

40
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

CAMPUS ARAGON

ENCENDIDO, PUESTA EN MARCHA Y APLICACION DEL
GENERADOR DE VAPOR MODELO EO-60 MCA. CLAYTON
DE LOS LABORATORIOS DE TERMICA Y FLUIDOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
EDGAR GARCIA MEDINA
MIGUEL ANGEL GARCIA VALDES

DIRECTOR DE TESIS:

ING. EDUARDO RODRIGUEZ FLORES



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

- TESIS PROFESIONAL

- **“Encendido, Puesta en
Marcha y Aplicación del
Generador de Vapor
mod. EO-60 mca.
Clayton de los
Laboratorios de
Térmica y Fluidos”**



Agradecimiento:

- Al señor *José Trinidad García Guerrero* y a la señora *Guadalupe Medina de García* por estar siempre conmigo y por todo el apoyo y amor que me dieron para poder llegar al lugar y momento en que me encuentro, no solamente en el ámbito profesional, ellos también me llevaron y enseñaron a ser alguien que reconoce lo bueno de lo malo , garantizando que en mi vida presente y futura me ayudara a tomar buenas decisiones, eso para mí es la mejor de las herencias que ellos, *mis Padres*, me podrían haber dado.
- También agradezco a mis hermanos *José Antonio, Iván Alejandro y Erika Magleny* por ser el mejor equipo al que he pertenecido.
- A mis abuelitos paternos, *Baldomero García Domensaín y María Guerrero*; que nunca los olvidare.
- A mis abuelitos maternos, *Francisco Gonzales Mata y Leonor Medina Quintero*, por darme mucho ánimo en todo lo que emprendo.
- A todos mis tíos, que de alguna manera han sido un ejemplo para mí.
- A mis compañeros y amigos, *Miguel Angel, Rodrigo y Gabriel*.
- Y a una persona muy especial para mí, que no necesito nombrar le agradezco muchos ratos felices juntos.

ATTE: Edgar García Medina

Agradecimientos:

- Doy las gracias por la realización de ésta tesis que es la culminación de un gran esfuerzo en conjunto por parte de mis compañeros, amigos, maestros, familiares y conocidos ya que sin ellos no hubiera podido terminar mis estudios de licenciatura.
- En particular me gustaría agradecer a todos y cada uno de estas personas pero me sería imposible nombrar a todos y eso sería muy injusto, me gustaría nombrar brevemente a las personas más cercanas, con esto no quiero decir que las no nombradas no sean importantes pero es una forma de que no afecte a mi conciencia.
- Para comenzar quiero agradecer a mis padres *Mario García Reyes* y *María Elena Valdez Velezquez*, a mis hermanos *Julio, Toño, Hugo, Luis, Paco, Mariana* y *Cristian*.
- A mis maestros de la universidad en particular a mi asesor de tesis el Ing. *Eduardo Rodríguez Flores*.
- A mis amigos, a mis compañeros de escuela, en este caso menciono a mi amigo *Edgar García Medina* por compartir esta tesis conmigo.
- No queriendome extender más, quiero agradecer a todos directa o indirectamente; *sinceramente*.

ATTE. Miguel Angel García Valdez.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE VAPOR

Página.....

INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS GENERALES	5
JUSTIFICACIÓN	6
1.1. DATOS TÉCNICOS DEL VAPOR	8
1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	9
1.3 PROPIEDADES DEL VAPOR DE AGUA	12
1.4 LA ENERGÍA SUS POTENCIAS Y UNIDADES	13
1.5 CONVERSIÓN DE CALOR EN TRABAJO POR CICLOS DE POTENCIA	14
1.6 CICLOS DE VAPOR	14
1.7 ANÁLISIS DEL CICLO DE UNA PLANTA DE POTENCIA DE VAPOR	17
1.8 EL INDICADOR DE UNA PLANTA DE VAPOR	19
1.9 POTENCIA Y RENDIMIENTO	19.

1.10 LA MÁQUINA TÉRMICA	20
1.11 TIPOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS	21
1.12 CALDERAS DE VAPOR	24
1.13 CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS DE VAPOR.	24

CAPÍTULO II

EL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON MOD.EO-60.

2.1 EL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON MOD. EO-60.	68
2.2 LA CALDERA CONSTA DE CINCO COMPONENTES BÁSICOS.	70
2.3 FLUJO DE AGUA Y VAPOR EN LA CALDERA.	75
2.4 ACCESORIOS DEL SISTEMA DE AGUA Y VAPOR.	76
2.5 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE AGUA Y VAPOR.	81
2.6 SISTEMA DE COMBUSTIÓN.	81

CAPÍTULO III

USO, MANEJO Y APLICACIÓN DEL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON EQ-60.

3.1 SECUENCIA DE ARRANQUE.	90
3.2 SECUENCIA DE PARO.	92
3.3 PURGA DE LA CALDERA.	92
3.4 TRATAMIENTO DE AGUA.	94
3.5 REQUISITOS DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN A LA CALDERA.	94
3.6 OTROS MÉTODOS DE CORRECCIÓN DEL AGUA.	97
3.7 FRAGILIZACIÓN CAÚSTICA DEL ACERO DE LAS CALDERAS.	110
3.8 TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA PARA INHIBIR LA FRAGILIZACIÓN.	112
3.9 MANTENIMIENTO DE ALCALINIDAD CERO PARA INHIBIR LA FRAGILIZACIÓN DEL ACERO DE LAS CALDERAS.	113
3.10 SECUENCIA ELÉCTRICA DE OPERACIÓN (DIESEL).	116
3.11 SECUENCIA ELÉCTRICA DE ENCENDIDO PARA QUEMADOR (DIESEL).	117

3.12 PRACTICA # 1, Arranque y Puesta en Marcha de la Caldera "Clayton".	119
3.13 PRACTICA # 2, Tratamiento de Agua.	125
3.14 PRACTICA # 3, Aplicaciones del Vapor.	133
3.15 PRACTICA # 4, Mantenimiento Preventivo de la Caldera Clayton.	136
CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.	148
BIBLIOGRAFÍA.	150

Introducción :

La presente tesis tiene como fin dar al estudiante de Ingeniería Mecánica Eléctrica el uso adecuado y eficiente del Generador de vapor mod. EO-60 mac. CLAYTON que se encuentra en los laboratorios de Ingeniería Térmica y Fluidos del Campus Aragón.

La Caldera Clayton es usada en miles de industrias y constituye la forma más productiva, rápida y económica de producir vapor.

Esta Caldera se encuentra dentro del grupo acuotubular, en las cuales el agua pasa por el interior de un tubo y los gases de combustión circulan por fuera del tubo, de esa forma se calienta el agua hasta vaporizarse. Como se mencionó antes, esta caldera tiene un sólo tubo por donde circula el agua en forma controlada ya que este tubo tiene los mismos diámetros en toda su longitud, este diseño permite controlar la velocidad y expansión del agua, por lo que dentro de los tubos sólo se encuentra el agua que se convertirá en vapor, por esto mismo la producción de vapor es rápida y continua, otra característica es la de controlar la velocidad de sólidos de gases aprovechándose todo el calor y combustible empleados para la generación de vapor, el combustible utilizado para esta caldera es el diesel.

El diseño de la caldera es compacto, esto es de gran importancia si lo que se quiere es maximizar el espacio dentro de un cuarto de calderas, lo que también hace fácil el manejo de ésta en caso de reparación, mantenimiento o limpieza.

En el primer capítulo se aportan datos técnicos los cuales pueden ser de gran ayuda para la comprensión del tema, los cuáles fueron brevemente simplificados a manera que no sean conceptos que puedan desviar el objetivo de éste mismo.

La forma de clasificar a las calderas de vapor puede ser tan grande y variada como también se pueden clasificar de una manera muy general o pequeña. Se propuso dar una clasificación amplia a fin de conocer más sobre los diferentes tipos de equipo generador de vapor.

En ésta clasificación se encuentran las siguientes calderas de vapor:

- 1.- Calderas de Acero.
- 2.- Calderas de Hierro Colado
- 3.- Calderas de Diseño Especial
- 4.- Reactores de Energía Nuclear

Las Calderas de Acero son bastante grandes y pesadas, dentro de este grupo se encuentran clasificadas las calderas del tipo de tubos de humo o piro tubulares, éstas calderas convencionales en las cuales los gases calientes y productos de la combustión circulan a través de una serie de tubos que están rodeados por agua que se convertirá en vapor.

Otro tipo de Caldera de Acero son las del tipo acuotubular o tubos de agua, en éstas el agua circula por el interior de los tubos y los gases calientes de la combustión pasan por el exterior de los tubos, de ésta manera se transmite calor al agua que se convertirá en vapor, dentro de éste grupo podemos encontrar o subclasificar a las Calderas Horizontales de Tubos Rectos, a las Calderas de tubos Curvados, Calderas de Circulación Natural y Calderas de Circulación Forzada.

