 2º) Refractario colgante o sostenido y 3º) De camisa de agua. Los primeros se emplean en calderas de poca producción de vapor por m^2 de superficie de calefacción ya que su uso está limitado por el efecto combinado del peso y temperatura a la cual se deforma el ladrillo.

Las paredes de refractarios "colgante" o "sostenido" descansan en una armazón de perfiles metálicos. La estructura es refrigerada por aire que se utiliza como aire secundario en la combustión. Las camisas de agua consisten en haces tubulares continuos adosados a una pared de refractarios. Estas

hileras de tubos protegen las paredes de la erosión y son altamente eficientes en la absorción de calor radiante pudiéndose conseguir con ellos grandes producciones de vapor.

Es frecuente construir el hogar dentro de estructuras de tubos lo cual se denomina CALDERAS DE HOGAR INTEGRAL.

Cenicero: Es parte integrante del hogar y corresponde a aquella parte que queda debajo de la parrilla, sirve como depósito de cenizas. Se debe mantener siempre limpio para no obstaculizar el paso del aire (primario) necesario para la combustión.

En algunos casos el cenicero es un depósito de agua que, apagando las partículas de carbón encendidas y cenizas calientes que le caen, forma vapor de agua que contribuye a refrescar las parrillas.

Puerta del cenicero: El cenicero tiene una puerta que se utiliza para regular la entrada de aire que irá a pasar a través de las parrillas y que será el aire primario de combustión. Generalmente la puerta del cenicero debe permanecer abierta y la regulación del tiraje debe hacerse con el templador de la chimenea. Si se trabaja con combustible sólido se recomienda que se cierre esta puerta cuando se efectúa limpieza de los fuegos, al emparejar el combustible, avivar el fuego o cargar el hogar, tomando esta precaución se evitará retroceso de llama (lengua de toro) que podría ocasionar lesiones por quemaduras al Fogonero.

- 2.- EMPARRILLADO: Tiene por objeto servir de sostén al lecho de combustible y permitir el paso del aire para combustión. Está constituido por una serie de barras de sección rectangular o trapecial puestas de canto, de modo que sus caras superiores queden horizontales o con inclinación no superior a 3 grados hacia adentro. El tipo de parrilla que se utilice estará de acuerdo con la clase de combustible que se use, y por lo menos deberá cumplir las siguientes condiciones:

- 1) Debe distribuir convenientemente el aire necesario para la combustión sin ofrecer resistencia a su paso.
- 2) El espacio libre entre parrilla y parrilla (huecos) debe ser proporcional al tamaño del combustible empleado y debe permitir que sólo las cenizas del fuego caigan al cenicero que se encuentra debajo de las parrillas, pero no debe dar pasada a las partículas de combustible sin quemar.
- 3) Deben tener forma y separación apropiadas de modo, que evite en lo posible, la aglomeración de escoria fundida y la consiguiente obstrucción de los intersticios (huecos).
- 4) Deben permitir la limpieza fácil y rápida de fuegos durante la faena.
- 5) Las barras deben ser de material durable y que sean suficientemente resistente al calor para evitar que se quemem o deformen.

Cabe hacer presente que en algunos emparrillados se utilizan barras huecas con refrigeración por agua, para evitar que se fundan o deformen, especialmente cuando las parrillas son más largas de las normales por razones de proyecto.

3.- ALTAR: El hogar es limitado interiormente por un muro de la drillo refractario que descansa en una estructura metálica - que va a continuación de la parrilla, su altura estará siempre en relación a la magnitud del hogar, este muro de refractario es lo que se llama ALTAR. Las funciones que cumple el altar son las siguientes:

1° Impide que al avivar, atizar o cargar los fuegos caigan partículas de combustible o escoria al primer tiro de los gases.

2° El altar forma también el cierre interior del cenicero.

3° Imprimir a la corriente de aire de combustión una distribución lo más uniforme posible y una dirección ascendente vertical en todo el largo y ancho de las parrillas.

4° Restringe la sección de salida de los gases calientes aumentando su velocidad, lo cual facilita su mezcla y contacto íntimo con el aire, haciendo así que la combustión sea más completa.

4.- CONDUCTOS DE HUMO: Es aquella parte de la caldera por donde circulan los humos o los gases calientes que se han producido en la combustión. En estos conductos se realiza la transmisión del calor al agua que contiene la caldera. Estos conductos deben instalarse o construirse de modo que su extremo superior quede 10 cm (4") por debajo del nivel mínimo del agua de la caldera.

5.- CAJA DE HUMOS: Corresponde al recinto o espacio de la caldera que desempeña la función de caja colectora de los humos, después de haber pasado por todos los conductos, antes de salir por la chimenea.

6.- CHIMENEA: La chimenea sirve para dar salida a los gases de la combustión, los cuales deben ser evacuados a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias al vecindario y para producir, además el tiro necesario para que la combustión se efectúe en buenas condiciones y de un modo continuo. Esto es, haciendo pasar el aire necesario y suficiente para quemar el combustible.

La circulación del aire se produce debido a la diferencia de pesos (densidades) entre los gases calientes y el aire ambiental que desciende, mientras los gases calientes suben por el interior de la chimenea. Este fenómeno origina una corriente de aire fresco que atraviesa el cenicero y que se utilizará en la combustión.

Las dimensiones de la chimenea en cuanto a su altura y diámetro estarán determinadas por el tiraje necesario y condiciones de instalaciones respecto a edificaciones vecinas. En las calderas modernas existe el tiraje artificial en que el movimiento del aire se hace por ventiladores sin descartar, desde luego el uso de la chimenea.

Regulador de tiraje o templador: El tiraje es regulado por medio de una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea, o bien ubicado en la chimenea misma. Se le llama también templador, y el operador de la caldera puede accionar a voluntad cerrando o abriendo con el fin de dar mayor o menor paso a la salida de los gases de combustión, lo que involucra la regulación de la cantidad de aire.

7.- MAMPOSTERIA: Se llama mampostería a la construcción de ladrillos refractarios y ladrillos comunes que tienen como objeto cubrir la caldera para evitar desprendimiento de calor al exterior y mediante los cuales, muchas veces, se disponen los conductos de humo. Para mejorar la aislación en la mampostería o sea, para dificultar el paso de calor a través de ella se disponen a menudo en sus paredes espacios huecos de dilatación para evitar rupturas de ladrillos y destrucción de la mampostería. Todo agrietamiento debe ser reparado oportunamente para suprimir pérdidas de tiraje o fugas de gases.

En algunos tipos de calderas se ha eliminado totalmente la mampostería de ladrillo y se coloca sólo aislación térmica en el cuerpo principal y cajas de humos. Para este objeto se utiliza lana mineral con una cubierta metálica o bien aislantes a base de asbestos u otros materiales adecuados para este objeto.

8.- CAMARA DE AGUA: Es el volumen de la caldera que está ocupado por el agua que contiene y tiene como límite inferior un

cierto nivel mínimo, del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento.

Existen grandes diferencias entre las que tienen "gran volumen de agua" y las de "pequeño volumen", que cada uno de estos tipos tiene su campo de aplicación perfectamente definido según las condiciones de marcha del generador de vapor.

- 9.- CAMARA DE VAPOR: Es aquella parte de la caldera que queda sobre el nivel superior del agua (volumen ocupado por el vapor considerando el nivel máximo admisible de agua). En esta cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleve 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 válvula principal de salida de vapor. Por esta razón, algunas calderas llevan un pequeño cilindro, en la parte superior, llamado domo que contribuye a mejorar la calidad del vapor.
- 10.- CAMARA DE ALIMENTACION DE AGUA: Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo del agua. En otras palabras podría definirse la "cámara de alimentación" diciendo que: es aquella parte de la caldera que durante su funcionamiento se encuentra ocupada indistintamente por vapor o por agua según donde se encuentra su nivel. Por vapor si está con su nivel mínimo y por agua si está en su nivel máximo de trabajo. La magnitud de esta cámara dependerá del volumen de agua que contiene la caldera y es de todo punto de vista necesario que ella sea grande si se quiere aprovechar las ventajas que proporciona el uso de calderas con una cámara amplia.
- 11.- TAPAS REGISTRO DE INSPECCION O LAVADO: Todas las calderas tienen convenientemente distribuidas cierto número de tapas que tienen por objeto permitir inspeccionar ocularmente el interior de las calderas o lavarlas si es necesario para extraer, en forma mecánica o manual, los lodos que se hayan

acumulado y que no hayan salido por las purgas. Cuando la incrustación se encuentra adherida a las paredes o planchas se pueden utilizar para varillar o picar.

Casi todas las tapas tienen forma ovalada para ajustar las tapas de adentro hacia afuera, llevan empaquetadura para su ajuste hermético y un perno central para su apriete. Algunas calderas tienen orificios cilíndricos los cuales se sellan con tapas tornillos.

En muchas calderas acuotubulares se sitúa una tapa en cada extremo de los tubos para inspeccionarlos interiormente, los orificios de estos colectores son también elípticos para que las tapas mencionadas puedan introducirse por ellos y quedar en posición normal por la presión ejercida desde el interior (Ej.: Calderas Galloway).

12.- PUERTAS DE HOMBRE: Como su nombre lo indica, estas puertas tienen el tamaño suficiente para permitir el paso de un hombre para inspeccionar interiormente la caldera y limpiarla - si es necesario.

Una caldera puede tener una o más puertas de hombre, dependiendo sólo del tamaño y tipo del equipo.

ACCESORIOS DE LAS CALDERAS

1.- ACCESORIOS DE OBSERVACION

1.1 Indicadores del nivel de agua

- a) Tubos de nivel (observación directa)
- b) Grifos o llaves de prueba (conos)

1.2 Indicadores de presión

- a) Manómetros
- b) Altimetros

1.3 Analizadores de gases de la combustión

- a) Indicador de CO₂
- b) Indicador de CO
- c) Indicador de O₂

1.4 Indicadores de Temperatura

- a) Termómetros
- b) Pirómetros (altas temperaturas)

2.- ACCESORIOS DE SEGURIDAD

2.1 Válvula de seguridad

- a) De palanca y contrapeso
- b) De peso directo
- c) De resorte

2.2 Tapones fusibles

2.3 Alarmas

3.- ACCESORIOS DE ALIMENTACION DE AGUA

3.1 Bombas

- a) Centrífugas (verticales - horizontales)
- b) De émbolo (sencilla - duplex)

3.2 Inyectores

- a) Manuales
- b) Automáticos

3.3 Caldereta o botella

4.- ACCESORIOS DE LIMPIEZA

4.1 Puertas de Inspección

- a) Tapas de registro
- b) Puertas de hombre

4.2 Llave de Purga

- a) Válvula de extracción de superficie
- b) Válvula de extracción de fondo

4.3 Sopladores de Hollín - Limpiatubos mecánicos

5.- ACCESORIOS DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLES

5.1 Quemadores de combustibles líquidos

5.2 Quemadores de combustibles sólidos

6.- CONTROLES AUTOMATICOS

6.1 Control de nivel de agua

6.3 De temperatura (termostatos)

7.- ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA UNIDAD GENERADORA DE VAPOR

7.1 Economizadores

7.2 Calentadores de aire

7.3 Retardadores

8.- ACCESORIOS PARA CONTROLAR O REGULAR EL GRADO DE RECALENTAMIENTO DE VAPOR

8.1 Recalentadores

- a) Integral
- b) De fuego separado

8.2 Derrecalentadores - Saturadores

1.- ACCESORIOS DE OBSERVACION

1.1 Indicadores de nivel de agua

- a) Tubo de nivel: Consiste en dos tubos, generalmente de bronce, uno conectado a la cámara de vapor y el otro a la cámara de agua de la caldera, ambos unidos exteriormente por un tubo de vidrio que, en virtud del principio de los vasos comunicantes, indica el nivel de agua que hay en el interior de la caldera.

El tubo de vidrio va empaquetado en sus extremos por medio de prensas-estopas con sus respectivas gomas y golillas.

Disposiciones oficiales que rigen en nuestro país exigen el uso de dos indicadores de nivel de agua para toda caldera, uno de los cuales debe ser siempre de observación directa (del tipo de tubo de vidrio) pudiendo ser el otro formado por una serie de tres grifos o llaves de prueba.

Ubicación: Debe instalarse en la parte más visible para el Fogonero. Cuando el tubo se encuentre a una altura que dificulte su observación (más de 3 metros de altura sobre el suelo) se le dará una inclinación hacia adelante para facilitar su observación.

Instalación: La conexión superior con la caldera debe ser siempre con la cámara de vapor y la inferior debe ser de tal manera que la tuerca de la prensa - estopa quede al nivel mínimo del agua. Con esta disposición el nivel mínimo admisible de agua en la caldera estará a lo largo del tubo de vidrio, el cual debe marcarse - claramente en forma indeleble.

Las empaquetaduras deben ajustarse definitivamente cuando la caldera está con vapor, operación que debe realizarse con mucho cuidado para no quebrar el tubo de vidrio y sufrir accidentes y lesiones por quemaduras. Se recomienda que se aisle el tubo para ejecutar estas operaciones, ya que dispone de válvulas para este efecto.

Cuando la caldera se encuentra trabajando normalmente, en el tubo de nivel deben permanecer abiertas las válvulas que lo comunican con la cámara de vapor y con la cámara de agua y cerrada la válvula que comunica el tubo con la atmósfera (la llamaremos llave de desagüe).

Para la buena mantención de este tipo de nivel, se recomienda hacerle descargas y pruebas diariamente por todas sus llaves para evitar indicaciones falsas de nivel de agua.

Con el propósito de facilitar la visibilidad del nivel de agua puede pintarse una raya roja delgada en su parte posterior y todos los tubos deben ser provistos de defensas contra posibles roturas del tubo de vidrio.

Pruebas del tubo de nivel:

Prueba de agua: Se cierra la válvula que comunica con la cámara de vapor manteniendo abierta la que comunica con la cámara de agua, el agua debe llenar el tubo de vidrio. Abriendo la llave de desagüe se vacía el tubo y continúa saliendo agua por la unión inferior del tubo de nivel.

Prueba de vapor: Se cierra la llave que comunica el tubo con la cámara de agua manteniendo abierta la unión superior, si se abre la válvula de desagüe el vapor debe escapar con toda velocidad por el tubo de vidrio.

En el sistema indicador de nivel de agua, de observación directa, se pueden presentar algunas fallas que se indican a continuación:

Comunicación con las cámaras de agua y vapor tapadas:

Cuando el caldero está con agua, ya sea en servicio o detenido, y al abrir la llave que comunica con la atmósfera (desagüe) no sale agua ni vapor, es una demostración práctica de que se ha acumulado sedimento o hay obstrucción de los conductos por otras razones.

Reparación: Se cierran las llaves que comunican con ambas cámaras y se destapan los conductos sacando las tuercas que para este objeto tiene cada conexión al frente de ellas, después se prueba su funcionamiento con agua y con vapor, separadamente.

Cualquiera de las dos comunicaciones que se obstruya, el tubo indicará un nivel falso, siendo mucho más peligroso que se tape la conexión con la cámara de vapor ya que el tubo se llenaría de agua existiendo un nivel inferior dentro de la caldera por el desequilibrio de presiones que se produce dentro del tubo de vidrio, lo que podría producir incluso recalentamiento de la caldera.

Fuga por las empaquetaduras: Al producirse filtraciones de agua o vapor por las empaquetaduras, se debe proceder de inmediato a su reparación para evitar quebraduras del tubo o daños al personal.

Desgaste de tubos: El tubo de vidrio se gasta por las condiciones naturales de su uso, por esta razón en las inspecciones debe tenerse especial cuidado en su observación. Al notarse cualquier principio de desgaste debe procederse a su cambio, porque en ese estado se vuelve muy quebradizo.

Es importante evitar corrientes bruscas de aire para prevenir rupturas de tubos, especialmente cuando su verticalidad no es absoluta quedando sometido a esfuerzos diferentes en sus conexiones con las prensas-estopas.

b) Grifos de prueba: Consisten en tres llaves colocadas a diferentes alturas. La primera debe estar colocada a un nivel superior al máximo admisible de agua, es decir en la cámara de vapor, y por ella debe salir siempre vapor al abrirla. La segunda debe estar ubicada al nivel normal de trabajo de la caldera (dentro de la cámara de alimentación) y por ella debe salir una mezcla de agua y vapor. La tercera debe ir ubicada a una altura que corresponde al nivel mínimo permitido y por ella debe salir sólo agua. Para estar seguro si sale agua o vapor por estos grifos bastará con dirigir el chorro de fluido contra un obstáculo que puede ser madera o cartón, así se facilita enormemente su detección.

