

CONTENIDO

1. CALDERAS

1.1 DEFINICIÓN

1.2 EFICIENCIA

1.3 CLASIFICACIÓN DE CALDERAS

1.3.1 Caldera Tipo Locomóvil

1.3.2 Calderas Pirotubulares

1.3.3 De Retorno Horizontal

1.3.4 De Horno Interno

1.3.5 Calderas Acuotubulares

1.3.6 Caldera acuotubular de cornwall

1.3.7 Caldera Acuotubular de Steinmüller

1.3.8 Caldera Belleville

1.3.9 Calderas de Tubos Doblados

1.3.10 Calderas de Tubos Doblados y Paredes de Agua

1.3.11 Calderas Tipo A

1.3.12 Calderas Tipo O

1.3.13 Calderas Tipo D

2. PARTES DE UNA CALDERA

2.1 ACCESORIOS BÁSICOS DE UNA CALDERA

2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE UNA CALDERA

2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO

2.3.1 Circulación de Agua/Vapor

2.3.2 Circulación Natural

2.3.3 Factores que Afectan la Circulación Natural

2.4 CIRCULACIÓN FORZADA

2.5 SUPERCALENTADOR

2.6 DE CONVECCIÓN

2.7 DE RADIACIÓN

2.8 DE FUEGO SEPARADO O EXTERNO

2.9 EQUIPOS DE RECUPERACIÓN DE CALOR

2.10 ECONOMIZADOR

2.11 CALENTADOR DE AIRE

2.12 TIPO RECUPERATIVO O TUBULAR

2.13 REGENERATIVO

2.14 PRECALENTADOR

2.15 REGISTROS

2.16 QUEMADORES

2.17 VENTILADORES

3. GENERACIÓN DE VAPOR

3.1 DEFINICIÓN

3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

3.2.1 Entalpía del líquido

3.2.2 Saturación

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN

3.4 SUPERCALENTAMIENTO

3.5 PUNTO CRÍTICO

3.6 TABLAS DE VAPOR

3.7 TRANSFERENCIA DE CALOR

3.7.1 Conducción

3.7.2 Convección

3.7.3 Radiación

3.7.4 Descripción del proceso de transferencia de calor

4. GENERADORES DE VAPOR

4.1 DEFINICIÓN

5. PUESTA EN SERVICIO Y SACADA DE OPERACIÓN DE BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA A LAS CALDERAS P-2953 A-F

5.1 GENERALIDADES

5.2 ARRANQUE DE LAS BOMBAS

5.2.1 Arranque de P-2953 A/B/C

5.2.2 Arranque de P-2953 D/E/F

5.3 PARADA DE BOMBAS

5.3.1 Parada de P-2953 A/B/C

5.3.2 Parada de P-2953 D/E/F

6. PUESTA EN SERVICIO Y SACADA DE OPERACIÓN DE BOMBAS DE AGUA DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO P-2945 A-F Y P-2940 A-D

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Características de las bombas de la TE-2945

6.1.2 Características de las bombas de la TE-2940

6.2 ARRANQUE DE BOMBAS

6.2.1 Arranque de P-2945 C/D Y P-2940 C/D

6.2.2 Arranque de P-2945 A/B/E/F y P-2940 A/B

6.3 PARADA DE BOMBAS

6.3.1 Parada de P-2945 C/D Y P-2940 C/D

6.3.2 Parada de P-2945 A/B/E/F y P-2940 A/B

7. PRUEBAS DE SEGURIDAD PARA OBTENER UN BUEN RENDIMIENTO EN LA OPERACIÓN DE UNA CALDERA

7.1 PAGADA NORMAL DE LA CALDERA

7.2 APAGADA DE EMERGENCIA

7.3 REVISIÓN DE LA UNIDAD

7.4 PRUEBA DE BRIDAS

7.5 CALDEO DE LA CALDERA

7.6 CAMBIO DE QUEMADORES DE ACEITE A GAS

7.7 CAMBIO DE QUEMADORES DE GAS A ACEITE

7.8 PRUEBA DE LOS DESHOLLINADORES

7.9 PRUEBA HIDROSTÁTICA

7.10 PRUEBA DE HUMO

7.11 PRUEBA JABONOSA

7.12 LAVADO ÁCIDO DE LA CALDERA

7.13 LIMPIEZA DE LOS QUEMADORES DE ACEITE

7.14 LISTA DE CHEQUEO EN LA OPERACIÓN NORMAL

7.15 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA CALDERA

7.16 DESHOLLINADO

7.17 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL AIRE

7.18 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL COMBUSTIBLE

7.19 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE GAS
A QUEMADORES

7.20 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA
DE ACEITE

7.21 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL NIVEL

7.22 CALDERAS CON ALARMA SONORA

7.23 PUESTA EN LÍNEA DE LA CALDERA

7.24 PURGA DE LA CALDERA

7.25 PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

7.26 SOPLADO DE LOS QUEMADORES DE ACEITE

7.27 PRUEBA DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD

7.28 PRUEBA DE LOS VENTILADORES

7.29 PRUEBA DEL SISTEMA TURBINA-VENTILADOR ACOPLADO

7.30 PRUEBA DE LOS VENTILADORES DE TIRO FORZADO ACCIONADOS
POR MOTOR

7.31 PRUEBA DE LOS VENTILADORES DE TIRO INDUCIDO

GLOSARIO

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

La primera mención de la idea de utilizar vapor para obtener energía aparece en La pneumática, del inventor y matemático griego Herón de Alejandría, en el siglo I. Allí describió su eolípila, una turbina de vapor que consistía en una caldera conectada mediante dos tubos a los polos de una esfera hueca que podía girar libremente. La esfera estaba equipada con dos boquillas biseladas por donde salía vapor que producía la rotación de la esfera.

El inventor escocés James Watt mejoró la máquina de Newcomen e introdujo el primer avance significativo de la caldera, el recipiente esférico o cilíndrico que se calentaba por abajo con una hoguera. La caldera de Watt, construida en 1785, consistía en un armazón horizontal cubierto de ladrillo con conductos para dirigir los gases calientes de la combustión sobre la caldera. Watt, uno de los primeros ingenieros que aprovechó las propiedades termodinámicas del vapor de agua, utilizó la válvula de seguridad de palanca, manómetros para medir la presión y grifos para controlar el flujo de agua y vapor en sus calderas.

El avance de las industrias a utilizado estas calderas de manera significativa para los procesos de transferencia de calor que cuyo objetivo es generar vapor mediante una combustión hecha en el horno.

1. CALDERAS



1.1 DEFINICIÓN

De manera elemental una caldera se puede definir como un recipiente cerrado en el cual el agua se evapora en forma continua por la aplicación de calor por medio de gases. Ver figura No. 01.

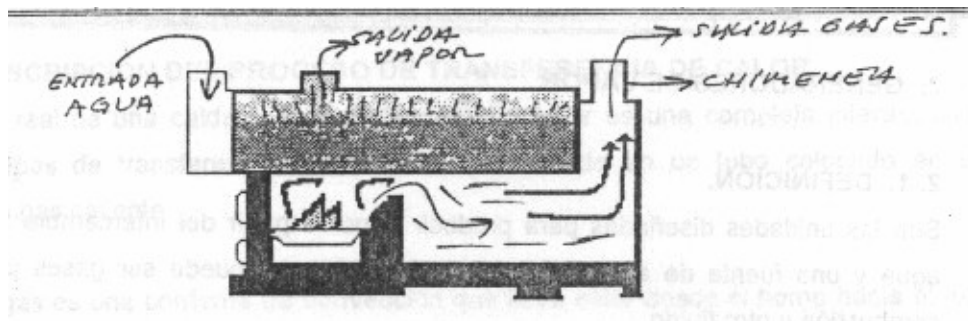


Figura N° 1. Caldera elemental

Estos gases generalmente son producto de la quema de un combustible fósil en el horno de la caldera, aunque pueden ser también el producto de un proceso como los gases resultantes de reacciones en las unidades de ruptura catalítica.

1.2 EFICIENCIA

El objetivo de una caldera, además de generar vapor, es realizar con la máxima eficiencia posible la transferencia de calor, definiendo esta de una manera sencilla como la porción de calor liberado en el horno que es absorbido por los fluidos en los elementos de la caldera.

Cuando se selecciona una caldera se deben considerar los siguientes parámetros:

- Cantidad de vapor requerida.
- Presión, temperatura, calidad del vapor requerido.
- Futuros requerimientos.
- Localización de la unidad.
- Características de la carga.
- Tipos de combustibles disponibles.
- Diseño de quemadores.
- Calidad del agua de alimentación.
- Variaciones previstas de la carga.

Una vez seleccionada y construida la caldera existen otros factores que afectan notablemente la eficiencia de la unidad pues inciden directamente en el estado de las superficies de transferencia térmica.

Los tubos de la caldera son afectados internamente por las impurezas del agua que tienden a depositarse o a formar incrustaciones en las paredes, lo cual hace necesario someter el agua a tratamiento químico para minimizar este y otros efectos indeseables.

La parte exterior de los tubos y otras zonas de la caldera son afectadas por depósitos que ensucian o incrustan las paredes. Estos depósitos son determinados principalmente por los siguientes factores:

- a. tipo de combustible :
 - combustible pulverizado (carbón)
 - combustóleo
 - gas natural
- b. calidad del combustible:
 - contenido de azufre y cloruros en el carbón
 - contenido de cenizas y temperatura de fusión de ellas
 - contenido de vanadio, sodio, azufre en el combustóleo
- c. condiciones de combustión
 - exceso de aire
 - longitud de la llama
 - turbulencia del aire – combustible a la salida del quemador

- turbulencia en el hogar
- temperaturas
- distribución del aire
- tipo de paredes en el hogar

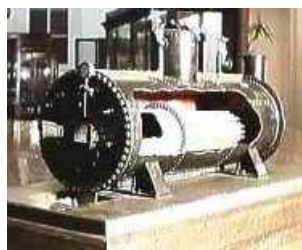
d. diseño

- localización, tipo y espacio entre los elementos del supercalentador, calentador y economizador
- altura del hogar y temperatura de salida de gases

De los anteriores factores, indudablemente que el diseño es el que ofrece mayores posibilidades de mejora. Los más recientes muestran mayor área seccional en el hogar, eliminación de paredes de división, temperatura de gases más bajas, distribución más uniforme de suministro de calor en toda la caldera, velocidad de gases más baja, mejor observación del hogar.

1.3 CLASIFICACIÓN DE CALDERAS

1.3.1 Caldera Tipo Locomóvil. Dentro de los diferentes tipos de calderas se han construido calderas para tracción, utilizadas en locomotoras para trenes tanto de carga como de pasajeros. Vemos una caldera multi-humotubular con haz de tubos amovibles, preparada para quemar carbón o lignito. El humo, es decir los gases de combustión caliente, pasan por el interior de los tubos cediendo su calor al agua que rodea a esos tubos. La entrada de hombre, que se ve abierta, es la base de la chimenea, es decir la caja de humos y en la parte superior se encuentra la salida de vapor.



Para medir la potencia de la caldera, y como dato anecdótico, Watt recurrió a medir la potencia promedio de muchos caballos, y obtuvo unos 33.000 libras-pie/minuto o sea 550 libras-pie/seg., valor que denominó HORSE POWER, potencia de un caballo. Posteriormente, al transferirlo al sistema métrico de unidades, daba algo más de 76 kgm/seg. Pero, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, resolvió redondear ese valor a 75 más fácil de simplificar, llamándolo "Caballo Vapor" en homenaje a Watt.

1.3.2 Calderas Pirotubulares. En los primeros diseños, la caldera era

simplemente un casco ó tambor con una línea de alimentación y una salida de vapor montado sobre una caja o marco de ladrillos. El combustible era quemado sobre una parrilla debajo del casco y el calor liberado era aplicado directamente a su parte inferior antes de que los gases salieran por la chimenea.

Los diseñadores de calderas muy pronto aprendieron que calentar una gran masa de agua en un recipiente era notoriamente ineficiente, que era necesario poner una mayor porción de esa agua en contacto con el calor. Ver figura No. 02.

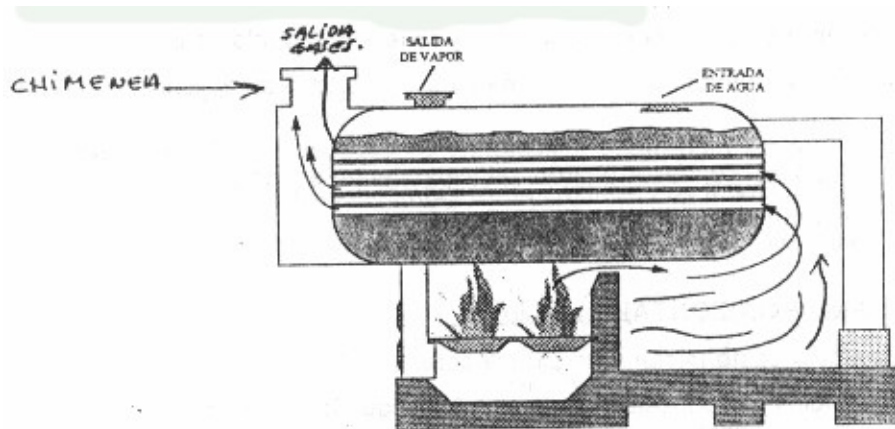


Figura N° 2. Caldera pirotubular de un solo paso

Una manera de lograr esto era dirigir los gases de la combustión dentro del recipiente o casco de la caldera. Este diseño dio origen a las calderas pirotubulares. Este nombre se debe a que en ellas el calor es transferido desde los gases de combustión, que fluyen por el interior de los tubos, a el agua que los rodea.

El combustible es normalmente quemado debajo del casco y los gases son orientados a entrar en los tubos que se hallan en el interior del tambor de agua, haciendo su recorrido en tres o más pasos. El vapor sale por la parte superior del tambor y la entrada de agua está generalmente 2" por encima de la huerda de tubos más alta.

Las altas presiones son una de las mayores limitantes de estas calderas. La fuerza que se ejerce a lo largo del tambor es dos veces la fuerza que se ejerce alrededor de la circunferencia. De lo anterior se deduce que para altas presiones y mayores capacidades se necesitarían paredes extremadamente gruesas, lo que las hace antieconómicas.

Aunque su gran capacidad de almacenamiento de agua le da habilidad para amortiguar el efecto de amplias y repentinas variaciones de carga, este mismo detalle hace que el tiempo requerido para llegar a la presión de operación desde

un arranque en frío sea considerablemente más largo que para una caldera acuotubular.

Una presión de 250 psig y una producción hasta de 25.000 lbs/hora son considerados los topes prácticos para este tipo de calderas. Sin embargo, en Europa se construyen unidades de hasta 30.000 lbs/hora de producción. Esto las hace recomendables para servicios donde la demanda de vapor sea relativamente pequeña y no se requiera su aplicación en turbinas.

Las calderas pirotubulares se desarrollaron principalmente en dos modelos: De retorno horizontal y de horno interno o tipo escocés.

1.3.3 De Retorno Horizontal. Son calderas de un bajo costo inicial y de simple construcción, muy usadas en sistemas de calentamiento de edificios y producción de vapor para pequeñas factorías.

Consisten de un casco cilíndrico con gruesas paredes terminales entre las cuales se encuentra soportado un gran número de tubos de 3" o 4" de diámetro, aunque se pueden tener diámetros menores, esto da mayor superficie de transferencia y por ende mayor generación de vapor. Ver figura No. 03.

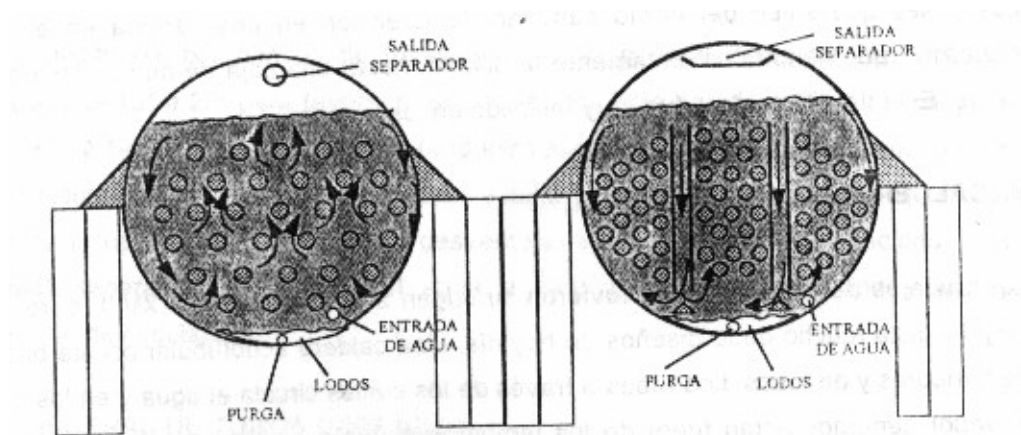


Figura N° 3. Caldera de retorno horizontal.

La caldera está suspendida sobre unos muros de ladrillo en un horno. La parrilla o quemadores están localizados directamente debajo de la parte de enfrente del casco o tambor.

1.3.4 De Horno Interno. Llamada también tipo escocés, la combustión tiene lugar en un horno cilíndrico que se encuentra dentro del casco o tambor de la caldera. Los tubos de humo están a lo largo del casco y envuelven al horno por los

lados y su parte superior. Ver figura No. 04.

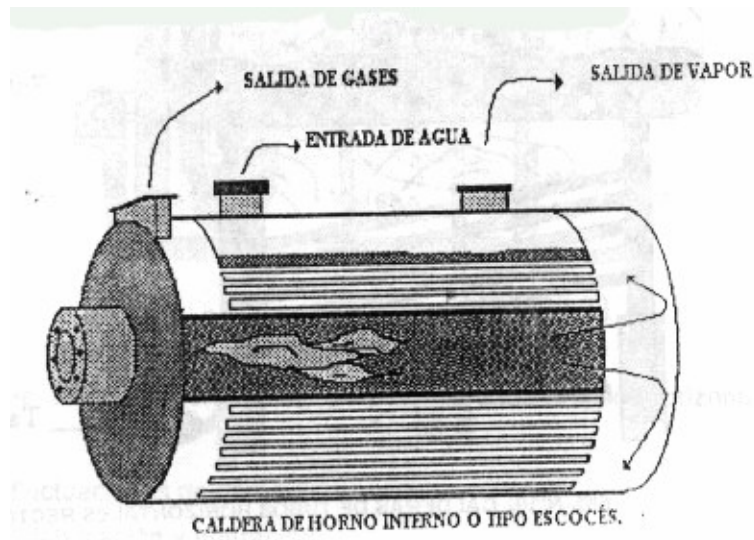


Figura N° 4. Caldera pirotubular de horno interno

Los gases que salen del horno cambian de dirección en una cámara en el extremo y regresan, recorriendo completamente la unidad, hasta una caja de humos localizada en el frente. Este tipo de caldera fue muy utilizado en los barcos.

1.3.5 Calderas Acuotubulares. Las calderas de tubos de agua tuvieron su origen a finales del siglo XVIII, pero el modelo original dista mucho de los diseños de hoy día. Una caldera acuotubular consta básicamente de tambores y de tubos. Los tubos a través de los cuales circula el agua y en los que circula el vapor generado están fuera de los tambores, estos son utilizados solo para almacenar agua y vapor, por lo que pueden ser mucho más pequeños en diámetro que el tambor de una caldera pirotubular y pueden soportar mayores presiones.

El costo inicial de una caldera acuotubular es más alto que el de una caldera pirotubular equivalente, sin embargo, una mayor eficiencia compensará este costo inicial. La adición de algunos equipos destinados a la recuperación de calor permitirá la recuperación de los costos más rápidamente. Las calderas acuotubulares son de dos tipos: De tubos horizontales rectos y de tubos doblados. Ver figura No. 5.

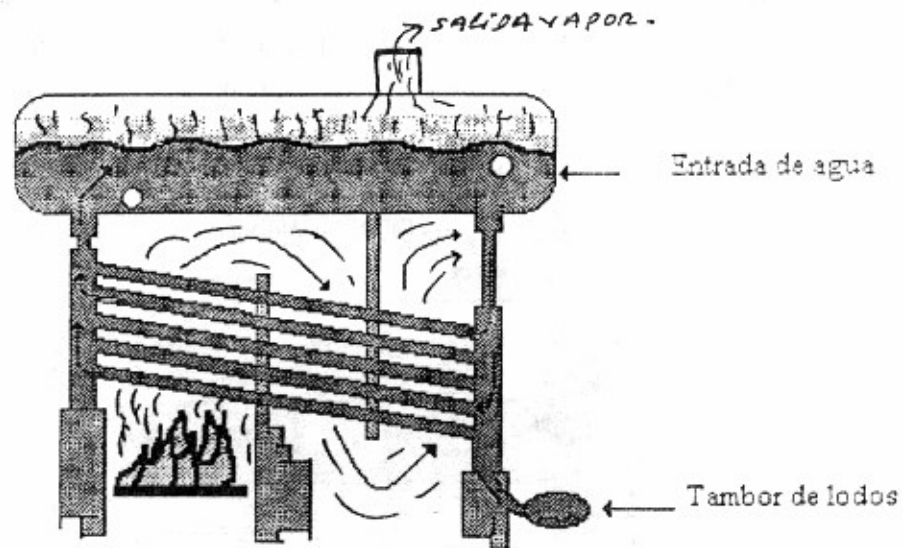


Figura N° 5. Calderas de tubos horizontales rectos

Están constituidas por bancos de tubos que por lo general están en zíg zag con una inclinación de 15° a 25° para favorecer la circulación. Este tipo de caldera fue muy popular entre 1920 y 1940 y era utilizado para producir vapor de proceso y ocasionalmente generar calentamiento en edificios. Su producción estaba limitada a 10.000 lbs/h por cada pie de ancho de la caldera. Sus principales desventajas eran una limitada capacidad para una adecuada separación del vapor del agua a altas ratas de evaporación y una pobre distribución de circulación.

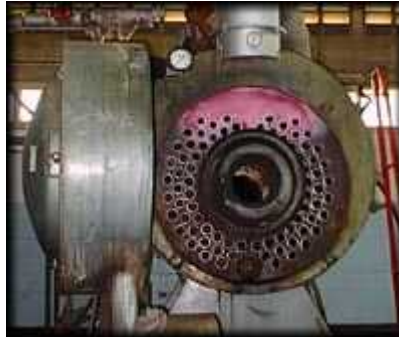
1.3.6 Caldera acuotubular de cornwall



Figura N° 6. Caldera acuotubular de cornwall

Las calderas acuotubulares (el agua está dentro de los tubos) eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor, para accionar las máquinas a vapor de principios de siglo. En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

Vista frontal



Se conoce como vapor de agua al fluido aeriforme o gaseoso que resulta de la vaporización del agua. La producción del vapor de agua depende de la correspondencia que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son la presión y la temperatura. A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido, y también a cualquier presión puede ser vaporizada el agua, con tal que se aumente convenientemente su temperatura.