El último grupo clasificado dentro de las Calderas de Acero son las Calderas de Cuerpos de Acero.

Las Calderas de Hierro Colado, éste tipo de caldera pretenden ser un poco más ligeras y con mejores características a la temperatura a la que son sometidas y en dimensiones son bastantes grandes, reduciendo el espacio dentro de un cuarto de calderas.

Las Calderas de Diseño Especial, éstas calderas diseñadas para un fin y circunstancias que demanda el cliente, éstas formas especiales pueden ser desde el tamaño, diseño estructural, consumo de combustible, tipo de combustible, etc.

Los Reactores Nucleares, aunque son generadores de vapor que no son muy comunes dentro de las industrias, generalmente son usadas por su gran peligrosidad bajo normas de seguridad muy estrictas y alejadas de las poblaciones, ésto debido a que el tipo de combustible (uranio) genera radiaciones que destruyen las células vivas con daños irreversible en caso de accidente del reactor.

En el Capítulo II, se elaboró una clasificación en forma más general y particular de las calderas marca CLAYTON, ésta clasificación es de solamente dos grupos las calderas de tubos de humo o piro tubulares y las calderas de tubos de agua o acuotubulares.

En las Calderas de tubos de humo, los gases calientes y los productos de la combustión circulan a través de una serie de tubos que están rodeados por el agua que se va a convertir en vapor.

En las Calderas de tubo de agua, la circulación del agua es por el interior de los tubos, y los gases de combustión circulan por la parte externa alrededor de los tubos. De manera que el agua que circula dentro del tubo se caliente con la transmisión de calor hasta vaporizarse.

La Caldera causa de ésta investigación queda comprendida dentro de las calderas de tubos de agua. Se mencionan sus componentes básicos, el flujo de agua y vapor producido por la caldera, accesorios del sistema de agua y vapor, los

dispositivos de seguridad del sistema de agua y vapor, los cuáles son de gran importancia, pero no como la supervisión humana.

El tipo de combustible de las calderas clayton puede ser diésel y gas, según el tipo de quemador que tenga la unidad de calentamiento.

Como parte fundamental se expondrá el uso, manejo y aplicación del generador de vapor. La operación de la caldera diésel se estidiará en forma particular, su secuencia de arranque, secuencia de paro, purga de la caldera.

El tratamiento de agua parte muy importante en el suministro de agua a la caldera, con el objetivo de evitar problemas de incrustaciones de sales minerales en los ductos de agua de la caldera.

Los requisitos que se deben llenar son: no dureza, no oxígeno, que presente un ph adecuado, no contener sólidos disueltos.

Se propondrá métodos de corrección del agua en sistemas como evaporadores, la depuración en caliente con corrección externa e interna de fosfatos, la depuración en frío y de depuración por permutitas de Sodio y de Hidrógeno. Otro punto a ver dentro del tratamiento de agua es la fragilización cáustica del acero de las calderas, las causas del sílice y del hidrógeno, sus tratamientos químicos para evitarlos y detectarlos.

La tabla de clasificación de las funciones de los productos químicos para el tratamiento secundario y en aguas para alimentación de calderas.

El encendido o secuencia eléctrica de operación de la Caldera Clayton "diesel" , secuencia eléctrica para el quemador.

Se propondrán prácticas del Generador de Vapor Clayton EO-60 como material didáctico a los alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la asignatura de máquinas térmicas, las prácticas se elaboraron acorde a las necesidades más comunes dentro de una industria, las prácticas son las siguientes:

- 1.- Arranque y Puesta en Marcha.
- 2.- Tratamiento de Agua.
- 3.- Aplicación de Vapor.
- 4.- Mantenimiento de la Caldera.

Antecedentes:

Como se ha podido notar, el proceso que no introduce en el estudio de la termodinámica requiere de tener una formación en ciencia matemática, especialmente en el cálculo diferencial e integral y el cálculo vectorial; siendo estas asignaturas los únicos antecedentes mínimos necesarios. Cabe mencionar que, consecuentemente, la termodinámica proporciona parte de los conocimientos necesarios para la introducción al estudio de las máquinas generadoras de vapor.

Para el estudio de la termodinámica, es de básica importancia el conocimiento de las propiedades intensivas y extensivas. El análisis de cada una de estas se requiere al haber cambios en ellas. Lo primero, en el estudio de esta disciplina, es el poder modelar los fenómenos mediante expresiones matemáticas; cada una de estas funciones debe representar las características del suceso modelado. Los cambios o variaciones son tan pequeños, que se requiere representarlos mediante diferenciales, por ser cantidades muy pequeñas, bien delimitadas e identificando cada una de las funciones a variar.

Algo particularmente importante se presenta cuando esos cambios o variaciones ocurren de manera drástica, como es el caso de la variación de la presión de la presión con la profundidad, donde este fenómeno se modela mediante el gradiente de la función presión.

Otras de las consideraciones es, que muchos de los hechos se presentan en los cambios entre una estación o periodo y otra, como es el caso del trabajo.

Objetivos:

- - El objetivo de éste trabajo es el de proporcionar a los alumnos de ingeniería mecánica eléctrica el conocimiento teórico y práctico de los principales aspectos relacionados con el Generador de Vapor mod. EO-60 mca. Clayton que se encuentra instalado para su estudio en los laboratorios de Térmica y Fluidos (L-2) del Campus Aragón.
- - El alumno conocerá gran parte de los equipos generadores de vapor que existen para éste fin.
- - Conocerá las características y funciones de cada uno de los equipos presentados.
- - Conocerá en forma general y directa al generador de vapor Clayton mod. EO-60 a diesel.
- - Aprenderá el uso y manejo así como la aplicación de éste sistema generador de vapor.
- - Sabrá la operación de la Caldera, la secuencia de arranque, la puesta en marcha, purga de la Caldera y secuencia de paro.
- - El alumno sabrá de la importancia del tratamiento que se debe hacer al agua que se suministrará a la caldera, a fin de evitar fallas en los ductos de agua y vapor.
- - Del sistema eléctrico conocerá la secuencia de arranque y el encendido eléctrico del quemador a diesel.
- - El objetivo de las prácticas será el de proporcionar al alumno de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica el complemento de los temas más importantes para el estudio de la Caldera Clayton mod. EO-60.

Justificación:

El trabajo de investigación que aquí se presenta se elaboró a partir de la necesidad de tener información más precisa, que en algún momento sea de utilidad para el usuario de la Caldera Clayton y pueda resolver los problemas que se le puedan presentar, ya que en la actualidad una de las causas que llevan a que el equipo trabaje en condiciones de mala calidad es por el personal mal capacitado.

La gran importancia que puede llegar a tener para el estudiante de ingeniería, ya que le permitirá complementar, reforzar y llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas anteriores que están contempladas en el plan de estudios de la carrera Ingeniería Mecánica Eléctricista del área mecánica.

La realización de las prácticas se elaboraron con el objeto de incrementar los conocimientos teóricos y prácticos en las asignaturas de térmica impartidas en el laboratorio L-2.

En el ambiente técnico, que es dónde se requieren de estudios más profundos de cualquier tema para obtener resultados más confiables, seguros, y de la más alta calidad profesional, mediante la aplicación de técnicas y normas específicas y fundamentadas científicamente, que hacen que el ingeniero pueda así lograr sus actividades dentro de la industria.

Se hablo extenzamente de la caldera Clayton y no así de las demás calderas que existen para la generación del vapor, se hizo una pequeña recopilación de todas éstas explicando en forma muy sustancial sus características y desempeños. De la Caldera Clayton se hablo más por la siguiente razón, en la escuela se encuentra instalada, ya que es considerada una caldera que presenta mejores rendimientos que otras y por su ventaja de ocupar poco espacio dentro del laboratorio y así mejorar las condiciones para su estudio.

Se propone anexar las prácticas aquí impresas en la asignatura de máquinas térmicas a fin de proporcionar de manera muy modesta los beneficios que de ahí se puedan lograr.

CAPITULO I

CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE VAPOR

- 1.1** Datos técnicos del vapor.
- 1.2** Conceptos fundamentales.
- 1.3** Propiedades del vapor de agua.
- 1.4** La energía sus potencias y unidades.
- 1.5** Conversión de calor en trabajo por ciclos de potencia.
- 1.6** Ciclos de vapor.
- 1.7** Análisis del ciclo de una planta de potencia de vapor.
- 1.8** El indicador de una planta de vapor.
- 1.9** Potencia y rendimiento.
- 1.10** La máquina térmica.
- 1.11** Tipos de máquinas térmicas.
- 1.12** Calderas de vapor.
- 1.13** Clasificación de la caldera de vapor.

El Vapor.

Se le llama vapor al cambio de estado líquido a estado gaseoso, éste cambio de estado se produce cuando se aplica calor a un líquido, en ese momento se observa el vapor que sale de la superficie del líquido, esta condición de cambio se debe gracias a que el calor que se transmite al líquido mueve rápidamente a las moléculas del agua, el movimiento de éstas llega a ser tal que se separan de la superficie del líquido formando su estado de vapor.