Los grifos de prueba deben encontrarse siempre en buenas condiciones de uso ya que su objetivo es reemplazar al tubo de observación directa cuando éste se quiebra o se le producen fallas de otra naturaleza.

Por último conviene destacar que las llaves de prueba, en general, están comprendidas dentro de la longitud visible del tubo de vidrio.

1.2 Indicadores de presión

a) Manómetros: El manómetro es un instrumento indispensable y ninguna caldera puede trabajar sin él. Está destinado a indicar en forma clara y precisa la "presión efectiva" del vapor, en kg/cm^2 o lb/pulg^2 , que existe en el interior de la caldera.

El manómetro deberá conectarse a la cámara de vapor de la caldera mediante una cañería que forme una curva "S", de modo que sobre él obre agua y no vapor. El objeto de la curva es evitar que llegue vapor vivo al interior del mecanismo, para que no se deforme o dilate con el calor y se pierda su exactitud. En esta curva se acumula condensado lo cual forma un sello de agua que siempre actuará sobre el instrumento.

El manómetro más sencillo consiste en un tubo elíptico curvado, cerrado en un extremo, el que al moverse hace girar un sector dentado que engrana con un pequeño piñón, en el mismo eje de este piñón va montada la aguja que se desplaza sobre una esfera graduada. La presión del vapor, agua o cualquier fluido tiende a enderezar el tubo, puesto que, por estar uniformemente distribuída en su interior, ejercerá mayor fuerza sobre las paredes externas, de mayor superficie que las internas. Cuando la presión disminuye a 0 la elasticidad del tubo hace que vuelva a su forma primitiva, con lo cual la aguja indicadora de presión vuelve al principio de la graduación de la esfera. Es importante anotar que en un manómetro la aguja, generalmente, empieza a moverse cuando ya existen 4 o 5 lbs/pulg² de presión y todo dependerá de la sensibilidad del instrumento.

Cuando una caldera tiene un consumo irregular de vapor la aguja del manómetro mantiene pequeñas oscilaciones de avance y retroceso, lo cual es enteramente normal.

Conviene tener presente para el buen funcionamiento de un manómetro las siguientes recomendaciones:

- * La ubicación será tal que impida el calentamiento del manómetro más de 50°C.
- * Siempre debe estar marcado con rojo, en la esfera, el punto exacto de la presión máxima admisible.

* Deberá tener una capacidad para indicar, a lo menos, una y media vez la presión autorizada de trabajo. (casos de Prueba Hidráulica de la caldera).

* Entre el manómetro y la caldera deberá colocarse una llave de paso que facilite el cambio del instrumento. Esta llave debe permanecer siempre completamente abierta para evitar falsas indicaciones de presión.

* La cañería curva debe revisarse periódicamente para evitar acumulación de sedimento que pueden impedir el libre paso del vapor.

* Se evitarán filtraciones en la línea de conexión del manómetro para suprimir indicaciones falsas.

* El diámetro del manómetro debe estar en relación con el tamaño de la caldera.

No se debe mantener en servicio un manómetro cuando presente alguno de los siguientes defectos:

* Sin vidrio o vidrio quebrado.

* Con los números de su esfera borrados.

* Que marque presión cuando la caldera está fuera de servicio (paralizada).

* Cuando la llave de conexión no abra bien.

* Si su cañería de conexión no forma curva en "S".

b) Altímetro: En calderas de calefacción por agua caliente se utiliza el instrumento denominado "altímetro" - que indica directamente la presión en metros de columna de agua.

1.3 Analizadores de gases de la combustión

Indicador de CO_2 e indicador de CO.

Son aparatos destinados a controlar la combustión dentro del hogar mediante el análisis de los gases que salen por la chimenea. Mientras mayor sea el porcentaje de anhídrido carbónico (CO_2) que indique el instrumento mejor será la combustión, o sea, que la mezcla combustible y aire se está realizando en la proporción debida. Este analizador está basado sobre una comparación de las influencias respectivas del aire y de los gases de combustión sobre la resistencia de alambres, generalmente, de platino del instrumento, unos alambres quedan sometidos a la influencia del gas de combustión, en tanto que otros van alojados en una cámara de aire. La mala conductibilidad calórica del CO_2 dificulta el enfriamiento normal de los alambres en comunicación con los gases, de lo cual resulta una diferencia entre las resistencias y un desequilibrio en las corrientes que atraviesan los conductores que va a ser función de la proporción de CO_2 que contienen los gases.

La proporción de CO se mide mediante un segundo puente, - cuyos dos alambres de platino son calentados eléctricamente a una temperatura relativamente alta. Uno de estos dos hilos está sometido a la influencia del gas de combustión. Debido a la acción catalizadora del platino el CO (que es combustible) se quema sobre la superficie de este alambre recalentándola, lo que rompe el equilibrio en el instrumento indicando directamente la proporción de monóxido de carbono (CO).

La lectura del instrumento de CO (gases no quemados) debe ser lo más reducida posible, así será menor la cantidad de combustible que se pierde por mala combustión.

1.4 Indicadores de Temperatura

Las distintas medidas de temperatura se realizan mediante pirómetros termoeléctricos para temperaturas de hasta 1500°C, o mediante termómetros con resistencias utilizables hasta temperaturas de 550°C como máximo. En calderas se utilizan los termómetros y pirómetros para medir temperaturas del agua de alimentación, temperatura del vapor, la de los gases de combustión y del hogar.

2.- ACCESORIOS DE SEGURIDAD

2.1 Válvulas de seguridad

Todas las calderas deben disponer de una o más válvulas de seguridad cuya finalidad es: dar salida (evacuar) al vapor de la caldera cuando se sobrepasa la presión normal de trabajo autorizada, con lo cual se evitará presiones excesivas en los generadores de vapor.

La válvula (o válvulas) de seguridad debe ser capaz de evacuar todo el vapor que produce la caldera, aún sin haber otro consumo antes que la presión sobrepase un 10 % (diez por ciento) la presión de trabajo autorizada.

La válvula de seguridad debe regularse a un 6 % (seis por ciento) sobre la presión normal de trabajo.

Deben ir conectadas directamente a la cámara de vapor de la caldera, independiente de toda otra conexión o toma de vapor y sin interposición de ninguna válvula u obstrucción.

a) Válvulas de seguridad de palanca y contrapeso: El cierre de la válvula se produce mediante un contrapeso colocado sobre un brazo de palanca que la presiona.

En este tipo de válvulas deberá utilizarse un contrapeso de una sola pieza y la palanca no debe cargarse con

pesos adicionales ni amarrarse para evitar su funcionamiento.

Debe probarse todos los días, levantando manualmente el contrapeso, para estar seguro de su normal funcionamiento.

La regulación se consigue alejando o acercando el contrapeso de la válvula.

b) Válvulas cargadas con peso directo: En estas válvulas la presión exterior sobre la válvula se consigue colocando discos metálicos sobre ella y la regulación se obtiene agregando o colocando discos con sus respectivas guías (orificios para alojarlos en los vástagos de las válvulas.).

En caso de tener que elegir válvulas de seguridad se recomienda que se prefieran del tipo de "Resorte de Disparo" con el asiento a una inclinación de 45° a 90° con respecto a la línea central del vástago.

c) Válvulas de seguridad de resorte: El esfuerzo que mantiene cerrada la válvula se consigue mediante un resorte calibrado cuya tensión está en proporción al rango de la presión de trabajo de la caldera. Puede regularse disminuyendo o aumentando la tensión del resorte con el mecanismo de graduación que, toda válvula de seguridad de este tipo, tiene para este objeto.

Las válvulas de este tipo deben tener un dispositivo que permita abrirlas, a fin de despegarlas de su asiento, operación que debe realizarse, todos los días, en forma manual, por el fogonero.

2.2 Tapón fusible

Consiste en un tapón de bronce, con hilo para ser atorni-

llado al caldero, y tienen un orificio cónico en el centro, el cual se rellena con una aleación metálica (Plomo, Estaño) cuyo punto de fusión debe ser de 250°C, como máximo.

Estos tapones van instalados en el cielo de aquellas calderas de hogar interior (Lancashire, locomóviles, locomotoras, vertical de tubos galloway, etc.). El objeto de este elemento de "seguridad" es que cuando el nivel de agua baja más allá del límite inferior admisible, quede el techo del hogar sin agua, se funde la aleación dejando caer agua con vapor sobre el fuego apagándolo, a la vez que sirve de alarma al fogonero, evitando así mayores perjuicios en la caldera.

Estos accesorios pueden atornillarse desde adentro de la caldera hacia afuera o vice-versa (de afuera para adentro). Todo dependerá del tipo de fusible.

Los tapones deben ser sometidos a inspecciones periódicas con el objeto de verificar que su funcionamiento sea correcto en cualquier momento.

Nunca deben reemplazarse los tapones fusibles por pernos o soldar el orificio donde éstos van alojados.

Los tapones fusibles deben ser reemplazados cada vez que se observen algunos de los siguientes defectos:

- a) Aleación suelta (filtrará por su interior).
- b) Aleación recalentada (la aleación plomo-estaño aparece hundida por el interior de la caldera).
- c) Filtraciones por el hilo. Puede estar suelto, mal colocado o tiene el hilo rodado.
- d) Plomo-estaño corrido. Se fundió por falta de agua.
- e) Tapón de bronce quebrado.

Es necesario hacer presente, que si la aleación aparece ligeramente corrida por el lado del fogón puede ser normal y se debe exclusivamente a su uso.

En las inspecciones que se le hagan a estos accesorios por el interior de la caldera se tendrá especial cuidado en verificar que no se encuentra cubierto de sales. Cuando ésto sucede y se funde la aleación el orificio del tapón siempre queda tapado, ya que las sales (incrustaciones) impiden la salida del vapor o agua.

No todas las calderas llevan tapones fusibles ya que en algunos tipos no se justifica su utilización.

2.3 Alarmas

Silbato de alarma: Algunos generadores de vapor llevan unos accesorios de seguridad llamados silbatos de alarma que funcionan cuando el nivel de agua en el interior de la caldera ha descendido más allá del nivel normal.

Consiste en un tubo metálico con el extremo inferior abierto y sumergido en el interior de la caldera, hasta el nivel mínimo admisible. En el extremo superior lleva un silbato con su entrada obstruido por un fusible de unos 100°C, rodeado de un tubo espiral expuesto al enfriamiento exterior. Mientras el agua cubre la entrada inferior del tubo, la presión del vapor lo mantendrá lleno de agua. Cuando el nivel de agua en el interior de la caldera desciende más abajo del mínimo admisible queda al descubierto el extremo inferior del tubo cae el agua rápidamente - al fusible lo que ocasiona la fusión de él, dejando pasar vapor al silbato y produciendo la consiguiente alarma.

3.- ACCESORIOS DE ALIMENTACION DE AGUA

Los accesorios de alimentación de agua tienen por objeto rep_oner el líquido que se ha vaporizado en el interior de la caldera.

Requisitos que deben cumplir:

a) Cada caldera dispondrá de dos medios de alimentación, de los cuales uno debe ser accionado independientemente del vapor de la caldera.

b) Cada dispositivo de alimentación debe ser capaz de inyectar 1,6 veces la cantidad máxima de agua vaporizada por la caldera.

c) La presión que debe producir cada elemento alimentado debe ser, por lo menos, 1,1 veces la presión máxima de trabajo del generador de vapor, aumentada en el porcentaje que corresponda a posibles pérdidas de carga ocasionadas por cañerías.

d) Siempre deben estar en buenas condiciones de prestar servicio.

e) La cañería de alimentación estará provista de una válvula de retención, ubicada cerca de la caldera, y de una válvula de cierre manual ubicada entre la caldera y la válvula de retención.

3.1 Bombas de alimentación

Las bombas de alimentación de agua para calderas se pueden clasificar en:

a) Bombas de émbolo, con uno o varios cilindros, y

b) Bombas centrífugas, con uno o varios escalonamientos (impulsiones).

a) Bombas de émbolo: Las bombas de émbolo funcionan ejerciendo directamente la presión sobre el líquido bombeado, la entrada y salida del agua de la bomba está controlada por válvulas que se abren y cierran intermitentemente.

Pueden ser accionadas por motores eléctricos y un mecanismo de biela, corredera y cruceta o por una pequeña máquina a vapor, para escasa potencia pueden ser manuales.

Una bomba de émbolo sencilla consiste en un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, alternativamente, son generalmente de simple efecto, esto es, succionan (aspiran) e impulsan sólo por una cara del émbolo. Estas bombas también son conocidas con el nombre de "aspirantes-impelentes". Si la bomba lo constituye sólo un cilindro se llama simple y si tiene dos se llama duplex.

Las bombas duplex, conocidas en la práctica como "caballito de vapor", tienen dos cilindros de vapor y dos de agua con sus respectivos émbolos. Los cilindros de vapor van instalados uno al lado del otro, igual ubicación llevan los cilindros de la bomba, es decir son también contiguos entre sí, situados en el otro extremo de la máquina de vapor que los acciona. Todas las bombas de este tipo son de doble efecto, es decir, los émbolos de la bomba aspiran y descargan por ambos extremos (ambas caras). El sistema bomba-máquina de vapor forma un solo cuerpo y es fácilmente transportable.

Las bombas duplex al igual que las simples accionadas por vapor, tienen una cañería que las alimenta con vapor y una de escape, una cañería de aspiración de agua y otra de descarga.

En este tipo de bombas, siempre los diámetros de los cilindros de la máquina a vapor son más grandes que los diámetros de los cilindros de la bomba, propiamente tal, por lo que éstas pueden descargar el agua a presiones mayores que la del vapor que las acciona.

Con el propósito de conseguir un caudal de agua constante en la descarga de estas bombas, muchas veces, se utilizan campanas de aire o cámaras de aire. El aire encerrado en este recinto se comprime cuando la bomba descarga agua y al cambiar el sentido del movimiento del pistón (cuando va aspirando) se expande el aire en la cámara manteniendo así, constante la descarga, esta campana es más necesaria en la bomba simple que en la duplex por su intermitencia en las descargas.

El vapor consumido por estas bombas generalmente se pierde, lo que se traduce en pérdida de calor y menoscabo del rendimiento de la caldera.

b) Bombas centrífugas: Las bombas centrífugas ejercen la presión sobre el líquido por rotación rápida de un impulsor alojado dentro de una carcasa. En estas bombas la entrada y salida de agua son continuas, sin válvulas y sin dispositivos de control en la unidad misma.

Las bombas centrífugas pueden ser accionadas por turbinas de vapor, por correas de transmisión, por motores de combustión interna o acoplados directamente sobre el eje de un motor eléctrico, mediante un acoplamiento flexible.

En estas bombas el agua entra al elemento impulsor (difusor, elemento rotatorio, turbina o mariposa) por su centro, fluyendo radialmente hacia afuera y abandonando el rodete con gran velocidad. En la carcasa y tuberías esta velocidad se transforma en energía de presión, capaz de vencer la resistencia interna de la caldera.

La capacidad de una bomba se expresa, generalmente, por la cantidad de agua que puede descargar en cierto tiempo. Así por ejemplo: 2 litros/segundo, 120 litros/minuto, etc..

Las bombas centrífugas proporcionan un caudal continuo, y se utilizan ventajosamente para servicios de grandes presiones relativas empleando unidades de varios rodets impulsores, lo que se conoce también como bombas de escalonamientos múltiples. Tienen costo más pequeño de instalación y mantención de funcionamiento que las de émbolo.

Como desventaja pueden citarse que su rendimiento no es corrientemente tan alto como el de las de émbolo de buena construcción y que no funciona satisfactoriamente cuando tienen que aspirar de mucha altura o han de bombear caudales pequeños y descargarlos a grandes presiones, es decir, no pueden emplearse cuando la presión y el caudal son muy variables.

3.2 Inyectores de agua

Los inyectores funcionan con el mismo vapor de la caldera y son capaces de descargar agua contra una presión relativa de 2 a 4 kg/cm² mayor que la del vapor que los alimenta.

El calor que lleva el vapor es devuelto a la caldera por calentamiento del agua de alimentación al mezclarse en el interior del inyector.

Al entrar el vapor en el dispositivo adquiere una gran velocidad en la primera tobera (cono) debido a su presión y comunica una cierta cantidad de energía al agua que llega de la cañería de alimentación. Esta acción obliga a pasar el agua a lo largo de la tobera (cono) de aspiración, de la tobera de descarga y de la cañería de salida. Este

mismo efecto hace posible que se levante la válvula de retención de descarga del aparato y se venza la presión interna de la caldera.

El agua de alimentación penetra al inyector por la cañería de alimentación debido que al pasar el vapor se produce un vacío parcial al entrar en la tobera de aspiración y la presión atmosférica empuja el agua hacia el interior del inyector.