1.3.7 Caldera Acuotubular de Steinmüller. El Laboratorio de Máquinas Térmicas de la Escuela Industrial OTTO KRAUSE tiene dos calderas de esta clase, gemelas, marca Steinmüller, desde 1913, siendo el primer Laboratorio para prácticas con alumnos de sudamérica. Estas calderas mixtas o intermedias, tienen tubos adosados a cajas, inclinados sobre el hogar y un colector cilíndrico grande encima, llamado domo o cuerpo cilíndrico, en donde se produce la separación del agua y el vapor. Además el vapor que se obtiene puede ser húmedo o seco, haciéndolo pasar por un sobrecalentador. La producción de vapor de estas calderas es de unos 1500 kg/hora cada una, a una presión de régimen de 13 atm. absolutas y 300 °C de temperatura. Desde su construcción estaban preparadas para quemar carbón, pero en el año 1957 el Prof. Lorenzo Lambruschini con la ayuda de sus alumnos, le incorporó sopladores y quemadores para combustibles líquidos.

En general los tubos son la parte principal de la caldera, y dos o tres accesorios llamados colectores, en donde se ubican las válvulas de seguridad, termómetros, tomas de vapor, entrada de agua, etc.

A lo largo de los últimos 50 años, el concepto sobre el que se basa el proyecto de los generadores de vapor, ha sufrido cambios fundamentales como consecuencia de las innumerables investigaciones que permitieron conocer los procesos de la combustión, transmisión del calor, circulación del agua y de la mezcla agua-vapor y del acondicionamiento del agua de alimentación.

1.3.8 Caldera Belleville. Las calderas se construyen en una amplia variedad de tamaños, disposiciones, capacidades, presiones, y para aplicaciones muy variadas.

La caldera de la izquierda tiene un hogar con dos entradas para ingreso del combustible sólido, con los tubos hervidores horizontales y domo frontal superior, con las válvulas de seguridad incorporadas. Es para una presión de unas 30 atm. y una temperatura de unos 400° C.

1.3.9 Calderas de Tubos Doblados. Este diseño ofrece mayor flexibilidad pues donde la altura libre es limitada la caldera puede hacerse ancha y baja, o puede ser alta y estrecha en los sitios donde la limitante sea la amplitud. Los principales elementos de una caldera de este tipo son esencialmente drums o tambores conectados por tubos doblados. Las primeras unidades fueron de 4 tambores y, aunque este era un diseño bastante aceptable, fue mejorado por el de 3 y más tarde por el de 2 tambores. Ver figura No. 7.

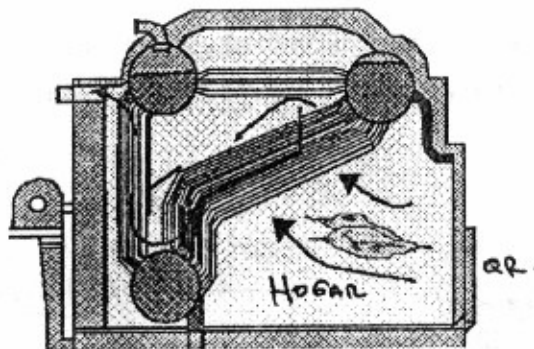


Figura N° 7. Caldera de tubos doblados

Algunas ventajas que estas calderas muestran sobre las de tipo horizontal son las siguientes:

- Respuesta rápida a fluctuaciones de carga.
- Gran economía en la fabricación y operación.
- Mayor accesibilidad para limpieza y mantenimiento.
- Producción de un vapor de mejor calidad.
- Capacidad para trabajar a tasas de evaporación mucho más altas.

1.3.10 Calderas de Tubos Doblados y Paredes de Agua. Cuando se necesitaron calderas de mayor capacidad se hizo necesario aumentar el tamaño de los hornos lo que incremento la temperatura en ellos. Esto trajo como consecuencia un excesivo mantenimiento en el refractario del horno, especialmente cuando se quemaba carbón. Las más altas temperaturas de gases incrementaron el ensuciamiento de las superficies de transferencias.

En sus esfuerzos por producir calderas más eficientes y económicas los diseñadores desarrollaron un horno, virtualmente rodeado por una superficie de transferencia en forma de paredes. Estas paredes están constituidas por bancos de tubos y se llaman paredes de agua o paredes de tubos de agua y además de evitar las excesivas temperaturas por ensuciamiento aumentan la capacidad de generación. A partir de la aparición de las calderas con paredes de agua, los diseños se estandarizaron en tres tipos básicos: Calderas tipo A, tipo O y tipo D.

1.3.11 Calderas Tipo A. Consisten de un tambor de vapor y dos tambores de lodos arreglados de forma que asemejan una A con el tambor de vapor en el vértice y los tambores de lodos en el fondo. Ver figura No. 8.

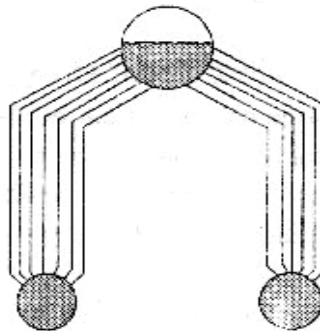


Figura N° 8. Caldera Tipo A

1.3.12 Calderas Tipo O. Constan de un tambor de vapor localizado directamente encima del tambor de lodos pero ambos se encuentran en el centro de la caldera y los tubos que los unen asemejan una O. Ver figura No. 9.

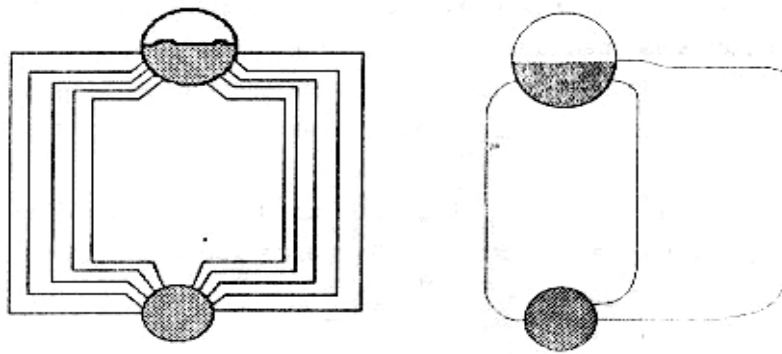


Figura N° 9. Calderas Tipo O y Tipo D

1.3.13 Calderas Tipo D. El tambor de vapor está directamente encima del tambor de lodos pero hacia un lado del horno y una serie de tubos une los tambores verticalmente. El resto de tubos se extiende horizontalmente desde los tambores de vapor y lodos hasta las paredes del horno donde se convierten en tubos de pared de agua.

2. PARTES DE UNA CALDERA

TAMBOR DE VAPOR: Es el lugar donde el agua y el vapor se separan. Aquí se encuentra la entrada de agua de alimentación, la cual entra bajo control de nivel. Todos los tubos de flujo ascendente y descendente van acoplados a este tambor. Existe también una salida de vapor hacia el sistema de proceso o a un supercalentador. En el tambor de vapor se instalan válvulas de alivio o de escape para proteger al sistema.

El método de separación del agua y del vapor es el mismo en la mayoría de las calderas y se lleva a cabo en un separador mecánico o en un separador ciclónico. La mezcla de vapor y de agua procedente del haz ascendente se dirige al separador ciclónico por medio de una placa deflectora. La fuerza centrífuga en el ciclón separa las gotas de agua, y el vapor sale del ciclón y pasa a través de mas separadores hasta que se tiene vapor relativamente seco para uso en las unidades de proceso.

CAJA DE SECADO: Es un compartimiento interno para coleccionar el vapor seco y distribuirlo a los tubos de salida al supercalentador.

El tambor de vapor debe estar diseñado para trabajar mínimo durante un minuto sin suministro de agua de alimentación con los quemadores encendidos. En realidad el tambor debe tener reserva para 20 o 30 segundos y los tubos deben proporcionar la diferencia.

TAMBOR DE LODOS: Los tambores de lodos son los cabezales de recolección en el fondo de los haces de tubos ascendentes y descendentes. De estos tambores de lodos se extrae la purga. La purga es el liquido que se extrae de la caldera para mantener baja la concentración de sólidos en el agua de la caldera. Normalmente hay dos corrientes de purga, una es una purga continua de una cantidad fija de agua, la otra es intermitente. La purga intermitente se ajusta para mantener el agua de calderas dentro de la especificación de sólidos disueltos que se estipule.

VENTILADOR: Son los encargados de suministrar el aire para la combustión en las calderas de tiro forzado y de sacar los gases desde el hogar hacia la chimenea en las calderas de tiro inducido. Deben tener una capacidad superior en un 15% al flujo a máxima carga para suplir las perdidas por ensuciamiento de la caldera, disminución de la calidad del combustible o desgaste de los mismos ventiladores.

PRECALENTADOR DE AIRE: Es un intercambiador generalmente con vapor de baja presión que se condensa y retorna al sistema como agua de alimentación. La

temperatura normal del aire entrando al calentador de aire debe estar entre 140°F y 176°F.

CALENTADOR DE AIRE: En esta parte se termina de darle temperatura al aire que va para la combustión intercambiando temperatura con los gases que vienen de la combustión.

ECONOMIZADOR: Es la parte de la caldera donde por intercambio de temperatura entre los gases de combustión y el agua de caldera se le baja temperatura a los gases de combustión y se le incrementa al agua de caldera para economizar combustible en el proceso de producir vapor y a su vez minimizar el impacto ambiental porque evitamos el aumento de la temperatura del medio ambiente.

El economizador puede estar situado dentro de la caldera, como parte de la zona de convección, o puede ser externo donde por razones de espacio no se puede aplicar el arreglo anterior.

CAJA DE AIRE: Es la parte por donde se conduce el aire que va del ventilador hacia los quemadores.

HOGAR DE LA CALDERA

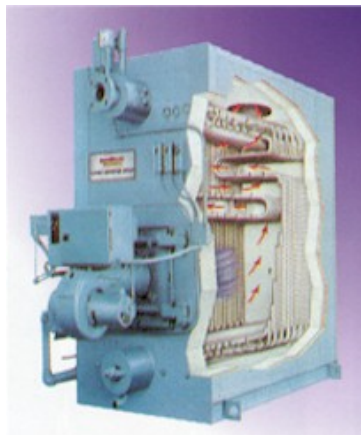


Figura N° 10. Hogar de la caldera

Esta constituido por una serie de tubos que forman las llamadas paredes de agua que le dan la forma y encierran la zona radiante de la caldera pues allí el calor es transmitido principalmente por radiación. Según la colocación de los quemadores el hogar de la caldera puede ser:

- **PARALELO;** Cuando los quemadores están colocados al frente o al frente y atrás.

- **TURBULENTO;** Cuando los quemadores están ubicados en las esquinas e inyectan el combustible en forma tangencial. Este tipo de hornos es ideal para la quema de carbón pues ofrece mayor turbulencia y mejor mezcla aire/combustible. El hogar de la caldera debe cumplir básicamente con los siguientes requisitos:
 - ❖ Tener capacidad para admitir el volumen de aire necesario para la combustión.
 - ❖ Tener suficiente altura para asegurar circulación adecuada de agua por los tubos.
 - ❖ Tener dimensión suficiente para evitar que la llama ataque las paredes de tubos.
 - ❖ Tener forma y dimensiones adecuadas para asegurar que los gases llene el hogar proporcionando absorción térmica óptima en todas las partes.

La tubería del hogar debe ser de la mayor longitud posible para minimizar las soldaduras.

Debe comprobarse la limpieza de su interior, las facilidades para entrar en su interior deberá poseer su propio refractario antes de sus compuertas, los refractarios de las “gargantas” de los quemadores no deben tener fisuras o rajaduras que alteren el normal flujo de aire de la combustión, lo mismo que el refractario del piso.

QUEMADORES

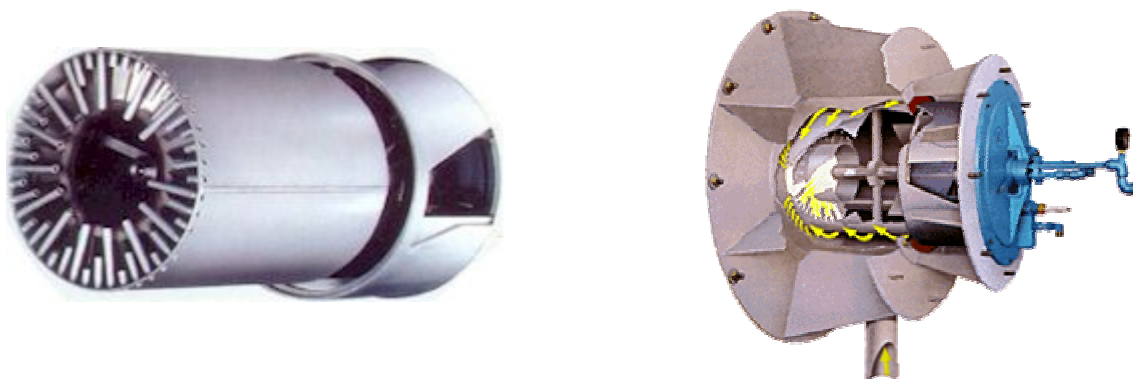


Figura N° 11. Quemadores

Son los elementos de la caldera encargados de suministrar y acondicionar el combustible para mezclarlo con el aire y obtener una buena combustión. Deben producir una llama estable y uniforme de manera que se realice una cierta distribución en el hogar.

Los quemadores de gas son perforados y por sus orificios el gas debe salir a una velocidad mayor que la del aire para asegurar una penetración íntegra del chorro de aire.

En los quemadores de aceite, este debe ser atomizado para aumentar la superficie de contacto con el aire. La atomización se realiza generalmente con vapor pero se puede utilizar aire también. Aunque el vapor produce una muy buena atomización, presenta como desventaja que causa un mayor contenido de agua en los gases de combustión y disminuye el punto de rocío de los gases, además representa consumo de vapor que no se recupera.

DESHOLLINADOR: La mayoría de calderas están equipadas con sopladores de hollín, los cuales sirven para mantener la superficie exterior de los tubos limpia y libre de material que pudiera afectar la transferencia de calor. Se utiliza vapor para el soplado del hollín y la frecuencia de la operación depende del combustible usado.

Existen dos tipos de sopladores de hollín; los fijos o estacionarios y los retráctiles.

TUBOS DESCENDENTES: Los que bajan el agua más densa del tambor de vapor al tambor de lodos.

TUBOS ASCENDENTES: Son los tubos por donde sube el agua que a perdido densidad y va al tambor de vapor.

SUPER CALENTADOR: Es un equipo que ofrece una superficie de absorción de calor por medio de la cual se eleva la temperatura del vapor por encima de su punto de saturación. Entre las principales razones para realizar este trabajo tenemos:

- ❖ Se aumenta la eficiencia total de la unidad.
- ❖ Se aumenta la ganancia termodinámica de l vapor.
- ❖ Se obtiene un vapor mas seco.

CHIMENEA: Conducto por donde salen los gases de combustión.

2.2 ACCESORIOS BÁSICOS DE UNA CALDERA

1. Válvulas de seguridad.
2. Válvulas de aguja o de purga.
3. Válvulas de control.
4. Válvulas de corte.
5. Indicadores de temperatura.
6. Indicadores de presión.
7. Transmisores de flujo.

8. Transmisores de nivel.
9. Analizador de oxígeno.
10. Foto celdas.
11. Magnetrol. (cortes)
12. Mirillas.
13. Indicadores de nivel.

2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE UNA CALDERA

Para tener un adecuado control de la operación de una caldera es necesario conocer los factores que determinan su estado. Estos factores son principalmente: Flujos de gas, aceite, aire, agua, vapor, presiones, temperaturas y nivel. Para comprender mejor la relación y la manera como se afectan entre sí podemos clasificarlos en tres grupos: Factores a regular, factores de perturbación y factores de regulación.

FACTORES A REGULAR. Son los que deben ser mantenidos a un valor determinado para que el funcionamiento de la caldera sea correcto. Los más importantes son: Presión de vapor a la salida de la caldera, exceso de aire o relación aire /combustible, temperatura de vapor sobrecalentado, nivel del tambor de vapor y presión en el hogar.

FACTORES PERTURBADORES. Tienen su origen en la demanda de vapor que desequilibra la relación entre la energía que entra en forma de combustible y la que sale en forma de vapor, de esta manera se afectan los factores a regular que actuarán unos sobre otros.

FACTORES DE REGULACIÓN. Con ellos se compensa la influencia de los factores perturbadores sobre los factores a regular y los principales son:

- ❖ **FLUJO DE COMBUSTIBLE:** Con él se compensa la variación de la presión de vapor.
- ❖ **FLUJO DE AIRE:** Con él se mantiene una relación aire /combustible adecuada.
- ❖ **FLUJO DE AGUA DE ALIMENTACIÓN:** Que debe ser igual al flujo de vapor que sale más las pérdidas para mantener el nivel.
- ❖ **DIVERSOS MEDIOS PARA CONTROL DE TEMPERATURA DE VAPOR:** Varían según el diseño de la caldera.

Los factores de regulación se pueden controlar dividiéndolos en tres bloques.

CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACIÓN. Su objetivo es igualar el flujo de agua de alimentación con el flujo de vapor, manteniendo un nivel estable en el tambor de vapor durante cargas bajas, altas, o con cambios rápidos, tomando como referencia la producción de vapor y el nivel del tambor.

CONTROL DE COMBUSTIÓN. Es el encargado de regular la entrada de combustible para mantener un suministro continuo de vapor a una presión constante, y de regular la entrada de aire a la caldera en proporción correcta a la entrada de combustible.

En las calderas de tiro balanceado también regula la extracción o salida de gases de combustión para mantener un tiro constante en el hogar.

CONTROL DE TEMPERATURA. Es muy importante en calderas que alimentan turbinas. Aunque se pudiera pensar que entre más falta la temperatura de vapor, mayor eficiencia de la caldera, esto está limitado por la resistencia de los aceros y demás materiales.

Para mantener un control efectivo del funcionamiento de la unidad el operador debe tener la siguiente información de los instrumentos y otras fuentes.

- ❖ Nivel del tambor de vapor.
- ❖ Presión de vapor y de agua de alimentación.
- ❖ Temperatura de vapor súper calentado.
- ❖ Tiro y presiones de gases / aire entrando y saliendo de las principales partes de la caldera.
- ❖ Relación aire / combustible determinada por analizadores de gases / oxígeno.
- ❖ Temperatura del agua y de los gases de combustión y aire entrando y saliendo de las principales secciones de la caldera.
- ❖ Flujo de agua de alimentación.
- ❖ Flujo de vapor.
- ❖ Operación de fuegos, hornos y quemadores.
- ❖ Operación de bombas, ventiladores, circuitos de combustible y equipos de combustión.

- ❖ Conocimiento de cuales operaciones tienen bloqueo, de manera que no puedan efectuarse en forma incorrecta.
- ❖ Conocimiento de cuales operaciones pueden efectuarse en automático.

2.3 DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO

Como la función de una caldera es convertir agua en vapor por la aplicación de calor, la cantidad de superficie de calentamiento y la forma en que esta esté distribuida afectan la eficiencia y la capacidad. El efecto de cambiar la cantidad y distribución de esa superficie se puede entender mejor en el siguiente ejemplo.

Imaginemos una caldera de tubos de agua de una amplitud determinada con hileras de tubos rectos expuestos al calor de los gases de combustión. Asumamos que la temperatura de los gases entrando a la primera hilera de tubos es de 3.000°F y que nuestra unidad genera vapor de 600 psia (Temperatura de saturación 486.2° F). Si empezamos con tres hileras de tubos, la temperatura del gas al salir de la última hilera sería de 2.000° F.

Si agregamos tres hileras más de tubos, tenemos que la temperatura de entrada a este nuevo banco sería de 2.000°F y por lo tanto el calor transferido en estos tubos será menor que el transferido en el primer banco de tubos.

Lo mismo sucedería con cada nuevo banco de tubos que se agregara. Aunque sea del mismo tamaño, será menos efectivo que el banco precedente. Aunque cada adición incrementa la cantidad de calor absorbido y la eficiencia, es evidente que llega un punto en el cual, el costo de adición de superficie pesa más que la ganancia obtenida.

Esto se debe a que al irse reduciendo la temperatura de gases, llega el punto en que la diferencia entre esta y la temperatura de la mezcla vapor/agua es tan pequeña que pone límite al incremento de ganancia.

Más adelante veremos como este límite puede ser sobre pasado.

2.3.1 Circulación de Agua/Vapor. Para tener una generación de vapor y un control adecuado de la temperatura de metal en los tubos de todos los circuitos, es necesario mantener un adecuado flujo de agua y de la mezcla vapor agua.

Estos flujos se pueden establecer de dos maneras, por diferencia de densidades o por circulación forzada. Cuando el flujo es establecido por diferencia de densidades se dice que se tiene circulación natural.

2.3.2 Circulación Natural. En una caldera elemental, que conste simplemente de un casco o tambor, lo que ocurre en su interior se puede visualizar de la siguiente manera:

Al calentarse el fondo del recipiente se calienta también el agua, disminuyendo su densidad y por lo tanto tiende a subir a la parte superior del recipiente. Contrariamente, el agua más fría que está entrando en la caldera es más pesada y tiende a caer al fondo del recipiente.

Cuando el agua alcanza su punto de ebullición, pequeñas burbujas de vapor se forman sobre la superficie calentada. Estas burbujas se adhieren a el metal hasta que son suficientemente grandes para vencer la tensión y ascender a la parte superior del recipiente donde el vapor es liberado, estableciéndose una corriente de circulación.

En una caldera acuotubular el agua y el vapor fluyen por una cantidad de tubos que son calentados externamente. La idea básica se puede explicar da acuerdo con la siguiente figura así: Ver figura No. 12.

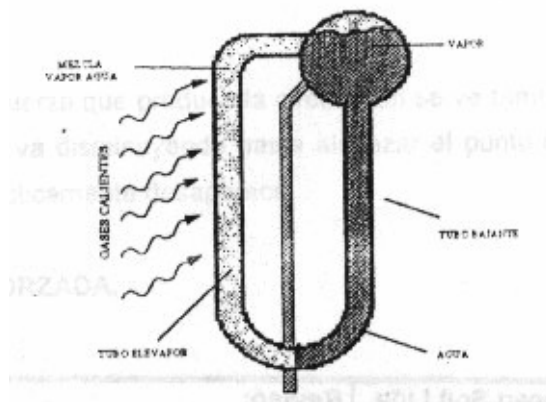


Figura N° 12. Circulación natural

Un drum tiene conectado un circuito de tubos, una pierna del cual es calentada y la otra no. Burbujas de vapor se forman en la pierna calentada generalmente llamado riser o elevador. La mezcla vapor/agua resultante es desplazada por la relativamente más pesada agua que está en la pierna no calentada. De esta manera se establece un flujo.

Bajo condiciones de operación, hay un flujo continuo de agua que baja desde el drum a través de los tubos bajantes y una mezcla vapor/agua sube por los tubos elevadores hasta el drum donde el vapor es liberado.

Una caldera real consiste de muchos circuitos como el de la figura 13, con un

drum o varios drums actuando como colectores y como punto de separación del vapor del agua, aunque en realidad la cantidad de tubos bajantes es diferente de la de tubos elevadores y su distribución un poco más compleja.

Aunque en el ejemplo de la figura 13 los tubos bajantes o downcomers aparecen como zona no calentada, en realidad y por razones prácticas, estos tubos también son calentados por los gases luego de que estos han cedido mucho de su calor a los tubos elevadores o risers.

Generalmente se asume que el calor absorbido en los tubos bajantes es suficiente solamente para llevar el agua hasta la temperatura de saturación y que no se genera vapor en esta parte del circuito.

2.3.3 Factores que Afectan la Circulación Natural. En un circuito simple, se pueden analizar los factores que afectan la circulación natural. Ver figura No. 13.