1.1 DATOS TÉCNICOS DEL VAPOR:

La materia está compuesta de átomos, los átomos en movimiento se combinan entre sí para constituir las moléculas, nunca están en reposo, están moviéndose en todas direcciones, girando sobre sus propios ejes y vibrando de modo característico de acuerdo con la estructura atómica y electrónica; la actividad en sí se desarrolla en la misma molécula. En la fase gaseosa la molécula tiene más libertad y energía que en el estado sólido o líquido; pero también en la fase sólida existe la actividad molecular.

Quando se calienta un cuerpo, la energía agregada se almacena en el mismo en virtud del aumento de actividad de las moléculas que lo componen. Entonces una barra de hierro calentada al rojo, difiere de la misma barra fría, únicamente en que la actividad molecular es mayor en la barra caliente.

Quando se calienta un sólido y su temperatura gradualmente es aumentada hasta el punto en que la actividad sea tan grande que la sustancia no pueda existir como sólido, gradualmente empezará a cambiarse de sólido a una forma líquida. Durante este proceso, se requiere de un gran aumento de energía para efectuar el cambio de sólido a líquido. Esta energía es conocida con el nombre de calor de fisión. Si se agrega más energía al líquido resultante, la temperatura continuará elevándose hasta tener una temperatura en la cual el líquido empieza a transformarse en vapor o estado gaseoso. Aquí de nuevo la temperatura permanecerá constante durante la vaporización, y la energía agregada, a fin de efectuar el cambio de estado, es llamada calor de vaporización.

Considérese como un ejemplo el proceso familiar hielo, agua, vapor. Si el hielo es calentado, cuando su temperatura llegue a 32 °F, éste empezará a cambiarse a líquido y la temperatura permanecerá constante en 32 °F hasta que todo el hielo en contacto con el agua se haya fundido. Para efectuar este cambio, el calor de fisión suministrado al hielo debe ser de 144 Btu por libra (más exactamente 143.35). Si el agua es nuevamente calentada, a la presión atmosférica, ésta cambiará a vapor al llegar a la temperatura de 212 °F . Para efectuar este cambio de líquido a vapor deberá suministrarse 970.3 Btu por libra de agua. Se requiere de este gran aumento de energía para romper el enlace molecular de la condición de estado sólido para pasar al estado de vapor, incrementándose el volumen de vapor hasta ocupar el espacio del mismo cuarto donde estaba el líquido expandiéndose contra la presión atmosférica. La temperatura permanece constante durante la vaporización. Si el vapor resultante es calentado fuera de su contacto con el líquido, se tendrá un incremento de temperatura respecto de la temperatura de ebullición o saturación y se tendrá entonces vapor sobre calentado. Si se invierte completamente el proceso y el calor es sustraído, ocurrirá exactamente los mismos cambios pero en orden invertido. Durante la condensación, la cual toma lugar a la temperatura constante de 212 °F, deberá sustraerse 970.3 Btu por libra de vapor condensado para poder ejecutar el cambio y durante la congelación, la cual se efectuará a la temperatura de 32 °F, deberá de sustraerse 143.3 Btu por libra de agua.

A esta forma de energía, la cual es almacenada en las moléculas o átomos de las sustancias, se le conoce como energía interna. Esta es una forma de energía

térmica y es incorrectamente llamada calor. El término calor es entonces restringido para describir el flujo de energía que se obtenga al haber un gradiente o diferencia de temperatura.

El trabajo histórico de Joule como Rowland demostraron que el trabajo hecho sobre el agua, tal como el remado intenso, es exactamente igual al que se obtiene por calentamiento del agua. De estos experimentos, se determinó que una unidad térmica Británica (Btu) es aproximadamente igual a 778 lb-pies. El Btu se definió como el aumento necesario para elevar la temperatura en un grado Fahrenheit a una lb. de agua. Si bien el calor específico del agua es aproximadamente igual a la unidad, éste no es exactamente igual a uno para ciertas temperaturas, por la que el Btu se define más exactamente como 1/180 de calor necesario para elevar una libra de agua desde 32°F hasta 212 °F. Evaluaciones recientes basadas en la Internacional Steam Table Calorie han fijado al Btu en 778.26 lb-pies.

1.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

LA ENERGÍA.

El concepto de energía se desarrolló con lentitud a largo de varios siglos y culminó con el establecimiento del principio general de la conservación de energía. La energía es la facultad para realizar algo, o desencadenar un proceso. Tales como:

- Fuerza
- Vitalidad
- Constancia
- Tenacidad

La energía es toda causa capaz de producir trabajo. Existen varias formas de energía que se pueden transformar unas en otras en presencia de materia. Las principales fuentes naturales son la:

Energía Terrestre.

- Combustibles
- Energía eólica
- Energía maremotriz
- Energía geotérmica

Energía Solar.

- Energía de radiación que los vegetales acumulan

Energía Química.

- En las reacciones de los seres vivos

Energía Nuclear.

Transformaciones en los núcleos atómicos de los elementos.

CALOR.

Por experiencia, se sabe que un objeto caliente que entra en contacto con un objeto frío pierde calor, mientras que este último se entibia. Es razonable adoptar el concepto de que algo se ha transferido del objeto caliente al frío, y ese algo transferido se ha denominado calor Q.

CALOR ESPECIFICO

La cantidad de energía necesaria para elevar un grado la temperatura de un peso unitario de una sustancia es conocida como calor específico. En unidades ordinarias de ingeniería, el calor específico es comúnmente expresado como Btu por grado Fahrenheit (en unidades métricas el calor específico es numéricamente equivalente a calorías por gramo grado centígrado). El calor específico de todas las sustancias varía con la temperatura. Sin embargo, en problemas de ingeniería para una gama relativamente pequeña de temperatura, podrá usarse con mucha aproximación el valor promedio.

TEMPERATURA

La temperatura es una escala de calor, no es tan simple como sabría suponer. El método más común de medición de temperatura se hace a base de un líquido contenido en un termómetro de vidrio.

VOLUMEN

Volumen es una cantidad que representa el producto de tres longitudes. El volumen de una sustancia, al igual que su masa, depende de la cantidad de material que se considere.

VOLUMEN ESPECIFICO

Al volumen ocupado por el peso unitario de una sustancia en condiciones especificadas de presión y temperatura. Es costumbre expresar en ingeniería el volumen específico en unidades de pies³ por libra y se le denota por el símbolo (v).

MASA

Es la medida de la cantidad de materia. Aunque la masa se relaciona con el peso, ambos términos deben diferenciarse entre sí, ya que el peso se refiere a la fuerza ejercida por la gravedad en la masa.

1.3. PROPIEDADES DEL VAPOR DE AGUA.

El agua y el vapor de agua constituyen un buen ejemplo de la clase general de sustancias cuyas propiedades son encontradas en tablas elaboradas con datos experimentales y de valores reducidos de dichos datos. Para cada líquido sobre el cual se ejerce una presión conocida existe una cierta temperatura bien definida, a la cual para dicha presión toma la evaporación o ebullición del mismo. Este estado, al cual el líquido y el vapor están en equilibrio de temperatura y presión, se le conoce como estado de saturación.

Las tablas de vapor de agua consideran como punto de referencia el agua a 32 °F a partir del cual empieza a contarse los valores de las entalpías. Esto indica que la magnitud de h para el agua a 32 °F arbitrariamente se toma como cero. (El término $Pv / 778$ para agua a 32 °F es despreciable por ser pequeño). Si 1 lb de agua a la presión atmosférica fuese calentada de 32 °F a 212 °F, entonces (el calor específico medio del vapor de agua para esta variación es unitaria, el calor agregado debe ser igual al incremento en entalpías).

$$WC_p (t_2 - t_1) = (1) (1) (212 - 32) = 180.0 \text{ Btu}$$

y éste es el valor de h_f a 212 °F. El valor de 180.07 que aparece en las tablas está basado en la definición arbitraria de Btu en términos de la Internacional Steam Table Calorie.

Como el calor específico del agua no es unitario para una gran variación de temperaturas de h_f no deberá calcularse sino seleccionarse de las tablas. Por ejemplo a 100 lb/plg² para líquido h_f igual a 298.33 Btu por lb. Para temperaturas del agua inferiores a 212 °F, la entalpía a cualquier temperatura es aproximadamente

$$h_f = (1) (t - 32) \text{ Btu por libra}$$

Si una libra de agua a 212 °F es calentada a la presión atmosférica se encontrará que la temperatura permanece constante pero que será necesario un gran aumento de energía para cambiar esta libra de agua en vapor. Se le llama calor de vaporización o calor latente a la energía necesaria para transformar una libra de agua en una libra de vapor. A 212 °F (14.696 lb / plg² de presión) esta cantidad es igual a 970.3 Btu y su valor se encuentra en la columna de valores de h_{fg} . La entalpía de cada libra de vapor saturado seco a 32 °F como punto de referencia es la suma de $h_f + h_{fg}$ y es llamada h_g . a 212 °F (14.696 lb/plg² de presión) $h_g = 180.07 + 970.30 = 1150.4$ Btu por libra.