La presión mínima necesaria para que un inyector funcione es de 35 lbs/pulg², aunque a veces se ofrecen aparatos - que se garantizan para trabajar con presiones inferiores, en la práctica no siempre han dado buenos resultados.

Un inyector trabaja mejor mientras mayor sea la presión del vapor de la caldera y el agua de alimentación lo más fría posible.

Los inyectores llamados automáticos no tienen válvula de aguja, se accionan directamente con la válvula manual que permite el paso de vapor al dispositivo.

En este tipo de inyector las toberas (conocidas prácticamente con el nombre de corneta) son cambiables cuando la sección de los conos acusa mucho desgaste. Las toberas no tienen regulación y sólo se calibran al fabricarlos. En el rebalse llevan una válvula que impide la entrada de aire al inyector.

3.2 Alimentación por caldereta o botella

Algunas calderas de muy pequeña potencia tienen un sistema de alimentación de agua que se denomina caldereta o botella y que consiste en un recipiente que debe tener la misma resistencia mecánica que la caldera. Va ubicada a un nivel más alto que la caldera. Tienen sus cámaras superiores e inferiores comunicadas entre sí. La botella,

además tiene comunicación con la atmósfera y una conexión por la cual puede llenarse de agua fría mediante un embudo.

Para alimentar la caldera se igualan las presiones, abriendo la válvula que permite el paso de vapor desde la caldera a la botella, después se abre la válvula de paso de agua desde la "caldereta" a la caldera y ésta caerá por su propio peso. Este sistema se designa también de "alimentación por gravedad". Desde luego, se entiende la válvula atmosférica y demás comunicaciones con el exterior deben estar también cerradas.

Ningún sistema de alimentación de agua para calderas puede estar conectado directamente a la red de agua potable.

4.- ACCESORIOS DE LIMPIEZA

Como su nombre lo indica, sirven para efectuar ya sea limpieza interior de la caldera o exterior, por lado de los conductos de humos.

4.1 Puertas de inspección

Puertas de visita y tapas de registro: Van instaladas en la misma caldera y sirven, como ya se dijo, para efectuar limpiezas e inspecciones interiores de los colectores principales o de los tubos según sea su ubicación. Existen también puertas de visita que permiten efectuar la limpieza a los conductos de humos. Muchas veces estas puertas se acondicionan con contrapesos o resortes calculados para que se abran a un exceso de presión y permitan la salida de los gases al producirse una mezcla explosiva en la cámara de combustión. Las puertas que cumplen con este objetivo se llaman "Puertas de Explosión".

4.2 Llave de purga

Llaves de purga de extracción de fondo: Son llaves ubicadas en las partes más bajas de la caldera, sirven para extraer los lodos o barroos provenientes de la evaporación - de "aguas duras" y acción del uso de "desincrustantes". También se utilizan para vaciar las calderas. Estas llaves deben abrir totalmente y dejar libre toda la sección de la cañería o descarga. No se deben usar válvulas de compuerta ni de globo.

Algunas calderas tienen también a la altura del nivel de agua, dentro de la cámara de alimentación, una llave llamada de extracción de superficie para botar algunas impurezas livianas.

Algunas calderas modernas traen además un sistema de purga (extracción de fondo) continua, por intermedio de un tubo pequeño, para ir sacando las impurezas a medida que precipitan, no obstante de vez en cuando deben abrirse - las válvulas grandes de extracción de fondo, para sacar completamente los lodos acumulados.

Las extracciones de fondo pueden hacerse a cualquier presión que tenga la caldera y el método que se utilice dependerá de cada instalación en particular, lo mismo sucede con respecto a la frecuencia de las purgas.

4.3 Sopladores de hollín

Sopladores de hollín, limpiatubos mecánicos: Así como la incrustación se deposita sobre la superficie de la caldera bañada con agua, el hollín se acumula sobre la cara expuesta a los gases de la combustión. Como el hollín - tiene alto poder aislante del calor se hace necesario evitar que se adhiera a las paredes de la caldera, lo que se consigue limpiándolas con lanzas de vapor movidas a mano, con sopladores de hollín con chorro de vapor o bien con

cepillos de acero. Los sopladores de hollín están instalados permanentemente en la caldera y distribuidos de tal manera que todas las partes expuestas a la acumulación de hollín puedan limpiarse con chorros de vapor. Los mecanismos de los sopladores pueden girar para dirigir el vapor. Como medio automático de soplado de hollín se emplea el aire comprimido.

En algunas instalaciones las altas temperaturas de determinadas zonas de los conductos de humos exigen que se retiren los sopladores de hollín, cuando no se utilizan, para evitar su fusión.

Los limpiatubos mecánicos pueden ser de tipo "vibratorio" que desprenden la incrustación por medio de golpes rápidos y que son aplicables a las calderas acuotubulares y a las igneotubulares o de tipo "Fresa Rotatoria o Giratoria". Los cuales arrancaban la incrustación por medio de una herramienta cortante. Este tipo de limpiatubos sólo se emplea en calderas de tubos de agua.

Los atizadores, rastrillos, escoriadores, barrotes y escobilla limpiatubos completan los accesorios de limpieza.

5.- ACCESORIOS DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE

5.1 Quemadores de combustibles líquidos

5.2 Quemadores de combustibles sólidos

Estos accesorios se estudiarán en el tema "Combustión".

6.- CONTROLES AUTOMATICOS

Algunos generadores de vapor traen controles automáticos en los sistemas de alimentación de agua y combustión. Tienen por objeto regularizar el funcionamiento de las calderas y contribuir a la labor del Fogonero, pero en ningún caso pue-

den reemplazar al operador de la caldera. Tampoco pueden considerarse como "accesorios de seguridad", ya que no son tales y sería un grave error decir que son elementos de seguridad.

Estos controles automáticos deben ser revisados periódicamente para obtener un correcto funcionamiento, ya que son de condiciones muy sensibles y complicadas, susceptibles de fallas imprevistas. Una revisión mensual es lo recomendable, lo que deberá ser hecho por personal especialista en esta clase de dispositivos.

Funcionan a base de la dilatación de un metal o aleación de metales, por efecto del calor o de la presión en frío se encuentran en una posición de circuito cerrado o abierto y el calor o la presión graduada, los dilata o los cambia de posición (de circuito abierto o cerrado y de circuito cerrado a circuito abierto).

Los hay que funcionan en razón a máxima y mínima presión (presostatos) de trabajo y actúan sobre el quemador, apagándolo al llegar a la máxima presión y escondiéndolo al llegar a la mínima presión. Otros actúan de acuerdo a la temperatura del agua (termostatos), vapor o gases de combustión y paran el quemador cuando se obtiene la temperatura deseada y lo encienden cuando se ha enfriado.

Los controles de nivel de agua funcionan por medio de un flotador, que al llegar al nivel máximo de agua corta la corriente de la bomba de alimentación de agua; al bajar el nivel al mínimo de trabajo vuelve a conectar la bomba. En caso de que la bomba no respondiera a la puesta en marcha y el nivel de agua continuara bajando, este automático, generalmente, tiene una tercera posición en la cual corta la corriente al quemador.

7.- ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LA UNIDAD GENERADORA DE VAPOR

7.1 Economizadores

En algunas instalaciones de generadores de vapor para aprovechar el exceso de calor que llevan los humos y gases a la chimenea, se les dota de economizadores, en los cuales se precalienta el agua de alimentación.

Las principales ventajas que se obtienen con el uso de economizadores son:

- a) Se amortiguan las grandes variaciones de temperaturas en las planchas y tubos de las calderas, con lo que se consigue más estabilidad de la presión.
- b) Se aprovecha el calor que de otro modo se perdería, lo que sería evacuado con los gases y humos de la combustión.
- c) Se purifica parcialmente el agua de alimentación ya que al calentarse en el economizador parte de las impurezas precipitarán en él.
- d) El rendimiento general del sistema de combustión aumenta, al aprovechar mejor el calor.

8.- ACCESORIOS PARA CONTROLAR O REGULAR EL GRADO DE RECALENTAMIENTO DE VAPOR

8.1 Recalentadores

Son dispositivos que se utilizan para elevar la temperatura del vapor por sobre la del vapor saturado y sin aumento de la presión, es decir, son intercambiadores de calor destinados a comunicar energía adicional al vapor además de la que posee en el estado de saturación. En los reca-

lentadores se puede aprovechar la temperatura de los gases calientes que van a la chimenea, en tal caso se llaman de "convección" y los que están ubicados en las inmediaciones de la cámara de combustión expuestos a las llamas se denominan "recalentadores de radiación".

Existen, también, recalentadores con su propio sistema de combustión, es decir, la adición de calor se efectúa sin intervención del calor producido en la cámara de combustión de la caldera, los cuales disponen de quemadores regulables que pueden dirigirse a voluntad según sean las necesidades. Incluso, para conseguir una temperatura de recalentamiento constante existen controles automáticos accionados por la temperatura.

8.2 Recalentadores de aire

Estos dispositivos sirven para recalentar el aire necesario para la combustión y pueden utilizarse como recuperadores de parte del calor de los gases que van a la chimenea. Otro método de precalentar el aire es mediante vapor y radiadores instalados en la línea de succión de los inyectores de aire (ventiladores).

Las ventajas que pueden mencionarse utilizando aire precalentado son: conservación de calor, por cuanto al llegar el aire caliente no se desperdicia energía en calentarlo en el hogar. Se mejora grandemente la combustión. Aumento del rendimiento del sistema de combustión de la caldera.

8.3 Trampas de vapor

Tienen por objeto recibir vapor condensarlo y entregarlo en forma de agua. Tienen una cámara de agua en la cual se recibe el vapor que se condensa en contacto con ella. Este exceso de agua, debido al vapor condensado, es entregado a la red de cañerías en calidad de rebalse, un juego

de válvulas complementa su cometido. Existen de diferentes capacidades de condensación.

Existen otros conjuntos de órganos que sirven para retener las partículas de agua y algunas materias sólidas que lleva en suspensión el vapor y que también se denominan "trampas de vapor" el principio de funcionamiento consiste en centrifugar el vapor y las partículas de agua, por la disposición misma del aparato, precipitan y se descarga automáticamente cuando se junta cierta cantidad de agua (la válvula de descarga se acciona por flotador o por dilación, según sea el caso).

POTENCIA DE UNA CALDERA

Como ya se dijo anteriormente, el tamaño de una caldera es determinado por su "superficie de calefacción" que ya se definió, pero que repetiremos una vez más por la importancia que reviste: Es aquella parte de las calderas que por un lado está en contacto con el agua y por el otro con el fuego y gases calientes, medida por el lado de los humos y se expresa en metros cuadrados.

Muchas veces por costumbre se designa la potencia de una caldera en caballos de fuerza, lo cual es erróneo, pues una caldera no tiene fuerza motriz, sino vapor, el que sí podría ser utilizado por una máquina que genere fuerza motriz, pero según sea la máquina producirá mayor o menor potencia con una misma cantidad de vapor.

Aunque existe una medida inglesa llamada BOILER HORSEPOWER (BHP), cuya traducción es CABALLO DE FUERZA DE CALDERA (no tiene relación con el HP común) y que fue establecida en 1889, fija una cierta equivalencia con la superficie de calefacción de las calderas y que es:

1 BHP es igual a 0.029 m^2 de superficie de calefacción en la práctica se utiliza 1 m^2 de superficie de calefacción.

En las calderas modernas y de alta vaporización se puede tomar hasta $0,5 \text{ m}^2$ de superficie de calefacción por cada BHP aunque el término "HP de caldera" no se considera actualmente como unidad de medida aceptable para calderas, el hecho que es posible encontrarlo en algunos textos nos ha movido a mencionarlo a fin de que se conozca su significado.

La potencia de una caldera se puede expresar en relación a la cantidad de vapor que puede generar en una hora, desde luego, esto dependerá de cada tipo, de su superficie total de calefacción, a mayor superficie de calefacción más vapor y por lo tanto mayor potencia. En la potencia de las calderas tienen influencia su diseño, construcción, su instalación y manejo. A modo de ejemplo podemos anotar los siguientes valores:

Calderas con dos Hogares interiores	14 a	22 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera locomóvil o de locomotora	12 a	20 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera marina o escocesa	18 a	28 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera vertical	10 a	14 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera acuatubular-parrilla-plana	15 a	28 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera acuatubular-parrilla autom.	25 a	40 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera " de gran potencia	40 a	66 KVH/m ²	sup. calefac.
Caldera " de circulac. forzada	60 a	150 KVH/m ²	sup. calefac.

Tiene importancia, también, en la producción de vapor la clase de combustible que se utilice.

Es frecuente medir la potencia de una caldera, expresando el calor total transmitido por la superficie de calefacción en Kcalo - rías por hora.

RENDIMIENTO DE UNA CALDERA

Se llama rendimiento al porcentaje de calor contenido en el combustible que se traspasa al vapor generado por la caldera, al que mar dicho combustible.

Ejemplo: Si se quema un kilo de petróleo de 10.000 Cal y con él se produce cierta cantidad de vapor que contiene 5.000 Cal. La caldera tiene un rendimiento de 50%.

También podría definirse el rendimiento diciendo que: Es la relación entre la energía (calor) contenida en el vapor y el calor contenido en el combustible que se quema.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Calor contenido en el vapor}}{\text{Calor correspondiente al combustible quemado}}$$

Los factores que influyen en una caldera, considerando un rendimiento de 70% que es el que generalmente se logra en la práctica, serían los siguientes:

a) Por combustión incompleta	9,80	%
b) Por gases calientes que van a la chimenea	14,00	%
c) Por cenizas y escorias	2,85	%
d) Por radiación y otras causas	3,35	%
e) Rendimiento caldera	70,00	%
	<hr/>	
	100,00	%

CONDICIONES QUE INFLUYEN EN UN MEJOR RENDIMIENTO

- 1) Mejorando la combustión y sistema de quemar el combustible.
Efecto visible: menos hollín saliendo por la chimenea.
- 2) Procurando que los gases que van a la chimenea, fluctúen entre los 200 y 300°C para no afectar el tiraje ni tener pérdidas exageradas por los gases calientes.
- 3) Disminuyendo las pérdidas por radiación, aislando la caldera y las cañerías conductoras de vapor o agua caliente, con buen aislante térmico.
- 4) Utilizando economizadores y precalentadores de aire (disposición sujeta a tipo de instalación).
- 5) Mantener la caldera y los conductos de humo siempre limpios.
- 6) Utilizando agua blanda, lo que influye en la disminución de incrustaciones.

COEFICIENTE DE EVAPORIZACION O VAPORIZACION

Es el valor que se obtiene dividiendo la cantidad de kilos de vapor generados en una hora por el peso en kilos del combustible consumido en esa misma hora. Esto nos indica el número de kilos de vapor que produce cada kilo de combustible quemado.

Este factor es importante para conocer la cantidad de combustible y la forma de trabajo o rendimiento de una planta generadora de vapor. O sea, cuanto mayor sea el rendimiento de una caldera y mientras mejor sea la calidad del combustible y el sistema de combustión, tanto mayor será la cantidad de vapor generado por el combustible, es decir, mayor será su coeficiente de evaporación.

ELECCION DE CALDERAS

En la elección de una caldera intervienen un sinnúmero de factores entre los cuales podemos citar los siguientes:

- 1) Combustible de que se disponga.
- 2) Capacidad de vapor requerida y calidad de él.
- 3) Tipo de servicio que va a prestar y presión de trabajo.
- 4) Duración probable de la instalación.
- 5) Costo de fabricación e instalación.
- 6) Transmisión eficiente del calor de la combustión.
- 7) Espacio disponible.
- 8) Futuras exigencias.

Además las calderas deben cumplir ciertas condiciones y que se pueden resumir diciendo que:

- 1° Deben ser sencillas.
- 2° Debe disponer de un volumen tanto para la cámara de agua como para la de vapor.
- 3° Debe tener fácil acceso a todas sus partes para efectuar limpiezas, tanto interiores como exteriores.
- 4° El hogar debe ser diseñado para el mejor aprovechamiento del combustible.
- 5° Debe ser compacta y de fácil acceso para efectuar reparaciones.

Si en una industria se desea instalar una caldera, y se conoce a ciencia cierta que el consumo es irregular, o sea, que hay momentos de gran demanda alternados con otro de muy poco o ningún consumo y sus variaciones son violentas, la caldera más recomendable será del tipo de gran volumen de agua, que se le conoce con el nombre "LANCASHIRE" u otra de características similares, que por su diseño tienen gran cámara de agua y gran cámara de vapor, lo que le permite tener una buena reserva de vapor para atender una demanda brusca, a la vez que si esta demanda se elimina instantáneamente, la capacidad de la cámara de vapor es suficiente para almacenar el exceso que se produce, mientras interviene el fogoneo y su acción surte efecto en la disminución de tiraje y combustible, en otras palabras, las cámaras grandes sirven de amortiguadores.