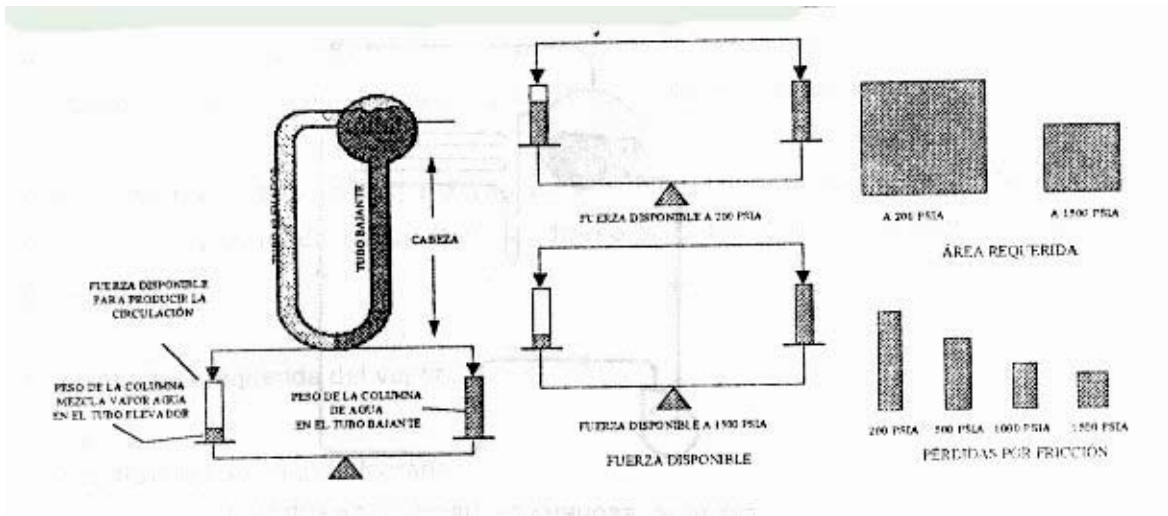


Figura N° 13. Factores que afectan la circulación de agua/vapor.

En la figura 14 A se aprecia que la columna de agua de la pierna derecha y la columna de la mezcla vapor/agua de la pierna izquierda tienen la misma altura o cabeza.

En la figura 14B la diferencia de densidades o peso específico es representada por dos columnas, de las cuales, la más pequeña corresponde a la mezcla vapor/agua. La diferencia entre estas dos columnas es la fuerza disponible para vencer la fricción y establecer un flujo o circulación.

Esta fuerza es afectada también por la presión. Para obtener la misma fuerza en calderas a diferentes presiones es necesario aumentar el área en la caldera de menor presión. Lo anterior se puede deducir de la fórmula $P = F \times A$, donde se puede ver que para obtener una misma fuerza con diferentes presiones

necesariamente se debe aumentar el área.

A mayores presiones, la fuerza que produce la circulación se ve también afectada porque la diferencia de densidades va disminuyendo hasta alcanzar el punto crítico - 3206.2 PSIA -donde esta diferencia prácticamente desaparece.

2.4 CIRCULACIÓN FORZADA

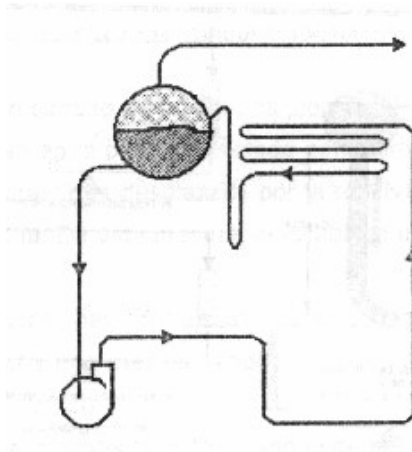


Figura N° 14. Esquema de circulación forzada

Cuando la cabeza o fuerza disponible no garantiza un flujo por circulación natural, se utiliza la circulación forzada. Este sistema, para vencer las resistencias, emplea una bomba, que toma el agua desde el tambor de vapor y la pasa por las zonas de radiación y de convección de la caldera. Puede ser usado en sistemas de alta presión donde las fuerzas de circulación son pequeñas, o en sistemas de baja presión para dar libertad en la distribución de los tubos. Ver figura No. 16.

2.5 SUPERCALENTADOR

El supercalentador es un equipo que ofrece una superficie de absorción de calor por medio de la cual se eleva la temperatura del vapor por encima de su punto de saturación. Entre las principales razones para realizar este trabajo tenemos:

- Se aumenta la eficiencia total de la unidad.
- Se aumenta la ganancia termodinámica del vapor.
- Se obtiene un vapor más seco.

Una de las razones más importantes es que el vapor sobrecalentado tiene menos tendencia a condensarse en las últimas etapas de las turbinas.

Aunque la ganancia en la eficiencia total varía de acuerdo con la presión, se calcula que esta puede estar alrededor de 3% por cada 100°F de sobrecalentamiento.

El supercalentador debe entregar el vapor a una temperatura uniforme dentro de un amplio rango de variaciones de carga. Para su diseño se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Temperatura requerida del vapor.
- Superficie requerida para lograrla.
- Temperatura de los gases.
- Tipo de material de los tubos.

Los supercalentadores son de varias formas y tipos. La manera más práctica de clasificarlos es teniendo en cuenta su posición dentro de la caldera. Según ella los supercalentadores pueden ser:

2.6 DE CONVECCIÓN

En él, el vapor absorbe el calor de los gases calientes, cuando estos viajan sobre la superficie de sus tubos. La temperatura del vapor tiende a elevarse con los aumentos de carga porque el volumen de gases se incrementa más rápido que el flujo de vapor dentro de los tubos.

2.7 DE RADIACIÓN

Puede estar localizado en el piso, en las paredes o en el techo del horno de la caldera y reciben el calor intenso por radiación directa. La temperatura del vapor tiende a disminuir con los incrementos de carga debido a la alta tasa de absorción de calor en las paredes del horno. El calor disponible para el supercalentador radiante no se incrementa a la misma tasa que el flujo de vapor dentro de los tubos.

2.8 DE FUEGO SEPARADO O EXTERNO

Son usados cuando no es práctico tener un supercalentador dentro de la caldera, por ejemplo, donde el vapor es generado en un intercambiador de calor o evaporador en algún sistema de recuperación de calor de un proceso químico. Normalmente tienen un horno separado.

2.9 EQUIPOS DE RECUPERACIÓN DE CALOR

Cuando los gases dejan la sección de absorción de la caldera, contienen todavía una gran cantidad de calor que si no se recobrara sería una de las más grandes pérdidas en la unidad. Una sustancial porción de ese calor puede ser recuperado con la adición de accesorios como economizadores o calentadores de aire con el consecuente aumento en la eficiencia de la unidad.

2.10 ECONOMIZADOR

Probablemente el método más antiguo para recuperar calor de los gases de la caldera consiste en hacer pasar los gases por un intercambiador llamado economizador para recalentar el agua de alimentación.

El economizador calienta el agua de alimentación, acercándola a la temperatura del agua que está en el tambor de vapor, produciendo un aumento cercano al 1% en la eficiencia de la caldera por cada 10 u 11°F de incremento en la temperatura del agua.

El economizador puede estar situado dentro de la caldera, como parte de la zona de convección, o puede ser externo donde por razones de espacio no se puede aplicar el arreglo anterior.

2.11 CALENTADOR DE AIRE

La recuperación final de calor tiene lugar en el calentador de aire. Aquí, la temperatura del gas es rebajada hasta un valor muy cercano a su dew point - La temperatura donde la humedad empieza a condensarse - Este punto es el límite más bajo en operación.

El uso de calentadores de aire en unidades que consuman combustibles comunes como carbón, gas, aceite, y con similares condiciones en el hogar, produce un incremento en su eficiencia cercano al 2.5% por cada 100°F que se disminuya la temperatura de los gases.

Visto desde el lado aire, esto significa una-ganancia de 2% por cada 100°F que se incremente la temperatura del aire. Los calentadores de aire pueden ser clasificados en dos tipos, tubulares o regenerativo.

2.12 TIPO RECUPERATIVO O TUBULAR

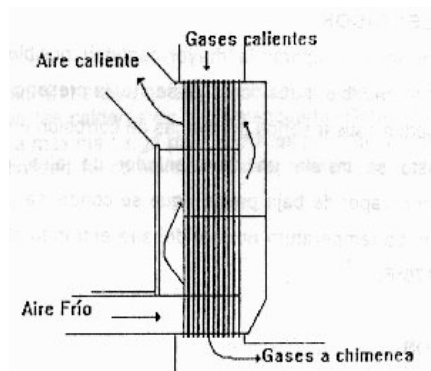


Figura N° 15. Calentador de aire tubular

Consiste usualmente de un determinado número de tubos con cada extremo de tubo expandido en una lamina perforada. Este ensamble es contenido o encerrado en una caja hermética. Los gases fluyen en solo paso a través de los tubos y el aire fluye en contracorriente cruzando los tubos por su parte exterior en uno o más pasos. Ver figura No. 16.

2.13 REGENERATIVO

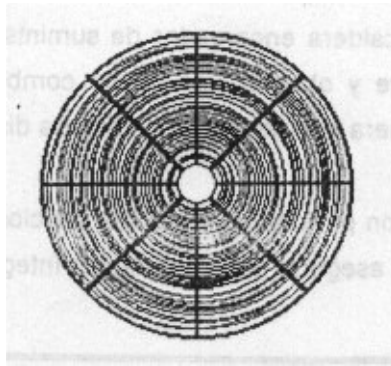


Figura N° 16. Calentador de aire regenerativo

Consiste de un rotor que gira a una velocidad de 2 a 3 R.P.M. Este rotor o eje tiene acopiadas unas canastas. Una mitad de este conjunto se calienta con los gases mientras la otra mitad, previamente calentada, cede el calor al aire que entra. Ver figura No. 18.

2.14 PRECALENTADOR

Aunque lo ideal sería recuperar la mayor cantidad posible de calor de los gases, esto tampoco es recomendable, pues como ya se vio, la presencia de azufre en ellos y muy baja temperatura pueden causar serios problemas de corrosión en el calentador. Para obviar esto se instala un precalentador de aire, el cual es un intercambiador generalmente con vapor de baja presión que se condensa y retorna al sistema como agua de alimentación. La temperatura normal del aire entrando al calentador de aire debe estar entre 140°F y 176°F.

2.15 REGISTROS

Para tener una buena combustión es necesario producir una mezcla íntima aire/combustible. Para lograr esta mezcla el aire entra desde la caja de aire a la zona del quemador a través de un registro, que es realidad un ducto circular segmentado en compuertas o persianas las cuales están conectadas a un eje

accionado desde el exterior por una manija con la cual se puede graduar la abertura o posición de las compuertas.

La forma de estas compuertas, arqueadas, le imprime velocidad y le da un sentido de rotación al aire formando una especie de turbulencia lo que propicia una mezcla homogénea aire/combustible.

2.16 QUEMADORES

Son los elementos de la caldera encargados de suministrar y acondicionar el combustible para mezclarlo con el aire y obtener una buena combustión. Deben producir una llama estable y uniforme de manera que se realice una cierta distribución en el hogar.

Los quemadores de gas son perforados y por sus orificios el gas debe salir a una velocidad mayor que la del aire para asegurar una penetración íntegra del chorro de aire.

En los quemadores de aceite, este debe ser atomizado para aumentar la superficie de contacto con el aire. La atomización se realiza generalmente con vapor pero se puede utilizar aire también. Aunque el vapor produce una muy buena atomización, presenta como desventaja que causa un mayor contenido de agua en los gases de combustión y disminuye el punto de rocío de los gases, además representa consumo de vapor que no se recupera.

2.17 VENTILADORES

Son los encargados de suministrar el aire para la combustión, y de sacar los gases desde el hogar hacia la chimenea en las calderas de tiro balanceado. Deben tener una capacidad superior en un 15% al flujo a máxima carga para suplir las pérdidas por ensuciamiento de la caldera, disminución de la calidad del combustible o desgaste de los mismos ventiladores.

3. GENERACIÓN DE VAPOR

3.1 DEFINICIÓN

Generación de vapor es simplemente el proceso de convertir agua en vapor por medio de la aplicación de calor.

3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

3.2.1 Entalpía del líquido. El calentamiento del agua hasta alcanzar una temperatura determinada a una presión dada causará que esta entre en ebullición y de esta forma el vapor sea liberado.

El calor requerido para llevar el agua desde 32° F, que es la temperatura o punto base para el estudio de las propiedades del agua y del vapor, hasta el punto de ebullición, es lo que se conoce como entalpía del líquido saturado y es medida en BTU'S por libra.

3.2.2 Saturación. Cuando el agua está en ebullición, ambos, el agua y el vapor liberado, tienen una misma temperatura que se llama temperatura de saturación. Para cada presión a la que ebulle el agua existe solamente una temperatura de saturación y viceversa. El calor agregado durante la ebullición es utilizado para pasar el agua de su estado líquido a vapor. Este calor medido también en BTU'S por libra se denomina entalpía de evaporación.

La suma de la entalpía del líquido saturado más la entalpía de evaporación nos da la entalpía del vapor saturado, que equivale al calor agregado para llevar el agua desde 32°F hasta vapor a una presión dada.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EVAPORACIÓN

Si calentamos una libra de agua dentro de un cilindro con un pistón al cual podamos aplicar diferentes presiones, observaremos que la misma secuencia de eventos ocurre en cada nivel de presión.

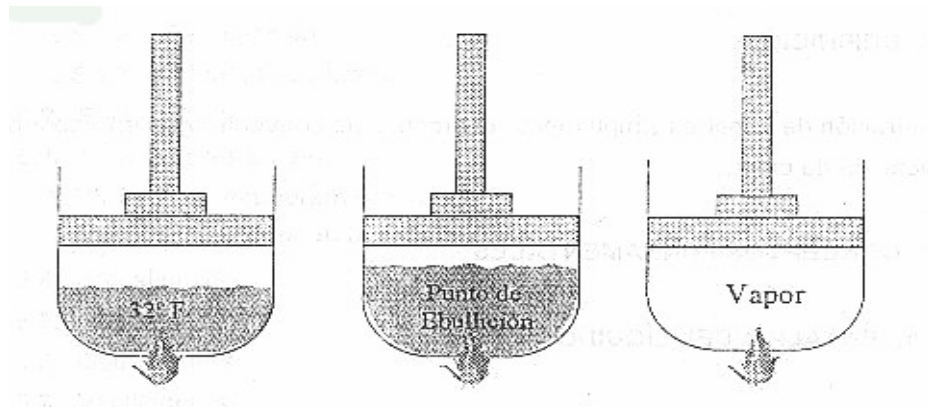


FIG. N° 17. Proceso de ebullición del agua

Primero la temperatura del agua se eleva y su volumen se incrementa ligeramente. Después comienza la ebullición, el volumen se incrementa grandemente y la temperatura permanece constante hasta que todo el agua se ha convertido en vapor. Ver figura No 18.

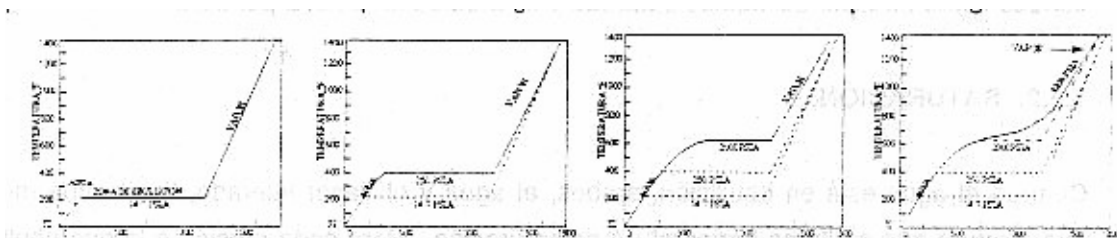


FIG. N° 18. Proceso de ebullición del agua a diferentes niveles de presión

Si aumentamos la presión en el cilindro, la cantidad de calor requerida para llevar el agua a su punto de ebullición también aumenta mientras que el calor necesario para evaporarla tiende a disminuir.

3.4 SUPERCALENTAMIENTO

Mientras el vapor y el agua estén en contacto la temperatura permanecerá constante - la temperatura de saturación a una presión dada -. Si deseamos aumentar la temperatura del vapor debemos supercalentar, es decir, calentarlo fuera de contacto con el agua. La entalpía del vapor aumentará por la cantidad de BTU'S agregada y la temperatura se incrementará. La rata a la cual se produzca este incremento depende en buen grado de la presión.

3.5 PUNTO CRÍTICO

Es el punto en el cual el agua se convierte en vapor sin pasar por su punto de ebullición. Esto sucede a una temperatura de 705.4°F y a una presión de 3206.2 psia. En este punto el agua y el vapor tienen las mismas propiedades.

En pruebas de laboratorio se ha demostrado que si se calientan agua y vapor en un tubo de cuarzo, se puede apreciar que a cualquier temperatura y presión por debajo del punto crítico se tiene claramente definida una línea de nivel que separa el agua del vapor. Al alcanzar valores de presión y temperatura muy próximos al punto crítico, esta línea de nivel desaparece y todo se convierte en vapor.

3.6 TABLAS DE VAPOR

Aunque las propiedades del vapor y el agua están definidas por la naturaleza, ellas pueden ser medidas y tabuladas. Estas tablas contienen información organizada con respecto a presión y temperatura. En ellas, para cada condición se dan los valores correspondientes de volumen específico, entalpia, entropía, energía interna, etc. Las tablas más comunes cubren información hasta 1600°F y 5500 psia, pero debido a la tendencia moderna de usar generadores de vapor de más altas presiones se han diseñado tablas hasta 15000 psia.

3.7 TRANSFERENCIA DE CALOR

Hasta este punto nos hemos referido a la adición de calor para convertir el agua en vapor. Veamos ahora algunos conceptos básicos referente a la transferencia de ese calor. Existen tres tipos de transferencia de calor: Conducción, convección, radiación.

3.7.1 Conducción. Es la transferencia de calor desde un punto de un material hacia otro punto del mismo material o hacia un material contiguo. El calor es visualizado como una actividad molecular; realmente es la vibración de las moléculas de un material. Cuando una parte de un material es calentada la vibración molecular en ese punto aumenta. Este incremento de la actividad

molecular es transmitido a las moléculas adyacentes y estas a su vez lo transmiten a otras moléculas estableciéndose un flujo de calor desde el punto caliente hasta las zonas más frías. Ver figura No. 19.

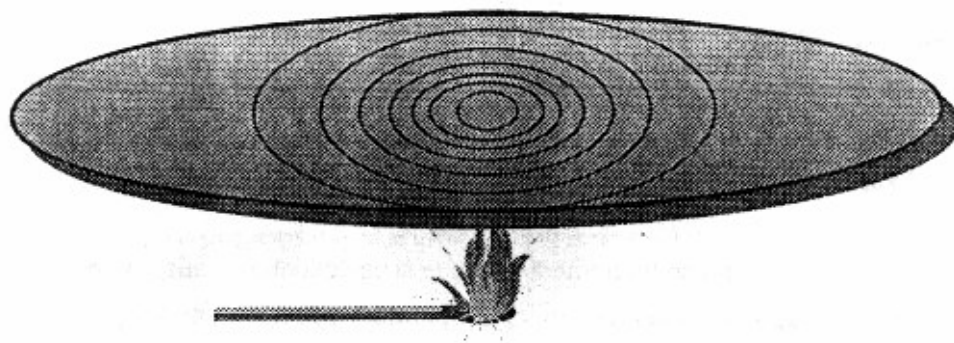


Figura N° 19. Transmisión de calor por conducción

En un material cualquiera, si se mantiene aplicada una rata de energía o calor constante, la temperatura disminuye uniformemente desde el punto más caliente hasta el punto más frío.

Las sustancias difieren grandemente en su habilidad para conducir el calor. Los gases y los vapores son considerados pobres conductores, los líquidos son mucho mejores y los metales son los mejores conductores. La habilidad de conducción del calor es conocida como conductividad térmica, K , y es medida en BTU'S por hora por pie cuadrado por grado Fahrenheit por pie de espesor.

3.7.2 Convección. Como vimos en el punto anterior, la transferencia de calor por conducción es un movimiento de energía a través de un material. En contraste, la transferencia por convección tiene lugar debido a un movimiento del mismo material calentado.

Cuando un fluido es calentado, su densidad - peso por pie cúbico - disminuye. Si parte de una masa de un fluido es calentada, la parte más fría y más pesada tiende a desplazar la parte más caliente, entonces la porción que estaba fría se calienta y a su vez es desplazada. El resultado es un flujo continuo de fluido frío hacia el área caliente y de fluido caliente alejándose de dicha área estableciéndose una corriente por convección. El movimiento del fluido caliente se convierte en un medio de transferencia de calor.

Cuando la sola diferencia de densidades establece el flujo, se llama convección natural. Cuando un ventilador o bomba ayuda a establecer dicho flujo se llama convección forzada.

3.7.3 Radiación. Todos los cuerpos irradian energía. La radiación no requiere un medio de transmisión, ella se produce tanto a través del vacío como de un gas; la radiación se propaga como las ondas de la luz. Un cuerpo expuesto a radiación se calienta solamente sobre el lado expuesto; el otro lado está en la "sombra" y

permanece frío. Ver figura No 20.

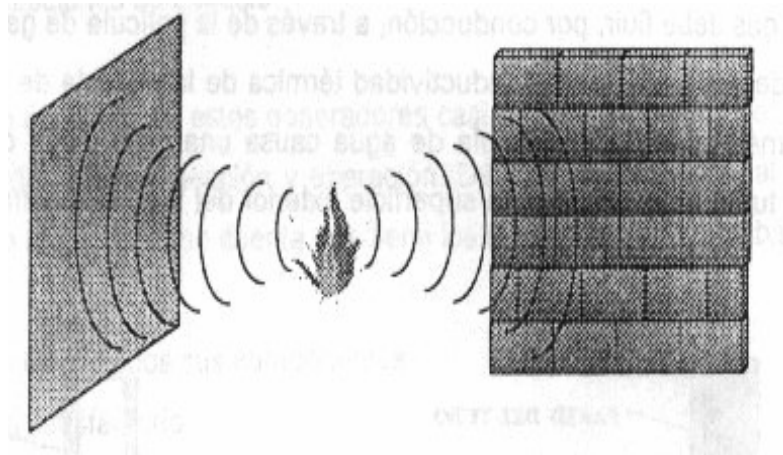


Figura N° 20. Transmisión de calor por radiación

La cantidad de energía que irradia un cuerpo depende del tamaño, la forma y la sustancia, pero principalmente de su temperatura absoluta.

3.7.4 Descripción del proceso de transferencia de calor. En el caso real de una caldera, la transferencia de calor es una compleja interacción de todos los tipos de transferencia. Veamos lo que sucede en un tubo colocado en una corriente de gas caliente.

El flujo de gas es una corriente de convección que lleva calor desde el horno hacia el tubo. Una delgada película de gas adhiere a la parte exterior del tubo y de igual manera una película de agua adhiere a la parte interior del tubo donde hay una corriente de convección de agua.

El calor del gas debe fluir, por conducción, a través de la película de gas, el metal del tubo y la película de agua. La pobre conductividad térmica de la película de gas, en comparación con la del metal y la de la película de agua causa una gran caída de temperatura en el exterior del tubo, esto mantiene la superficie exterior del tubo relativamente fría. Ver figura No 21.