Durante la ebullición rápida, sucede con frecuencia que parte del agua es asociada con el vapor entregado, en forma de pequeñas gotas o neblina. Si se tuviera el caso de un vapor de agua que tenga 10% en peso de humedad, es obvio que hay 90% de vapor seco. Este porcentaje del vapor seco que está en el vapor de agua se le conoce como título del vapor y es costumbre denominarlo con la letra x .

La entalpía del vapor húmedo a un título x cualquiera (expresado como un decimal) es:

$$h_x = h_f + x h_{fg} \text{ Btu por lb}$$

la variación del título x puede ser de 0.0 hasta 1.0

El volumen específico del vapor húmedo es

$$\begin{aligned} v_x &= v_f + x v_{fg} = (1 - x)v_f + x v_{fg} \text{ pies}^3 \text{ por libra} \\ \text{ó} \\ v_x &= x v_{fg} \text{ por pies}^3 \text{ por libra} \end{aligned}$$

es usado como una aproximación.

Si se calienta vapor de agua hasta que desaparezca todas las trazas de humedad, su temperatura se elevará arriba de la temperatura de saturación correspondiente a la presión de saturación. El vapor a una temperatura mayor que la temperatura de saturación se llama vapor sobrecalentado. El vapor sobrecalentado se asemeja a un gas en su comportamiento y en algunos casos puede ser tratado usando las simples leyes de los gases; pero para casi todos los cálculos incluyendo los efectuados en plantas de fuerza, se recurre a tablas de propiedades del vapor que incluyan propiedades de vapor para ningún sobrecalentado.

La entropía es una función de mucha importancia en problemas de cálculo en donde interviene el vapor de agua así como con equipos de generación de vapor.

1.4 LA ENERGÍA SUS POTENCIAS Y UNIDADES:

La potencia es el trabajo efectuado en la unidad del tiempo. *El caballo de potencia* (HP) que es una unidad de potencia es equivalente a efectuar un trabajo a razón de 33 000 lb-pie/min. o 550 lb-pie/seg. En mediciones eléctricas las unidades watt (w) y kilowatt (kw) son las unidades de potencia más usadas. La relación con caballo de potencia es como sigue:

$$\begin{aligned} 0.746 \text{ kw} &= 1 \text{ HP} \\ 1.0 \text{ kw} &= 1000 \text{ w} = 1.34 \text{ HP} \end{aligned}$$

Por lo tanto si una máquina produjera un caballo de potencia durante una hora, el trabajo que habrá hecho será de 33 000 X 60 = 1 980 000 lb-pie. A tal cantidad se la da el nombre de *caballo de potencia (w) hora*, ésta no es una unidad de potencia sino una unidad de energía. Expresándolo en forma de ecuación,

$$1 \text{ hp-hr} = 1\,980\,000 \text{ lb-pie, o } 2\,544 \text{ Btu}$$

Similarmente,

$$1 \text{ kw-hr} = 2\,654\,000 \text{ lb-pie, o } 3\,413 \text{ Btu}$$

no es una unidad de potencia pero sí una unidad de energía.

El *caballo caldera de potencia* es otra unidad de igual índole, ya fuera de uso, con ello se indicaba la razón de generación de calor equivalente a la evaporación de 34.5 lb de agua a 212 °F a vapor de 212 °F. Esto es, por lo tanto, equivalente a $34.5 \times 970.3 = 33\,475 \text{ Btu / h}$.

1.5 CONVERSIÓN DE CALOR EN TRABAJO POR CICLOS DE POTENCIA

En una planta de potencia convencional, la energía molecular del combustible se libera por un proceso de combustión. La función del aparato para producir trabajo es la de convertir parte del calor de combustión en energía mecánica. En una planta de energía nuclear, los procesos de fisión o de fusión liberan la energía del núcleo del átomo en forma de calor, mismo que se convierte parcialmente en trabajo. De esta manera, el análisis termodinámico de máquinas térmicas, como se presenta más adelante, se aplica adecuadamente a las plantas de potencia convencionales (combustión de carbón, petróleo y gas), así como a las nucleares.

En una forma de las máquinas térmicas, el fluido de trabajo se encuentra completamente encerrado y sigue un proceso cíclico, en el que se tiene vaporización y condensación. El calor se transfiere al fluido a partir de otra parte del aparato a través de una frontera física. Una planta de potencia por combustión de carbón y con vapor como fluido de trabajo es un ejemplo. En este caso, los gases de combustión se separan del vapor por las paredes de los tubos de la caldera. La máquina de combustión interna es otra de las formas de máquinas térmicas, caracterizada por la evolución directa del calor en el interior del equipo de producción de trabajo. Ejemplo de este tipo son la máquina de Otto y la turbina de combustión de gas.

1.6 CICLOS DE VAPOR

Al analizar la segunda ley, se determinó que la máxima eficiencia de la conversión de calor en trabajo se obtiene cuando el ciclo de operación es reversible y en el que el calor se absorbe a una temperatura elevada constante y se transfiere a una temperatura baja constante (ciclo de Carnot). La eficiencia aumenta a medida que la temperatura de la fuente de calor se incrementa. En consecuencia, el fluido en la máquina térmica deberá absorber energía a la temperatura práctica más alta para obtener la mejor eficiencia de la operación. Para que esto se lleve a cabo a temperatura constante, el fluido que se calentará deberá sufrir un cambio de fase. A temperaturas elevadas, esto significa, prácticamente, que el fluido se evapora y pasa de la fase líquida a la fase gaseosa y al hacerlo absorbe el calor latente de la vaporización. Para la planta de potencia en la que se quema combustible, el fluido deseable es aquel que puede vaporizarse a temperaturas menores que la del lecho de combustible y a presiones suficientemente bajas para que el equipo mecánico pueda construirse sin

serias dificultades. El mercurio que tiene bajas presiones de vapor se aproxima a estas características; sin embargo, su calor latente es bajo (y entonces se requiere un flujo considerable por caballo de fuerza por hora desarrollada) y sus vapores son venenosos. El vapor tiene un calor latente más elevado y no es tóxico, pero la temperatura y la presión a la que puede vaporizarse el agua están limitadas por la fuerza estructural del material para la ebullición. Con las aleaciones modernas, este límite se ha elevado a 2 000 o 3 000 lb / pulg² abs, que corresponden a temperaturas de evaporación superiores a 700 °F (el vapor que sale de la caldera generalmente se sobrecalienta y en consecuencia se encuentra a temperaturas más elevadas, superiores a 1 500 °F). A pesar de que el vapor de agua se utiliza normalmente en ciclos de vapor, el mercurio se ha empleado a veces en sistemas de dos ciclos donde el calor para evaporar el agua se suministra mediante la condensación del mercurio. De esta manera puede realizarse un incremento en la eficiencia porque el calor del combustible para la ebullición del mercurio se absorbe a una temperatura relativamente alta.

El ciclo de Carnot es el más eficaz de todos los ciclos de máquinas térmicas en la medida en que opera a la máxima temperatura en la cual pueda absorberse calor y a la mínima temperatura a la cual pueda transferirse; sin embargo, se tienen serios problemas mecánicos para la construcción de una máquina que opera de acuerdo con el ciclo de Carnot. El uso de una sola etapa no es práctico; primero, por la dificultad en construir una máquina satisfactoria en la cual una expansión adiabática siga a una expansión isotérmica. Segundo, los procesos de expansión en un cilindro se ven acompañados por significativos efectos de fricción, mientras que el trabajo reversible por el ciclo es relativamente pequeño. En estas condiciones, el efecto neto de trabajo es muy pequeño y de hecho puede disminuirse si la fricción es grande.

Estas dificultades se superan cuando la evaporación y la condensación del fluido tiene lugar durante los procesos isotérmicos en el ciclo de la máquina térmica. A pesar de esto, el ciclo Carnot ideal no puede complementarse, principalmente por los efectos de fricción y las propiedades del medio. Los elementos del equipo, mostrados en forma esquemática en la siguiente figura, consisten en una caldera, un equipo para producir trabajo como una turbina de vapor, un condensador y una bomba. Debido a la falta de precalentadores, el agua líquida entra a la caldera a temperatura inferior a su punto de ebullición y se calienta en fase líquida hasta que se presenta la vaporización. El vapor que sale de la caldera generalmente se sobrecalienta varios cientos de grados por encima de la temperatura de saturación para limitar la condensación en el equipo de producción de trabajo y para utilizar aún más la fuente de calor de temperatura elevada del lecho de combustible. La variación de la presión en el proceso completo de ebullición es pequeña en comparación con otros procesos en el ciclo; por ello, puede considerarse como una trayectoria a la presión constante a partir de una temperatura inicial a una temperatura final. El diagrama TS de la figura, esto se indica por la trayectoria 1-2-3-4.