En los casos en que la demanda sea pareja en toda la jornada de trabajo de la caldera, o sus variaciones sean escasas, las calderas igneotubulares (múltiples de humo) son las recomendables, ya que tienen buen rendimiento y buena producción de vapor. En estas calderas las cámaras de agua y de vapor son pequeñas, lo que exige una atención permanente de los fogoneros. Estas calderas son sin mampostería, sólo con aislación por lo que se les llama compactas (se denominan también calderas empaquetadas) por su fácil instalación y son fáciles de trasladar de un sitio a otro sin grandes pérdidas de material (mampostería de refractarios).

Si se necesita una caldera de alta presión las más recomendables son las acuotubulares, que se denominan también calderas inexplorativas, son capaces de producir grandes cantidades de vapor y alcanzan rendimientos hasta de 85%.

Es importante también considerar la calidad del vapor que se desea obtener, esto es, si se requiere vapor seco o saturado húmedo y dependerá del tipo de uso a que esté destinado; ya que existen industrias donde el vapor saturado húmedo sería perjudicial.

Se consigue mejorar la calidad del vapor con un tipo de caldera cuya salida esté lo más alejada posible del nivel de agua, tal es el caso de las calderas provistas de domos (ya mencionados anteriormente). Otras son verticales en que los gases antes de salir a la chimenea recalientan la cámara de vapor, además, a cualquier caldera se le puede adicionar un recalentador de vapor, en donde se consigue la evaporación total de las partículas de agua que lleva en suspensión.

Cuando el vapor que produce una caldera es demasiado seco y en el proceso industrial se requiere vapor húmedo, existen unos aparatos llamados "saturadores". Son de especial aplicación cuando de una caldera quiere obtenerse vapor saturado y vapor recalentado. El vapor recalentado se satura lo que elimina el uso de dos generadores de vapor independientes.

COMBUSTION Y COMBUSTIBLES

Se llama combustión a la acción y efecto por la cual las sustancias combustibles reaccionan con el oxígeno desarrollando calor.

Se define como combustible, aquellas sustancias que al combinarse con el oxígeno atmosférico, desarrollan calor.

Para que haya combustión es necesario que exista entonces un cuerpo que quema llamado combustible y el oxígeno que recibe el nombre de comburente.

COMBUSTIBLE: Existen muchas sustancias combustibles, pero no todas pueden usarse en procesos de combustión, con fines prácticos. Los combustibles se encuentran en la naturaleza, y según su estado, se clasifican en: SOLIDOS - LIQUIDOS - GASEOSOS, y la energía que producen, es decir el calor que da la reacción de sus componentes con el oxígeno del aire se llama su PODER CALORIFICO y se mide en CALORIAS.

Los combustibles más comúnmente usados son:

COMBUSTIBLES SOLIDOS

PODER CALORIFICO

Carbón de piedra	6.500 a 7.100 Cal.
Carboncillo	6.000 a 6.500 Cal.
Carbón Coque	6.000 a 6.600 Cal.
Leña	3.300 a 3.700 Cal.
Basura o Desperdicios Domésticos	1.800 a 2.200 Cal.

COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Petróleo (Diesel - Fuel Oil N° 5 y 6)	8.500 a 10.500 Cal.
Kerosene (Parafina)	10.000 a 11.000 Cal.
Alquitrán Combustible	9.000 a 10.000 Cal.

COMBUSTIBLES GASEOSOS

Gas licuado (de petróleo)	11.500 a 12.000 Cal.
Gas de alumbrado (de carbón)	10.000 a 11.000 Cal.

En general todos los combustibles están constituidos por: carbono (C), hidrógeno (H_2), azufre (S), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2), humedad y cenizas. El poder calorífico es función de la proporción en que estos elementos se encuentran en el combustible, siendo tanto mayor, cuanto más alto sea la proporción de CARBONO e HIDROGENO, o de HIDROCARBUROS LIBRES.

Existen además otros combustibles que también tienen aplicación industrial como: VIRUTA, ASERRIN, PAJA DE MARAVILLA, CAPOTILLO DE ARROZ, ORUJOS DE UVA, etc., pero para quemarlos necesitan instalaciones especialmente construidas para sacar el máximo de aprovechamiento del calor de combustión que desarrollan, y obtener al mismo tiempo una buena combustión.

COMBUSTION: Para que se efectúe una combustión, es necesario la presencia de 3 elementos fundamentales que son:

COMBUSTIBLE - AIRE (oxígeno) y TEMPERATURA. Cualquiera de estos elementos que falte, la combustión no se efectúa.

Ahora, si tenemos los 3 elementos fundamentales (combustible, aire y temperatura), pero el combustible que estamos usando es de mala calidad o inadecuado, si el aire es insuficiente y la temperatura baja, la combustión puede efectuarse, pero obtendremos una MALA COMBUSTION.

Al hacer fuego, estamos efectuando una combustión ya sea quemando papeles, cartones, maderas, encender un brasero, un incinerador o una caldera. Todo incendio es una combustión que se está efectuando.

REQUISITOS BASICOS PARA LA COMBUSTION

COMBUSTIBLES SOLIDOS - SELECCION DEL COMBUSTIBLE

CARBON DE PIEDRA: Si la instalación está diseñada para quemar carbón de piedra en forma manual; el carbón debe seleccionarse de acuerdo a la instalación. El tamaño mínimo será aquel que permita mantenerse sobre las parrillas, sin que pase a través de ésta al cenicero sin quemar; y su tamaño máximo no debe ser mayor que el tamaño del "puño". Los trozos grandes deberán partirse antes de cargarlos.

En una instalación para carbón de piedra, no debe usarse ni carboncillo, ni carbones más molidos.

CARBONCILLO: Este combustible no debe quemarse en forma manual sino por medio de instalaciones mecánicas llamadas quemadores de carboncillo, construídas para este objeto. El tamaño del carboncillo debe estar de acuerdo a la instalación que se posee y no debe usarse otro que no sea el indicado. No todas las instalaciones térmicas requieren el mismo tipo de granulación en el carboncillo que se quema, por esta razón se despacha en tres granulaciones típicas que son: CARBONCILLO CORRIENTE - HARNEADO y CARBONCILLO LAVADO. Debe exigirse la granulación o tamaño más adecuado a la instalación.

CARBON PULVERIZADO: El carbón en esta forma, se quema de la misma manera que un combustible líquido, introduciéndolo en el hogar a través de pulverizadores mediante una corriente de aire. Allí se inflama como consecuencia de la elevada temperatura que hay. Se usa de preferencia en grandes instalaciones o centrales térmicas.

CARBON COQUE: Es un subproducto que queda de la destilación del carbón de piedra al sacarle las materias volátiles o gaseosas; por esta razón el coque en su combustión prácticamente no da humo y su uso se había generalizado en las calderas de calefacción central. Presenta el inconveniente de necesitar una temperatura más elevada que el carbón de piedra para mantener su combustión y es necesario cargarlo en capas gruesas para obtener esta condición, necesitando por consiguiente un mayor tiraje.

LEÑA: La leña requiere una cámara de combustión de mayor tamaño que cuando se usa otro combustible, debido al gran volumen de gases que se forman, de no ser así se pierde una parte apreciable del calor producido.

COMBUSTIBLES LIQUIDOS: Su uso es el más común en instalaciones de calderas y el más sencillo para mantener combustiones sin humo, debido a que se introducen al hogar en quemadores especiales, que permiten su control y regulación. En el caso de usarse petróleos gruesos (N° 5 o 6) y cuando se usa alquitrán combustible es necesario precalentarlos para que adquieran una buena atomización.

COMBUSTIBLES GASEOSOS: Debido a que su uso industrial, no está generalizado no nos referiremos a ellos. Son fáciles de quemar con buena combustión, pero necesitan una muy buena instalación y un cuidado especial para su control y manejo.

AIRE PARA LA COMBUSTION (oxígeno): El aire necesario para la combustión corresponde exactamente a una reacción química entre los componentes del combustible y el oxígeno necesario para que esta reacción se desarrolle. Por lo tanto cada combustible, para quemarlo bien, necesita de una cantidad determinada de aire que es

la correcta y/o suficiente y a medida que se aumenta la cantidad de combustible, lógicamente deberá también aumentarse la cantidad de aire necesario.

TIRAJE NATURAL: Por este medio se obtiene el aire para la combustión y es proporcionado por la chimenea, que al mismo tiempo tiene por objeto lanzar los gases, producto de la combustión, a una altura suficiente para evitar perjuicios o molestias al vecindario (gases y no humos).

La acción de la chimenea está basada en la diferencia de temperatura entre los gases calientes y el aire ambiente. A medida que los gases se calientan en el fogón de la caldera, se hacen más livianos al disminuir su densidad y toman un movimiento ascensional; suben por la chimenea y provocan cierta aspiración de aire que da origen a una corriente que desde la sala de calderas, atraviesa el cenicero y toda la instalación suministrando a los fuegos el aire de combustión necesaria.

Los gases que salen por la chimenea deben tener una temperatura no menor de 180°C , a fin de poder conservar la velocidad necesaria para mantener la aspiración de aire nuevo. Este fenómeno recibe el nombre de TIRO O TIRAJE.

El tiraje aumenta en relación a la altura de la chimenea, también influye la diferencia de temperatura entre los gases de combustión y el aire ambiental; a mayor diferencia de temperatura mayor será la velocidad y fuerza de la corriente de aire.

Las dimensiones que debe tener una chimenea se calcula sobre la base del volumen de gases que deben pasar por ella, y este volumen a su vez depende de la calidad y cantidad de combustible que es quemado.

TIRAJE ARTIFICIAL: Algunas veces es necesario suplementar el tiraje natural con uno provocado artificialmente, esto se consigue utilizando un ventilador u otro medio cualquiera, incluso vapor. Con tiraje artificial se tiene la posibilidad de variar la cantidad de aire que llega al hogar dentro de amplios límites.

El tiraje artificial se usa de preferencia en los casos de determinados combustibles sólidos, también cuando la instalación está sometida a oscilaciones de carga tan grande que no alcanzan a ser compensadas por el tiraje natural. También se usa tiraje artificial en calderas de 3 o más pasos para conseguir una velocidad de movimiento de los gases que no se produce con el tiro natural.

El tiraje artificial se divide en: Tiraje Forzado y Tiraje Aspirado. En el tiraje forzado se hace llegar el aire a presión por debajo del emparrillado utilizando ventiladores o inyectores de vapor.

En el tiraje aspirado, un ventilador aspira los gases de la combustión a la salida de la caja de humos y lo impulsa a través de la chimenea.

AIRE PRIMARIO Y AIRE SECUNDARIO

El aire es una mezcla de oxígeno, nitrógeno y una pequeña cantidad de otros gases; por eso puede decirse sin cometer error apreciable, que el aire está compuesto sólo por 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno, en volumen. De estos dos elementos, solamente el oxígeno participa en la combustión. El nitrógeno es un gas inerte que no arde, llega al hogar a baja temperatura y sale de él a la temperatura de los gases, arrastrando en esa forma cierta cantidad de calor al exterior.

El aire que entra directamente con los combustibles líquidos o a través de los combustibles sólidos bajo las parrillas recibe el nombre de AIRE PRIMARIO.

En el caso de los combustibles sólidos que desprenden materias volátiles, además del aire primario es necesario aire adicional que se introduce sobre el lecho combustible a través de una roseta que generalmente tiene la puerta del hogar o a través de la puerta entreabierta; este aire admitido en esta forma se llama aire SECUNDARIO. Este aire secundario en la combustión de líquidos entra por una puerta regulable bajo el quemador; en el caso del car

bón pulverizado por los costados del hogar.

De esta manera la combustión necesita AIRE PRIMARIO y SECUNDARIO y el rendimiento depende de que ambos entren en la proporción debida.

Para obtener una buena combustión, no basta disponer del combustible y del aire necesario, sino que es importante que cada partícula o elemento de combustible encuentre la cantidad de oxígeno que necesita para quemar. Para ello debe existir una mezcla homogénea entre el aire y el combustible; por esta razón nunca un combustible puede quemarse bien con el aire teórico. El exceso no sólo depende del tipo de combustible sino también del tipo de hogar; y puede variar de un 15 a un 40%.

El exceso de aire no interviene en la combustión, pero es necesario para asegurar el oxígeno que necesita el combustible ya que la mezcla aire combustible no siempre se efectúa correctamente.

TEMPERATURA: Se ha dicho que para efectuar una combustión es necesaria la presencia de 3 elementos indispensables que son: COMBUSTIBLE - AIRE y TEMPERATURA; ya hemos hablado de combustibles y aire. A continuación nos referiremos a la TEMPERATURA.

La combustión no tiene lugar hasta que la temperatura en el hogar sea lo suficientemente elevada. Para que una substancia arda, es necesario que se alcance la temperatura a la cual su reacción con el oxígeno es suficientemente rápida, ésta es la temperatura de Ignición o de encendido.

Antes de llegar a la ignición visible, hay un intervalo de temperaturas en que se efectúa la combustión lenta; por esta razón, para que empiece la combustión debe sobrepasarse la temperatura de ignición. La alta temperatura conseguida gasifica el combustible y permite su COMBUSTION ya que ningún combustible se quema antes de haberse convertido en gas.

Con el objeto de lograr altas temperaturas en los hogares, se re-

su temperatura, permitiendo al operador regular o modificar la marcha de la combustión de acuerdo a lo indicado por estos accesorios.

Corrientemente las instalaciones no cuentan con estos instrumentos y el operador debe recurrir a sus conocimientos y experiencia para quemar correctamente los combustibles. Un medio muy común de controlar la marcha de una combustión es observando el extremo de la chimenea sin abandonar su puesto de trabajo.

Con este fin se recomienda abrir en un sitio conveniente alguna claraboya y/o colocar algún espejo que permita ver el extremo libre.

Si no hay ningún medio de observar la chimenea, la marcha de la combustión debe ser brillante y clara, en caso contrario estarán saliendo humos negros.

Una buena combustión debe eliminar a la atmósfera sólo gases calientes incoloros, sin que se aprecien humos visibles.

Cuando se trabaja con un exceso de aire, no se ven humos por la chimenea pero después de cierto tiempo la combustión puede descontrolarse al bajar la temperatura del hogar por el aire en exceso. Con el objeto de poder dosificar el aire necesario puede recurrirse al siguiente procedimiento:

Cuando se trabaja con todo el templador abierto, la llama y los gases son arrastrados, incluso en forma violenta y haciendo ruido. La llama se inclina hacia los conductos de gases arrastrada por el tiro; el aire que en este momento pasa puede ser la cantidad correcta como también puede ir en exceso.

Para constatar esto último se empieza a cerrar el control del tiraje lentamente, observando el comportamiento de la llama y los gases cada vez que se modifica la posición de cierre del templador, hasta llegar a un momento en que la llama se endereza, los gases pierden velocidad y puede obscurecerse la combustión e in-

cluso aparecer humo. Al llegar a este punto faltaría aire, y se debe abrir lentamente el templador hasta lograr aclarar el fuego, agilizar la llama y eliminar el humo. Esta última posición del templador sería la correcta para asegurar el aire necesario sin gran exceso.

TIEMPO PARA ASEGURAR UNA BUENA COMBUSTION

La combustión es una reacción y toda reacción requiere de tiempo para que se efectúe en buena forma. Por esta razón el encendido debe ser lento y a medida que se va calentando el hogar, se puede aumentar paulatinamente el combustible y el aire hasta llegar un momento en que es posible llegar y mantener un régimen normal de trabajo sin ningún descontrol desde que se inicia el encendido.

Las personas a cargo de instalaciones que deben dar un determinado servicio a una hora señalada, deberán por lo tanto iniciar el encendido con la anticipación necesaria para no verse obligados a apurar los fuegos en perjuicio de una Buena Combustión.

Teniendo el combustible en condiciones apropiadas, aire suficiente, alta temperatura en el hogar la COMBUSTION DEBE SER BUENA, en una instalación bien hecha.

Toda combustión en que se observen HUMOS OSCUROS VISIBLES, es una MALA COMBUSTION y que puede deberse a: FALTA DE AIRE - EXCESO DE COMBUSTIBLE O BAJA TEMPERATURA EN EL HOGAR.