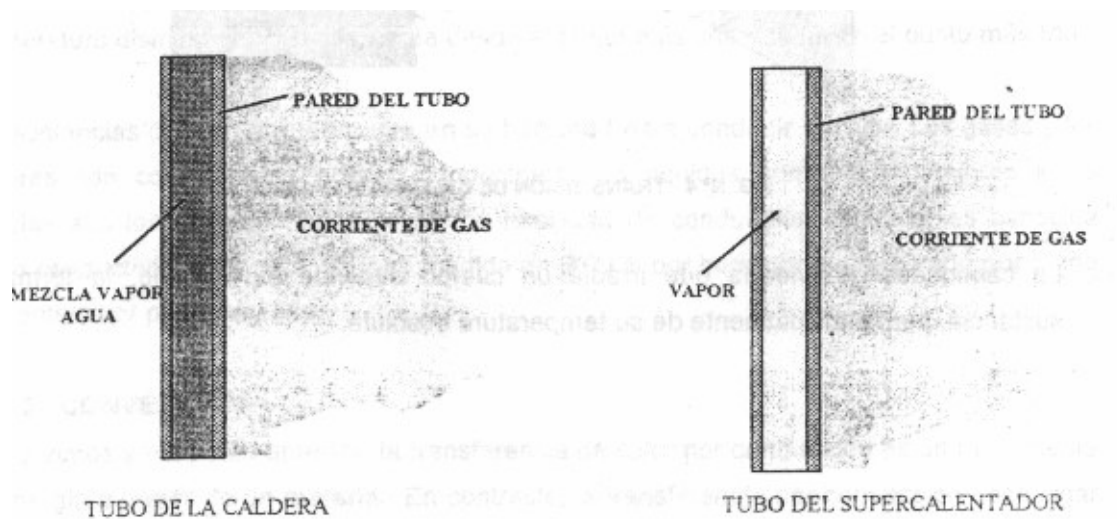


Figura N° 21. Transferencia de calor en tubos de una caldera

En un tubo del supercalentador tendremos en su interior vapor en lugar de agua. En este caso en la pared interior del tubo habrá una película de vapor de pobre conductividad. Aún cuando la diferencia total de temperatura permanece igual, el nuevo orden de resistencias significa un gradiente diferente de temperatura y una temperatura más alta en el metal del tubo.

4. GENERADORES DE VAPOR

4.1 DEFINICIÓN

Son las unidades diseñadas para producir vapor a partir del intercambio térmico entre el agua y una fuente de alto contenido calórico, la cual puede ser gases producto de una combustión u otro fluido.

Los generadores de vapor más conocidos son: Los rehervidores, los hornos y las calderas y ellos pueden ser de muchas formas y tamaños determinados por los requerimientos del usuario y las limitaciones de espacio.

Las variables en el diseño de estos generadores casi no tienen límites pues existen muchos factores implicados en su selección y operación. De cualquier manera, al escoger uno de estos equipos se debe tener en cuenta que llene los siguientes requisitos básicos:

- Adecuado tamaño de todos sus componentes.
- Tiempo de vida satisfactorio.
- Acceso a todas sus partes para inspección/reparación.
- Disponibilidad de partes para reposición.
- Seguridad y confiabilidad en su operación.
- Costos de instalación y operación.

5. PUESTA EN SERVICIO Y SACADA DE OPERACIÓN DE BOMBAS DE ALIMENTACIÓN DE AGUA A LAS CALDERAS P-2953 A-F

5.1 GENERALIDADES

Características de las bombas P-2953 A-E

Marca	Nuovo Pignone
Temperatura de bombeo, °F	250
Densidad, gr/cm ³	0,943
Presión de succión, psia	29,22
Presión de descarga, psia	824,22
Cabeza diferencial, ft	1947
Capacidad de diseño, GPM	1100
Flujo mínimo continuo	200
Potencia de entrada a capacidad de diseño, BHP	750
Velocidad, r.p.m.	3550

Características de las turbinas NP-2953 A/BC

Marca	Elliot-Holanda
Potencia, BHP	Nominal 875, normal 700, máxima 900
Potencia, Hp	825
Velocidad, r.p.m.	Nominal 3590, normal 3580
Consumo, lb/hr/Hp	43,5
Presión agua enfriante, psig	50
Presión vapor admisión, psig	590, a 700 °F
Presión vapor exhosto, psig	normal 150, máxima 180
Temperatura normal del exhosto	538 °F
Tipo de gobernador	Hidráulico
Rango ajustable de velocidad, %	5-15
Señal de disparo	Por solenoide a 125 V DC, normalmente energizado. De-energizado para disparo
Tipo de balinera radial	De manguito
Tipo de balinera de empuje	De balineras
Sistema de lubricación	forzado

Características de los motores MP-2953 D/E

Tipo de motor	De inducción
Potencia, Hp	1000
Velocidad, r.p.m.	3580
Voltaje, volt	4000
Fases	3
Ciclos, Hz	60

5.2 ARRANQUE DE LAS BOMBAS

5.2.1 Arranque de P-2953 A/B/C. Después de una reparación de la bomba y/o turbina

1. Realice los siguientes chequeos:

- ❖ Realice una revisión mecánica general, la correcta posición del protector del acople, válvula de seguridad, etc. Si se le han realizado trabajos a la turbina realice la prueba de sobrevelocidad conjuntamente con el personal de mecánica.
- ❖ Revise el sistema de lubricación y los niveles del aceite.
- ❖ Verifique que la válvula principal a la salida del cabezal esté abierto y el correcto funcionamiento de las trampas de vapor.
- ❖ Verifique que los drenajes estén estrangulados.
- ❖ Verifique el calentamiento de la línea del vapor exhosto y la abertura de su válvula.
- ❖ Verifique que la TRIP esté montada.
- ❖ Verifique el agua de los sellos.

2. Caliente la línea de admisión de vapor.

3. Caliente la bomba por medio de la línea de gases proveniente del desaireador.

4. Abra la succión y descarga de la bomba. Para encender la bomba deben estar la descarga y/o el FICAL abierto, pero NUNCA AMBAS VALVULAS CERRADAS, ya que se pueden ocasionar graves daños al equipo.

5. Rote la turbina por medio del by-pass de la válvula de admisión de vapor.

6. Abra los venteos de la bomba.
7. Cierre los drenajes de la turbina.
8. Admita vapor hasta alcanzar 3550 r.p.m. Cierre el by-pass y los venteos de la bomba.
9. Verifique la presión del aceite (25 #), el funcionamiento del filtro, la temperatura del aceite a la salida del intercambiador (122 °F), etc. Si es necesario realice un lavado en contraflujo al intercambiador de calor.

5.2.2 Arranque de P-2953 D/E/F

1. Realice los siguientes chequeos:
 - ❖ Realice una revisión mecánica general, la correcta posición del protector del acople, etc.
 - ❖ Revise los niveles del aceite.
 - ❖ Verifique el agua de los sellos.
2. Caliente la bomba por medio de la línea de gases proveniente del desaireador.
3. Abra la succión y descarga de la bomba. Para encender la bomba deben estar la descarga y/o el FICAL abierto, pero NUNCA AMBAS VÁLVULAS CERRADAS.
4. Abra los venteos de la bomba.
5. Presione START. Si la bomba se dispara revise las condiciones de la bomba y la temperatura del motor. Presione start nuevamente, si la bomba se dispara llame al personal del Grupo eléctrico.

5.3 PARADA DE BOMBAS

5.3.1 Parada de P-2953 A/B/C. Para entregar el equipo a mantenimiento se procede de la siguiente manera:

1. Asegurar la presión del sistema (el arranque de la bomba auxiliar del agua de alimentación a las calderas se debe realizar simultáneamente con la parada de la bomba principal).
2. Cierre lentamente la admisión de vapor a la turbina.

3. Entregue el equipo en las siguientes condiciones:

- ❖ Válvula exhosto de vapor cerrada.
- ❖ Válvulas de succión y descarga de la bomba cerradas.
- ❖ Sistema de sello fuera de servicio.
- ❖ Enfriamiento del aceite fuera de servicio.
- ❖ Venteos de la bomba y drenajes abiertos.

Si el equipo va a quedar DISPONIBLE se realizan los puntos (1) y (2), y:

- ❖ Se deja con pase el by-pass de la admisión de vapor a la turbina para mantenerla caliente, pero SIN QUE ROTE, AHORRANDO ENERGÍA DE ESTA FORMA.
- ❖ Los drenajes se dejan estrangulados.
- ❖ Se abre la línea de calentamiento de la bomba.

5.3.2 Parada de P-2953 D/E/F. Para entregar el equipo a mantenimiento se procede de la siguiente manera:

1. Asegurar la presión del sistema (arranque primero la bomba auxiliar de condensado).
2. Presione el botón STOP.
3. Entregue el equipo en las siguientes condiciones:

- ❖ Válvulas de succión y descarga de la bomba cerradas.
- ❖ Sistema de sello fuera de servicio.
- ❖ Enfriamiento del aceite fuera de servicio.
- ❖ Venteos de la bomba abiertos.

Si el equipo va a quedar DISPONIBLE se realizan los puntos (1) y (2) y se abre la línea de calentamiento de la bomba.

6. PUESTA EN SERVICIO Y SACADA DE OPERACIÓN DE BOMBAS DE AGUA DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO P-2945 A-F Y P-2940 A-D

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Características de las bombas de la TE-2945

Características de las bombas P-2945 A-F

Marca	Nuovo Pignone
Presión de succión, psia	0
Presión de descarga, psia	55
Cabeza diferencial, ft	128
Capacidad de diseño, GPM	22.000
Flujo mínimo continuo	6.000
Potencia, BHP	normal 856, máxima 1000
Velocidad, r.p.m.	900

Características de las turbinas NP-2945 C/D

Marca	Elliot-Holanda
Potencia, Hp	790
Velocidad, r.p.m.	3550
Presión vapor admisión, psig	590, a 700 °F
Presión vapor exhosto, psig	20
Válvula de seguridad	Disparo a 51 #
Tipo de gobernador	Hidráulico
Sistema de lubricación	forzado

Características de los motores MP-2945A/B/F

Tipo de motor	Sincrónico
Potencia, Hp	850
Velocidad, r.p.m.	900
Voltaje, volt	4160
Fases	3
Ciclos, Hz	60

6.1.2 Características de las bombas de la TE-2940

Características de las bombas P-2940 A-D

Marca	Nuovo Pignone
Presión de succión, psia	0
Presión de descarga, psia	45
Cabeza diferencial, ft	105
Capacidad de diseño, GPM	23.000
Flujo mínimo continuo	6.000
Potencia, BHP	normal 704, máxima 780
Velocidad, r.p.m.	900

Características de las turbinas NP-2940 C/D

Marca	Elliot-Holanda
Potencia, Hp	790
Velocidad, r.p.m.	3815
Presión vapor admisión, psig	590, a 700 °F
Presión vapor exhosto, psig	20
Válvula de seguridad	Disparo a 51 #
Tipo de gobernador	Hidráulico
Sistema de lubricación	forzado

Características de los motores MP-2940 A/B

Tipo de motor	Sincrónico
Potencia, Hp	850
Velocidad, r.p.m.	900
Voltaje, volt	4000
Fases	3
Ciclos, Hz	60

6.2 ARRANQUE DE BOMBAS

6.2.1 Arranque de P-2945 C/D Y P-2940 C/D. Después de una reparación de la bomba y/o turbina

1. Realice los siguientes chequeos:

- ❖ Realice una revisión mecánica general, la correcta posición del protector del acople, válvula de seguridad, etc. Si se le han realizado trabajos a la turbina

realice la prueba de sobrevelocidad conjuntamente con el personal de mecánica.

- ❖ Revise el sistema de lubricación y los niveles del aceite.
 - ❖ Alarma por alta temperatura del aceite 140 °F. Corte por baja presión en las chumaceras 5 #.
 - ❖ Verifique que la válvula principal a la salida del cabezal esté abierto y el correcto funcionamiento de las trampas de vapor.
 - ❖ Verifique que los drenajes estén estrangulados.
 - ❖ Verifique el calentamiento de la línea del vapor exhosto y la abertura de su válvula.
 - ❖ Verifique que la TRIP esté montada.
2. Caliente la línea de admisión de vapor.
 3. Abra la succión y descarga de la bomba.
 4. Encienda la bomba auxiliar de aceite en MANUAL.
 5. Rote la turbina por medio del by-pass de la válvula de admisión de vapor.
 6. Realice el cebado de la bomba (abra los venteos).
 7. Cierre los drenajes de la turbina.
 8. Admita vapor hasta alcanzar 3815 r.p.m. Cierre el by-pass y los venteos de la bomba.
 9. Apague la bomba auxiliar de aceite y póngala en AUTO.
 10. Verifique la presión del aceite (presión normal del aceite en el reductor, 60 #, y en las chumaceras de la turbina, 10 #), el funcionamiento del filtro, la temperatura del aceite a la salida del intercambiador (120 °F), etc. Si es necesario realice un lavado en contraflujo al intercambiador de calor.

Revise el correcto funcionamiento de los sellos: si se tiene la descarga abierta y sale mucha agua por éstos, es posible que los sellos se encuentran en mal estado. Los sellos deteriorados también pueden provocar cavitación en la bomba.

6.2.2 Arranque de P-2945 A/B/E/F y P-2940 A/B. Realice los siguientes chequeos:

- ❖ Realice una revisión mecánica general, la correcta posición del protector del acople, etc.
 - ❖ Revise el sistema de lubricación y los niveles del aceite.
1. Abra la succión y descarga de la bomba.
 2. Realice el cebado de la bomba (abra los venteos).
 3. Presione START. Si la bomba se dispara revise las condiciones de la bomba y la temperatura del motor. Presione start nuevamente, si la bomba se dispara llame al personal del Grupo eléctrico.
 4. Revise el funcionamiento de los sellos.

6.3 PARADA DE BOMBAS

6.3.1 Parada de P-2945 C/D Y P-2940 C/D. Para entregar el equipo a mantenimiento se procede de la siguiente manera:

1. Asegure la presión del sistema (poniendo en servicio primero otra bomba).
2. Cierre lentamente la admisión de vapor a la turbina. Verifique el arranque automático de la bomba auxiliar de lubricación, si no lo hace enciéndala en manual.
3. Pare la bomba auxiliar de lubricación.
4. Revise que la bomba no rote en sentido contrario si el cheque no cierra.
5. Entregue el equipo en las siguientes condiciones:
 - ❖ Válvula exhosto de vapor cerrada.
 - ❖ Válvulas de succión y descarga de la bomba cerradas.
 - ❖ Enfriamiento del aceite fuera de servicio.
 - ❖ Venteos de la bomba y drenajes abiertos.

Si el equipo va a quedar DISPONIBLE se realizan los pasos del (1) al (4),

- ❖ Se deja con pase el by-pass de la admisión de vapor a la turbina para mantenerla caliente, pero SIN QUE ROTE, AHORRANDO ENERGÍA DE ESTA FORMA.
- ❖ Los drenajes se dejan estrangulados.

6.3.2 Parada de P-2945 A/B/E/F y P-2940 A/B. Para entregar el equipo a mantenimiento se procede de la siguiente manera:

1. Asegurar la presión del sistema (poniendo en servicio primero otra bomba).
2. Cierre la descarga de la bomba para NO DAÑAR EL CHEQUE al cerrarse con violencia por la contrapresión del sistema.
3. Presione el botón STOP.
4. Entregue el equipo en las siguientes condiciones:
 - ❖ Válvulas de succión y descarga de la bomba cerradas.
 - ❖ Venteos de la bomba abiertos.

Si el equipo va a quedar DISPONIBLE se realizan los pasos del (1) al (3) y al abrir la descarga de la bomba se revisa QUE LA BOMBA NO ROTE EN SENTIDO CONTRARIO, en caso que el cheque no hubiera cerrado.

7. PRUEBAS DE SEGURIDAD PARA OBTENER UN BUEN RENDIMIENTO EN LA OPERACIÓN DE UNA CALDERA

7.1 PAGADA NORMAL DE LA CALDERA

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento operacional que pone fuera de servicio un equipo cuando este se encuentra en condiciones normales de operación.

¿PARA QUÉ ES?

Para efectuar reparaciones parciales o generales a la caldera ó porque el sistema lo requiera.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque permite evitar daños graves en su estructura, equipos auxiliares, pérdidas de energía, riesgos operacionales, accidentes, perturbaciones a la salud, impacto ambiental y otros.

¿DÓNDE SE HACE?

En las calderas de las diferentes áreas.

¿CÓMO SE HACE?

Siguiendo un procedimiento con el fin de no causar desestabilización en el cabezal de vapor y evitar daños en la estructura de caldera.

SEGURIDAD

1. Riesgos al apagar la caldera:

- 1.1 Caída del cabezal de vapor
- 1.2 Apagada súbita por combustible
- 1.3 Quemaduras
- 1.4 Contaminación ambiental.

2. Elementos de seguridad:

- 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

1. Coordine la operación con Foster y el C.C.P.
2. Baje carga gradualmente en automático hasta el 50% de su capacidad.
3. Pase a manual el control de combustión.
4. Abra el venteo del supercalentador totalmente. De aquí en adelante siga bajando carga. (Debe salir de servicio máximo en una hora).
5. Mantenga un exceso de aire a través de la caldera para evitar el corte por bajo flujo de aire.
6. Apague los quemadores. Se debe hacer en el siguiente orden: Primero el quemador uno, segundo el quemador cuatro, tercero el quemador dos y por último el quemador tres.

Advertencia: Al apagar un quemador cierre el registro del mismo.

7. Con el quemador tres (3), pruebe el corte por baja presión de gas. Esta presión debe ser de dos (2) Psi.
8. No cierre el registro de este quemador y deje que el ventilador opere por cinco minutos para purgar la caldera.
9. Cuando la caldera salga de servicio, cierre válvulas de bloque, de gas principal y de pilotos.
10. A partir del momento en que la caldera salga de línea, haga extracciones cada media hora al tambor de lodos y a los colectores.
11. Apague el ventilador, cierre sus dampers y el registro del quemador tres (3).
12. Haga colocar ciegos en la línea de gas principal y en la línea de pilotos.
13. Cierre la válvula Eduard y la válvula que bloquea el cabezal, abrir los venteos y drenajes de la caldera.
14. Cierre las válvulas de purga continua, arrastre de sólidos. Saque de servicio el precalentador de aire. Quite el aire de sello.
15. Cuando la presión esté en 70 psig, abra el drenaje del segundo paso

del supercalentador y cuando la presión esté en 50 psig abra el drenaje del primer paso del supercalentador.

16. Para prevenir la formación de vacío dentro de la caldera por la condensación del vapor, cuando la presión llegue a 25 psig, abra el venteo del tambor de vapor.

17. Cuando la temperatura haya caído a 200°F, desocupe la caldera abriendo totalmente los drenajes del tambor de lodos y colectores al piso permanentemente.

7.2 APAGADA DE EMERGENCIA

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento operacional que pone fuera de servicio un equipo cuando se presenta un problema operacional o cuando se presenta una falla en el equipo.

La apagada que ocurre por acción del programador, sea ordenada por el operador o automáticamente, o manualmente desde el tablero de control por un problema operacional o del equipo.

¿PARA QUÉ ES?

Evitar accidentes en personas y equipos.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque existe un riesgo, una anomalía o un peligro.

¿DÓNDE SE HACE?

En las calderas de las diferentes áreas.

¿CÓMO SE HACE?

Cortando la entrada de combustible a la caldera.

SEGURIDAD

1. Elementos de seguridad:

1.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO: APAGADA POR CORTE DEL PROGRAMADOR

Nota: La caldera se sale de servicio automáticamente.

1. Observe alarmas, cortes y verifique en los registros las variables de vapor y combustibles, en el campo la apagada real de la caldera.
2. Cierre válvulas de combustible desde el tablero, cierre válvulas de media vuelta y bloque en el patio.
3. Informe a Foster y al CCP sobre la apagada.
4. Abra el venteo del supercalentador.
5. Controle el nivel del tambor de vapor si es posible o mantenga un flujo de agua para refrigerar la tubería.
6. Haga extracciones cada media hora y pasos siguientes de una parada.
7. Investigue la causa de la apagada y tome una decisión.
8. Ayude a controlar la presión del cabezal ajustando producción a las calderas que continúan en servicio.
9. Si la caldera no sufrió daño alguno inicie proceso de arrancada, sino informe a mantenimiento . Elabore listado de trabajos y genere evento. Haga colocar ciegos en línea de gas pilotos y principal.

CAUSAS PARA QUE EL PROGRAMADOR APAGUE LA CALDERA

1. Bajo nivel en el tambor de vapor de la caldera. Puede ser originado por un tubo roto, una falla del control de nivel, pase en una válvula de extracción, o por una señal falsa del elemento de corte.
2. Bajo flujo de aire. Puede ser provocado por una falla del ventilador, una falla del control de combustión. La acción preventiva en un disparo por ésta circunstancia debe tener en cuenta el proporcionar a la caldera la posibilidad de purga a través de la caldera. Es importante observar la última abertura en la cual quedan los Dampers en el momento de la apagada.

Mantenga un flujo de aire del 25% a través de la caldera, para desalojar algún poso de combustible o bolsas de combustible retenidas desde el momento de la

apagada.

Si el flujo era mayor del 25%, bájelo gradualmente a éste valor.

Si el flujo era menor al 25%, súbalo a éste valor.

Si la falla del flujo fue total , abra manualmente los dampers desde el tablero o en su defecto desde el patio a un 100%.

3. Baja presión de combustibles. Se puede presentar en el caso del gas variaciones en los P.C . de los drums del sistema, por problemas en el proceso, por mucha demanda de gas.

Para el combustóleo la falla se puede presentar en el equipo de bombeo o por falta de vapor de calentamiento.

4. Falla total de llama. Puede ser originada en el corte general del gas o aceite por la operación de la válvula de corte principal al combustible. Una falla total de llama cuando se trabaja con gas puede ser originada a la presencia de líquido.

5. Falla de energía eléctrica.

6. Disparo de emergencia. (TRIP).

CAUSAS PARA QUE LA CALDERA HAYA QUE APAGARLA MANUALMENTE

Una apagada de emergencia se puede generar y realizar manualmente, (lentamente con programa) o instantáneamente, cuando una de las siguientes eventualidades se presentan:

1. Daños en el ventilador

- 1.1 Rodamientos que presentan vibración o recalentamiento

- 1.2 Daño en la palanca que une los dampers al servomotor.

- 1.3 Daño en compuertas u obstrucciones en la salida de los gases.

2. Incendio en la caja de quemadores

- 2.1. Puede ser originado por escapes de aceite que se depositan en la caja de aire.

- 2.2. Por rotura de las juntas de expansión que unen el anillo de gas a la línea de suministro.

3. Líquido en el gas combustible

Puede ocasionar una inestabilidad de la llama y apagar los 4 quemadores.

4. Rotura de tubos

Si la rotura es de una dimensión que no se puede controlar nivel en el tambor de vapor, apague la caldera.

LISTA DE VERIFICACIÓN

Una vez satisfechas todas las pruebas descritas anteriormente, se inicia en firme el proceso de arrancada y puesta en línea de la caldera. La secuencia de este proceso se puede describir en los siguientes pasos:

1. Revisión de la unidad.
2. Purga.
3. Caldeo
4. Secado de refractario
5. Prueba de válvulas de seguridad.
6. Puesta en línea.
7. Chequeos finales y de confiabilidad.