El vapor de temperatura elevada de la caldera pasa a una turbina o a la máquina de vapor, donde parte de su energía se convierte en trabajo. Si este proceso es reversible y adiabático, sigue la línea de entropía constante 4-5. En realidad, el proceso puede ser aproximadamente adiabático pero no sin fricción, de manera que la entropía

debe incrementarse (como lo establece la segunda ley). La trayectoria real irreversible a la misma presión será la indicada por la línea punteada 4-6. El vapor de baja presión que sale de la turbina se condensa a presión esencialmente constante por la transferencia de calor al medio de enfriamiento que es normalmente agua. El proceso que representa la trayectoria 6-5-8-9 en el diagrama TS. Es líquido en el punto 9 se encuentra ligeramente subenfriada, de manera que se asegura la condensación completa. La etapa final del ciclo es el proceso de bombeo, regresando el agua líquida del condensador a la caldera. Si el proceso fuese reversible y adiabático, estaría representado por la línea vertical 9-1. Como se verá, la extensión de la línea en el diagrama TS es tan pequeña que sus características carecen de importancia.

El ciclo 1-2-3-7-8-9-1 (ciclo Rankine) es de interés teórico, ya que se aproxima en mayor medida al ciclo ideal de Carnot entre las temperaturas T_1 y T_2 que se el ciclo real (1-2-3-4-6-8-9-1) descrito. En las plantas nucleares actuales que generan vapor saturado, el ciclo seguido se aproxima al de Rankine. Las turbinas de estas plantas se diseñan de tal manera que la humedad formada durante la expansión del vapor saturado se elimina en varias etapas del proceso. De esta manera, la excesiva acumulación de humedad podría causar problemas por una severa erosión en la turbina.

La irreversibilidad de cada proceso afectan la conversión total de la energía química del combustible en trabajo. Al principio (etapas 1-2-3-4), la desviación importante de la reversibilidad se presenta porque la absorción del calor no se lleva a cabo a la temperatura del combustible quemándose. El diagrama indica que en el estado inicial, la temperatura del agua líquida se incrementa hasta su punto de ebullición y en el estado final del proceso la temperatura aumenta como resultado del sobrecalentamiento. Debido a que la diferencia de temperatura entre el combustible y el agua es una medida de la irreversibilidad, el calentamiento del agua líquida anterior a la vaporización constituyen el mayor alejamiento respecto a las condiciones de reversibilidad. Este concepto explica parcialmente por qué es deseable el sobrecalentamiento del vapor en la caldera, el empleo de recalentadores de agua a ebullición y el uso de estas modificaciones como ciclo de regeneración.

En el proceso de expansión se obtiene el trabajo máximo si la trayectoria es reversible; cualquier irreversibilidad representa un incremento de la entropía y una disminución en la capacidad de producir trabajo. El grado de irreversibilidad puede minimizarse a través del cuidado del diseño y en el uso de las turbinas.

En el condensador, el proceso es reversible sólo si la diferencia de temperatura entre el vapor que condensa y el agua de enfriamiento es despreciable. Para que la transferencia de calor se realice en equipo de tamaño razonable, se necesita emplear una diferencia de temperatura finita. En otras palabras, la temperatura del vapor que condensa se encontrará siempre por encima del agua de enfriamiento. La irreversibilidad resultante de la diferencia de temperaturas entre el vapor que condensa y el agua de enfriamiento en esta etapa es mucho menos importante que la que es resultado de la diferencia de temperaturas entre el combustible que se quema en la caldera y el agua. En el último proceso, el bombeo del agua a la presión de la caldera, el trabajo implicado es pequeño comparado con los otros efectos térmicos y de trabajo

de ciclo; por tanto, la irreversibilidad no tiene un significado importante. En el bombeo de líquidos bajo condiciones reales, el incremento en la presión se verá acompañado por un incremento de la entropía; en vez de tener la línea vertical, la línea se inclina hacia arriba a la derecha.

1.7. ANALISIS DEL CICLO DE UNA PLANTA DE POTENCIA DE VAPOR.

Cada proceso del ciclo 1-2-3-4-6-8-9 puede analizarse por medio de las ecuaciones de flujo y de las propiedades termodinámicas del vapor. Este análisis ilustra cómo puede emplearse la termodinámica para calcular los efectos del trabajo y calor en términos de los cambios en las propiedades del sistema.

CALOR ABSORBIDO EN LA CALDERA. El objetivo de la caldera es transferir calor al agua; los efectos energéticos producidos por los cambios de altura y velocidad son pequeños. Tampoco se produce intercambio de energía mecánica con los alrededores de manera que el término de trabajo desaparece;

En otras palabras, el calor absorbido por el agua es igual a su incremento de entalpía. Este cambio de entalpía puede obtenerse directamente de las tablas de vapor, considerando el vapor que entra y sale de la caldera.

La insignificancia de los efectos de las energías cinéticas y potencial puede verse en un ejemplo numérico. Supóngase que la velocidad del agua líquida que entra a la caldera es de 5 pie/seg. y la del vapor que sale es de 200 pie/seg. El término de energía cinética $u^2/2g_c$ es aproximadamente 0.8 Btu / lb_m. de vapor. Así mismo un cambio de altura cuando mucho 100 pies representa sólo 0.1 Btu / lb_m. Ambas cantidades son despreciables en comparación con el calor absorbido en la caldera, que es el orden de 1 000 Btu / lb_m de vapor.

ETAPA DE PRODUCCIÓN DE TRABAJO. Nuevamente los cambios de energía cinética y potencia sean considerado como despreciables; incluso en una turbina que depende de la conversión de la energía cinética del vapor en energía mecánica en las aspas de la turbina, el cambio total de la energía cinética es relativamente pequeño, o sea, las diferencias de velocidad del vapor en la línea de entrada a la turbina y el de la línea de salida son tales que el efecto de energía cinética es pequeño, comparado con el trabajo.

El trabajo es igual al cambio de entalpía, aunque el proceso no sea reversible. El único requisito es que la trayectoria sea adiabática; sin embargo, si el vapor de la turbina se expande en forma irreversible, el cambio de entalpía será menor que si el proceso se efectúa reversiblemente hasta la misma presión final.

CONDENSADOR. En el condensador las cantidades de energía significativas corresponden al calor transferido (al agua de enfriamiento) por el vapor que se condensa y al cambio en la entalpía del vapor. La energía se reduce a que \dot{Q} puede

evaluarse a partir de los valores correspondientes a las condiciones de entrada y de descarga del condensador.

El calor transferido en el condensador, así como otros efectos de calor y trabajo pueden representarse de manera conveniente en un diagrama temperatura - entropía. Haciendo referencia a la figura del ciclo de una planta de potencia simple, el calor intercambiado en el condensador está dado por el área 9'-5"-5-8-9-9' si el proceso de expansión es reversible, o sea, si el proceso sigue una trayectoria 4-5. Así mismo el calor absorbido en la caldera se indica por el área 9'-5"-4-3-2-1-9'. Del principio de la conservación de la energía, el trabajo producido debe ser igual a la diferencia entre las dos áreas, o 1-9-8-5-4-3-2-1. En el caso de operación irreversible en el proceso de expansión, como se indica con la línea punteada 4-6, el calor intercambiado en el condensador se incrementa en una cantidad igual al área 5"-6"-6-5-5". Como el calor absorbido en la caldera es el mismo que en el caso reversible se tiene una pérdida de trabajo equivalente a la misma área 5"-6"-6-5-5". Debe hacerse notar que la pérdida es también igual a la expansión:

$$W_{\text{pérd}} = \text{expansión} \cdot T_{\text{ds}}$$

En la cual T corresponde a la temperatura variable a la que se transfiere el calor en el proceso 6-5. Esto se halla de acuerdo con el principio general, desarrollado en cuanto al estudio de la segunda ley, de que la pérdida del trabajo que se tiene en un proceso irreversible es igual al cambio total de entropía que acompaña a este proceso, multiplicado por la temperatura más baja a la cual se elimina el calor.

PROCESO DE BOMBEO

Si la bomba que regresa el agua líquida a la caldera opera adiabáticamente.

Debido a que los volúmenes específicos de los líquidos son pequeños, el trabajo de la bomba también pequeño, incluso para cambios relativamente grandes de presión. Normalmente, este trabajo puede despreciarse en el análisis total del ciclo.

Si es necesario, W_b puede estimarse considerando que el volumen específico es constante y multiplicándolo por el cambio de presión si el proceso es reversible. Para un cambio de presión de 1 000 lb/pulg² abs W_b tiene un valor de aproximadamente de 3 Btu / lb_m

Una ventaja del ciclo Rankine es que la temperatura es comparativamente baja en la etapa de absorción de calor en la cual el agua se calienta a su punto de ebullición (trayectoria 1-2). Esto resulta en una disminución en la temperatura promedio a la cual se absorbe calor y reduce la fracción de calor que se convierte en trabajo. Esta desventaja puede superarse por medio de una modificación conocida con el nombre de ciclo de regeneración. Se obtiene parte del vapor de un punto intermedio del proceso de expansión y se mezcla directamente con el agua líquida que sale de la bomba en un calentador del agua de alimentación. Normalmente, se extrae suficiente vapor para elevar la temperatura del líquido que sale de la bomba hasta su punto de ebullición.