COMBUSTION EN CALDERAS

La combustión efectuada en cualquier tipo de caldera, ya sea industrial o de calefacción, tiene un fin bien determinado que es el aprovechamiento máximo del calor desarrollado en la combustión del combustible que se quema en el hogar, para transmitirlo a través de la instalación y producir vapor o agua caliente. Por esta razón debe manejarse para lograr este objetivo básico, que es el mejor aprovechamiento del combustible.

COMBUSTION EN INCINERADORES

En los incineradores el caso es lo contrario, la combustión se efectúa con el único propósito de eliminar o incinerar las basuras, desperdicios domésticos u otros que constituyen el combustible para este proceso, sin NINGUN APROVECHAMIENTO DEL CALOR PRODUCIDO, que es eliminado totalmente al exterior.

En este caso nos vamos a encontrar con un MAL COMBUSTIBLE, debido a su bajo poder calorífico que generalmente fluctúa entre los 1.800 a 2.200 Calorías.

Al tener un combustible de mala calidad no podemos pretender efectuar buenas combustiones si no mejoramos esta condición básica; para esto se agrega un combustible adicional para lograr la incineración total manteniendo una buena combustión. Este combustible que se agrega debe controlarse y dosificarse para lograr el objetivo propuesto sin malgastarlo.

AGUA DE ALIMENTACION DE LAS CALDERAS

Definición: Son aquellas aguas de cualquier procedencia que pueden utilizarse con ventaja y seguridad para alimentar calderas.

Procedencia: El agua en general procede de los ríos, lagos, pozos y agua de lluvia. Para los efectos de alimentación de generadores de vapor y fines industriales en general, tienen primordial importancia los ríos y pozos. Por la misma índole de su procedencia no se puede evitar que ella arrastre y disuelva algunas impurezas que la hacen inapta para el consumo humano y también industrial.

Condiciones que debe cumplir:

- 1) Debe ser clara, con una turbidez inferior a 10 ppm. Cuando esta turbidez es superior, deberá ser sometida a filtración.
- 2) Debe estar totalmente exenta de dureza no carbonática.
- 3) La dureza total no debe exceder de 35 ppm.
- 4) Debe estar prácticamente exenta de aceites.
- 5) Debe estar prácticamente exenta de oxígeno.
- 6) Debe tener un bajo contenido de sílice.

Tratamiento: Las impurezas que suele traer consigo el agua sin tratamiento proveniente de las fuentes descritas, se pueden clasificar en la siguiente forma:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1) <u>Sólidos en suspensión</u> | Barro (arcilla)
Materias orgánicas (Madera y Bacterias)
Arena (sílice) |
| 2) <u>Sales disueltas</u> | Sales de calcio y magnesio
Cloruros y sulfatos alcalinos |
| 3) <u>Gases disueltos</u> | Aire (oxígeno - nitrógeno)
Anhídrido carbónico |

EFFECTOS QUE PRODUCEN EN LAS CALDERAS

Las impurezas del Grupo 1: Producen efectos de embancamiento sumamente rápido coayudado por las del Grupo 2. Deben ser retiradas necesariamente casi en su totalidad antes del ingreso a la caldera. El procedimiento a seguir es someterla a un proceso de filtración. Cuando la cantidad de sólidos es muy alta debe comen-zarse con un proceso de coagulación, decantación y después filtra-ción. Para el caso de las materias orgánicas se procede a agre-gar pequeñas cantidades de hipoclorito de sodio. En general el agua potable que suministran las Empresas de Agua Potable ya ha sido sometida a estos tratamientos.

Grupo 2: El contenido de sales de calcio y de magnesio en el agua se denomina dureza, la cual se caracteriza por producir en el interior de las calderas depósitos adherentes en forma de costra dura llamados incrustaciones, con los resultados que se indicarán más adelante.

Adición: Consiste en agregar controladamente al agua de alimenta-ción ciertas substancias, generalmente gelatinosas y/o alcalinas denominadas desincrustantes, que modifican la conducta del calcio y magnesio no permitiéndoles depositarse en forma de costra dura, sino que como un simple barro de fácil eliminación, mediante las purgas sistemáticas.

Los resultados obtenidos con estos sistemas son muy dudosos si no son combinados con los métodos de sustracción.

Métodos de sustracción:

a) Cal y soda: Este sistema consiste en agregar al agua de ali-mentación en forma dosificada óxido de calcio (Cal) y carbona-to de sodio (soda), los cuales reaccionan con la dureza del agua precipitándola antes de que ingrese a la caldera. Este método fue el primero usado de este tipo, con buenos resulta-dos, siendo sus defectos el costo de los reactivos empleados y el empleo de grandes volúmenes para decantación y unidades fil-trantes.

b) Intercambiadores iónicos: Denominados genéricamente ablandadores. Este sistema se caracteriza por el empleo de ciertas sustancias denominadas zeolitas o bien del tipo de resinas sintéticas de ciclo reversible que intercambian las sales de calcio y magnesio que no producen incrustaciones, por otras como sodio o hidrógeno que producen incrustaciones. La forma de actuar se puede resumir gráficamente en la forma siguiente:

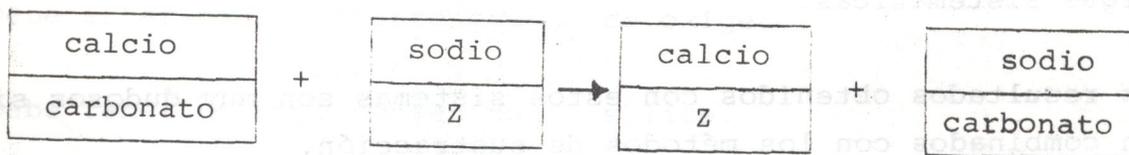
Las impurezas de calcio y magnesio al estado soluble del agua de alimentación se representará así:

calcio
carbonato

y la de zeolita o similar así:

sodio
Z

que es sólida y permanece en el interior del aparato ablandador. Ahora bien, al ponerse en contacto el agua dura con una o más partículas de zeolitas se produce un intercambio que lleve al siguiente resultado:



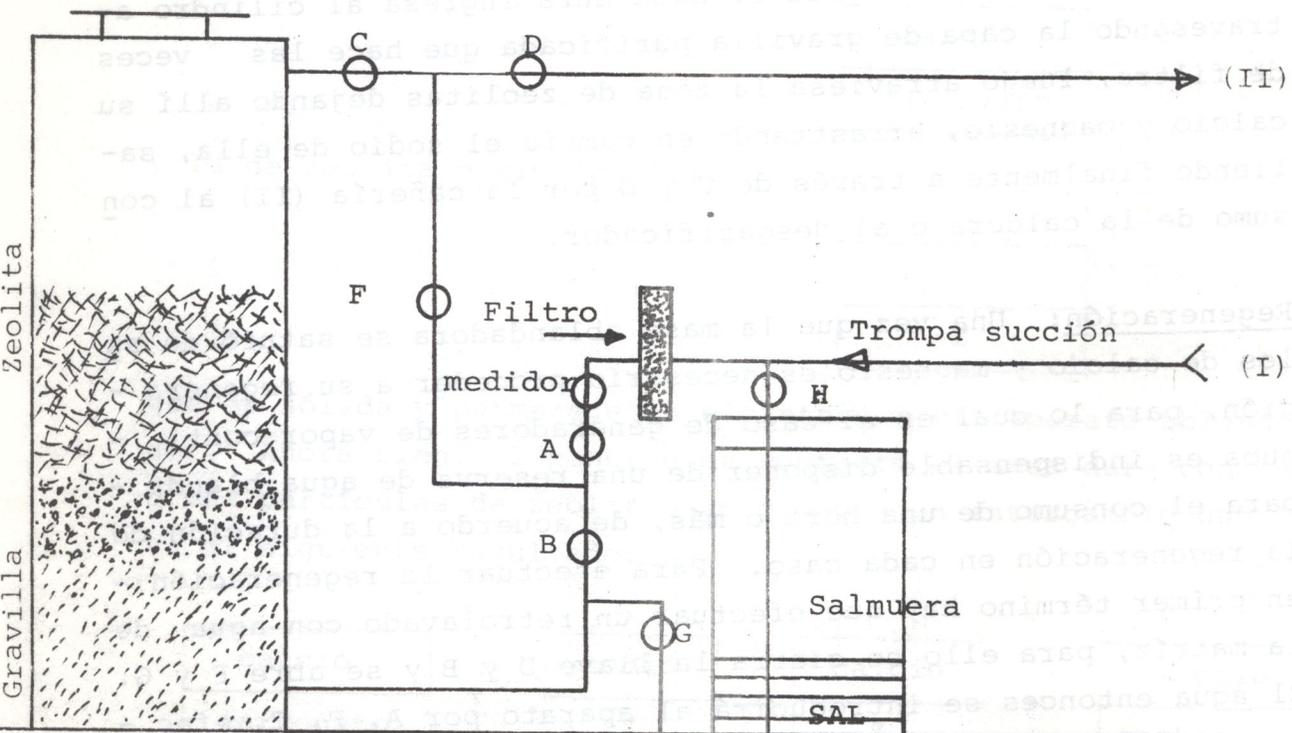
o sea se ha producido un intercambio de tal modo que el calcio queda retenido por la zeolita, en cambio ésta se desprende del sodio que va a la caldera sin producir efectos de incrustaciones. Sin embargo, la sustancia ablandadora es definida y llega un momento en que se satura de calcio y magnesio, perdiendo así su actividad, momento en el cual es necesario regenerar el ablandador mediante la adición de una solución saturada de cloruro de sodio (sal), con lo que vuelve a sus condiciones iniciales de trabajo.

En la práctica estas reacciones se efectúan en un recipiente cilíndrico que contiene el ablandador y otro que contiene una solución saturada de cloruro de sodio más un juego de válvulas y accesorios, como se describe en la figura correspondiente.

Trabajo normal: El agua sin tratar ingresa al sistema por la cañería (I), pasa a través de la trompa de succión que sólo actúa cuando la válvula (H) está abierta (En trabajo normal deberá estar cerrada en cuyo caso es sólo un paso de agua), luego pasa al filtro de malla y al medidor de volumen de agua, deberán estar abiertas las válvulas A, B, C y D y cerradas las F, G y H en estas condiciones el agua dura ingresa al cilindro atravesando la capa de gravilla purificada que hace las veces de filtro, luego atraviesa la zona de zeolitas dejando allí su calcio y magnesio, arrastrando en cambio el sodio de ella, saliendo finalmente a través de C y D por la cañería (II) al consumo de la caldera o al desgasificador.

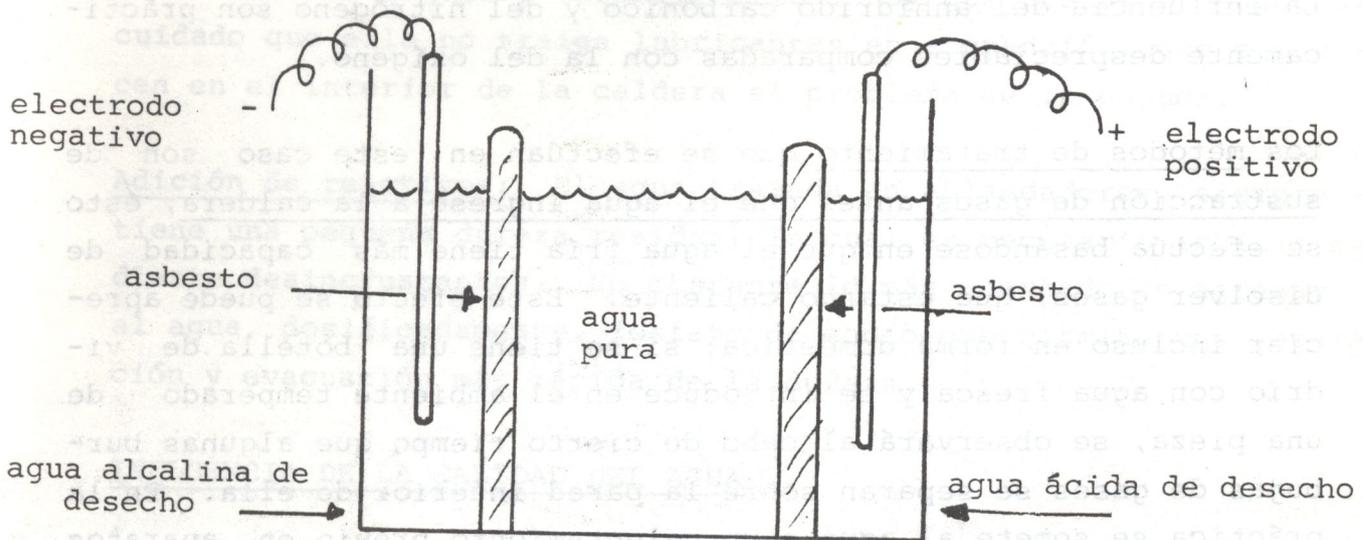
Regeneración: Una vez que la masa ablandadora se saturó de sales de calcio y magnesio es necesario proceder a su regeneración, para lo cual en el caso de generadores de vapor continuos es indispensable disponer de una reserva de agua blanda para el consumo de una hora o más, de acuerdo a la duración de la regeneración en cada caso. Para efectuar la regeneración en primer término hay que efectuar un retrolavado con agua de la matriz, para ello se cierra la llave D y B y se abre F y G. El agua entonces se introducirá al aparato por A, F, C, efectuando así un barrido previo de sustancias extrañas que hayan escapado a los filtros, esto debe durar hasta que el agua que sale por C al exterior se muestre totalmente transparente, en una muestra tomada en un vaso precipitado. Conseguido esto se procede a abrir la válvula H, que comunica con un estanque con solución de salmuera que siempre mantenga sal sólida en el fondo hasta $1/3$ del total, la trompa de succión se encargará mediante el impulso del agua de la cañería I de succionar. En algunos tipos de ablandadores es necesario mantener la salmuera algunos instantes en contacto con la zeolita, en otros basta el simple paso de ella para completar la regeneración.

Existen algunos diseños en que el juego de llaves para efectuar las operaciones descritas es sustituido por una válvula única que con tres movimientos tipo cambio las efectúa cómodamente. Una vez que se ha succionado la salmuera necesaria se procede a cerrar la llave H y se continúa haciendo pasar agua hasta que una muestra tomada por G no indique una dureza superior a 35 ppm, en cuyo caso se procede a colocar las válvulas en las condiciones normales de trabajo ya indicadas.



c) Métodos eléctricos: Consisten en hacer pasar el agua dura por una celda electrolítica de bajo voltaje provista de dos electrodos, positivo y negativo separados mediante dos diafragmas de asbesto, en estas condiciones se produce una electrolisis del agua emigrando al negativo todos los iones metálicos (calcio, magnesio y otros) y al positivo todos los iones no metálicos como cloruros, sulfatos, carbonatos, etc., dejando en el centro agua casi químicamente pura.

No se aplica industrialmente por el alto costo de la energía eléctrica y se pierde una pequeña proporción de agua de desecho.



d) Métodos electrónicos: Consiste en hacer pasar el agua dura a través de un tubo que produce descargas electrónicas produciendo una modificación conductual a nivel intramolecular que impide que las sales de calcio y de magnesio una vez que están en el interior del generador de vapor se depositen en forma de costra dura, sólo lo hacen como un barro inconsistente que es expulsado por las purgas. Es un método de bajo costo pero de dudosos resultados hasta el momento.

Grupo 3: Las pequeñas cantidades de aire y otros gases que el agua disuelve en su paso por la naturaleza se desprenden en el interior de la caldera por la nueva acción de calentamiento, como es sabido el aire contiene un 20% de oxígeno que tiene capacidad de oxidar la plancha de la caldera produciendo corrosiones que disminuyen en forma notable la vida media de ella.

La influencia del anhídrido carbónico y del nitrógeno son prácticamente despreciables comparadas con la del oxígeno.

Los métodos de tratamiento que se efectúan en este caso son de sustracción de gases antes que el agua ingrese a la caldera, esto se efectúa basándose en que el agua fría tiene más capacidad de disolver gases, que estando caliente. Este efecto se puede apreciar incluso en forma doméstica; si se tiene una botella de vidrio con agua fresca y se introduce en el ambiente temperado de una pieza, se observará al cabo de cierto tiempo que algunas burbujas de gases se separan sobre la pared interior de ella. En la práctica se somete al agua a un calentamiento previo en aparatos especiales denominados desgasificadores. Como de todas maneras quedan aún pequeñísimas cantidades de oxígeno disuelto, este se neutraliza con un potente reductor llamado hidracina, o se inhiben sus efectos mediante sulfito de sodio.