7.3 REVISIÓN DE LA UNIDAD

Antes de poner en servicio una unidad nueva o que ha estado durante un tiempo considerable fuera de servicio se debe realizar una completa revisión interna y externa para comprobar que:

1. Todas las partes internas de la caldera están limpias, libres de obstrucción y en buena condición.
2. Todos los pasos de gas y aire están libres de cualquier obstrucción y los bailes están instalados en forma adecuada.
3. Todos los dampers y sus mecanismos de control operan correctamente y los indicadores muestran la posición correcta de ellos.
4. El venteo de la caldera en el T.V y el del cabezal están abiertos; los drenajes del H.S estén abiertos.

Nota: El agua de alimentación puede ser controlada manualmente desde un punto donde los indicadores de nivel sean visibles.

5. Todas las compuertas de acceso, manholes y handholes están cerrados y con sus respectivos empaques instalados.
6. Todas las compuertas de explosión están libres para operar.

7. El supercalentador está desocupado, sino desocúpelo abriendo los drenajes del primero y segundo paso.
8. Los transmisores de nivel, flujo de vapor, flujo de agua, flujo de gas; los swiches de presión estén en servicio.
9. En los registros accionados por motor, revise que se mueva libremente las compuertas de los registros.
10. Que la línea de aceite tenga calentamiento y que tenga sus indicadores de presión y temperatura.
11. Que estén montados los solenoides de los pilotos de cada quemador.
12. Que esté instalado el P.C. de gas a piloto.
13. Que estén instaladas las fotoceldas de los pilotos y los quemadores.
14. Que estén instaladas las bujías de los pilotos.
15. Que estén instaladas y habilitadas las celdas transmisoras de nivel.

Advertencias: Llenar la unidad con agua de alimentación a un nivel ligeramente por debajo del nivel normal.

Cuando se trata de calderas de alta presión o con paredes metálicas gruesas, la temperatura del agua no debe estar más de 50°F por encima o por debajo de la temperatura de /as secciones metálicas gruesas.

7.4 PRUEBA DE BRIDAS

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento operacional utilizado para verificar escapes en las bridas que posee la caldera en su sistema de generación.

¿PARA QUÉ ES?

Para verificar el correcto sello de las bridas de donde se retiraron los ciegos que fueron utilizados en la prueba hidrostática. Además para probar el estado de las empaquetaduras de las válvulas de entrada a la caldera y empaquetaduras de las válvulas de salida de la caldera.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque las bridas, los empaques y válvulas pueden fallar dejando escapes que no pueden ser reparados en operación.

¿DÓNDE SE HACE?

En el circuito agua vapor de la caldera incluyendo sus conexiones de entrada y salida.

¿CÓMO SE HACE?

Presionando la caldera con agua de alimentación a la caldera, hasta alcanzar la presión de operación del sistema de agua.

¿CUANDO SE HACE?

1. Cada vez que se hace la prueba hidrostática a una caldera.
2. Cada vez que se cambian los empaques y/o válvulas en cualquiera de las bridas de entrada a la caldera o de salida de la caldera.

SEGURIDAD

1. Riesgos al hacer la prueba:
 - 1.1 Quemaduras por escapes de agua a temperatura de operación.
2. Riesgos si no se hace la prueba:
 - 2.1 Es factible que aparezcan escapes que impidan continuar con el proceso cíclico puesto en marcha.
 - 2.2 Se convierte en una condición insegura para la operación.
3. Elementos de seguridad
 - 3.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

1. Verifique que hayan sido retirados todos los ciegos utilizados en la prueba hidrostática, que estén conectadas todas las bridas y que las válvulas de segunda estén instaladas en el lugar que le corresponde a cada una de ellas.
2. Llene el supercalentado con condensado.

3. Coloque grapas a las válvulas de segunda para evitar su disparo al presionar la caldera.
4. Cierre las válvulas de extracción (tambor de vapor y colectores), tomas de niveles, vapor a deshollinadores, arrastre de sólidos, purga continua, entrada de químicos, drenaje y venteo del cabezal; abra solamente el venteo del tambor de vapor.
5. Llene la caldera con agua del sistema de alimentación.

Advertencias 1: Realice esta operación lentamente para evitar caldas en la presión del sistema de alimentación de la unida y cambios bruscos de temperatura en la estructura de la caldera.

Advertencias 2: Deje abierto el venteo hasta que desaloje todo el aire (el chorro de agua será constante)

6. Cierre el venteo de tambor de vapor.
7. Revise todo el sistema de bridas, empaques de válvulas, drenajes; si existe fugas, corrija los escapes, para ello debe depresionar la caldera, y vuelva a repetir todos los pasos anteriores.
8. Espere que la presión se iguale con la presión del sistema.
9. Cierre el agua de alimentación y proceda a inspeccionar las bridas, las válvulas, los manholes en el tambor de vapor, los manholes en el tambor de lodos y las tapas de los colectores.
10. Si no se detectan escapes y la presión se sostiene, se da por satisfactoria la prueba. Si detecta anomalías, corrija las fallas y vuelva a ejecutar la prueba.
11. Depresione la caldera abriendo el venteo del tambor de vapor.
12. Si la caldera va a ser puesta en servicio coloquen una norma en el tambor de vapor desocupando el supercalentador.
13. Retire las grapas de la válvula de seguridad.

7.5 CALDEO DE LA CALDERA

¿QUÉ ES?

Es el incremento gradual y uniforme de la temperatura en la caldera.

¿PARA QUÉ ES?

Para permitir la dilatación uniforme de la tubería y la estructura de la caldera.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque un incremento brusco en la temperatura puede producir deformación y rotura en los tubos y/o estructura de la caldera.

¿CÓMO SE HACE?

Incrementando la temperatura gradualmente en la caldera siguiendo una curva de calentamiento en el punto preestablecido por el fabricante de la caldera.

La curva depende de si se hace o no secado de refractario.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Sin secado de refractario:

1.1 Cada vez que al arrancar la caldera, su temperatura en el hogar sea similar a la temperatura ambiente.

2. Con secado de refractario:

2.1 Cada vez que a la caldera se le haya reparado o cambiado su refractario.

SEGURIDAD

1. Riesgos al realizar el caldeo:

1.1 Quemaduras

1.2 Explosiones

1.3 Daño del refractario.

2. Elementos de seguridad:

2.1 Elementos de protección personal.

2.2. Indicador de temperatura en el hogar.

CONSIDERACIONES GENERALES

1. Cuando una caldera se apaga por una falla momentánea o pasajera, por ejemplo la acción de un corte cualquiera, normalmente es puesta en línea una vez superada la falla que ocasionó la acción de corte. En estos casos la caldera no alcanza a enfriarse, aunque sí es posible que se depresione considerablemente, por lo tanto no necesita un calentamiento previo a su postura en línea, pues toda su estructura se conserva aún caliente y no hay áreas por dilatar.
2. Cuando la falla que ocasionó la apagada de la caldera impide su arranque inmediato o cuando la caldera se apaga en forma programada para realizar un trabajo de corta duración, el tiempo que dure apagada la caldera determina el programa de caldeo. Generalmente después de una parada de pocos días se aplica el siguiente programa y se obvian las pruebas de arrancada.
3. Cuando se inicia el caldeo con y sin secado de refractario, inicialmente en la caldera no hay circulación de agua ni de vapor, solo los gases, aún a baja temperatura, circularán por los pasos del supercalentador y calentador de aire. Al incrementarse la temperatura de estos gases es necesario establecer circulación en la caldera para mantener los tubos refrigerados. Esta circulación se logra cuando el agua de los tubos generadores empieza a calentarse y a evaporarse y a subir al tambor de vapor el cual se va presionando lentamente.

PROCEDIMIENTO (en refinería)

Nota: Con el encendido del primer piloto se inicia el Calentamiento y presionamiento moderado y controlado de la caldera hasta llevarla a condiciones en que pueda ser puesta en línea.

1. Verifique que haya disponibilidad de gas a pilotos.
2. Prenda pilotos.
 - 2.1 Cierre el FIC de aire hasta tener más o menos 3" en la descarga del veniiador. Conserve las demás condiciones exigidas para fa purga.
 - 2.2 Seleccione en el tablero el quemador cuyo piloto va a encender.
 - 2.3 Mueva a la posición de encendido el registro del piloto que va a prender.
 - 2.4 Revise el piloto, válvulas de 1/2 vuelta en la línea de gas, conexiones de bujía.
 - 2.5 Ponga en servicio el PiC de gas a pilotos, controlando una presión adecuada. -

± 10 psig -. Alta o baja presión pueden dificultar el encendido.

2.6 Déle start al piloto seleccionado. Notas:

1. Al dar start se energiza el transformador de ignición para dar chispa a la bujía, se cierra la válvula de venteo de gas a pilotos y se abren las válvulas principal y la válvula de gas al piloto respectivo. Estas válvulas son del tipo solenoide.

2. En las calderas B 951/52, B 954/55/56, B 2401/02, el push botton está ubicado en la plataforma de quemadores. En las calderas 3 2403/04/05. está ubicado en el tablero de control.

3. Si el piloto enciende, la fotocelda detectará la llama y el relé respectivo desenergizará el transformador de ignición. La válvula del quemador quedará energizada.

2.7 Si el intento de encendido falla, todas las válvulas vuelven a su condición inicial. Inicie el ciclo de purga nuevamente.

Nota: Cuando ya hay uno o más pilotos encendidos y se falla en el encendido de otro, solo se desenergizan las válvulas respectivas.

3. Haga seguimiento a la curva de caldeo (incremente la temperatura de la caldera).

3.1 Si el caldeo no exige secado de refractario entonces:

3.1.1 Incremente la temperatura de los gases de combustión a razón de 15 °F por hora, hasta alcanzar 250°F. Sostenga esta temperatura durante 4 horas.

3.1.2 Reinicie incremento de temperatura a razón de 25°F por hora, hasta alcanzar 350°F y controlar por 4 horas.

3.1.3 Continúe el incremento de temperatura a razón de 50°F por hora, hasta que la caldera este lista para probar válvulas de seguridad si requiere o para ser puesta en línea.

3.2 Si el caldeo exige secado de refractario entonces:

Nota: Recuerde que durante el proceso de secado es muy importante tener un adecuado control de la rata de calentamiento así como de la distribución uniforme del calor en toda la caldera, especialmente en el horno. Para ello utilice los pilotos con una presión adecuada y rótelos periódicamente. Si en un momento dado tiene todos los pilotos en servicio, procure que sus presiones sean iguales y sus llamas uniformes.

Nota: Al iniciar el secado se tomará como referencia la temperatura de salida de gases del horno, hasta que aparezca la temperatura de vapor y sea igual o superior a la temperatura de gases.

3.2.1 Incremente la temperatura de los gases de combustión a razón de 10°F por hora hasta 150° F. Conserve esta temperatura durante 6 horas.

Advertencia: Si al encender el primer piloto ya tiene los 150°F, de todas maneras conserve dicha temperatura durante el tiempo recomendado.

3.2.2 Reinicie incremento de temperatura a razón de 15°F hasta alcanzar 250° F. Mantenga esta temperatura durante 12 horas.

3.2.3 Continúe incrementando la temperatura a razón de 25°F por hora, hasta alcanzar 350°F. Sostenga esta temperatura durante 10 horas.

3.2.4 Incremente nuevamente la temperatura a razón de 25°F por hora, hasta alcanzar 500° F y contrólela durante 6 horas.

4. Espere que la presión en el tambor de vapor llegue a 25 psig. Cierre su venteo para obligar que el vapor circule hacia el primer paso del supercalentador.

5. Espere que la presión en el tambor de vapor llegue a 50 psig. Cierre el drenaje del primer paso del supercalentador, para obligar que el vapor circule hacia el segundo paso del supercalentador.

6. Espere que la presión en el tambor llegue a 70 psig. Cierre el drenaje del segundo paso del supercalentador, para obligar que el vapor circule hasta el drenaje y venteo del cabezal de salida del supercalentador.

Nota: Con esto se mantiene una circulación en toda la caldera y los tubos permanecerán protegidos de sobrecalentamientos.

Nota: Cuando los químicos son inyectados al tambor de vapor, se debe esperar hasta cuando la caldera alcance más o menos 300 psig en el tambor de vapor, para colocar la dosificación.

7. Si no se requiere hacer la prueba de las válvulas de seguridad, espere que la presión en el tambor de vapor alcanza el 50% de la presión de operación. Abra la válvula Edward.

PROCEDIMIENTO (en balance)

1. Cierre el dampers del ventilador hasta mas (+) o menos (-) 3 pulgadas de agua en la descarga del ventilador. Conserve las demás condiciones exigidas para la purga.

2. Desde el programador, abra la válvula principal de gas.

3. Prenda pilotos

3.1 Ponga en servicio el PIC de gas a pilotos, controlando una presión adecuada. - ± 10 psig -. Alta o baja presión pueden dificultar el encendido.

3.2 Con los registros cerrados dar encendido al piloto (Cualquiera).

Notas: Al dar estart se energiza el transformador de ignición para dar chispa a la bujía, con esto, se cierra la válvula de venteo de gas a pilotos y se abre la válvula de gas a pilotos. Esta válvulas son de tipo solenoide.

Si el piloto enciende, la fotocelda detectará la llama.

3.3 Si el intento es fallido todas las válvulas vuelven a su condición inicial. Realice nuevamente el ciclo de purga.

4. Haga seguimiento a la curva de caldeo (incremente la temperatura de la caldera).

4.1 Si el caldeo no exige secado de refractario entonces:

4.1.1 Incremente la temperatura de los gases de combustión al economizador a razón de 25°F por hora, hasta alcanzar 260°F. Sostenga esta temperatura durante 4 horas.

4.1.2 Reinicie incremento de temperatura a razón de 50°F por hora, hasta alcanzar la temperatura y presión de stand_by (460°F y 590 PSIG respectivamente)

4.2 Si el caldeo exige secado de refractario entonces:

4.2.1 Incremente la temperatura de los gases de combustión a razón de 15°F por hora hasta 260° F. Conserve esta temperatura durante 8 horas.

4.2.2 Reinicie incremento de temperatura a razón de 25°F por hora hasta alcanzar la temperatura y presión de stand by (460°F y 590 PSIG respectivamente).

5. Espere que la presión en el tambor de vapor llegue a 10 psig. Cierre su venteo para obligar que el vapor circule hacia el primer paso del supercalentador.

6. Espere que la presión en el tambor de vapor llegue a 50 psig. Cierre el drenaje del primer paso del supercalentador, para obligar que el vapor circule hacia el segundo paso del supercalentador.

7. Espere que la presión en el tambor ¡legue a 70 psig. Cierre el drenaje del segundo paso del supercalentador, para obligar que el vapor circule hasta el drenaje y venteo del cabezal de salida del supercalentador.

Nota: Con esto se mantiene una circulación en toda la caldera y los tubos permanecerán protegidos de sobrecalentamientos.

Nota: Cuando los químicos son inyectados al tambor de vapor, se debe esperar hasta cuando la caldera alcance más o menos 300 psig en el tambor de vapor, para colocar la dosificación.

8. Si no se requiere hacer la prueba de las válvulas de seguridad, espere que la presión en el tambor de vapor alcanza el 50% de la presión de operación. Abra la válvula Edward.

7.6 CAMBIO DE QUEMADORES DE ACEITE A GAS

¿PARA QUÉ SE HACE?

Para disminuir costos operacionales, minimizar daños en la caldera y ahorrar energía.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cuando la cantidad de combustible en uso disminuye
2. Cuando hay mal funcionamiento del quemador
3. Cuando se requiere mejorar condiciones de temperatura del vapor.

SEGURIDAD

1. Elementos de seguridad
 - 1.1. Elementos de protección personal

PROCEDIMIENTO

Nota 1: Los cambios de quemadores son generalmente solicitados y siempre coordinados por el operador de la consola de servicios del CCP y el tablerista de la caldera.

Nota 2: En refinería, el supervisor de cada área, el operador del tablero de Foster, y de la unidad de Combustóleo o Casa Bombas No 2, deben ser informados de ésta operación.

1. Pase el control de combustión a manual.
2. Coloque un exceso de aire de combustión (4%).
3. Programe el quemador de gas que va a cambiar. Abra la válvula maxon del quemador de gas respectiva, restrinja el quemador de aceite y ponga gas abriendo un poco la válvula de media vuelta, cuando el quemador de gas prenda, bloquee el flujo del quemador de aceite. Paralelamente desde el tablero de control se aumentará el flujo de gas y disminuirá el flujo de aceite de manera proporcional para sostener la carga constante.
4. Cambie el selector de combustible a gas en el programador.
5. Sople el quemador de aceite colocando flujo de vapor por la línea de aceite y bloquee el flujo de vapor por el lado de atomización, con el objetivo de que aumente la presión de soplado para desalojar el Combustóleo del quemador, cuando en el quemador no se vea llama, hale el quemador hacia afuera y cierre el vapor de soplado.
6. Continué cambiando los demás quemadores siguiendo los pasos anteriores.
7. Si la caldera queda quemando solo gas no olvide abrir un poco la línea de retorno de Combustóleo.
8. Cuando termine de cambiar los quemadores en la caldera, retorne el control de combustión a automático y continúe con las otras calderas siguiendo el mismo procedimiento.

7.7 CAMBIO DE QUEMADORES DE GAS A ACEITE

PROCEDIMIENTO:

1. Los cambios de quemadores deben ser coordinados por el operador de la consola de servicios del CCP con el tablerista del área afectada, el cual deberá informar la vez les operadores del tablero de Foster y de la Unidad de Combustóleo o Casa Bombas No 2.
2. Pase el control de combustión a manual.

3. Drene el sistema de vapor de atomización, sople el quemador de aceite para verificar que no hay escapes por empaques y mangueras. (para vapor y aceite).
4. Ajuste el FICV de aceite y cierre el retorno del sistema.
5. Coloque un poco de exceso de aire de combustión, 4%.
6. Coloque vapor de atomización y meta el quemador de aceite hasta alinear el difusor de aire del quemador de aceite con el anillo del quemador de gas. Cierre la válvula de retorno en la línea de aceite.
7. Programe el quemador de ACEITE que va a cambiar, abra la válvula maxon respectiva, restrinja el quemador de gas e inicie a poner combustóleo por la válvula de bloque posterior a la maxon.

Nota: En las calderas B-2401/2, ponga aceite por el pase de la maxon.

8. Cuando el quemador de aceite prenda, bloquee el flujo del quemador de gas cerrando la válvula de media vuelta. Paralelamente desde el tablero de control aumente el flujo de aceite y disminuya el flujo de gas proporcional para sostener la carga constante. HAGA LOS AJUSTES DE DIFERENCIAL DE VAPOR DE ATOMIZACIÓN, (controle de 25 a 30 psig de diferencial) y establezca la mejor combustión en el quemador. Observe longitud y forma de la llama, aspecto del homo, estabilidad en presiones del quemador, etc.

Nota: El pase de la válvula maxon debe permanece cerrado, a menos que haya una razón valedera para lo contrario.

9. Cambie el selector de combustible a aceite en el programador.
10. Continué cambiando los demás quemadores siguiendo los pasos anteriores.
11. Retome el control de combustión a automático y continúe con las otras calderas siguiendo el mismo procedimiento.

7.8 PRUEBA DE LOS DESHOLLINADORES

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que se realiza antes de poner la caldera en servicio para constatar el funcionamiento de los deshollinadores.

¿PARA QUÉ ES?

Para garantizar el buen funcionamiento de los deshollinadores antes de poner en servicio la caldera.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque necesitamos asegurar que estos equipos operen adecuadamente para evitar que se formen depósitos de los residuos de combustión en la caldera.

¿DÓNDE SE HACE?

En cada uno de los deshollinadores, sus engrases, sus motores, sus placas de contacto, los carros y el programador.

¿CÓMO SE HACE?

Colocando en funcionamiento los deshollinadores con la caldera apagada.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera entra de una reparación general.
2. Cada vez que se efectúa inspección y/o reparación al desollinador o a su equipo motriz.

SEGURIDAD

1. Riesgos al hacer la prueba:

1.1 .Quemaduras por escape de vapor. 1.2.Golpes con la cadena.

2. Riesgos si no se hace la prueba:

2.1 Que los deshollinadores no operen bien y haya necesidad de repararlo en caliente, dificultando la labor del personal de mantenimiento, o eliminarlo aumentando el riesgo de ensuciamiento.

3. Elementos de seguridad:

3.1. Elementos de protección personal.

3.2 .Protector de cadenas.

PROCEDIMIENTO

Nota: Asegúrese de la presencia de personal mecánico y si es posible de personal eléctrico.

1. Observe y compruebe en secuencia de operación, la abertura de las válvulas de admisión de acuerdo a la calibración. El proceso lo debe hacer mecánicamente a presión de aire de instrumentos.
2. Verifique si se presentan escapes.
3. Verifique que las líneas de aire de sello a los deshollinadores estén debidamente conectadas y con sus respectivos cheques.
4. Verifique entrada y salida del carro, actuación de los microswitchs y la tensión de las cadenas .
5. Chequee los carriles guías de los deshollinadores retráctiles que están en la salida del calentador y con los orificios por donde sale el vapor enfocados hacia los tubos.
6. Verifique arranque manual de cada deshollinador.
7. Verifique la abertura y cierre de la válvula automática de deshollinado.

7.9 PRUEBA HIDROSTÁTICA

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento operacional que permite verificar la resistencia mecánica de una caldera sometida a un esfuerzo por alta presión.

¿PARA QUÉ ES?

Para garantizar la contabilidad operacional del equipo.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque en el proceso de reparación pueden quedar poros, grietas, abombamientos en las partes de la caldera sometidas a presión.

¿DÓNDE SE HACE?

Se realiza en el circuito agua vapor de la caldera y comprende: el tambor de

vapor, tambor de lodos, los colectores y las tuberías que conectan los tambores y los colectores.

¿CÓMO SE HACE?

Presionando la caldera con agua fría 1.5 veces la presión de diseño de la caldera.

¿CUANDO SE HACE?

1. Cada vez que sale a inspección general una caldera.
2. Cada vez que se repare(n) o cambie(n) tubo(s) en la caldera.
3. Una vez se cumpla el programa de inspección y reparación de las tuberías de la caldera.
4. Cada vez que se haga una limpieza química.

SEGURIDAD

1. Riesgos al hacer la prueba:
 - 1.1 Daño en el equipo por fragilidad o debilitamiento metalúrgico.
 - 1.2 Lesiones físicas por impactos al presentarse rompimientos súbitos.
 - 1.3 Caídas de los andamios.
2. Riesgos si no se hace la prueba:
 - 2.1 Equipo no es confiable.
 - 2.2 Roturas en tubos.
 - 2.3 Explosiones causando daños al equipo y al personal presente.
 - 2.4 Deformación de la tubería.
3. Elementos de seguridad:
 - 3.2 Sistema de comunicación con operaciones.
 - 3.3 Andamios con soportaría confiable.
 - 3.4 Buena iluminación y verificación.

PROCEDIMIENTO

1. Verifique que la caldera esté totalmente desocupada, que los drenajes y los venteos de la caldera y el supercalentador estén abiertos.

Advertencia. Asegurarse que los accesorios (indicadores de presión, bomba y mangueras) que se utilizaran en la prueba estén operando correctamente.

2. Instale ciegos en todas las líneas que llegan o salen de la caldera y en las bridas de las válvulas de seguridad. No coloque ciegos en el venteo del tambor de vapor y una línea de extracción del tambor de lodos.