Si la presión de la caldera puede incrementarse, la temperatura promedio a la cual el calor es absorbido puede también aumentarse, aunque se mantiene la misma temperatura máxima del vapor sobrecalentado que sale de la caldera. Esto se debe a que la temperatura de ebullición es más alta cuando la presión se eleva. El sobrecalentamiento del vapor a una presión elevada se representa por la línea punteada de 3' a 4' en la fig. Sin cambios adicionales en el ciclo, esta ventaja tendrá un valor dudoso, ya que la expansión en la turbina a la misma presión tendrá como resultado una formación excesiva de líquido en las etapas de baja presión y, en consecuencia se tendrá problemas de erosión. Se diseña la modificación de recalentamiento para resolver este problema: el vapor que entra a la turbina se expande sólo hasta las condiciones de saturación (proceso 4' a 5') y se regresa entonces a la caldera para sobrecalentarse (5' a 10'). Este vapor sobrecalentado se expande entonces a la turbina hasta la presión de descarga normal (10 a 10') sin que se forme humedad.

Se dispone de las descripciones de ésta y de otras adaptaciones al ciclo básico de Rankine en libras de uso común.

1.8 EL INDICADOR DE LA MÁQUINA DE VAPOR.

La información exacta acerca del rendimiento de las máquinas de vapor, se suele usar diagramas que se obtienen con aparatos especiales llamados "indicadores". Un soporte que lleva un tambor cilíndrico en un extremo va unido al cilindro de la máquina, se efectúa con una tuerca de acoplamiento. La presión del vapor desde el extremo del cilindro de la máquina levanta el émbolo del indicador, comprime el muelle y mueve la biela del estilote. La articulación de ésta va dispuesta de manera que el estilote se desplaza verticalmente. Cuando la presión del tambor varía a lo largo de la carrera, y un cordel arrollado al tambor y enlazado a un reductor del movimiento hace girar al tambor proporcionalmente a la carrera del émbolo de la máquina, quedará marcado sobre el papel, arrollado al tambor, un diagrama curvilíneo de presiones y carreras. Un muelle de torsión, en el interior del tambor, le hace girar en sentido opuesto cuando el émbolo marcha hacia atrás; la cuerda va guiada por poleas de garganta, que deben colocarse en posición y fijarse con tuerca.

1.9 POTENCIA Y RENDIMIENTO.

Para obtener información sobre el rendimiento mecánico y el rendimiento del ciclo Rankine de una máquina de vapor, se practica la llamada " prueba de freno y de condensación ". Para obtener la potencia indicada, se enlaza un indicador a una llave de tres vías conectadas ambas cabezas del cilindro.

Un mecanismo reductor produce a pequeña escala el movimiento del émbolo. El vapor, después de haber pasado por el cilindro de la máquina, se manda a un condensador de superficie refrigerado por el agua. El vapor condensado en éste es

conducido a un dispositivo colocado sobre una báscula, con lo que son posibles verificaciones del funcionamiento partiendo del peso condensado para una carga dada.

La potencia efectiva de la máquina o potencia al freno, debe medirse colocando un freno de fricción sobre el volante y valorando la reacción sobre la plataforma de la báscula. Debe observarse que si suponemos todo el rozamiento (efecto de frenado) de la periferia del volante, concentrado en un punto e igual a f.

El rendimiento mecánico de las máquinas de vapor suele ser elevado, variando del 85 al 90 %. el rendimiento mecánico es función del porcentaje de carga. El rendimiento de una máquina de vapor aumenta rapidísimamente a medida que aumenta la carga . En general, las máquinas con la mayor perfección mecánica da los más altos rendimientos.

1.10 LA MAQUINA TÉRMICA

Se define como cualquier masa de control hacia ó de la cual se transfiere energía en forma de calor y produce una transferencia de energía en forma de trabajo. Así mismo, se requiere que el proceso al cual se somete la materia en el interior de la máquina sea cíclico o continuo, de tal manera que después de un periodo determinado toda la materia dentro de la máquina regrese a su estado inicial.

La aproximación clásica a la segunda ley depende, desde el punto de vista microscópico de propiedades independientes de cualquier consideración acerca de la estructura de la materia, pero no de la existencia de moléculas ni de su comportamiento si no que resulta del desarrollo de la Máquina Térmica ; esto es, un aparato o máquina que produce trabajo a partir del calor en un proceso cíclico, en donde el fluido en su paso a través de la máquina varía sensiblemente de densidad y volumen específico, el cuál en el diseño y estudio de la máquina ya no puede suponerse constante. Un ejemplo lo es una planta de potencia a base de vapor en la cuál el medio (vapor) regresa periódicamente a su estado original. En una planta como ésta, el ciclo (en una forma simple.), es como se describe a continuación :

- Parte del calor del combustible (calor de combustión de carbón, petróleo o gas o calor de una reacción nuclear) se transfiere al agua en fase líquida en la caldera convirtiéndola en vapor de alta presión y elevada temperatura.
- La energía se transfiere por el vapor como trabajo, por medio de un equipo (como una turbina).
- El vapor exhausto de la turbina se condensa a baja temperatura por la trasferencia de calor con agua de enfriamiento.
- El agua se bombea nuevamente a la caldera, completando así el ciclo.

Las máquinas térmicas son también proyectos prácticos de enorme importancia para una sociedad industrial; más aún, un análisis de sus operaciones conduce de manera lógica al concepto de una propiedad, denominada entropía, por medio de la cual puede darse una expresión cuantitativa a la segunda ley.

1.11 TIPOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS

La energía calorífica que puede obtenerse mediante la combustión correcta de los combustibles comerciales, y cuando se emplean los equipos adecuados, parte de esta energía se transfiere en trabajo. Cada máquina principal de una central térmica utilizada para la conversión de la energía calorífica en trabajo mecánico útil se denomina máquina motriz, ejemplos de estas máquinas motrices son las de vapor, turbinas de vapor, motores de combustión interna y turbinas de gas. Cada una de estas máquinas motrices requieren de un medio que transporten la energía calorífica. Las máquinas y turbinas de vapor trabajan con vapor de agua a diferentes presiones y estados. En los motores de combustión interna y en las turbinas de gas el medio está constituido por productos gaseosos de la combustión. Basándose en la clase de medios y puntos donde tiene lugar la combustión; las máquinas térmicas se clasifican en tres grupos:

- a) *Máquinas de Vapor*
- b) *Máquinas de Combustión Interna*
- c) *Máquinas de Turbinas de Gas.*

MÁQUINAS DE VAPOR

Como se mencionó anteriormente en el punto 1.2 de esta investigación, las máquinas de vapor son motores térmicos provistos de órganos dotados de movimientos alternativos con dos inversiones de movimiento por cada revolución de su cigüeñal. Comparadas con las turbinas de vapor son máquinas relativamente lentas. Las máquinas de vapor tienen un excelente par de motor, el cual les permite arrancar con grandes cargas. Cuando van provistos de mecanismos apropiados para el accionamiento de válvulas, resulta muy fácil invertir su sentido de rotación en la actualidad se emplean para accionar bombas, ventiladores, hogares mecánicos, generadores eléctricos de tamaño limitado y compresores de aire y de refrigerante. Las máquinas de vapor de potencia hasta 1000 HP prestan un servicio igual o ligeramente mejor que las turbinas de vapor del mismo tamaño rebajando en condiciones parecidas.

La clasificación de las máquinas de vapor, la regulación de velocidad la potencia indicada, la potencia al freno, la potencia perdida en rozamientos, el rendimiento mecánico, el rendimiento térmico, el rendimiento de la máquina y las pérdidas térmicas se observaron en el punto 1.2.

MÁQUINAS DE COMBUSTIÓN INTERNA:

Máquina Otto - Una planta termoeléctrica se caracteriza por las grandes superficies de transferencia de calor.:

- a) Por la absorción de calor a temperatura elevada en la caldera.
- b) Para la transferencia de calor a temperatura relativamente baja en el condensador.

La razón de esto es que la planta opera con un medio inerte al cual debe transferirse calor de una fuente externa: el combustible. Por otra parte una máquina de combustión interna emplea la misma mezcla de combustible como medio de trabajo, con el resultado que la energía térmica del proceso de combustión encuentra disponible en el interior de la máquina productora de trabajo, por ejemplo, el conjunto pistón-cilindro.