Métodos complementarios

Purgas: Consiste en evacuar en forma brusca cierta cantidad de agua de la caldera en trabajo, de tal modo que se produzca una expulsión de los lodos antes que se transformen en adherentes. Estas deben ser sistemáticas con una frecuencia que en cada caso se determine de acuerdo a la calidad del agua y a las exigencias de producción de vapor.

Recuperación de condensado: Es de alta conveniencia en el caso que sea posible recuperar el agua que se ha condensado del vapor una vez que éste ha efectuado su trabajo térmico, por cuanto se trata de agua exenta de dureza y que aún tiene valor térmico residual que economizará combustible.

En el caso de máquinas termoeléctricas hay que observar especial cuidado que ella no traiga lubricantes en suspensión, que producen en el interior de la caldera el problema de la espuma.

Adición de reactivos: El agua tratada en ablandadores, siempre tiene una pequeña dureza residual la cual es necesario inhibir mediante desincrustantes. No obstante lo más acertado es agregar al agua, dosificadamente, fosfato de sodio que permite una separación y evacuación más rápida de la dureza.

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

a) Rendimiento: Es la relación que existe entre la totalidad del calor aportado por el combustible al quemarse en su totalidad y el calor utilizado como vapor, este cociente es afectado notoriamente cuando se trata de aguas duras, por cuanto al efectuarse el depósito laminar de incrustación sobre la superficie de calefacción, éste tiene propiedades aislantes térmicas, de tal modo que el calor del combustible no alcanza a llegar al agua en forma expedita, perdiéndose luego por la chimenea.

b) Seguridad: El efecto anteriormente descrito tiene además el siguiente efecto derivado, al encontrarse aislada del agua, - las planchas que forman la superficie de calefacción, por efecto de la incrustación, queda a merced del calor y temperatura del hogar, recalentándose en exceso.

Como es sabido, el acero laminado al rojo cereza pierde los $\frac{5}{6}$ de su resistencia a la tracción, sufriendo deformaciones permanentes, roturas y provocando explosiones. Por otro lado cuando por causa del mismo trabajo de la caldera la incrustación se rompe, total o casi totalmente, pone en violento contacto el agua a presión, con la plancha calentada al rojo (naturalmente debilitada) produciendo un aumento de presión interna tal que llega a su límite de ruptura, produciendo la explosión.

c) Corrosiones: Se define como el desgaste de la plancha por diversos agentes entre los cuales se cuenta en primer término el oxígeno. El aludido desgaste produce una sensible pérdida de la resistencia de la plancha llegando a ocasionar roturas y fisuras que comprometen la seguridad de la caldera. Otros agentes que producen corrosiones intensas y rápidas es la dureza no-carbonática (sulfatos, cloruros de calcio y magnesio), estas sales mediante la concentración que sufren y el calentamiento se hidrolizan dando lugar a la formación de hidróxidos de calcio y magnesio que precipitan y a los ácidos respectivos, esto es ácido clorhídrico y sulfúrico de consabida capacidad corrosiva.

Esta acción es ayudada cuando se trata de planchas de estructura cristalográfica heterogénea, en cuyo caso se producen roturas locales de muy rápido efecto obligando a continuas reparaciones y por lo tanto a irregularidad del funcionamiento del generador de vapor.

Todo lo anteriormente expresado, fundamenta los diversos tratamientos descritos, sin embargo, todos ellos quedan sin efecto, si no se cuenta con un operador que los atienda y mantenga a conciencia.

PREVENCION DE LOS ACCIDENTES EN CALDERAS

Accidente es un suceso que altera el normal desenvolvimiento de una faena, pudiendo haber lesionados o no. El factor más importante en la secuencia de un accidente es la causa que puede provenir de:

CONDICIONES INSEGURAS

ACCIONES INSEGURAS

Si aplicamos estos principios de seguridad a las calderas podemos decir lo siguiente:

Condiciones Inseguras: Se pueden interpretar como condiciones de seguridad o inseguridad en el ambiente de trabajo y tratándose de calderas estas dependerán:

- a) de la calidad de construcción
- b) del estado de la caldera
- c) del estado de los accesorios
- d) de que los accesorios sean suficientes
- e) del sistema de mantención y funcionamiento de la caldera.

Acciones Inseguras: Son inherentes al hombre, y en nuestro caso específicamente al fogonero, y dependerán de los siguientes factores:

- a) conocimientos suficientes para el manejo de calderas
- b) condiciones personales tales como: negligencia, intemperancia, desinterés, falta de seriedad o chacota, etc., en el desempeño de sus funciones
- c) conciencia de la responsabilidad de su cargo, y respeto por el cumplimiento de las instrucciones y reglamentos relacionados con el manejo de calderas.

De lo anterior podemos deducir que en la prevención de accidentes intervienen varios factores que cubren las diferentes etapas por

las que atraviesa una caldera. Podemos ordenarlos en la siguiente manera:

- a) De Planificación: En esta etapa tienen importancia fundamental los cálculos de espesores de planchas, detalles de soldadura (o remachadura), accesorios de seguridad, calidad y condiciones de los materiales a usar, detalles de instalación y demás especificaciones de cada caso en particular. Esta planificación debe ser una guía precisa para ejecutar con éxito la construcción e instalación de la caldera.
- b) De Construcción: En esta etapa, el material usado, la mano de obra y una capacitada y estricta vigilancia de estos factores son importantísimos y deben tener por finalidad lograr una fiel interpretación de los planos indicados en el primer punto. Una vez construída la caldera, el mismo fabricante debe acreditar la calidad de ella, mediante certificado, que será el resultante de una serie de inspecciones y pruebas a que se someterá la caldera, para determinar que está en condiciones de soportar la máxima presión a que trabajará.
- c) De Instalación e Inspecciones Oficiales: En nuestro país desde junio de 1957, rige el Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor, por Decreto N° 511 del Ministerio de Salud Pública, correspondiendo al Servicio Nacional de Salud la fiscalización de su cumplimiento. Este Reglamento establece las normas a que deben ceñirse las instalaciones de calderas, su individualización, alimentación de agua, accesorios y elementos de seguridad: válvulas de seguridad, indicadores de nivel de agua, manómetro, tapón fusible, inspecciones, pruebas y calidad de los fogoneros u operadores. Posteriormente se reemplazó este Reglamento por el N° 190 de 24 de octubre de 1963, que lo modificó y contiene disposiciones sobre autoclaves. Actualmente rige el Decreto N° 48 de 12 de mayo de 1984, por haber sido derogado el Decreto N° 190.

Por consiguiente la planificación de estas instalaciones deben cumplir los requisitos reglamentarios, además de los que la técnica aconseja.

La inspección oficial comienza cuando el industrial presenta una solicitud de la instalación de la caldera, acompañada de las especificaciones y planos correspondientes. Una vez aprobada el industrial la instala y los técnicos inspectores van a la industria a efectuar su labor, sometiendo la caldera a inspecciones internas y externas, y a una prueba hidráulica con una presión igual a la de trabajo aumentada en 50% (coeficiente de seguridad 1,5). Si todo indica buenos resultados, se enciende la caldera y se somete la válvula de seguridad a las pruebas de regulación y capacidad de evacuación de vapor.

Una inspección final de funcionamiento y combustión con examen del operador, determinan la autorización oficial mediante certificado y anotación en el libro de servicio de la caldera.

- d) De Operación: Puesta en servicio la caldera, la calidad del operador o fogonero, será de vital importancia, y su preparación deberá estar en relación con el equipo que va a manejar.

Cumpliendo las disposiciones reglamentarias, los fogoneros son sometidos a examen por el Servicio Nacional de Salud, mediante el cual se verifican los conocimientos, preparación, experiencia y capacidad general para el cargo. Si son aprobados, se les otorga un Certificado que autoriza para desempeñarse como fogonero. Sin este Certificado no pueden desempeñarse como operadores de calderas de ninguna clase.

- e) De Mantenimiento: Desde el momento en que se inicia el funcionamiento de una caldera debe planificarse un programa de mantenimiento, que cubre una revisión periódica de la caldera y sus accesorios, llevando un libro de servicio o novedades en el cual se anoten todos los trabajos, inspecciones y reparaciones que se efectúen; este libro estará a disposición de las autoridades. La importancia de la mantención en la Prevención de accidentes es enorme, pues consiste en adelantarse a prevenir las posibles fallas que los provocan. Además influye en la duración del equipo y en el rendimiento de la instalación.

Dentro de este rubro podemos colocar el tratamiento de aguas duras, que en los casos de calderas multitubulares tienen el carácter de imprescindible. Resumiendo podemos decir, que si cada etapa en la vida de una caldera es ejecutada por personal capacitado y consciente del trabajo que realiza, se podrá contar con un alto coeficiente de seguridad. Las primeras etapas de planificación, construcción e instalación, están siendo efectuadas por firmas y personal que cuentan con conocimientos para tal faena, pero es necesario todavía, que el industrial que adquiere una caldera verifique esta garantía.

Sin embargo, es necesario insistir, que el usuario de una caldera es responsable de la mantención del equipo, y que no se le exija a la instalación una mayor presión ni producción de vapor, de la que es capaz de producir la caldera en forma normal. Además debe dar las facilidades e incluso requerir, las inspecciones periódicas por los Técnicos del SNS.

Finalmente, el Fogonero será el hombre clave en la marcha de la caldera y de sus conocimientos y condiciones personales, dependerá la probabilidad de un accidente.

FUNCIONAMIENTO Y MANEJO DE UNA CALDERA: Para el buen funcionamiento de una caldera, es muy importante instalarla en una sala que tenga suficiente luz, buena ventilación y espacio que permita trabajar sin dificultad al fogonero y tener fácil acceso a todas las partes de la caldera. Se debe ubicar lo más cerca posible de los puntos de consumo de vapor, a fin de disminuir al máximo las pérdidas de calor por condensación en las cañerías. En el caso de máquinas, las cañerías deben tener inclinación hacia éstas y no hacia la caldera.

Una vez realizadas todas las inspecciones y pruebas a una caldera se procede a ponerla en marcha. Para ello se debe proceder de la siguiente manera:

- 1) Efectúese una revisión general de toda la instalación con el fin de imponerse de cualquier anomalía que se haya producido y pueda significar peligro o mal funcionamiento.
- 2) Contrólense los accesorios de alimentación de agua, tanto los de servicio como los de reserva. Verifíquese que el tubo de nivel marque efectivamente el nivel de agua que hay en la caldera.
- 3) Revísese el fogón y prepárese para iniciar la combustión.
- 4) Abrase el grifo de nivel superior, para permitir la salida del aire acumulado en el interior de la caldera.
- 5) Llénese la caldera con agua hasta un nivel de 2 a 3 centímetros, inferior al de trabajo, espacio que se deja para la dilatación del agua al calentarse. (Después se ajusta al nivel correspondiente).
- 6) Enciéndase el fuego, cuidándose de irlo aumentando en forma lenta para lograr una buena combustión.
- 7) Una vez que se empiece a producir vapor, debe cerrarse el grifo de nivel.
- 8) Verifíquese el buen estado de los accesorios de seguridad, para que en caso de emergencia cumplan con su objetivo.

Durante el funcionamiento de la caldera debe cuidarse de alimentar en forma regular con agua y combustible. No debe permitirse que el nivel de agua baje demasiado, ni suba más de lo normal. En el primer caso exigiría una alimentación de agua muy prolongada, lo que enfría la caldera y hace bajar la presión; en el segundo caso el vapor que se produce es muy húmedo.

El exceso de carga en el hogar se traduce en pérdidas de combustible y obstrucción de los conductos de humo. Debido al exceso de

combustible en el hogar pueden producirse explosiones en las zonas de combustión y conductos de humo de la caldera.

MANTENCION DE LA COMBUSTION

1.- EN HOGAR CON COMBUSTIBLE SOLIDO

1.1 Encendido: El método más recomendable para encender un fuego, es repartir sobre la parrilla una delgada capa de carbón, agregar algo de papel, y un poco de leña. Es recomendable colocar el papel debajo de la parrilla y si el fogón es grande, se puede agregar algo de aceite a la leña. No se debe emplear parafina o bencina, porque el intenso calor desarrollado súbitamente da lugar a dilataciones desiguales, produciendo aflojamientos en los tubos o remachaduras, y por consiguiente, filtraciones. Por este mismo motivo, no conviene mantener un fuerte tiraje durante el encendido del fuego. Tan pronto arda el fuego se añade carbón de a poco, controlando, para evitar un calentamiento repentino de la caldera.

Antes de que se empiece a formar vapor deben abrirse las llaves de prueba o grifo del tubo de nivel de la zona correspondiente al vapor para eliminar el aire contenido en la caldera, cuyo oxígeno junto con el que se desprende del agua, oxida rápidamente las planchas. Si la presión de trabajo ha sido alcanzada y aún no hay consumo, se modera el fuego cerrando el registro (templador) de la chimenea y se reparte un poco carbón fresco sobre el encendido, manteniendo abierta la puerta del cenicero para refrigerar las parrillas.

Si se trata de instalación nueva, antes de poner la caldera en trabajo se debe secar primero la albañilería, empleando fuego moderado de leña durante varios días.

1.2 Mantenimiento del fuego: El fuego debe mantenerse de modo que la presión se mantenga dentro de lo prescrito.

Los métodos de alimentación a mano son: Distribución Uniforme, Distribución alternada y Método de coquificación.

El primer método consiste en repartir uniformemente el carbón, paleando primero hacia el fondo y siguiendo hacia la puerta.

En el segundo método se patea el carbón primero a un lado del emparrillado y a todo su largo, y después de un intervalo de tiempo se patea en igual forma al otro lado.

En el método de coquificación se patea el carbón a la entrada del hogar, donde por acción del calor desprende primero su humedad, en seguida las materias volátiles y luego se coquifica. Antes de empezar el paleo siguiente, se empuja hacia el interior este carbón coquificado, repartiéndolo en el emparrillado y cargando nuevamente carbón fresco en la puerta. De esta manera la materia volátil desprendida pasa por sobre el carbón encendido quemándose.

En general no se puede adoptar definitivamente uno u otro método sino que la experiencia del fogonero y sus jefes, determinará cual de ellos o qué combinación de ellos es más conveniente. Deberá palearse el carbón lo más rápido y corto para mantener la puerta abierta lo menos posible y evitar que se enfríe el hogar; es conveniente reducir el registro (templador) para cargar el hogar.

En cuanto al espesor de la capa de carbón sobre la parrilla, depende de la forma y tamaño de los carbones, del tiraje y de la intensidad de la combustión. Suele variar entre 6" y 10". No conviene dejar pozos en la capa de carbón. Estos se forman generalmente en partes difíciles de alimentar y tienen el inconveniente de permitir el paso de un exceso de aire.

De vez en cuando el fogón debe limpiarse para evitar una gran formación de escorias. No debe exagerarse el agua pues puede ocurrir que el calor que se va a economizar se gaste en evaporar el exceso de agua que se ha echado.

2.- HOGAR CON ATOMIZADOR (QUEMADOR) DE PETROLEO

Para obtener una buena combustión en un hogar con quemadores de petróleo es necesario:

- 1) Que haya una correcta presión y temperatura del petróleo a fin de obtener una perfecta atomización.
- 2) Un correcto ajuste del quemador en el registro de aire (cavidad donde va colocado el quemador).
- 3) Un correcto ajuste de las puertas del registro de aire para admitir solamente la cantidad necesaria de aire para la combustión. Normalmente los quemadores que están trabajando deben tener abiertas las entradas de aire. Las puertas de aire de los quemadores que están fuera de servicio deben estar cerradas para prevenir la entrada de aire frío al hogar.
- 4) Controlar la acción del tiraje forzado, a fin de entregar el correcto volumen de aire, con las puertas de aire de los quemadores completamente abiertas.
- 5) Limpiar periódicamente los filtros de petróleo, para evitar que el sedimento pase a obstruir o escoriar los atomizadores.

En general en estos hogares la eficiencia depende exclusivamente de la buena dosificación del aire.

MANTENCION DE LA PRESION: Cuando el consumo de vapor es constante la presión no tendría por qué variar salvo por descuidos del fogonero en la atención de la caldera. Si la presión ha subido el fogonero deberá cerrar un tanto el cenicero y dejar quieto el fuego; también se puede ayudar a bajar la presión inyectando agua, cuando sea posible.

Tratándose de un consumo variable, si este aumenta y el fogonero nota un descenso considerable de la presión, deberá aumentar la cantidad de combustible, pero sin olvidar que debe también aumentar la cantidad de aire, abriendo más el registro. Por lo tanto cuando no se disponga ya de mayor tiraje no se puede seguir forzando el fuego sin correr el riesgo de dejar de tener una buena combustión.