Advertencia: Los ciegos deben ser instalados en la brida más próxima a la caldera y antes de la primera válvula que se encuentre en esa línea. En algunas líneas que no tienen bridas sino soldadura se debe bloquear la válvula más próxima a la caldera.

3. Llene el supercalentador con condensado o agua fría para protegerlo de la corrosión y de depósitos.

Advertencia 1. Asegurarse que quede totalmente lleno.

4. Instale facilidad para llenado. Llene la caldera con agua fría, através de la línea de extracción, manteniendo abierto el venteo del tambor de vapor para desalojar el aire.

Advertencias: Es importante desalojar el aire porque éste actúa como colchón, no permitiendo estabilidad en la presión y por consiguiente no permite conocer el resultado real de la prueba. Se debe desalojar por el venteo del tambor de vapor.

En las calderas de refinería, no se debe utilizar agua de contraincendio por el riesgo de introducirle sólidos, debe ser agua para caldera a temperatura ambiente.

5. Deje que la caldera ventee durante 15 minutos o hasta que el chorro de agua sea continuo. Cierre el venteo del tambor de vapor.
6. Observe que el P.I marca la presión del sistema de alimentación, cierre el suministro de agua.

Advertencia: Observe la caldera, si hay escapes, poros, filtraciones, humedad o abombamientos de la tubería; hacer corregir y retornar al paso cuatro (4). Si no hay fallas visibles continuar con el paso siguiente

7. Presione la caldera conectando a la línea de extracción la bomba auxiliar diseñada para la prueba hidrostática, hasta lograr la presión de prueba. (1.5 veces la presión de diseño). Cuando se alcance la presión de prueba se debe parar la bomba y cerrar la válvula de descarga.

Advertencia: Espere 15 minutos antes de entrar a verificar los componentes.

8. Verifique si el indicador de presión mantiene la presión de prueba. Si esto no sucede, revise bridas, colectores, manholes del tambor de vapor, tubería interior del hogar, supercalentador, el ático, paredes exteriores laterales, colectores laterales y los ciegos que han sido instalados; esto en busca de escapes, goteos y humedad.

Advertencia 1: Tenga cuidado al raspar la tubería que muestre abombamiento,

recuerde que la caldera está presionada.

Advertencia 2. Si se encuentra una falla, corrija y vuelva a ejecutar la prueba. Recuerde que debe despresionar la caldera por el venteo y desocupar la caldera solo cuando sea necesario. Si no se presentan fallas continuar con el siguiente paso.

9. Si transcurrida una (1) hora, la presión de prueba se sostiene, el Departamento de Inspección de Equipos (GIE) verifica el estado de la caldera y da el visto bueno. Abra la válvula de venteo para depresionar la caldera y comprobar que la aguja del manómetro (P.I), regresa suavemente a cero. Si la aguja marca un valor diferente de cero (0), la prueba es rechazada y el P.I debe cambiarse para efectuar una nueva prueba.

Advertencia. No subestimar las fallas, por pequeñas que sean deben ser corregidas, recuerde que usted es el responsable de la operación de la caldera.

10. Desocupe la caldera por el drenaje del tambor de lodos y haga retirar los ciegos instalados para la prueba.

7.10 PRUEBA DE HUMO

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que permite verificar la hermeticidad de un cuerpo.

¿PARA QUÉ ES?

Para verificar la hermeticidad de las paredes de la caldera, de las soldaduras, de las láminas de zinc, y de los ductos en general.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque después de las reparaciones pueden quedar en la caldera zonas que permitan escapes de gases o filtraciones de aire

¿DÓNDE SE HACE?

Se realiza a las paredes de la caldera, las soldaduras, las láminas y los ductos en general.

¿CÓMO SE HACE?

Presionando con humo el hogar y los ductos de la caldera.

¿CUANDO SE HACE?

1. Cada vez que una caldera entra a reparación general y sale de la reparación general.
2. Cuando una caldera se saca de servicio para corregir puntos calientes.

SEGURIDAD

1. Riesgos al hacer la prueba:
 - 1.1 Asfixia de la persona que prenda fuego a las canecas por humo.
 - 1.2 Sí no se controla una baja presión con el ventilador se puede desprender el refractario o caer la pared tabique instalada en la chimenea para la prueba.
2. Riesgos al no hacer la prueba:
 - 2.1 Escapes de gases de combustión.
 - 2.2 Contaminación ambiental.
 - 2.3 Asfixia.
 - 2.4 Pérdida de eficiencia de la caldera.
 - 2.5 El flujo de gases por una grieta puede quemar la tubería de la caldera.
3. Elementos de seguridad:
 - 3.1 Elementos de protección personal
 - 3.2 Filtros para humo
 - 3.3 Cuerda de seguridad
 - 3.4 Comisión de rescate

PROCEDIMIENTO

1. Revise que estén instaladas todas las tapas de los manholes, de las cajas, de los ductos de aire, de los ductos de gases y de los ductos del hogar.

Advertencia: Para facilitar la detección de los escapes o filtraciones, las calderas que tienen revestimiento de lana de vidrio y de láminas de zinc, éste se debe colocar después de la prueba.

2. Haga colocar un tabique pared en madera en la chimenea para impedir la salida de los gases y poder presionar el hogar.
3. Retire uno de los quemadores inferiores.
4. Introduzca canecas con combustóleo y trapo (5 canecas de 5 gis. cada una por cada 200.000 Lb/h de vapor de capacidad máxima de la caldera).

Sugerencia: Coloque dos canecas con combustóleo y trapos en la caja de aire de

los QRS. Esto será de ayuda por si hay fugas de aire en esta área.

5. Prenda fuego a las canecas y retírese del hogar.
6. Instale el quemador por donde se introdujeron las canecas. Se debe colocar trapo en los orificios de las mirillas, en las fotoceldas de los pilotos y en los quemadores.
7. En las calderas de tipo forzado y con equipo motriz de turbina, haga rotar el ventilador hasta obtener un presionamiento en el hogar de 0.5" a 1" de H₂O. En las calderas de tipo forzado con equipo motriz un motor eléctrico y en las calderas de tiro balanceado, coloque aire industrial por la toma de un PI controlando una presión de 0.5" a 1".
8. Inspeccione detalladamente paredes, ductos, techo, ático, calentador de aire, etc. Si se localizan fallas marcarlas con tiza blanca, corrija y vuelva a ejecutar la prueba.
9. Haga retirar el quemador, apague las canecas y si la prueba es satisfactoria, retire el tabique de la chimenea, retire las canecas e instale nuevamente el quemador, abra los manholes de la caja de aire, de las cajas de gases y del hogar, retire el tabique de la chimenea y colocar a rotar lentamente el ventilador para desalojar el humo. Retire las canecas del trapo.

Sugerencia: Debido a que la caldera esta fría y no se ha expandido en el momento de realizar el procedimiento anterior, es recomendable observar posibles fugas en el momento en que la caldera está en proceso de apagada (cuando se está deprecionando el sistema). Para realizar esta tarea proceda así:

Coordine con el personal de mantenimiento para retirar las láminas de Zinc en las parte donde se han detectado escapes y marcar con tiza las zonas de la caldera que son afectadas.

Es importante que se realice este trabajo en el proceso de apagada y el procedimiento descrito después de hacer cambios de partes a las calderas.

7.11 PRUEBA JABONOSA

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que permite verificar hermeticidad en equipos que manejan gases a baja presión.

¿PARA QUÉ ES?

Para eliminar riesgos de explosión, incendios y/o ruidos que ocasionan los escapes.

¿POR QUÉ SE HACE?

Por que en el proceso de montaje y/o mantenimiento pueden quedar fallas que originan posteriores escapes.

¿DÓNDE SE HACE?

Se realiza en bridas, juntas de expansión y empaques de las válvulas.

¿CÓMO SE HACE?

Aplicando una solución jabonosa a la superficie objeto de la prueba.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera sale de una reparación general.
2. Cada vez que se reparan los anillos de gas, justas de expansión y bridas.
3. En operación, para detectar escapes en las bridas.

SEGURIDAD

1. Riesgos al realizar la prueba:
 - 1.1 Caídas.
 - 1.2 Quemaduras.
2. Riesgos si no se realiza la prueba:
 - 2.1 Explosiones.
 - 2.2 Incendios.
 - 2.3 Pérdida de combustible.
 - 2.4 Contaminación ambiental
3. Elementos de seguridad:
 - 3.1. Elementos de protección personal.
 - 3.2. Probador de gases explosivos

PROCEDIMIENTO

1. Verifique que las juntas de expansión, las bridas y las válvulas estén conectadas.
2. Selle los orificios del dispositivo a gas.

3. Inyecte aire por el drenaje del P.I hasta obtener la presión de prueba.
4. Aplique la solución jabonosa y observe el comportamiento del área sometida a la prueba.
5. Si se observa alguna anomalía, haga un reporte de la(s) falla(s), despresione el sistema, haga corregir la(s) falla(s) y vuelva a realizar la prueba.
6. Si no se observa ninguna anomalía, quite el sello de los orificios del dispositivo a gas y reporte la prueba como satisfactoria.

7.12 LAVADO ÁCIDO DE LA CALDERA

¿QUÉ ES?

Una limpieza realizada a las superficies interiores de la caldera, con una solución ácida.

¿PARA QUÉ ES?

Para remover suciedad de materia inorgánica y orgánica adherida en la parte interna de las tuberías.

¿PORQUÉ SE HACE?

Porque estos depósitos dificultan la transferencia del calor, haciendo perder la eficiencia de la caldera o en casos más severos generando puntos calientes en la tubería.

¿CUANDO SE HACE?

En una reparación después de hacer la evaluación cualitativa y cuantitativa de los depósitos.

Nota: Para la evaluación se utiliza metodologías de retiro de depósitos e inspección con boroscopio de la tubería o tomas de muestras de segmento de tubería.

SEGURIDAD

Elementos de seguridad

1. Elementos de protección personal.
2. Tener conocimiento de la toxicología de los productos que se van a manejar.
3. Se debe instruir al personal sobre los riesgos al manejar productos químicos.

4. Utilizar filtros protectores de la respiración, delantal plástico, careta.
5. Informar las dependencias interesadas (PETAR, SOA) el tipo, área y tiempo de limpieza que se va a realizar.

PROCEDIMIENTO

1. Remplace los vidrios indicadores de nivel del tambor de vapor (LG) por otros que puedan descartarse después de la limpieza y que cubran por lo menos el 70% del nivel del mismo.
2. Verifique que:
 - 2.1 La tubería y válvulas instaladas para el lavado estén de acuerdo a lo programado.
 - 2.2 Estén instalados los ciegos en la línea de agua de alimentación, cabezal de salida de vapor, válvulas de seguridad.
 - 2.3 El indicador de temperatura se encuentra instalado en el carro de químicos.
 - 2.4 El sistema de calentamiento está disponible en el carro de químicos.
 - 2.5 La bomba y los accesorios utilizados para el lavado químico funcionan correctamente.
3. Lavar el supercalentador con HCl (Limpieza ácida).
 - 3.1 Con un día de anterioridad, adicione al tambor que contiene el HCl el inhibidor de corrosión que se usará en ésta etapa.
 - 3.2 El día inicial, llene el carro con agua para calderas o condensado hasta un volumen del 80% y caliente hasta 160°F.
 - 3.3 Recirculando el agua a través del carro de químicos, adicione el HCl y el bifluoruro de amonio (en las proporciones estipuladas por el Opto Técnico), espere 20 minutos mientras se mezcla completamente.
 - 3.4 Tome una muestra de la mezcla para análisis de concentración de HCl (en el momento) y, posteriormente análisis de Fe, Na, Ca, Mg y SiO₂.
 - 3.5 Manteniendo cerrados los drenajes del primero y segundo paso del

supercalentador, Inicie el cargue de la solución al sobrecalentador por la salida de éste.

3.6 Terminada la etapa anterior, preparen una segunda cochada en la misma forma que la primera, con un volumen de agua del 60% del carro y agregando HCl concentrado. Tome una nueva muestra y realizar el mismos análisis que en la anterior.

3.7 Cargue la nueva solución abriendo el drenaje del primer paso del supercalentador para recircular al carro.

3.3 A partir de éste momento, tome una muestra cada media hora para realizar les análisis indicados anteriormente.

3.9 Cada hora, cierre el drenaje del primer paso y abra el del segundo paso, durante media hora. Después de este tiempo, continúe recirculando a través del primer paso (abriendo el drenaje) y cerrando el segundo paso, reiniciándose así el ciclo

Nota: La limpieza se suspenderá cuando se estabilice la concentración de ácido en tres datos, o cuando hayan transcurrido seis horas. Al final del lavado, la solución recirculante se carga al tambor de vapor cerrando los dos drenajes del supercalentador. Para arrastrar el volumen remanente en este último se continuara cargando agua desde el carro de químicos y se deja así, en relavado preliminar, durante dos horas, drenando a través del tambor de lodos.

4. Neutralizar el supercalentador con NaOH.

4.1 Desocupe completamente el supercalentador y reinicie el relavado durante dos horas adicionales, inyectando codensado directamente a la salida del supercalentador y manteniendo abierto el drenaje del tambor de lodos.

4.2 Simultáneamente a la etapa anterior, llene el carro con agua para calderas o condensado hasta un 80% del nivel y 170 °F. Cargue la soda (Na OH). Mezcle esta solución recirculando en el carro durante 20 minutos.

4.3 Con los drenajes del supercalentador cerrados, cargue la solución preparada al supercalentador.

4.4 Preparar una cochada en un nivel del 50% en el carro, con soda y sulfito de sodio, mezclándola durante 10 minutos.

4.5 Cargue la solución anterior al supercalentador, recirculando al carro a través del drenaje del segundo paso. Continuar esta operación durante cuatro (4) horas, alternando cada media hora el retorno por el primero o segundo paso.

4.6 Finalizada esta etapa suspenda la recirculación al carro y envíe la solución al tambor de vapor.

4.7 Aplique agua desde el carro, y deje en relavado preliminar durante dos horas, parara eliminar el volumen remanente en el supercalentador

4.8 Desocupe totalmente el supercalentador y continúe la fase de relavado inyectando condensado por la salida del mismo y drenándolo por el tambor de lodos.

4.9 Cada media hora, tome muestras del condensado inicial, drenajes del primero y segundo paso y del tambor de lodos. Cuando el PH de las cuatro muestras, en dos oportunidades, sea igual, suspenda el relavado.

4.10 Continúe circulando condensado por el supercalentador hacia el tambor de vapor, durante una hora adicional. Suspenda, y déjelo lleno para la siguiente etapa de limpieza de la caldera.

5. Lavar la caldera.

5.1 Con un día de anterioridad, adicione el inhibidor a cada tambor de HCl concentrado a utilizar.

5.2 Con un día de anterioridad, introduzca a la caldera cuatro volúmenes completos del carro de químicos, de agua para calderas, y/o condensado, a 170 °F.

5.3 Prepare tres cochadas de solución agregando el HCl y bifluoruro de amonio, controlando una temperatura máxima de 160°F. Estas serán cargadas alternadamente al tambor de lodos y de vapor para obtener un nivel de 50% en este último. Si esto no se logra, se continuara cargando agua por medio del carro hasta obtenerlo.

5.4 Inicie la recirculación de la solución a través del tambor de vapor hacia el carro. Tome cada media hora una muestra de concentración de HCL, Fe, Ca, Mg, SiO, Na, para su análisis.

5.5 Una vez se logre tres análisis de concentración de ácido iguales, o haya transcurrido seis horas de circulación, suspenda el lavado y desocupe la caldera.

5.6 Retire ciegos en líneas de gas y agua de alimentación, para seguir con la etapa de neutralización.

6. Relavar la caldera

Nota: Después de desocupada la caldera se hará un relavado con agua de aumentación, descargando por el tambor de lodos y manteniendo 60% de nivel en el tambor de vapor. Esta operación se mantendrá por cuatro horas al final de las cuales se desocupará nuevamente la unidad.

6.1 Llene con agua de alimentación hasta que se vea la indicación de nivel en el LG.

6.2 Prepare solución en el carro de químicos adicionando la soda y el sulfilo según cálculos del Opto Técnico a una temperatura máxima de 200°F.

6.3 Cargue la solución anterior a los tambores de vapor y de lodos, e inicie el proceso de hervidura cáustica

7.13 LIMPIEZA DE LOS QUEMADORES DE ACEITE

PROCEDIMIENTO

1. Lleve el quemador al banco de quemadores para soplarlo y lavarlo.
2. Desarme el quemador, retire la tuerca, el difusor, la boquilla y la guía del difusor.
3. Sople con vapor nuevamente los tubos para aceite y vapor.
4. Lave cada una de las partes procurando que cada una de ellas quede limpias, especialmente los orificios, los canales, el asiento de la boquilla en el interior de la tuerca.
5. Seque la boquilla y el difusor y pula las caras de contacto en la piedra pulidora con pomada esmeril del grado adecuado, el pulimento debe ser uniforme, para ello asiente las caras sobre la piedra realizando un movimiento continuo en forma de ocho retándola constantemente, no deben quedar rayas ni picaduras sobre las caras que se están puliendo.
6. La tuerca y la rosca del quemador deben quedar limpias interior y exteriormente. Use el cepillo si es necesario.
7. La guía del difusor debe quedar limpia de carbón, bien sujeta al quemador y calzar perfectamente con el difusor.
8. Para armar el quemador debe disponer de grafito en mezcla con aceite cilindro para la rosca del quemador, el cual ha de quedar bien distribuido.

9. Introduzca el difusor en la guía y la boquilla en la tuerca y gire manualmente la tuerca sobre la rosca para apretar, utilice la llave hexagonal especial para éste uso, verifique que la boquilla calza perfectamente y queda firme sobre el quemador.
10. Sople nuevamente el quemador y verifique la forma del chorro de vapor.
11. Lleve el quemador a la caldera y ármelo utilizando los empaque adecuados y nuevos, verifique que no quedan escapes. El quemador queda listo para ser utilizado nuevamente.

7.14 LISTA DE CHEQUEO EN LA OPERACIÓN NORMAL

¿QUÉ ES?

Es el funcionamiento del equipo con sus variables dentro de los rangos establecidos en el diseño.

¿CÓMO SE CONTROLA?

Mediante la revisión y ajuste de las variables que afectan la operación normal de la caldera.

VARIABLES A CONTROLAR

Las variables que se controlan se clasifican en tres grupos: variables a regular, variables perturbadora y variables de regulación.

1. Variables a regular: Son las que deben ser mantenidas en un valor determinado para que el funcionamiento de la caldera sea el correcto. Estas son:

- Presión de vapor
- Temperatura del vapor
- Nivel del tambor de vapor
- Presión en el hogar
- Relación aire combustible
- Exceso de oxígeno
- Temperatura de combustible
- Presión de QRS
- Diferencial vapor de atomización
- Posición de registro y difusores
- Análisis químico del agua de caldera

2. Variable perturbadora: Tienen su origen en la demanda de vapor que desequilibra la relación entre la energía que entra en forma de combustible y la que sale en forma de vapor, de esta manera se afectan los factores a regular que actuarán unos sobre otros.

3. Variables de regulación: Con ellas se compensa la influencia de las variables perturbadoras sobre las variables reguladoras. Estas variables son:

Control de agua de alimentación: Su objetivo es igualar el flujo de agua de alimentación con el flujo de vapor, manteniendo un nivel estable en el tambor de vapor durante cargas bajas, altas, o con cambios rápidos, tomando como referencia la producción de vapor y el nivel del tambor.

Control de combustión: Es el encargado de regular la entrada de combustible para mantener un suministro continuo de vapor a una presión constante, y de regular la entrada de aire a la caldera en proporción correcta a la entrada de combustible.

En las calderas de tiro balanceado también regula la extracción o salida de gases de combustión para mantener un tiro constante en el hogar.

Control de temperatura: Es muy importante en calderas que alimentan turbinas. Aunque se pudiera pensar que entre más alta la temperatura de vapor, mayor eficiencia de la caldera, esto está limitado por la resistencia de los aceros y demás materiales.

7.15 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA CALDERA

El objetivo de una caldera, además de generar vapor, es realizar con la máxima eficiencia posible la transferencia de calor, definiendo esta de una manera sencilla como la porción de calor liberado en el horno que es absorbido por los fluidos en los elementos de la caldera. Los factores que afectan la eficiencia de la caldera son:

1. Tipo de combustible.

- Combustible pulverizado.(carbón.)
- Combustóleo. Gas natural.

2. Calidad del combustible.

- Contenido de azufre y cloruros en el carbón.
- Contenido de cenizas y temperatura de fusión de ellas.
- Contenido de vanadio, sodio, azufre en el combustóleo.

3. Condiciones de combustión.

- Exceso de aire.

- Longitud de la llama.
- Turbulencia del aire/combustible a la salida del quemador.
- Turbulencia en el hogar.
- Temperaturas.
- Distribución del aire.
- Tipo de paredes en el hogar.

4. Diseño

- Localización, tipo y espacio entre los elementos del supercalentador, calentador y economizador.
- Altura del hogar y temperatura de salida de gases.

5. Costos

- Pérdida de eficiencia.
- Escapes de gases de vapor.
- Disipación de calor por radiación y convección en paredes y líneas.
- Tratamiento químico.
- Recuperación de condensado.
- Calidad del agua.

Nota: De los anteriores factores, indudablemente que el diseño es el que ofrece mayores posibilidades de mejoras. Los más recientes muestran mayor área seccional en el hogar, eliminación de paredes de división, temperaturas de gases más bajas, distribución más uniforme de suministro de calor en toda la caldera, velocidad de gases más baja, mejor observación del hogar.

LISTA DE INFORMACIÓN PARA HACER ANÁLISIS

1. Nivel del tambor de vapor.
2. Presión de vapor y de agua de alimentación.
3. Temperatura de vapor supercalentado.
4. Tiros y presiones de gases / aire entrando y saliendo de las principales partes de la caldera.
5. Relación aire / combustible determinada por analizadores de gases/oxígeno.
6. Temperatura del agua y de los gases de combustión y aire entrando y saliendo de las principales secciones de la caldera.
7. Flujo de agua de alimentación.
8. Flujo de vapor.

9. Operación de fuegos, hornos y quemadores.
10. Operación de bombas, ventiladores, circuitos de combustibles y equipos de combustión.
11. Conocimiento de cuales operaciones tienen bloqueo, de manera que no puedan efectuarse en forma incorrecta.
12. Conocimiento de cuales operaciones pueden efectuarse en automático.

PROCEDIMIENTO EN EL CHEQUEO DE LAS VARIABLES OPERACIONALES

1. Observe el horno para comprobar una buena combustión.
2. Verifique temperatura y presión del vapor producto, del aceite, del gas principal, del gas a quemadores.
3. Chequee si se presenta exceso de oxígeno.
4. Revise diferencial de vapor-aceite.
5. Chequee lubricación y enfriamiento de los rodamientos.
6. Constate posición de los instrumentos en campo con relación al tablero.
7. Verifique la presión del agua que entra a las calderas.
8. Revise el funcionamiento de trampas al sistema, de condensado de los precalentadores de aire.
9. Verifique el buen quemado del aceite .
10. Verifique ganancia de temperatura del aire y agua en el precalentador y economizador respectivamente.
11. Observe temperatura de gases de chimenea.
12. Compruebe el punto óptimo entre aire-combustible.
13. Verifique la relación agua-vapor.
14. Haga seguimiento al control químico y realice los ajustes cuando se requiera.
15. Realice pruebas de eficiencia y observe el comportamiento de las variables operacionales.