Otra distinción importante entre ambos tipos de plantas de potencia es que el medio de la planta de vapor pasa a través de un ciclo de procesos, regresando a su estado original después de cada ciclo, mientras que en la máquina de combustión interna no es el caso. Se quema la mezcla combustible-aire y los productos de la combustión se envían a los alrededores; termodinámicamente, el proceso no es del todo cíclico. Sin embargo, se suele llevar un análisis simple de las máquinas de combustión interna representando la operación real en la forma aproximada por medio de un proceso cíclico con aire como flujo de trabajo.

Debido a las características de la máquina de combustión interna se puede:

- a) Construir un tamaño pequeño, se tienen plantas de potencia para aplicaciones no estacionarias.
- b) Operar a temperaturas elevadas y por ende, con altas eficiencias.

Respecto a esta segunda observación, la planta de vapor tiene la desventaja de que el calor debe transferirse a través de las paredes del metal (los tubos de las calderas); la falla de metales para soportar temperaturas y presiones ilimitadas impone una restricción sobre la temperatura de absorción del calor. En la máquina de combustión interna se dispone de altas temperaturas en el interior de la máquina que produce trabajo, eliminándose la necesidad de transferencia de calor a altas temperaturas a través de la pared de contención.

El análisis termodinámico de los procesos que tienen lugar en las máquinas de combustión interna se complica por el hecho de que la etapa de combustión tiene lugar en el interior de la máquina. En el tratamiento que se presenta, los ciclos reales se consideran primero desde el punto de vista cualitativo y después se hará un análisis cuantitativo del ciclo ideal que se aproxime a uno real. El ciclo ideal, el fluido de trabajo será un gas ideal (por ejemplo, el aire) y el proceso real de combustión se reemplaza por la adición al gas ideal de una cantidad de calor equivalente.

El ciclo de la máquina Otto utilizada en los automóviles es un caso típico. Consiste en un tiempo de entrada a presión esencialmente constante durante el cual la

mezcla combustible-aire pasa al interior del cilindro. Esto se representa por la línea 0-1

Durante el segundo tiempo, todas las válvulas se cierran y la mezcla combustible-aire se comprime, en forma aproximadamente adiabática a lo largo de la trayectoria 1-2. La mezcla se inflama y el proceso de combustión es tan rápido respecto al movimiento del pistón que el volumen permanece aproximadamente constante, 2-3. El tercer tiempo es el de producción de trabajo, en la cual los productos de combustión a temperatura y presión elevada se expanden a largo de la trayectoria 3-4. Cuando las válvulas de descarga se abren al final de la etapa de expansión, la presión se reduce con rapidez con un valor ligeramente superior a la presión de descarga. Este es un proceso a volumen más o menos constante y se muestra por la línea 4-1. Por último, durante el cuarto tiempo, el pistón empuja hacia el exterior los gases de combustión que permanecen en el cilindro (excepto el contenido del volumen muerto) a presión aproximadamente constante. Se tiene cuatro tiempos en cada ciclo de operación de la máquina.

MAQUINAS DE TURBINA DE GAS:

La consideración de las máquinas Otto y Diesel han permitido mostrar que el empleo directo de la energía de gases a temperaturas y presiones elevadas, sin transferencia externa de calor, presenta algunas ventajas en la producción de potencia. Por otra parte, la turbina es más eficaz en el empleo de esta energía que el pistón recíproco, debido principalmente a la fricción que acompaña a la continua inversión en el sentido de movimiento del pistón y la fricción en las válvulas de funcionamiento. La turbina de gas de combustión es el resultado de los intentos de combinar en una unidad las ventajas de la combustión interna y las de la turbina.

Una turbina de gas, de tipo simple, consta de un compresor de aire, una cámara de combustión, una turbina y varios dispositivos auxiliares que dependen de las características de velocidad y de la relación peso-potencia. Los dispositivos auxiliares son:

- Lubricación.
- Regulación de la velocidad.
- Alimentación del combustible y puesta en marcha.

De las muchas ventajas de las turbinas de gas sobre las instalaciones de vapor, por mencionar algunas son:

- Instalación más compacta.
- Menos dispositivos auxiliares.
- No necesitan condensador.
- No necesitan agua.
- Lubricación más simple.
- Control fácil.

- Cimientos ligeros.
- Escape limpio (no necesitan chimenea).
- Relación peso-potencia más pequeña.

1.12 CALDERAS DE VAPOR.

DEFINICIÓN DE CALDERA

Las expresiones generador de vapor o unidad generadora de vapor significan, la caldera con su hogar más todos los diversos accesorios, como el equipo quemador del combustible, el Recalentador, los serpentines de los recalentadores, el Economizador y el calentador de aire. El término CALDERA se aplica estrictamente a un dispositivo para generar vapor para fuerza, procesos industriales o calefacción; o agua caliente para calefacción o para uso general. Por razones de sencillez de comprensión, a la caldera se le considera como un productor de vapor en términos generales. Sin embargo muchas calderas diseñadas para vapor se pueden convertir en calentadores de agua . La caldera son diseñadas para transmitir el calor procedente de una fuente externa, a un fluido contenido dentro de la misma caldera. Si este fluido no es agua ni vapor o mercurio, a la unidad se le clasifica como vaporizador o como calentador de líquidos térmicos.

De cualquier manera que sea, este líquido debe estar dentro del equipo con las debidas medidas de seguridad. El vapor o agua caliente, deben ser alimentados en las condiciones deseadas, como la presión, temperatura y calidad, y en la cantidad que se requiera, para economizar, el calor debe ser generado y suministrado con un mínimo de pérdidas.

1.13 CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS DE VAPOR

Las calderas se clasifican , por lo general de la siguiente manera

1.- CALDERA DE ACERO:

A.- Calderas del tipo de tubos de humo (Piro tubulares)

B.- Calderas del tipo Acotubular

- 1.- Calderas horizontales de tubos rectos
- 2.- Calderas de tubos curvados
- 3.- Calderas de circulación forzada

C.- Calderas de cuerpo de acero

2.- CALDERAS DE HIERRO COLADO:

3.- CALDERAS DE DISEÑO ESPECIAL:

4.- REACTORES DE ENERGÍA NUCLEAR:

1.- CALDERAS DE ACERO:

**A.- CALDERAS DE ACERO CON TUBOS DE HUMO
(PIROTUBULARES)**

Las calderas de tubos de humo de acero, se clasifican de la siguiente manera :

1.- De fogón externo

- a.- horizontales tubulares de retorno
- b.- de fogón de caja corta
- c.- Calderas de tipo compacto

2.- De fogón interno

a.- Horizontales tubulares

- 1) .- Locomóviles o de locomotora
- 2) .- De fogón corto
- 3) .- Calderas de tipo compacto
- 4) .- Calderas del tipo escocés

- a) .- De cabezal posterior seco (cabezal posterior con revestimiento refractario)
- b) .- De cabezal posterior de agua (tipo escocés marino)
- c) .- De cubierta (o cielo) de agua

5) .- Calderas escocesas tipo paquete

- a) .- De cabezal posterior seco, de cabezal posterior de agua y de tapa de agua
- b) .- De dos, tres y cuatro retornos (pesos)

b.- Calderas verticales tubulares

- 1) .- Caldera de fuerza, portátil, de cabezal plano o sumergido.

- a) - De domo recto
- b) - Caldera tipo Manning
- c) - Caldera de caja de humo cónica

c.- Calderas de tipo residencial

La primer caldera de casco cilíndrico, fue mejorada mediante el paso de los gases calientes en el interior de los tubos colocados en el interior del cuerpo cilíndrico de la caldera. Esta innovación trajo consigo el origen de la caldera de tubos de humo. Su eficiencia es mucho mayor que la simple caldera de recipiente cilíndrico, debido a que el calor es transmitido tanto por los tubos, como por el cuerpo cilíndrico. La caldera tiene una capacidad que aumenta dentro de las mismas dimensiones generales, disminuyendo a la vez el consumo de combustible. Estas calderas se utilizan en sistemas de calefacción, generar vapor requerido en los procesos industriales o como calderas portátiles. Sus tamaños van de 6 800 kg. de vapor por hora, con un rendimiento nominal del 100 %. La caldera de baja presión está limitada a 1.05 kg. / cm g. de presión de vapor (2.11 kg. / cm g en agua caliente) y la caldera de vapor para generación de fuerza, puede operar a una presión de unos 17.6 kg. /cm g. La caldera de tubos de humo se usa generalmente en donde la demanda de vapor es relativamente reducida. No se utiliza para el accionamiento de turbinas, por no ser adaptables a la instalación de supercalentadores.

La caldera de tubos de humo tiene limitaciones en cuanto a su tamaño y en la adaptabilidad de su diseño. Tiene la ventaja de tener gran volumen de almacenamiento de agua, compensa los efectos de las grandes y repentinas fluctuaciones en la demanda de vapor. Gracias a su gran volumen de agua, el tiempo que necesita para alcanzar su presión de trabajo, después de un arranque en frío, es mayor que el que se usa en una caldera acuotubular.

El sobrecalentamiento es limitado y depende del tipo de caldera . Cuando la demanda del vapor aumenta, la temperatura de los gases se eleva rápidamente.