PURGA DE LA CALDERA: Para eliminar los barros que se forman en el interior de la caldera mientras está en funcionamiento, debe purgarse, abriendo la llave de purga o descarga; mientras la llave está descargando debe mantenerse bien abierta, a fin de que los barros puedan ser expedidos y no retenidos por una salida estrecha. De preferencia la purga debe hacerse en la mañana porque durante el período de calma de la noche se ha precipitado la mayor parte de los barros. En caso de funcionamiento de tres turbinas diarios, conviene purgar en la tarde. Por lo menos una vez al día deben purgarse las calderas, dependiendo una mayor frecuencia de la calidad del agua de alimentación. La medida de la purga se controla por el descenso del agua en el tubo de nivel (1" - generalmente por purga).

DETENCION DE LAS CALDERAS: Cuando se va a proceder a parar una caldera deberá tenerse siempre cuidado de inyectar agua para dejarla con un nivel más o menos normal.

En las calderas revestidas con mampostería de ladrillos, es especialmente importante esta preocupación, a fin de que la caldera no se vaya a secar en la noche por efecto del calor acumulado por la mampostería. Puede presentarse el caso de que si se ha dejado la caldera con una presión pequeña, ésta haya aumentado y a su vez el nivel haya subido; este hecho, que parece a primera vista inexplicable, se debe a que al inyectar agua antes de parar, la caldera ha quedado con agua más o menos fría. Durante la noche la mampostería entrega el calor que ha acumulado calentando agua, que se dilata, aumentando de volumen y generando algo de presión.

EMBANCAMIENTO DEL FUEGO: Cuando el fuego se embanca, o sea, se ha apagado, no debe olvidarse que una cantidad suficiente de aire debe seguir pasando a través de la instalación para evitar la acumulación de gases combustibles y posibles explosiones al quemarse en forma instantánea. Es indispensable en estos casos abrir el registro y puerta del hogar.

LIMPIEZA DE LAS CALDERAS: La caldera debe limpiarse cuando al abrir el grifo de prueba ubicado a nivel normal del agua, bota agua a intervalos, pareciendo que "escupe". Ello indica que la caldera tiene espuma y lodo en suspensión. La limpieza se hace por las puertas de hombre.

HOLLIN: El principal componente del hollín puro, o negro de humo, es el carbono. La composición del hollín corriente varía considerablemente, dependiendo de la calidad y clase de combustible empleado; ácidos y alquitranes mezclados con el negro de humo son los constituyentes normales del hollín de las calderas.

Debido principalmente a su estado esponjoso, el hollín es 5 veces más aislador que el asbesto; por esta razón el rendimiento de una caldera, y en especial su capacidad de vaporización, baja rápidamente cuando se deja acumular hollín, aunque sea en pequeñas cantidades. Si el hollín no se remueve a menudo, el carbono se quema en parte y la masa tiende a formar una especie de cemento que se pega fuertemente a las superficies metálicas. La limpieza se efectúa mediante chorros de vapor, empleando mangueras y pitones en las calderas pequeñas y red de cañerías y pitones móviles en las grandes, o diariamente con escobillones especiales de acero.

CONSERVACION DE LAS CALDERAS EN RECESO: Para impedir las corrosiones producidas en las calderas por el aire húmedo, en los períodos de descansos prolongados, lo mejor es llenarla con agua nueva, vigilando constantemente que permanezca llena por completo. El agua que se coloque a la caldera debe ser básica, lo que se asegura colocando al agua potable cal o potasa, en la proporción adecuada.

Al dejar la caldera completamente vacía, debe cubrirse interiormente con los barnices que para este objeto se expenden en el comercio. Al vaciar una caldera, para evitar enfriamientos bruscos y recalentamientos del metal, debe tomarse las siguientes precauciones:

- 1) Apagar el fuego, haciendo caer en el cenicero el carbón incandescente.
- 2) Cerrar la puerta del hogar, la del cenicero y el registro, con el objeto de impedir la entrada de aire demasiado frío.
- 3) Aguardar a que la mampostería se haya enfriado, pues de otra manera los metales podrían recalentarse en su parte superior y la dilatación dispereja daría lugar a filtraciones.
- 4) Vaciar la caldera, enfriando paulatinamente el agua, con este fin se introduce agua fría mientras la llave de purga se mantiene abierta.

Esta operación tiene por objeto impedir el endurecimiento de los depósitos de sales que tienen la tendencia a formarse sobre las planchas demasiado calientes.

E M E R G E N C I A S

AUMENTO SUBITO DE LA PRESION: Esto sucede generalmente cuando se disminuye el consumo de vapor, o cuando se descuida el fogonero y hay exceso de combustible en el hogar. Es casi siempre fácil reducir la presión reduciendo el tiraje por el cierre parcial del registro y abriendo un poco la puerta del hogar. No conviene abrirla totalmente para evitar enfriamientos bruscos. Si el nivel lo permite, puede inyectarse agua fría. Con quemadores de petróleo el problema es más fácil de solucionar, pues se le apaga y se ayuda con inyección de agua o abrir un poco la puerta del hogar.

PRODUCCION DE VAPOR DIFICIL: Cuando una caldera produce vapor con dificultad, puede deberse a una causa accidental o permanente, que podría ser la construcción defectuosa, o la mala disposición

de la caldera o del hogar. El emparrillado puede ser demasiado pequeño; los conductos de humo demasiado largos y estrechos y poseer codos que dificultan la circulación; la chimenea puede ser baja y sobre todo estrecha. En todo caso el único remedio estaría en reconstruir las partes defectuosas.

Cuando la producción de vapor es difícil por una causa accidental puede deberse a: que el fuego esté mal encendido o que el emparrillado esté obstruido por escorias. Los conductos de humo pueden estar obstruidos por cenizas, cuando no se ha hecho una limpieza a fondo.

DESCENSO RAPIDO DE LA PRESION: Puede deberse a descuido del fogonero en la alimentación del fuego; en este caso debe proceder por todos los medios a activarlo, deteniendo el consumo si el descenso de presión ha sido muy grande. Otra causa podría ser una alimentación con agua fría durante un tiempo largo.

DESCENSO EXCESIVO DEL NIVEL DE AGUA: Es la falla más grave que se puede presentar. Si este nivel no ha descendido más allá del límite permitido y visible, bastará con alimentar rápidamente, pero si el nivel ha bajado demasiado y no es visible en el tubo de nivel, debe considerarse seca la caldera y proceder a quitar el fuego, cerrar el consumo de vapor y dejarla enfriar lentamente. Antes de encenderla nuevamente, se deberá inspeccionarla en forma completa y detenida.

El descenso del nivel de agua es particularmente muy rápido en las calderas que tienen reducido volumen de agua y presentan gran superficie de calefacción, como las acuotubulares. Por esto conviene estar siempre atento a la normal y continua alimentación de agua.

EXPLOSIONES: Las explosiones de las calderas son desastres de gravedad extrema, que casi siempre ocasionan la muerte a cierto número de personas. La caldera se rasga, se hace pedazos, para dar salida a una masa de agua y vapor; los fragmentos de la caldera son arrojados a grandes distancias.

Estos accidentes terribles, y desgraciadamente frecuentes, han sido atribuidos durante mucho tiempo a causas excepcionales y fuera del alcance de la prevención, es decir, se les ha considerado como casos de fuerza mayor.

El estudio de las causas de las explosiones ha permitido determinar que éstas se deben a:

- 1) Construcción defectuosa.
- 2) Falla de los accesorios de seguridad, válvulas de seguridad que no abren oportunamente o no son capaces de evacuar todo vapor que la caldera produce.
- 3) Negligencia, descuido o ignorancia del fogonero.
- 4) Mezclas explosivas en los conductos de humo.
- 5) Falta de agua en la caldera (la más frecuente).
- 6) Incrustaciones masivas o desprendimiento de planchones de incrustaciones.

Cuando el nivel de agua baja, deja al descubierto las planchas, que estando en contacto con el calor de la combustión se recalientan hasta el rojo. Al recalentarse las planchas pierden gran parte de su resistencia, el vapor se produce en menor cantidad por la disminución de la superficie de calefacción. El vapor situado sobre el agua se recalienta mucho. Si entonces se inyecta agua o se abre cualquiera de las llaves de salida de vapor, la explosión se producirá con toda seguridad.

Las incrustaciones actúan como aislantes dejando las planchas de la caldera sometidas a calor y sin contacto con el agua. De esta manera se van recalentando y perdiendo su resistencia hasta que no son capaces de resistir la presión y se produce la explosión. También pueden desprenderse capas de incrustaciones de gran tamaño, las que dejan bruscamente en contacto, planchas recalentadas con el agua, produciendo evaporación instantánea que la caldera no resiste.

REGLAMENTACION SOBRE CALDERAS

La reglamentación sobre calderas actualmente vigente en nuestro país está contenida en los Decretos N° 48 del 12 de mayo de 1984 del Ministerio de Salud Pública que fija el Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor; y el Decreto N° 144 del 2 de mayo de 1961 que establece disposiciones sobre Contaminación Atmosférica.

El Reglamento de Calderas establece que la autoridad competente técnica y administrativamente en lo que se refiere a las condiciones de seguridad que deben reunir las instalaciones productoras de vapor, es el Servicio Nacional de Salud.

Establece la obligación de empadronar las calderas en el Registro que lleva dicho Servicio. Igualmente en lo que se refiere a llevar un Libro de Servicio para cada caldera, y tener una placa de características.

Este Reglamento en su art. 43 establece que el personal de fogoneos deberá acreditar su idoneidad para el manejo de calderas, por medio de un certificado de competencia.

Se determinan las Condiciones Generales de ubicación e instalación de calderas. Trata de la alimentación de agua a la caldera, de los accesorios y elementos de seguridad.

Se fija en este Reglamento las inspecciones y pruebas de las condiciones de seguridad de las calderas, y las ocasiones en que se ejecutarán.

Las Inspecciones son las siguientes:

a) Inspección externa: estando la caldera en funcionamiento, se efectuará, a lo menos, una vez al año.

Esta inspección tiene por objeto constatar el funcionamiento general de la caldera y principalmente de los accesorios de seguridad.

b) Inspección interna: exige la paralización previa de la caldera y su preparación adecuada (enfriamiento, limpieza de incrustaciones, hollín, etc.). Se efectuará a intervalos no mayores de cuatro años.

Esta inspección minuciosa tiene por objeto principal constatar el estado de la plancha en su interior, o sea, las corrosiones o picaduras internas, lo mismo qué cantidad de incrustaciones, y deformaciones hay en las planchas.

Las pruebas son las que se indican:

c) Prueba Hidráulica: Consiste en llenar la caldera totalmente de agua y levantar presión lentamente hasta subir a una presión de 1,5 veces la presión de trabajo (o sea, un 50% sobre su presión de trabajo).

Deberá mantenerse la presión a lo menos 15 minutos sin bajar. Se deberá revisar durante este lapso la caldera para constatar que no hay filtración ni formación de gotas de agua de diámetro superior a 1mm.

No se aceptarán fugas en las soldaduras eléctricas. Se bajará la presión en forma lenta y uniforme.

Para efectuar la prueba hidráulica es necesario preparar la caldera aislándola de todo consumo de vapor y de agua mediante flanches ciegos o tapa-gorros. Se limpiarán parrillas y conductos de humo. Se retirará la válvula de seguridad y se colocará un tapón en su lugar.

d) Prueba de Vapor: Después de la prueba hidráulica se efectuará, con la caldera en funcionamiento, la regulación de la válvula de seguridad a una presión que no excede más de 6% sobre la presión de trabajo autorizada de la caldera.

e) Prueba de Acumulación: Se efectuará en las nuevas instalaciones de vapor. Consiste en verificar si la válvula es capaz de eliminar la totalidad del vapor producido por la caldera a máxima capacidad de trabajo, con la válvula de salida de vapor cerrada.

Se establece en el Reglamento de Calderas que los generadores de vapor deberán estar al cuidado de, a lo menos, una persona responsable. El fogonero no deberá abandonar el recinto de la sala de caldera al efectuar el cambio de turno sino que esperará allí su relevo.

Se fija en este Reglamento, además, las sanciones a las infracciones a este Decreto, las que consisten en multas y clausura de la caldera.

El Decreto N° 144 sobre Contaminación establece que todo equipo de combustión deberá estar aprobado en el Servicio Nacional de Salud. Esto incluye a calderas industriales, calderas para calefacción y agua caliente, como a los incineradores.

Establece este Decreto la prohibición de echar hollín y cenizas volantes a la atmósfera desde estos equipos.

Fija, además, la obligación de que estos equipos sean manejados por personal con Certificado de Competencia.

Aparte de estos Decretos, sólo hay en estudio, un Reglamento para Calderas de Calefacción y Agua Caliente, que complementará las disposiciones sobre el particular contenidas en la Nueva Ordenanza General de Construcciones.

CONTROLES AUTOMATICOS EN CALDERAS

1.- CONTROL DE PROGRAMACION:

Gobierna las secuencias de operación del quemador, una vez que el interruptor de este se coloca en "Automático".

2.- CONTROL DE PRESION: (Presostatos)

Enciende o apaga el quemador por rangos de presión.

3.- CONTROL DE TEMPERATURA: (Termostato)

Enciende o apaga el quemador por rangos de temperatura.

4.- CONTROLES DE NIVEL DE AGUA:

Forman parte de toda caldera generadora de vapor de funcionamiento automático. Es un control combinado de Bajo Nivel de Agua y Funcionamiento de la Bomba de Alimentación; de Nivel máximo y corte de la Bomba de Alimentación; y de apagado del quemador si falla el Control de Bajo Nivel.

Se encuentran de dos tipos:

- a) Control de Nivel por Flotador
- b) Control de Nivel por Electrodos.

5.- VAPOSTAT

Interruptor de Mercurio accionado por presión de aire, que evita la operación del quemador si no hay suministro de aire.

6.- SCANNER

Detiene el trabajo del quemador (corta pasada de combustible) si la llama se apaga.

7.- TRANSFORMADOR DE IGNICION:

Transformador de alto voltaje para suministrar la chispa necesaria para la ignición.

Se emplea sólo en calderas de combustibles líquidos y gaseosos.

8.- PARTIDORES MAGNETICOS:

Interruptores operados magnéticamente para controlar la operación del ventilador, bomba de alimentación, bomba de combustible y compresor.

9.- CONTROL DE ENCENDIDO OPERADO POR CELDA FOTOELECTRICA:

Su función es asegurar el encendido de la mezcla.

Componentes del control:

a) Celda fotoeléctrica: Es un tubo electrónico que contiene una pantalla sensible a la luminosidad que incide sobre

ella. Dicha pantalla entrega energía en proporción directa a la iluminación que recibe. La misión es captar la energía luminosa de la llama y transmitirla a la unidad electrónica.

b) Unidad electrónica: Es un conjunto acondicionado para recibir la débil señal de la celda y amplificarla hasta valores que permitan la operación de relés.

c) Relé de llama: Tiene varios contactos y es energizado por la unidad electrónica.

d) Relé de carga: Energizado por una señal remota inicialmente y por medio del Relé de Llama, después, controla válvulas de combustible, motores de ventiladores o el quemador mismo de una caldera.

e) Interruptor Térmico de Seguridad: Es un mecanismo de alternativa, su operación se basa en la dilatación de una placa bimetal. Entra en el circuito en la operación de partida y su funcionamiento depende de cómo se realice el encendido. Provee de 30 segundos de tiempo para la partida y no es ajustable.

NORMAS DE MANTENCION PARA CONTROLES AUTOMATICOS EN CALDERAS

1.- CONTROL DE PRESION CON AJUSTE DIFERENCIAL

- Calibración de ajustes: Usese el siguiente método. Colóquese el ajuste diferencial en el centro de su escala y el ajuste principal en el límite inferior de su escala.

Sin presión en la caldera hágase presión en el extremo izquierdo del accionador y llevarlo a medio recorrido entre el tope superior y el tope inferior y dese un pequeño ajuste al diferencial. Esta condición no debería hacer actuar el interruptor.

Sígase aumentando la presión sobre el punto de prueba. El accionador subirá hasta su límite de ajuste superior, arrastrando el diferencial y accionando el interruptor.

Déjese de hacer presión y el accionador tratará de alcanzar su regulación normal, obsérvese que sólo después de haber pasado por el centro del recorrido el interruptor se repone a su condición de partida.

- Mantener limpio de sedimentos los accesorios que unen la caldera con el control.
- Mantener limpio, seco y en buena condición las partes móviles del control.

2.- CONTROL DE NIVEL POR FLOTADOR

- Ver condición del flotador.
- Mantener limpio de sedimentación los accesorios que unen la caldera con el control.
- Ver condición eléctrica del interruptor.