16. Observe el funcionamiento normal de los deshollinadores y variables operacionales.

17. Acuña las calderas cuando se le haga mantenimiento al suministro de potencia (UPS).

7.16 DESHOLLINADO

¿PARA QUÉ ES?

Para retirar el hollín depositado en la pared de los tubos de la caldera y el supercalentador.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que haya baja transferencia de calor por ensuciamiento, ocasionando alta temperatura del vapor y gases de chimenea.
2. Cada vez que haya un incremento del combustible.

SEGURIDAD

1. Elementos de seguridad.
 - 1.1 Elementos de protección personal

PROCEDIMIENTO

1. Coordine con el supervisor y el tablerista.

Nota: El supervisor informará a los centros de generación de vapor y al C. C. P. con el objeto de que no se presenten operaciones simultáneas que afecten la confiabilidad y estabilidad del sistema

Advertencia: No se debe deshollinar mas de una caldera al mismo tiempo

2. Pase los controles de nivel y combustión a manual, observe el comportamiento de las variables de proceso.
3. Incremente el flujo de aire de combustión.
4. Programe el sistema de deshollinado y observe que:

➤ La apertura de la válvula de deshollinado debe ser lenta para calentar la línea y

permitir el desalojo del condensado.

- Las trampas deben operar adecuadamente para purgar la línea de vapor.

5. Haga los ajustes necesarios al nivel de la caldera, no olvide que éste vapor no es registrado por la celda.

6. Arranque el sistema de deshollinado. Observe cuidadosamente:

- La secuencia de operación del sistema.
- El desplazamiento del deshollinador retráctil sobre el tubo guía, o la rotación de los estacionarios.
- La tensión de la cadena.
- La cantidad de hollín desalojada por la chimenea.
- Que la válvula de cada deshollinador cuando termine la operación quede cerrada.

7. Una vez finalizada la operación de deshollinado normalice el flujo de aire y el nivel, lleve los controles a posición automático.

7.17 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL AIRE

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que nos permite verificar el estado de operación de los elementos de protección por bajo flujo de aire que posee la caldera.

¿PARA QUÉ ES?

Para verificar el sistema de medición de flujo real de aire en la caldera y asegurar la adecuada operación de los dispositivos de protección para este sistema.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque con el buen funcionamiento de estos elementos de protección garantizamos la seguridad del equipo.

¿DÓNDE SE HACE?

Se realiza en el sistema de aire de purga y aire de combustión de las calderas.

¿CÓMO SE HACE?

Con el ventilador en servicio se procede a cerrar lentamente el dampers del ventilador hasta llevar el flujo de aire a los valores requeridos para esta prueba.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera entra de una reparación general.
2. Cada vez que se realiza una reparación a cualquiera de sus elementos.
3. Cuando se presenta una descalibración en cualquiera de los elementos del sistema.
4. Cada vez que lo requiera el programa preventivo.

SEGURIDAD

1. Riesgo si no se hace la prueba

1.1. Cuando los dispositivos no están calibrados en sus rangos operativos y por tal razón no operen ante una falla de aire en el sistema puede ocasionar una explosión en la caldera.

2. Elementos de seguridad:

2.1. Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

Nota: Las pruebas de corte y alarmas de este sistema se hacen simultáneamente.

1. Si es posible asegúrese que personal Instrumentista esté presente.
2. Asegúrese que las alarmas por bajo flujo de aire y por aire de purga estén activas. Si esto no sucede debe hacerse revisar por los instrumentistas.
3. En coordinación con el tablerista, coloque en servicio el ventilador.
4. Con el objeto de incrementar el flujo de aire en la caldera, desde el tablero, abra lentamente el dampers del ventilador hasta que la alarma de purga se desactive. Si alguna de las alarmas no se desactiva, cierre el dampers del ventilador y hágala revisar por el instrumentista.

Advertencia: Si la alarma de purga no se desactiva, puede ser porque no está entrando suficiente aire de purga a la caldera. Debe determinar la causa.

5. Disminuya el flujo de aire cerrando lentamente el dampers del ventilador, hasta

conseguir que suene la alarma de purga de aire. Si ésta alarma no se dispara en 30000 KPCED para las caldeas de refinería y 52.000 KPCED para las calderas de Balance, haga calibrar la alarma por los instrumentistas hasta conseguir este valor. Ejecute nuevamente el paso cuatro (4).

6. Disminuya el flujo de aire cerrando lentamente el dampers del ventilador, hasta conseguir que suene la alarma de bajo flujo de aire. Si ésta alarma no se dispara en 27000 KPCED haga calibrar la alarma por los instrumentistas hasta conseguir este valor.

Advertencia: Si se hace una calibración de la alarma, se debe nuevamente abrir lentamente el dampers del ventilador hasta que se desactive la alarma por aire de purga. Además se debe ejecutar el paso anterior.

7. Continúe cerrando el dampers hasta conseguir que actúe el corte por bajo flujo de aire. Si el corte no sucede en 21000 KPCED haga calibrar el elemento de corte por los instrumentistas hasta conseguir este valor. Realizar nuevamente la prueba.

Advertencia: Si se hace una calibración del elemento de corte, se debe nuevamente abrir lentamente el dampers del ventilador hasta que se desactive la alarma por bajo flujo de aire. Además se debe ejecutar el paso anterior.

7.18 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL COMBUSTIBLE

¿QUÉ ES?

Es una revisión visual y de funcionamiento de los dispositivos de protección en el sistema de combustible (gas o aceite) para las calderas.

¿PARA QUÉ ES?

Para verificar que su acción se ejecuta en los puntos establecidos para la operación.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque las alarmas, cortes y/o válvulas de este sistema pueden descalibrarse o dañarse durante el tiempo de la reparación de la caldera.

¿DÓNDE SE HACE?

En las alarmas, cortes y válvulas del sistema de combustibles.

¿CÓMO SE HACE?

Despresionando el sistema que se va a probar y verificando que los elementos de protección de combustibles operen en los rangos pre-establecidos.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que una caldera se coloca en servicio.
2. En el proceso de secada de una caldera.

SEGURIDAD

1. Riesgos si no se hace la prueba:
 - 1.1 Que no operen y por consiguiente nos ocasionen accidentes irreparables.
 - 1.2 Explosiones en la caldera porque a muy bajas presiones en los quemadores se presenta inestabilidad en la llama.
 - 1.3 Permisibilidad del paso de combustible sin quemar a las zonas de convección donde al encontrar temperatura adecuada presenta una combustión sin control.
2. Elementos de seguridad:
 - 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTOS

PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE GAS

Nota: Para realizar estas pruebas se debe tener presente, qué elementos de perfección tiene instalado el sistema de gas.

ELEMENTO DE PROTECCIÓN	CALDERAS	VALOR ACTÚA
Corte por baja presión	2951/52/53/54/55	25 psig
Alarma por baja presión	2951/52/53/54/55	40 psig
Alarma por alta presión	2401 / 02	55 psig
Corte por alta presión	2401 / 02	60 psig

Tabla N° 01. Elementos de protección de gas a pilotos.

1. Cierre lentamente la válvula de bloque de gas que alimenta la caldera, hasta que el mercoide actúe y mande la señal a la válvula principal para que corte.
2. Registre la presión que marca el PI.

3. Verifique que el mercoid actúa en 25 psig.
4. Si el mercoid no actúa en 25 psig, llame a personal de instrumentos para que lo revisen. Realice nuevamente la prueba.

Nota: Esta prueba se hace con la caldera apagada, en operación o durante el proceso de apagada de la caldera antes de apagar el último quemador.

PRUEBA DE ALARMA POR BAJA PRESIÓN DE GAS (Balance)

1. Cierre la válvula en línea que sale del D-2953 que va al PI y PT.
2. Abra lentamente la válvula de drenaje para despresionar el sistema
3. Observe la indicación en el PI del campo y PT del tablero para comparar ambas indicaciones.
4. Verifique que la alarma actúa en 40 psig.
5. Normalice el sistema.

Nota: No se posee alarma individual para cada caldera. Hay una alarma situada en el D_2953 que es general para todas ellas."

6. La válvula de corte por baja presión de gas a pilotos se cierra en su valor de diseño, ver tabla No 02.

Nota: Para verificar las acciones anteriores, observe y reporte la presión que marca el P.I en el momento que actúa cada alarma y la presión que marca el P.í en el instante que cierra la válvula de corte por baja presión de gas a pilotos.

7. Si alguno de los elementos no actúa en los valores establecidos (ver tabla No 02), determine la causa del problema, busque la solución y vuelva a ejecutar la prueba.

7.19 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE GAS A QUEMADORES

Nota: Para realizar estas pruebas se debe tener presente, qué elementos de protección de gas a quemadores posee la caldera en prueba.

ELEMENTO DE PROTECCIÓN	CALDERAS	VALOR ACTÚA
Corte por baja presión	2401 / 02 / 03 / 04 / 05; 951/ 52 / 54 / 55 / 56; 901 A / B / C / D	2 psig
Alarma por baja presión	2401 / 02 / 03 / 04 / 05; 951 / 52 / 54 / 55 / 56; 901 A / B / C / D	5 psig
Alarma por alta presión	Ninguna	
Corte por alta presión	Ninguna	

Tabla No 02. Elementos de protección de gas a quemadores.

1. Verifique que:

1.1 Las condiciones mínimas de fuego (Nivel, purga y válvulas de gas a quemadores cerradas) se cumplen.

1.2 La válvula de corte por baja presión de gas a quemadores está cerrada.

1.3 La alarma por baja presión de gas a quemadores está activada (prendida).

2. Habilite el sistema de gas.

3. Con la FICV de gas a quemadores, suba lentamente la presión de gas a quemadores y verifique que:

3.1 La alarma por baja presión de gas a quemadores se desactiva en su valor de diseño, ver tabla No 03.

Nota: Para verificar las acciones anteriores debe registrar la presión que marca el P.I en el momento que actúa cada alarma.

4. Cierre la FICV de gas a quemadores, abra el venteo hacia la atmósfera para depresionar el sistema verifique que:

4.1 La alarma por baja presión de gas a quemadores se activa en en su valor de diseño, ver tabla No 02.

4.2. La válvula de corte por baja presión de gas a quemadores se cierra en su valor de diseño, ver tabla No 02.

Nota: Para verificar las acciones anteriores debe registrar la presión que marca el P.I en el momento que actúa cada alarma y la presión que marca el P. I en el instante que cierra la válvula de corte por baja presión de gas a quemadores.

5. Si alguno de los elementos no actúa en los valores establecidos (ver tabla No 03), determine la causa del problema, busque la solución y vuelva a ejecutar la prueba.

7.20 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE ACEITE

Nota: Para realizar estas pruebas se debe tener presente, qué elementos de protección tiene instalado el sistema de aceite de la caldera en prueba.

ELEMENTO DE PROTECCIÓN	CALDERAS	VALOR ACTÚA
Corte por baja presión	2401 702:	45 psig
	2951 752/53/54/55	30 psig
Alarma por baja presión	2401 / 02 / 03 / 04 / 05	60 psig
Alarma por alta presión	2401 702	160 psig
Corte por alta presión	Ninguna	
Alarma por bajo diferencial	2401 / 02/03/04/05	10 psig
	954 / 55 / 56	
Corte por baja temperatura	2401 / 02	140aF

Tabla No 03. Elementos de protección del sistema de aceite.

1. Verifique que los indicadores de corte y la alarma por baja presión de aceite estén actuados.
2. Coloque en servicio el sistema de aceite con la respectiva recirculación.
3. Abra lentamente la válvula FICV de aceite para incrementar la presión en el sistema y verifique que:
 - 3.1. La indicación de corte y alarma por baja presión de aceite se desactiva en el valor de diseño, ver tabla No 03.

3.2. La alarma por alta presión de aceite actúa en el valor de diseño, ver tabla N°. 03.

Nota: Para verificar las acciones anteriores debe registrar la presión que marca el P.I en el momento que actúa cada alarma y la indicación de corte.

4. Cierre lentamente la válvula bloque que está antes de la válvula principal de aceite, hasta que el mercoid actúe y mande la señal a la válvula para que corte. Verifique que:

4.1 La alarma por alta presión de aceite se desactiva en el valor de diseño, ver tabla No. 03.

4.2. La alarma y el corte por baja presión de aceite actúan en el valor de diseño, ver tabla No 03.

Nota: Para verificar las acciones anteriores debe registrar la presión que marca el P.I en el momento que actúa cada alarma y la indicación de corte.

Nota: La prueba de corte por baja temperatura del aceite se realiza con la caldera en operación. Para realizar esta prueba, proceda así:

1. Quite el vapor a la línea de calentamiento.
2. Quite la recirculación de aceite.
3. Verifique que la temperatura en la cual actúa el corte corresponde al valor de diseño, ver tabla No. 04.

7.21 PRUEBA DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL NIVEL

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que permite verificar la acción de las alarmas por alto nivel y por bajo nivel, al igual que, la acción del corte en los puntos de calibración establecidos para ello.

¿PARA QUÉ ES?

Para verificar que la calibración de los elementos de protección del nivel, corresponda a la calibración establecida.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque la descalibración de los elementos de protección puede llevarnos a condiciones operacionales riesgosas.

¿DÓNDE SE HACE?

Se realiza a elementos de protección del nivel de la caldera, que puede ser: a una celda transmisora de nivel, una boya, una botella con electrodos.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera entra de una reparación general.
2. Cada vez que se realiza una reparación a cualquiera de sus elementos.
3. Cuando se presenta una descalibración en cualquiera de los componentes del sistema.
4. Cada vez que lo requiera el programa preventivo.

¿CÓMO SE HACE?

Con la caldera apagada se hace variar el nivel del tambor de vapor hasta que actúe el elemento protector sometido a la prueba.

SEGURIDAD

1. Riesgos si no se hace la prueba:
 - 1.1 Se podría operar la caldera en un nivel no deseado.
 - 1.2 Si el nivel es alto, podría afectar la calidad del vapor producido, por favorecer el arrastre de sólidos.
 - 1.3 Si el nivel es bajo, podría presentarse la apagada de la caldera o daños en la tubería.
 - 1.4 Disturbios operacionales.
 - 1.5 Daños mecánicos en el equipo.
 - 1.6 Perdidas de vidas humanas.
2. Elementos de seguridad:
 - 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTOS:

Para realizar estos procedimientos hay que tener presente cuál es el elemento transmisor.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE NIVEL			
CALDERA	ELEMENTO TRANSMISOR		
	ALTO NIVEL	BAJO NIVEL	CORTE
B-901 A / B / C / D	Celda / Pito	Celda / Pito	Boya
B-954 / 5 / 6; B-	Celda / Pito	Celda / Pito	Celda / Boya

2401 / 2			
B-954/ 5 / 6	Celda / Pito	Celda / Pito	Celda / Boya
B-951	Celda	Celda	Celda / Boya
B-952: B- 2403 / 4 / 5	Celda / electrodo	Celda / electrodo	Celda / electrodo
B- 2951 / 52 / 53 / 54 / 55	Boya	Boya	Boya

PRUEBA DE ALARMA POR ALTO NIVEL:

Nota: Asegúrese que la prueba se realice en coordinación del operador de patio y el tablerista.

1. Si la caldera tiene un elemento de protección auxiliar, colóquelo fuera de servicio.

Advertencia: Si uno de los elementos de protección es la celda transmisora de nivel, se debe realizar primero la prueba a este elemento.

2. Coloque un pequeño flujo de agua (manualmente) para subir lentamente el nivel del tambor de vapor.
3. Observe el nivel en el LG de vidrio del T.V. compárelo con el registro del tablero. La alarma debe actuar en 70% en las calderas de refinería y 30% en las calderas de Balance.
4. Corte el suministro de agua y proceda a normalizar el nivel.
5. Si la alarma no actuó en el porcentaje establecido solicite al personal de instrumentos el ajuste respectivo, y haga nuevamente la prueba.

PRUEBA DE ALARMA POR BAJO NIVEL

Nota: Asegúrese que la prueba se realice en coordinación del operador de patio y el tablerista.

1. Si la caldera tiene un elemento de protección auxiliar, colóquelo fuera de servicio.

Advertencia: Si uno de los elementos de protección es la celda transmisora de nivel, se debe realizar primero la prueba a este elemento.

2. Abra la válvula de purga intermitente y haga extracción de agua para bajar el nivel del tambor de vapor.
3. Observe el nivel del LG de vidrio del T.V, compare con el registro del tablero; la alarma debe actuar en 45%.
4. Cierre la válvula de purga intermitente.
5. Si la alarma no actuó en el porcentaje establecido solicite al personal de instrumentos que realice el ajuste respectivo , y haga nuevamente la prueba.

PRUEBA DE CORTE POR BAJO NIVEL (BOYA)

Nota: Asegúrese que la prueba se realice en coordinación del operador de patio y el tablerista.

1. Si la caldera tiene un elemento de protección auxiliar, colóquelo fuera de servicio.

Advertencia: Si uno de los elementos de protección es la celda transmisora de nivel, se debe realizar primero la prueba a este elemento.

2. Con la caldera apagada, coloque en la caldera los requisitos de purga que exige el programador.
3. Abra la válvula de extracción con el objeto de bajar el nivel del tambor de vapor por debajo de la alarma de bajo nivel.
4. Espere a que el programador de la caldera refleje la pérdida de purga o a que se cierre la válvula de combustible principal GHV.
5. Registre el dato de nivel para el cual actuó el corte, compáralo con el nivel en el LG de vidrio, el corte debe actuar en 38% para las calderas de refinería y 12% para las calderas de Balance. Si los cortes no actúan en los valores indicados, solicite la revisión al personal de instrumentos y electricistas, luego realice nuevamente la prueba.

7.22 CALDERAS CON ALARMA SONORA

Esta alarma sonora consiste en un pito en el patio que es actuado por boya en algunas calderas. La prueba de estos elementos se hace en operación.

Nota: Estos elementos de protección existen en las calderas 2401/02 y en las

calderas 954/5/6.

PRUEBA DE ALARMA SONORA POR BAJO NIVEL

1. Asegúrese que la caldera esté en operación.
2. Bloquee la toma inferior de la botella
3. Abra el drenaje de la botella. Esto hará sonar el pito.
4. Si el pito no suena, repórtelo como malo y solicite al personal de instrumentos para que realicen la reparación necesaria.

PRUEBA DE ALARMA SONORA POR ALTO NIVEL

1. Asegúrese que la caldera esté en operación.
2. Bloquee la toma superior de la botella que corresponde a la toma de baja presión. Esto hará sonar el pito.
3. Si el pito no suena, repórtelo como malo y solicite al personal de instrumentos para que realicen la reparación necesaria.

7.23 PUESTA EN LÍNEA DE LA CALDERA

PROCEDIMIENTO

1. Coordine la puesta en línea de la caldera con el CCP.
2. Asegúrese que el registro de aire al quemador esté totalmente abierto.
3. Coloque en servicio el primer quemador con una presión de 2 PSI. Saque el piloto para protegerlo.

Nota: El control de aire y de nivel se hace desde la estación manual del tablero de control.

4. Ejecute el mismo procedimiento para prender los otros quemadores. Tenga en cuenta que los quemadores se deben encender diagonalmente.
5. Observe que la presión del vapor en el PI de la plataforma de quemadores supera el 90% de la operación normal de trabajo.

6. Observe en el tablero el despegue de la señal de flujo del vapor. En este momento la caldera entra en línea.
7. Cierre el venteo del cabezal.
8. Suba la producción a un 50% y pase a automático el control de nivel.
9. Pase a automático el control de combustión.

7.24 PURGA DE LA CALDERA

¿QUÉ ES?

Es el barrido que se hace con aire por un tiempo determinado al hogar, ductos de aire y ductos de gases en la caldera.

¿PARA QUÉ ES?

Para expulsar bolsas de combustible que se encuentren alojadas en el hogar, ductos de aire y ductos de gases en la caldera. Esto permite garantizar que en la caldera no quedan residuos de gases explosivos.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque las bolsas de combustible en la caldera originan explosiones cuando se mezclan con aire en la temperatura de ignición.

¿CÓMO SE HACE?

Haciendo circular un flujo de aire (60 %) con el ventilador, a través de la caldera.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que se arranque una caldera.
2. Cada vez que se apague un quemador.

SEGURIDAD

1. Riesgos al realizar la purga:
2. Elementos de seguridad:
 - 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

Nota: En todas las calderas el ciclo de purga está controlado por un relé, el cual da inicio al ciclo bajo ciertas condiciones, las que son detectadas por sus respectivos dispositivos de bloqueo

1. Revise que se cumplan las siguientes condiciones:

1.1. Suministro de A.C. y D.C. al programados - Energizarlo -.

1.2. Flujo de aire de purga.

1.3. Registro en automático.

1.4. Válvulas principales eléctricas de combustibles cerradas.

1.5. Válvulas on - off de quemadores cerradas.

1.6. Válvulas de media vuelta de quemadores cerradas.

1.7. Nivel normal en el tambor de vapor (50%)

2. Pulse el push botton de purga para que el relé empiece el conteo, observe que se enciende una lámpara que indica que la purga está en progreso. Los registros se abren automáticamente.

Nota: Si durante el ciclo, cuya duración es de 5 minutos, cualquiera de las condiciones es alterada, su respectivo dispositivo "informará" al relé de purga y este lo interrumpirá.

3. Espere que finalice el tiempo del relé, en este momento se apaga la lámpara que indica el proceso de purga y se enciende la que indica que el ciclo de purga se ha cumplido. Los registros cierran automáticamente.

7.25 PRUEBAS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

¿QUÉ ES?

Es la verificación del correcto funcionamiento de los elementos del sistema de control.

¿PARA QUÉ ES?

Se hace para garantizar el buen funcionamiento de estos elementos.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque con ello aseguramos una buena operación de estos elementos claves en operación de calderas.

¿DÓNDE SE HACE?

En cada uno de los elementos que constituyen este sistema.

¿CÓMO SE HACE?

Revisando su operatividad en coordinación con el tablerista.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera entra de una reparación general.
2. Cada vez que haya descalibración de los elementos de este sistema.
3. Cada vez que se le hace mantenimiento preventivo a los elementos de este sistema.

SEGURIDAD

1. Riesgos si no se realiza la prueba:
 - 1.1 Si no se hace esta prueba se corre el riesgo que estos elementos no operen adecuadamente y en un momento dado tengamos que apagar la caldera para entrar a corregir anomalías.
2. Elementos de seguridad:
 - 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTOS

PRUEBA DEL SISTEMA DE CONTROL DE AIRE (RECORRIDO DE LOS DAMPERS)

1. En el tablero, coloque la señal de control de aire en posición manual.
2. Envíe señal de aire (0, 25, 50, 75 y 100%) y compruebe en el patio que los dampers se abren en los valores de diseño.

Nota: El recorrido se debe hacer en ambas direcciones (Abrir y cerrar los dampers o viceversa).

DATOS DEL RECORRIDO DE LOS DAMPERS		
% SEÑAL	% ABERTURA DE LOS DAMPERS	
	Calderas de refinería	Calderas de balance
0	0	100
25	50	75
50	100	50
75	100	25
100	100	0

Tabla No.1 Valores de diseño en los dampers.

PRUEBA DEL SISTEMA DE CONTROL DE ACEITE (RECORRIDO VÁLVULA FIC DE ACEITE)

1. En el tablero, coloque la señal de control de aceite en posición manual.
2. Envíe señal de aceite (0, 25, 50, 75 y 100%) y compruebe en el patio que la abertura de la válvula corresponde a los mismos valores.

Nota: El recorrido se debe hacer en ambas direcciones (Abrir y cerrar ¡a válvula PIC de aceite o viseversa).

PRUEBA DEL SISTEMA DE CONTROL DE GAS: (RECORRIDO VÁLVULA FIC DE GAS)

1. En el tablero, coloque la señal de control de gas en posición manual.
2. Envíe señal de gas (0, 25, 50, 75 y 100%) y compruebe en el patio que la abertura de la válvula corresponde a los mismos valores.

Nota: El recorrido se debe hacer en ambas direcciones (Abrir y cerrar la válvula PIC de gas o viceversa).

PRUEBA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL: (RECORRIDO DE LA VÁLVULA DE AGUA)

1. En el tablero, coloque la señal de control de nivel en posición manual.
2. Envíe señal de nivel (0, 25, 50, 75 y 100%) y compruebe en el patio que la abertura de la válvula corresponde a los mismos valores.

Nota: El recorrido se debe hacer en ambas direcciones (Abrir y cerrar la válvula

FICV o viceversa).

7.26 SOPLADO DE LOS QUEMADORES DE ACEITE

¿QUÉ ES?

Es la limpieza mecánica de los quemadores utilizando vapor de atomización.

¿PARA QUÉ SE HACE?

Para minimizar el ensuciamiento del quemador y con ello garantizar mayor tiempo de operación y eficiencia.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la eficiencia del quemador disminuya.
2. Periódicamente cada 24 horas.

¿CÓMO SE HACE?

Aplicando vapor de atomización a los quemadores.

SEGURIDAD

1. Elementos de seguridad
 - 1.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

1. Coordine la operación con el tablerista.
2. Aumente el exceso de aire en la caldera.
3. Haga el cambio del quemador de aceite a gas. Simultáneamente :
 - 3.1 Baje presión del quemador de aceite a 50 psig.
 - 3.2 Coloque en servicio el quemador de gas con 3 psig.
 - 3.3 Apague el quemador de aceite y normalice el de gas.
4. Abra lentamente la válvula de soplado y observe la chimenea.

5. Monitoree el diferencial de vapor-aceite de los otros quemadores si los hay.
6. Cierre la válvula de atomización del quemador, deje soplar el quemador 5 minutos aproximadamente.
7. Abra la válvula de atomización y cierre la de soplado.
8. Ponga el quemador en servicio nuevamente y apague el de gas.
- 8.1 Baje la presión de gas en el quemador a 3Psi.
- 8.2 Coloque en servicio el quemador de aceite (50 Psi.)
- 8.3 Apague el de gas y normalice el de aceite.

NOTA : Sí el quemador va a quedar fuera de servicio (disponible), hale su guía hasta el punto de operación del difusor de aire (Enfrentado con el anillo de gas). Cierre válvulas de atomización y soplado.

7.27 PRUEBA DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD

¿QUÉ ES?

Es la verificación del disparo y cierre de la válvula en los puntos preestablecidos en el diseño.

¿POR QUÉ SE HACE?

1. Porque en el proceso de reparación y/o pruebas se pueden presentar descalibraciones.
2. Porque las condiciones de temperatura cuando se efectúa la prueba en el taller son diferentes a la temperatura de operación.

¿CÓMO SE HACE?

Sometiendo la válvula a una presión ligeramente (2%) por encima de la presión de disparo.

¿CUÁNDO SE HACE?

Cada vez que la válvula se haya sometido a reparación.

SEGURIDAD

1. Riesgos al realizar la prueba:
2. Elementos de seguridad:
- 2.1 Elementos de protección personal.

PROCEDIMIENTO

1. Espere que se obtenga la condición de presión de operación.
2. Asegúrese que la válvula Edward esté cerrada y que el venteo del supercalentador esté abierto.
3. Coloque la grapa o mordaza a la válvula, dejando libre la válvula de más alta presión de disparo.
4. Incremente gradualmente la presión en la caldera prendiendo un quemador de los que están ubicados en la parte inferior de la caja de quemadores. Utilice preferiblemente un quemador de gas con baja presión.- 3 psig.-.
5. Dispare manualmente cada válvula para desalojar materias extrañas, este disparo debe hacerse durante no más de 10 segundos. Cuando se produzca el disparo, apague el quemador. Tome datos de la abertura y el cierre de la válvula.
6. Controle el nivel del agua en un 50%.

Nota: Si la presión de disparo ha sido sobrepasada y la válvula no ha actuado, no permita que la presión suba más del 6% de la presión de trabajo máxima permisible. Disminuya el fuego a la caldera para bajar la presión y ajuste el disparo de la válvula.

Advertencia: Al alcanzar la presión de disparo y si la válvula efectivamente lo hace, observe la forma como este se efectúa. Debe ser seco y sin cavitación o traqueteo.

7. Para ajustar el disparo, afloje la contra tuerca y gire la tuerca de ajuste para disminuir la presión del resorte. Cuando la tuerca de ajuste se gira a la derecha la tensión sobre el resorte aumenta y la presión de disparo sube. El giro hacia la izquierda implica un efecto contrario. Un cuarto de vuelta en el giro en cualquier sentido significa más o menos 8 psi de variación en el punto de disparo, aunque este no es un valor exacto.

Nota: Para efectos prácticos un disparo con menos del 2% por encima o por debajo de la presión pedida se considera normal. A desviaciones hasta un 3% se

deben hacer ajustes. Cuando la desviación es muy notoria se debe hacer bajar la válvula y llevar al taller.

8. Permita que la presión descienda hasta un nivel de operación y proceda a retirar la grapa a la siguiente válvula en orden descendente.
9. Repita el procedimiento dado en los puntos 3, 4, y 5. La válvula que ha sido probada no necesita ser grapada pues su presión de disparo está por encima de la siguiente válvula a probar. Una vez finalizada la prueba, la caldera queda en condiciones de ser puesta en línea.

Nota: El depresionamiento de la caldera se hará bajando presión o apagando el quemador de gas y no abriendo la válvula Edward para no ocasionar disturbios o variaciones innecesarias en el cabezal de 400 PSIG y en las demás calderas que están en línea.

7.28 PRUEBA DE LOS VENTILADORES

¿QUÉ ES?

Es un procedimiento que permite verificar la velocidad mínima normal de disparo de la turbina y la capacidad de descarga del ventilador.

¿PARA QUÉ ES?

Para determinar si el ventilador o su equipo motriz presenta problemas de tipo mecánico o de instrumentos al trabajar con diferentes valores de operación.

¿POR QUÉ SE HACE?

Porque en las reparaciones o en los montajes pueden quedar fallas que afectan la eficiencia de la caldera. Estas fallas no pueden ser reparadas en operación.

¿DÓNDE SE HACE?

En los ventiladores de las calderas de las diferentes áreas.

¿CÓMO SE HACE?

Probando la velocidad de la turbina y los controles que operan las compuertas.

¿CUÁNDO SE HACE?

1. Cada vez que la caldera entra de reparación general.
2. Cada vez que se haga una inspección y/o reparación al ventilador o a su equipo

motriz.

SEGURIDAD

1. Riesgos al hacer la prueba:

- 1.1. Disparo de la turbina o el motor por sobrevelocidad o amperaje.
- 1.2. Quemaduras.
- 1.3. Lesiones por piezas que fallen.
- 1.4. Daños por falla en la lubricación o enfriamiento.
- 1.5. Choques eléctricos.
- 1.6. Explosiones.

2. Riesgos al no hacer la prueba:

- 2.1. Destrucción del ventilador y su equipo motriz en caso de que el disparo no actúe cuando se presenta sobrevelocidad.
- 2.2. Que la caldera no pueda operar en su capacidad.
- 2.3. Que el ventilador quede con mucho ruido.
- 2.4. Problemas con el control del sistema de combustión.

3. Elementos de seguridad:

- 3.1 Elementos de protección personal.
- 3.2 Frecuencímetro y/o tacómetro confiable para que haya confiabilidad de los datos observados.

PROCEDIMIENTOS

VENTILADORES DE TIRO FORZADO ACCIONADOS POR TURBINA

1. Haga una revisión general del equipo:

- 1.1. Verifique que estén acopladas todas las bridas con sus respectivos empaques.
- 1.2. Verifique que esté instalada la válvula de seguridad del exhósto.
- 1.3. Verifique que estén conectadas y probadas las líneas de agua enfriante y las líneas de aceite.
- 1.4. Verifique el nivel normal del aceite en las chumaceras de la turbina y del ventilador.

1.5. Verifique que no haya agua en el aceite.

Nota: Es de gran importancia que realice A TS. Realice este programa con participación de personal eléctrico, mecánico e instrumentista.

2. Caliente las líneas de vapor al exhósto y las líneas de vapor a la admisión de la turbina, hágalo muy lentamente drenando el condensado para evitar golpe de ariete.

3. Monte el disparo de la turbina e inicie su calentamiento, primero con vapor de exhósto hasta abrir completamente la válvula. Luego con vapor de admisión hasta alcanzar su temperatura de operación. (Observe si hay escapes.

Advertencia: El proceso dura aproximadamente cuatro (4) horas.

4. Con el ventilador desacoplado, hágalo rotar manualmente para verificar si gira libremente, haga lo mismo con la turbina.

5. Con la turbina operando al vacío, inicie rotación de la turbina con el by pass de la válvula de vapor de admisión, haga probar la velocidad de disparo (10% por encima de la velocidad de diseño.

6. Si no se presentan fallas, pare la turbina para que personal de mecánica proceda a acoplarla. Si se presentan fallas, haga el reporte de éstas, hágalas corregir y realice el proceso nuevamente desde el comienzo.

7. Una vez acoplado el sistema turbina ventilador y revisado el sistema de control, proceda a probar todo el conjunto.

Advertencia: El sistema de control debe ser revisado por personal do instrumentos.

7.29 PRUEBA DEL SISTEMA TURBINA-VENTILADOR ACOPLADO

1. Abra totalmente los registros de los quemadores de la caldera.

2. Pase los controles de la turbina y de los dampers totalmente desde el tablero. Coloque la estación del controlador de aire en posición cerrado y verifíquelo en el campo.

3. Con la válvula de vapor totalmente abierta, inicie rotación lentamente hasta alcanzar su velocidad mínima.

4. Registre los siguientes valores:

4.1. Abertura de los dámpers.

4.2. Porcentaje del registro de aire.

4.3. Descarga del ventilador antes y después del precalentador.

4.4. Caja de aire.

4.5. Hogar.

4.6. Salida de gases.

5. Observe el comportamiento del sistema : ruido, vibración, escapes, temperatura de chumaceras. Haga un reporte de anomalías.

7.30 PRUEBA DE LOS VENTILADORES DE TIRO FORZADO ACCIONADOS POR MOTOR

1. Haga una revisión general del equipo:

1.1. Revise el nivel del aceite de en las chumaceras del ventilador y en las balineras del motor.

1.2. Revise que los dampers de succión estén cerrados.

1.3. Revise que los registros de los quemadores de la caldera estén abiertos.

Nota: Es de gran importancia que realice ATS. Realice este programa con participación de personal eléctrico, mecánico e instrumentista.

2. Si el motor a estado fuera de servicio por varios días, haga meguear su circuito, para comprobar aislamiento.

Advertencia: Debe ser mayor de 10 megaohmios.

3. Arranque el motor, compruebe el centro magnético y el sentido de giro del motor si éste ha sido desconectado, tome nota del amperaje del motor y luego párelo.

4. Gire manualmente el ventilador para verificar su libre rotación.

5. Pida el favor al personal de Mecánica de Campo que saquen los Braker y acoplen el ventilador; cuando terminen autorice a los eléctricos para colocarlo en posición de arranque.

6. Arranque el motor con la estación manual de control de aire en posición cerrada, verifíquelo en el patio.

7. Observe el comportamiento mecánico del equipo, amperaje, temperatura de chumaceras etc. Si detecta alguna anomalía párelo inmediatamente, reporte la anomalía y hágalo revisar.

8. Tome valores de:

8.1. Abertura de los dampers.

8.2. Amperaje del motor.

8.3. Porcentaje del registro de aire.

8.4. Descarga del ventilador antes y después del precalentador.

8.5. Caja de aire.

8.6. Hogar.

8.7. Salida de gases.

9. Lleve el control del aire a 25%, 50%, 75%, 100%, para cada caso realice el paso anterior.

10. Si los resultados son satisfactorios reporte estos datos, sino haga revisar a quien corresponda la anomalía presentada ya sea a instrumentistas (Control) eléctricos o mecánicos.

7.31 PRUEBA DE LOS VENTILADORES DE TIRO INDUCIDO

1. Haga una revisión general del equipo:

1.1. Revise el nivel del aceite en las chumaceras del ventilador y en las bañeras del motor.

1.2. Revise que los dampers de succión estén cerrados.

1.3. Revise que los registros de los quemadores de la caldera estén abiertos.

Nota: Es de gran importancia que realice ATS. Realice este programa con participación de personal eléctrico, mecánico e instrumentista.

2. Si el motor a estado fuera de servicio por varios días, haga meguear su circuito,

para comprobar aislamiento.

Advertencia: Debe ser mayor de 10 megaohmios.

3. Arranque el motor, compruebe el centro magnético y el sentido de giro del motor si éste ha sido desconectado, tome nota del amperaje del motor y luego párelo.

4. Gire manualmente el ventilador para verificar su libre rotación.

5. Pida el favor al personal de Mecánica de Campo que saquen los Braker y acoplen el ventilador; cuando terminen autorice a los eléctricos para colocarlo en posición de arranque.

6. Coloque la estación manual del control de tiro inducido y de tiro forzado a posición cerrada.

7. De arranque al motor, observe el comportamiento mecánico y eléctrico del conjunto

8. Abra la estación manual del tiro forzado un 25% y tome valores de:

8.1. Apertura de dampers del tiro inducido y forzado.

8.2. Amperaje del motor.

8.3. Caja de quemadores.

8.4. Salida de gases.

8.5. Tiro forzado.

8.6. Hogar.

9. Lleve el control de aire del tiro inducido a 25%, 50%, 75%, 100% y en cada uno tome nuevamente los valores indicados en el paso anterior.

10. Lleve la estación manual del tiro forzado e inducido a posición cerrada.

11. Pare el tiro inducido y compruebe enclavamiento con casilla del tiro forzado; éste debe parar inmediatamente.

GLOSARIO

1. ATS: Es un análisis para efectuar un trabajo seguro.
2. BREAKER: Interruptor de corriente de un equipo eléctrico.
3. BRIDAS: Elemento metálico circular de diferente diámetro que tiene como función permitir la conexión de tubos, válvulas a través de pernos atornillados.
4. BOROSCOPIO: Sonda electrónica para observar depósitos del interior de la tubería.
5. BUJÍAS: Dispositivos empleados para suministrar la fuente de ignición.
6. CAJA DE AIRE: Ducto por donde circula el aire hacia los quemadores para la combustión en hogar de una caldera.
7. COLECTORES: Son recipientes al cual llegan los tubos de la caldera que forman las paredes laterales. Estos facilitan la circulación del agua y del vapor del agua de alimentación.
8. CONEXIONES DE ENTRADA: Son las bridas que conectan las válvulas o líneas que alimentan la caldera.
9. CONEXIONES DE SALIDA: Son las bridas que conectan las válvulas o líneas que desocupan o que controlan corrientes de salida del sistema de generación de vapor.
10. CONFIABILIDAD OPERACIONAL : Probabilidad de que un producto, equipo, sistema o unidad, desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñado, durante un tiempo especificado y bajo unas condiciones de operación dadas.
11. CHEQUES: Válvula que permite el paso de flujo en una sola dirección.
12. CIEGOS: Es una platina circular de acero carbón que resiste la presión del flujo en la tubería, impidiendo el paso del fluido, se instala en las bridas.
13. DRENAJES: Líneas de conducción (tuberías) diseñadas para desalojar parcial o totalmente líquidos.
14. DAMPERS: Paletas del control de aire del ventilador de una caldera.

15. DESHOLLINADORES ESTACIONARIOS. Son deshollinadores que la limpieza la hacen con base en la rotación.
16. DESHOLLINADORES RETRÁCTILES: Son Deshollinadores que tienen desplazamiento hacia adentro y hacia afuera .
17. DISPOSITIVO A GAS
- Anillos de gas: En las calderas Distral y calderas de Balance.
 - Pistolas de 8 por quemador: En las calderas B_951/52.
 - Pistolas con orificios en la punta: En las calderas Foster.
18. FOTOCELDAS: Dispositivos empleados para detectar llama.
19. GRAPAS: Dispositivo o mordaza instalado sobre el vastago del resorte de la válvula de seguridad para evitar su disparo.
20. HERMETICIDAD: Perfectamente cerrado.
21. HOGAR: Se conoce también como horno. Está constituido por una serie de tubos que forman las llamadas paredes de agua que le dan la forma y encierran la zona radiante de la caldera.
22. LÍNEA DE EXTRACCIÓN: Drenaje para retirar impurezas y desocupar la caldera.
23. MANHOLES: Abertura que permite el acceso de una persona al interior de un equipo para su inspección.
24. MICROSWICHS: Elementos que activan la entrada a los deshollinadores.
25. PC: Dispositivo que controla la presión de gas para el sistema de pilotos.
26. P.I : Indicador de presión.
27. PLACAS DE CONTACTO: Son swuiches eléctricos que permiten el cambio del sentido de la rotación del deshollinador.
28. PRESIÓN DEL SISTEMA: Es la presión del agua de alimentación que suministran las bombas y se equilibran en las líneas que forman el cabezal de alimentación a las calderas.
29. PRESIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN: Es la presión de operación del sistema de agua de reposición a la planta.

30. PRESIÓN DE PRUEBA JABONOSA:

- 15 libras: En las calderas B_951/52, B_901A/B/C/D, BJ2404/05, B_2951 / 52 / 53 / 54 / 55
- 25 libras: En las calderas B_954/55/56 y B_2401702/03.

31. PROCEDIMIENTO: Conjunto de acciones o forma de realizar una tarea. Secuencia de pasos lógicos.

32. PROGRAMADOR: Es un sistema electromecánico que hace la secuencia de % operación del sistema de deshollinado.

33. PSIG: Unidad de medida de presión.

34. RESIDUOS DE COMBUSTIÓN: Cenizas, Hollín, Azufre, Banadio, Níquel entre otros.

35. RESISTENCIA MECÁNICA: Es la capacidad que tiene un elemento o cuerpo de soportar las cargas o los esfuerzos mecánicos o térmicos a las cuales son sometidas.

36. SECADO DE REFRACTARIO: Es un caldeo especial que se le hace al refractario de las calderas para retirar la humedad y Para darle la forma definitiva y obtener las características del mismo.

Es impórtate realizarlo porque su material del tiene humedad el cual puede originar agretamiento o deterioro dando lugar a escapes de gases.

37. SECUENCIA DE OPERACIÓN DE LOS DESHOLLINADORES: Arrancar uno a uno de afuera hacia adentro cada deshollinador.

38. SUPERCALENTADOR: Es un equipo que ofrece una superficie de absorción de calor por medio de la cual se eleva la temperatura del vapor por encima de su punto da saturación.

Debe entregar el vapor a una temperatura uniforme dentro de un amplio rango de variaciones de carga.

39. TAMBOR DE VAPOR: Es un recipiente que recibe el agua de alimentación y tiene como función:

- Suministrar el volumen de agua adecuado a la caldera.
- Garantizar un flujo de agua continuo en la caldera.
- Permitir la llegada de los tubos evaporadores o risers.
- Permitir la salida de los tubos descendentes o downcomers.
- Permitir la salida de los tubos hacia el supercalentador o tubos saturados.

- Suministrar área para la separación del vapor del agua.
- 40. TAMBOR DE LODOS: Es un recipiente que permite la salida y entrada de los bancos de tubos que unen los tambores . Estos permiten el depósito de las impurezas del agua de alimentación. Se utiliza para expulsar las impurezas a través de la línea de extracción, está ubicado en la parte inferior de la caldera.
- 41. TIRO FORZADO: Ventilador que suministra el aire necesario para la combustión dentro de la caldera.
- 42. TIRO INDUCIDO: Ventilador que genera una corriente de gases del hogar a la atmósfera produciendo una presión negativa.
- 43. VÁLVULA AUTOMÁTICA DE DESHOLLINADO: Es la válvula automática que permite el paso de vapor al sistema de deshollinado. Ilustración gráfica.
- 44. VÁLVULAS DE ADMISIÓN: Son las válvulas Popet que permiten la entrada de vapor al deshollinador.
- 45. VÁLVULAS DE EXTRACCIÓN: Son válvulas que controlan la salida de residuos o drenajes intermitentes y continuos de a caldera.
- 46. VÁLVULAS DE SEGURIDAD: Las válvulas de seguridad en una caldera son los dispositivos instalados en el T.V. para proteger de sobrepresionamientos la caldera que pueden originar su explosión o rotura de tubos (desfogando o venteando a la atmósfera un exceso de presión) y en el cabezal de salida evitan el sobrepresionamiento que puede afectar los equipos de nuestros usuarios.
- 47. VÁLVULAS ON-OFF: Válvulas de una sola posición. Está totalmente abierta o totalmente cerrada.
- 48. VENTEOS: Líneas de conducción (tubería) diseñadas para desalojar gases.

CONCLUSIÓN

Debido a la creación de industrias que manejan procesos de transferencia de calor, hubo la necesidad de exigir un equipo generador de vapor, es el caso de una caldera, hornos o los rehervidores. Una caldera es un recipiente cerrado en el cual el agua se evapora por la aplicación de calor constantemente, también realiza con la máxima eficiencia posible la transferencia de calor. Para seleccionar una caldera hay que considerar ciertos parámetros según se requiera el uso de ella, la caldera requiere del cambio de quemadores de aceite a gas y viceversa para disminuir costos operacionales, minimizar daños en la caldera y ahorrar energía.

Para tener un buen desempeño y funcionamiento en una caldera es necesario realizar una serie de pruebas, una de ellas es la prueba de los deshoilladores que se hace antes de poner la caldera en servicio para constatar el funcionamiento de los deshoilladores, otra importante prueba es la hidrostática que es un procedimiento operacional que permite verificar la resistencia mecánica de una caldera sometida a un esfuerzo por alta presión.

Existen unas bombas que su principal funcionamiento es alimentar de agua a una caldera para que esta desarrolle su función que es generar vapor.

BIBLIOGRAFÍA

Censo de instrumentos críticos plantas Unidad de Balance (servicios). Sección III Instrumentos, Superintendencia de Mantenimiento. Septiembre 1988

Manual de Operación y mantenimiento. Calderas fabricadas por DISTRAL S.A. para ECOPETROL, Unidad de Balance Barrancabermeja. Serie A-2212. Tomo I.

Manual de Operación de calderas B-2951/55 de Unidad de Balance. Grupo III de la Superintendencia de Operaciones III. ECOPETROL - Complejo Industrial de Barrancabermeja, 1987. 159 p.

ALVAREZ CORREA, JAIME ANDRES. "Aplicaciones termográficas en calderas. ECOPETROL, Complejo Industrial. Grupo de Inspección de Equipos, 1994.

CARREÑO, JUSTO. "Mantenimiento programado de B-2951-4. Grupo III Servicios Industriales. Barrancabermeja, 1994.