3.- CONTROL DE NIVEL ACCIONADO POR ELECTRODOS

- Mantener limpios los electrodos.
- Mantener en buen estado los soportes de electrodos; que no hayan lozas quebradas o trizadas.
- Comprobar con las medidas dadas por catálogos de los diferentes largos de electrodos y su correcta ubicación.
- Ver condición eléctrica del equipo.

4.- INTERRUPTOR DE TEMPERATURA

- La única recomendación respecto a este control es hacer una prueba parecida a la descrita en el control de presión (1.-)

Es decir buscar un punto donde hacer presión y suavemente ir aplicándola hasta la operación del interruptor dejarlo bien y observar su reposición.

5.- CONTROLES DE ENCENDIDO

- Respecto a los controles de encendido, sean del tipo accionado por celda fotoeléctrica, o por elemento térmico, se recomienda conservar la condición eléctrica de ambos.
- Si el control es por elemento térmico, mantener el bimetal limpio, para asegurar movimientos durante la dilatación o contracción.
- Si el control es por celda fotoeléctrica, mantener limpia la celda misma, como también sus vidrios de protección y en general, todo el acceso de la luz.

TABLAS DE EQUIVALENCIAS

(Las cifras cursivas corresponden a valores negativos de la escala Centígrada)

T A B L A

1	Atm	= 1	K/cm ²	= 14,3	lb/pulg ²	= 10	mts.	columna	de	agua
2	"	= 2	"	= 28,6	"	= 20	"	"	"	"
3	"	= 3	"	= 42,9	"	= 30	"	"	"	"
4	"	= 4	"	= 57,2	"	= 40	"	"	"	"
5	"	= 5	"	= 71,5	"	= 50	"	"	"	"
6	"	= 6	"	= 85,8	"	= 60	"	"	"	"
7	"	= 7	"	= 100,1	"	= 70	"	"	"	"
8	"	= 8	"	= 114,4	"	= 80	"	"	"	"
9	"	= 9	"	= 128,7	"	= 90	"	"	"	"
10	"	= 10	"	= 143,0	"	= 100	"	"	"	"

OPERADORES DE CALDERA

TABLA DE CONVERSION DE TEMPERATURAS

Grados Fahrenheit a Grados Centígrados

(Las cifras cursiva corresponden a valores negativos de la Escala Centígrada)

Grados F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	oC 17,8	oC 17,2	oC 16,7	oC 16,1	oC 15,6	oC 15,0	oC 14,4	oC 13,9	oC 13,3	oC 12,8
10	12,2	11,7	11,1	10,6	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	7,2
20	6,7	6,1	5,6	5,0	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7
30	1,1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	-	0	0	0,6	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9
40	4,4	5,0	5,6	6,1	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9	9,4
50	10,0	10,6	11,1	11,7	12,2	12,8	13,3	13,9	14,4	15,0
60	15,6	16,1	16,7	17,2	17,8	18,3	18,9	19,4	20,0	20,6
70	21,1	21,7	22,2	22,8	23,3	23,9	24,4	25,0	25,6	26,1
80	26,7	27,2	27,8	28,3	28,9	29,4	30,0	30,6	31,1	31,7
90	32,2	32,8	33,3	33,9	34,4	35,0	35,6	36,1	36,7	37,2
100	37,8	38,3	38,9	39,4	40,0	40,6	41,1	42,7	42,2	42,8
110	43,3	43,9	44,4	45,0	45,6	46,1	46,7	47,2	47,8	48,3
120	48,9	49,4	50,0	50,6	51,1	51,7	52,2	52,8	53,3	53,9
130	54,4	55,0	55,6	56,1	56,7	57,2	57,8	58,3	58,9	59,4
140	60,0	60,6	61,1	61,7	62,2	62,8	63,3	63,9	64,4	65,0
150	65,6	66,1	66,7	67,2	67,8	68,3	68,9	69,4	70,0	70,6
160	71,1	71,7	72,2	72,8	73,3	73,9	74,4	75,0	75,6	76,1
170	76,7	77,2	77,8	78,3	78,9	79,4	80,0	80,6	81,1	81,7
180	82,2	82,8	83,3	83,9	84,4	85,0	85,6	86,1	86,7	87,2
190	87,8	88,3	88,9	89,4	90,0	90,6	91,1	91,7	92,2	92,8
200	93,3	93,9	94,4	95,0	95,6	96,1	96,7	97,2	97,8	98,3
210	98,9	99,4	100,0	100,6	101,1	101,7	102,2	102,8	103,3	103,9
220	104,4	105,0	105,6	106,1	106,7	107,2	107,8	108,3	108,9	109,4
230	110,0	110,6	111,1	111,7	112,2	112,8	113,3	113,9	114,4	115,0
240	115,6	116,1	116,7	117,2	117,8	118,3	118,9	119,4	120,0	120,6
250	121,1	121,7	122,2	122,8	123,3	123,9	124,4	125,0	125,6	126,1

F = (C X 1.8) + 32

TABLA DE CONVERSION DE TEMPERATURA

Grados Fahrenheit a Grados Centigrados

Grados F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
260	126,7	127,2	127,8	128,3	128,9	129,4	130,0	130,6	131,1	131,7
270	132,2	132,8	133,3	133,9	134,4	135,0	135,6	136,1	136,7	137,2
280	137,8	138,3	138,9	139,4	140,0	140,6	141,1	141,7	142,2	142,8
290	143,3	143,9	144,5	145,0	145,6	146,1	146,7	147,2	147,8	148,3
300	148,9	149,4	150,0	150,6	151,1	151,7	152,2	152,8	153,3	153,9
310	154,4	155,0	155,6	156,1	156,7	157,2	157,8	158,3	158,9	159,4
320	160,0	160,6	161,1	161,7	162,2	162,8	163,3	163,9	164,4	165,0
330	165,6	166,1	166,7	167,2	167,8	168,3	168,9	169,4	170,0	170,6
340	171,1	171,7	172,2	172,8	173,2	173,9	174,4	175,0	175,6	176,1
350	176,7	177,2	177,8	178,3	178,9	179,4	180,0	180,6	181,1	181,7
360	182,2	182,8	183,3	183,9	184,4	185,0	185,6	186,1	186,7	187,2
370	187,8	188,3	188,9	189,4	190,0	190,6	191,1	191,7	192,2	192,8
380	193,3	193,9	194,4	195,0	195,6	196,1	196,7	197,2	197,8	198,3
390	198,9	199,4	200,0	200,6	201,1	201,7	202,2	202,8	203,3	203,9
400	204,4	205,0	205,6	206,1	206,7	207,2	207,8	208,3	208,9	209,4
410	210,0	210,6	211,1	211,7	212,2	212,8	213,3	213,9	214,4	215,0
420	215,6	216,1	216,7	217,2	217,8	218,3	218,9	219,4	220,0	220,6
430	221,1	221,7	222,2	222,8	223,3	223,9	224,4	225,0	225,6	226,1
440	226,7	227,2	227,8	228,3	228,9	229,4	230,0	230,6	231,1	231,7
450	232,2	232,8	233,3	233,9	234,4	235,0	235,6	236,1	236,7	237,2
460	237,8	238,3	238,9	239,4	240,0	240,6	241,1	241,7	242,2	242,8
470	243,3	243,9	244,4	245,0	245,6	246,1	246,7	247,2	247,8	248,3
480	248,9	249,4	250,0	250,6	251,1	251,7	252,2	252,8	253,3	253,9
490	254,4	255,0	255,6	256,1	256,7	257,2	257,8	258,3	258,9	259,4
500	260,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$$F = (C \times 1,8) + 32$$

Grados Centígrados a Grados Fahrenheit

Grados C.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
0	32	33,8	35,6	37,4	39,2	41	42,8	44,6	46,4	48,2
10	50	51,8	53,6	55,4	57,2	59	60,8	62,6	64,4	66,2
20	68	69,8	71,6	73,4	75,2	77	78,8	80,6	82,4	84,2
30	86	87,8	89,6	91,4	93,2	95	96,8	98,6	100,4	102,2
40	104	105,8	107,6	109,4	111,2	113	114,8	116,6	118,4	120,2
50	122	123,8	125,6	127,4	129,2	131	132,8	134,6	136,4	138,2
60	140	141,8	143,6	145,4	147,2	149	150,8	152,6	154,4	156,2
70	158	159,8	161,6	163,4	165,2	167	168,8	170,6	172,4	174,2
80	176	177,8	179,6	181,4	183,2	185	186,8	188,6	190,4	192,2
90	194	195,8	197,6	199,4	201,2	203	204,8	206,6	208,4	210,2
100	212	213,8	215,6	217,4	219,2	221	222,8	224,6	226,4	228,2
110	230	231,8	233,6	235,4	237,2	239	240,8	242,6	244,4	246,2
120	248	249,8	251,6	253,4	255,2	257	258,8	260,6	262,4	264,2
130	266	267,8	269,6	271,4	273,2	275	276,8	278,6	280,4	282,2
140	284	285,8	287,6	289,4	291,2	293	294,8	296,6	298,4	300,2
150	302	303,8	305,6	307,4	309,2	311	312,8	314,6	316,4	318,2
160	320	321,8	323,6	325,4	327,2	329	330,8	332,6	334,4	336,2
170	338	339,8	341,6	343,4	345,2	347	348,8	350,6	352,4	354,2
180	356	357,8	359,6	361,4	363,2	365	366,8	368,6	370,4	372,2
190	374	375,8	377,6	379,4	381,2	383	384,8	386,6	388,4	390,2
200	392	393,8	395,6	397,4	399,2	401	402,8	404,6	406,4	408,2
210	410	411,8	413,6	415,4	417,2	419	420,8	422,6	424,4	426,2
220	428	429,8	431,6	433,4	435,2	437	438,8	440,6	442,4	444,2
230	446	447,8	449,6	451,4	453,2	455	456,8	458,6	460,4	462,2
240	464	465,8	467,6	469,4	471,2	473	474,8	476,6	478,4	480,2
250	482	483,8	485,6	487,4	489,2	491	492,8	494,6	496,4	498,2
260	500	501,8	503,6	505,4	507,2	509	510,8	512,6	514,4	516,2
270	518	519,8	521,6	523,4	525,2	527	528,8	530,6	532,4	534,2
280	536	537,8	539,6	541,4	543,2	545	546,8	548,6	550,4	552,2
290	554	555,8	557,6	559,4	561,2	563	563,8	566,6	568,4	570,2
300	572	575,8	575,6	577,4	579,2	581	582,8	584,6	586,4	588,2

$$C = (F - 32) \div 1,8$$

TABLA DEL VAPOR SECO

Presión del vapor atm.	Temperatura del vapor °C.	Volumen de 1 Kg. de vapor m ³ /Kg.	Peso de 1 m ³ de vapor Kg./m ³	Calor del vapor Cal./Kg.
0,0	99,1	1,721	0,5811	638,2
0,2	104,2	1,451	0,6892	640,8
0,4	108,7	1,258	0,7949	642,6
0,6	112,7	1,108	0,9025	643,9
0,8	116,3	0,993	1,007	644,8
1,0	119,6	0,902	1,109	645,6
1,5	126,8	0,735	1,361	647,5
2,0	132,9	0,619	1,615	649,5
2,5	138,2	0,5335	1,874	651,0
3,0	142,9	0,4710	2,123	652,5
3,5	147,2	0,4220	2,370	653,9
4,0	151,1	0,3823	2,616	655,2
4,5	154,7	0,3494	2,862	656,3
5,0	158,1	0,3218	3,107	657,3
5,5	161,2	0,2983	3,352	658,3
6,0	164,2	0,2778	3,600	659,3
6,5	167,0	0,2608	3,834	660,1
7,0	169,6	0,2450	4,082	660,9
7,5	172,2	0,2318	4,314	662,7
8,0	174,6	0,2194	4,557	661,5
8,5	176,9	0,2080	4,808	663,2
9,0	178,1	0,1980	5,050	663,8
10,0	183,2	0,1815	5,510	665,2
11,0	187,1	0,1668	5,995	666,4
12,0	190,8	0,1544	6,477	667,5
13,0	194,2	0,1442	6,935	668,4
14,0	197,4	0,1350	7,407	669,3
15,0	200,5	0,1272	7,862	670,3
17,0	206,2	0,1140	8,772	671,6
19,0	211,4	0,1035	9,662	672,8
20,0	312,9	0,0985	10,15	673,3

Sobrepresión, que marca el manómetro

"FALLA DE CONTROLES EN GENERADORES DE VAPOR - RIESGOS"

FALLA	CAUSA	SOLUCION	RIESGO
1) Chispa no se establece en forma continua, sino intermitente o muy tardía (después que se energiza la válvula de combustible).	<ul style="list-style-type: none"> a) Electrodo muy abiertos o sucios. b) Loza aislante quebrada. c) Conexión suelta en transformador de encendido. d) Falla de aislación, o líneas a tierra. e) Falla contacto en relay RI. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Limpiar y regular abertura. b) Cambiar loza o electrodo completo. c) Reapretar conexión, limpiar superficie de contacto. d) Medir aislación. e) Limpiar contactos. 	Riesgo de explosión por aparición tardía de chispa (después de haber salido del petróleo pulverizado); acumulación de gas..
2) Control de nivel mínimo de agua no apaga el quemador.	<ul style="list-style-type: none"> a) Electrodo o línea a tierra. b) Contacto pegado en relay de bajo nivel de agua. (RCNA) 	<ul style="list-style-type: none"> a) Medir aislación y corregir. b) Limpiar y reparar contactos. 	Al seguir el quemador funcionando, se consume agua recalentando la cámara. Explosión por vapor si se inyecta agua manual.
3) Bomba alimentadora de agua no trabaja.	<ul style="list-style-type: none"> a) Electrodo o línea a tierra. b) Contactos de RCNM que energizan a contacto de bomba. c) Falla motor o bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Medir aislación y corregir. b) Revisar y limpiar contactos y conexiones. c) Probar motor o bomba. 	No hay riesgo inmediato, queda protegida por control de nivel mínimo de agua. Si ésta falla, se presenta riesgo de punto 2.
4) Control de presión no apaga el quemador a la presión adecuada.	<ul style="list-style-type: none"> a) Mecanismo trabado en interruptor de presión (contacto no abre). b) Obstrucción en cañería que conecta al interruptor. c) Cámara de presión o de diafragma roto. d) Ajuste muy alto. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Medir aislación y corregir. b) Desacoplar y destapar cañería. c) Revisar interruptor y verificar escapes. d) Verificar ajustes. <p>Comprobar escala instrumento.</p>	Serio riesgo de explosión por alta presión. Protegido por válvula de seguridad.

*CALDERA AGUA CALIENTE - FALLA CONTROLES - RIESGOS "

<u>FALLA</u>	<u>CAUSA</u>	<u>SOLUCION</u>	<u>RIESGO</u>
<p>1) Falla en control de bajo nivel de agua (CBNA). Puede ocurrir tanto durante el encendido como durante el funcionamiento.</p>	<p>a) Flotador pegado o trabado mecánicamente. Mantiene habilitado el circuito eléctrico y la caldera puede encenderse con bajo nivel de agua. b) Flotador pegado por obstrucción de cañerías. c) Contactos pegados en interruptor - accionado por el flotador.</p>	<p>a) Seguir instrucciones del fabricante del flotador para mantención (revisar periódicamente, soplar). b) Tratar agua contra incrustaciones. c) Deben mantenerse siempre limpios y aislación de líneas en buen estado.</p>	<p>Si la caldera parte con bajo nivel de agua, puede calentarse excesivamente la cámara de agua y antes que el control límite de temperatura alta corte el quemador; puede haber señal del termostato de agua caliente (TAC) haciéndolo que la bomba de agua caliente exterior funcione inyectando agua fría y produciendo la ruptura de la cámara y el consiguiente riesgo de explosión, por vapor. En todo caso, existe riesgo de deterioro del equipo por excesivo calentamiento.</p>
<p>2) Falla en control límite de temperatura alta (CLTA).</p>	<p>a) Interruptor pegado o mecanismo trabado. b) Contactos cortocircuitados en interruptor. c) Tubo capilar roto. d) Ajuste muy alto.</p>	<p>a), b) y c) Debe hacerse inspecciones y pruebas periódicas. d) Verificar periódicamente el ajuste.</p>	<p>Al no apagar el quemador oportunamente, sigue calentando el agua, se produce vapor aumentando la presión en el interior a límites peligrosos ya que ésta no está diseñada para trabajar bajo presión.</p>



Autor.: Oficina de Seguridad

Título: Operadores de Calderas Ind.

Nº top.: 3133 c.1