El precio por una caldera de tubos de humo, es relativamente poco y más poco que la caldera acuotubular de domo. Y como ofrece condiciones favorables con respecto a sus costos de fabricación, se adapta a la producción estandarizada. Estas calderas se construyen de acuerdo con el Código de calderas ASME ; las capacidades de las calderas para calefacción, se basan a las normas de los códigos de la SBI, MCA; o ABMA.

Diseño El diseño se basa en el hogar y en los pasos de los gases a través de los tubos (retornos). Hay muchos dispositivos, se han colocado los tubos horizontalmente, inclinados y en posición vertical, con uno o más retornos.

La caldera recibe el nombre de tubos continuos o de tubos de retorno, de acuerdo con la dirección del flujo de los gases. Puede tener un hogar interno o de un fogón externo.

El hogar interno es del tipo de tubo recto, localizado dentro del cuerpo cilíndrico y rodeado de paredes de agua, o del tipo de caja, con el fogón rodeado de una superficie enfriada por agua, y recibe el nombre de paredes de agua, con excepción de la parte de abajo (piso). Entre las calderas de caja de fuego, se encuentran las locomotoras, las cajas de fuego corta, las calderas de tipo compacto, las de tubos verticales, y a las calderas de tipo residencial.

En las calderas de fogón externo (instaladas en muros de tabique o con chequeta de acero), el hogar está cubierto por un material refractario en vez del agua (calderas tubulares horizontales de retorno, calderas de caja de fuego cortas)

En general, en la etapa inicial y la más importante en el diseño de un recipiente a presión es la de determinar las condiciones en que el recipiente trabajará. Se toman en cuenta las posibles fallas del sistema y las condiciones de prueba, y las condiciones normales de trabajo. Las condiciones a observar son :

- a) - Presión
- b) - Temperatura
- c) - Ciclos de temperatura y presión, que pueden ocasionar fallas por fatiga
- d) - Efectos del contenido del recipiente
- e) - Efecto de cargas inducidas desde la tubería, etc.
- f) - Los efectos del tiempo, nieve, viento, terremotos, etc.

Para fabricar recipientes sencillos se usan algunas de las condiciones enumeradas, pero resulta necesario considerar todas. Los códigos de diseño, se han desarrollado para informar sobre las numerosas categorías de calderas y plantas de presión, se refieren a los materiales de construcción como aceros al carbón, y aleaciones, aceros inoxidable, como el níquel, aluminio, cobre, etc; como los no metálicos como el plástico reforzado con vidrio. Los códigos actuales incluyen suplementos sobre recipientes a presión de otros materiales, por ejemplo el aluminio a presión como captadores de aire y recipientes de reactores nucleares, etc. Para los cuales existen estándares específicos. Además de los estándares británicos, se dispone de otros códigos aceptados internacionalmente para la construcción de calderas y recipientes a presión, como las normas norteamericanas ASME calderas de fuerza y código de recipientes a presión, y los códigos alemanes TRD y AD Merkblätter.

Aunque estos códigos se aplican casi siempre, a veces es necesario volver a un punto de vista fundamental para llegar a las propias del recipiente. Existen muchas publicaciones que sirven de guía, así como : Process Equipment Design, Pressure Vessel and Piping Design, Pressure Vessel Design and Analysis y Teory and Design of Modern Pressure Vessels, etc.

CONSTRUCCIÓN

El casco: El cuerpo de la caldera de tubos de humo es cilíndrico, de forma ovalada y en cada extremo se adaptan cabezales.

Los Fluses colocados en el cabezal de tubos, dentro de los cabezales de los extremos. Esta forma es adaptable a las calderas con presiones de 17.6 kg. / cm g. O menos, tales como las calderas tubulares horizontales de retorno, las tipo escocés y las calderas tubulares verticales.

La línea del nivel de agua situadas en un punto no menos de 5 cm arriba del borde de la hilera superior de fluses. El espacio comprendido arriba del nivel de agua, se llama cámara de vapor.

El casco de una caldera de fluses horizontales con piernas de agua, comprende una placa de extensión de la envolvente, prolongada por las placas que forman la caja de fuego o el fogón. Suele encontrarse también en calderas que trabajan con presiones de 17.6 kg. / cm . El fondo de la pared de agua (anillo de lodos) debe ser protegido contra las altas temperaturas de las flamas. A veces las placas de la caja del fogón y las de la camisa de agua, se unen directamente entre si por una moldura de bayoneta, en lugar del anillo colector de sedimentos. A la parte alta del fogón se le llama cielo del hogar y a la placa superior de la caja de fuego se le llama bóveda del hogar.

Las calderas tubulares verticales son similares a las horizontales de tubos de humo, con la diferencia de que los fluses están colocados perpendicularmente a la caja del fogón.

Los fluses : Se fijan al cabezal por expansión, o se sueldan al espejo. También pueden ir dispuestos en hileras verticales o alternada. Son regularmente de 51 mm a 102 mm de diámetro, y su selección depende de la pérdida de tiro y del tipo de combustible. Se aumenta el diámetro en 25 mm por cada 1.22 m de aumento en la longitud de los fluses. Esta relación es variable. Las calderas portátiles con chimeneas cortas requieren diámetros grandes en los fluses; las que van dotadas de ventiladores de tiro, llevan fluses de menor diámetro.

La caldera puede ser de 1, 2 y hasta de 4 retornos; un retorno es un grupo de fluses a través de los cuales pasa en una misma dirección los gases calientes de la combustión.

La caja de fuego: Cuando ésta se de paredes de agua o de encauchetado de acero, esta construida como parte integral de la caldera, recibe el nombre de portátil con fogón de caja. Si la caja de fogón se transporta por separado, a la unidad se le llama caldera semiportátil de fogón de caldera. Hay también calderas con fogón de caja seccional, para el paso por lugares estrechos. El material refractario se coloca después de que la caldera a sido montada.

Para aumentar el volumen del fogón, se logra construyendo un horno holandés o bien una base más alta.

Cajas de humo: También conocidas como cámaras de humo. Tienen por objeto recolectar los gases calientes de la combustión encausándolos hacia un segundo paso o retorno, para su expulsión por la chimenea o para conducirlos hacia la recámara.

Puertas : Las puertas de acceso a los fluses están frente a los mismos las puertas de limpieza se encuentran en las cajas de humo y partes convencionales. Estas puertas son necesarias para mover el hollín y para el cambio de fluses. Las puertas destinadas a la carga del combustible, como a la eliminación de escorias y cenizas, dan acceso al fogón. Las puertas son de hierro colado montadas en un marco de acero o de hierro colado. Las puertas llevan un aislamiento térmico o una placa de reflexión metálica

Registros : Para el acceso se cuenta con registros de hombre y para la limpieza, desfogue de sedimentos y lodos, así como para la inspección de las partes en contacto con el agua, existen registros de mano y orificios con tapones roscados. Los grifos de drenaje colocados en las partes inferiores, se llaman grifos de purga. El vapor o agua caliente se descarga de la parte superior de la caldera por una o varias boquillas o conexiones roscadas. El vapor no debe exceder de 9.14 m / seg. , ya que de otra manera entraría agua en el sistema y se obtendría un vapor mojado.

Lamparas o placas deflectoras internas : Son hojas metálicas que canalizan la circulación del agua o deflectores para los gases hechos de metal o de material refractario. A veces se colocan tiras metálicas en forma de serpiente dentro de los fluses, creando un flujo turbulento de los gases caliente, a fin de evitar sobrecalentamientos locales.

Tirantes : Cuando no hay tubos que sirvan de refuerzo a las superficies planas contra las presiones interiores hay la posibilidad de reforzarlas mediante tirantes que pueden ser de brazo, de pernos y tirantes corridos. Los tirantes corridos atraviesan la longitud del cuerpo de la caldera y conectan los espejos o cabezales entre sí. Los tirantes diagonales conectan los espejos con el casco. Los pernos tirante sirven para tensar superficies planas paralelas, como las paredes de agua de los hogares.

Soportes : Las calderas se suspenden de la estructura por medio de barras de suspensión sujetas a las orejas del casco. El cuerpo de la caldera tiene ménsulas en escuadra y soportes estructurales, independientemente de las cimentaciones de tabique. Se monta en una base de acero o hierro colado que descansa sobre el piso o en una cimentación de tabique. Tiene ménsulas a escuadra y una plancha a manera de base, para su colocación de tabique. Las partes de la caldera que no se apoyan en el marco del fogón o en las cimentaciones, tienen soportes y van sobre pilares de tabique o sobre postes. Los muros de tabique altos se refuerzan exteriormente con columnas de acero estructural.

Cubiertas : Las calderas más pequeñas, detalladas en la tabla 2 de la clasificación SBI, tienen cubiertas decorativas de láminas esmaltada. Estas calderas cuentan con aislamiento térmico y revestidas con una chaqueta plana. Otras tienen revestimiento térmicamente aislante o con láminas metálicas interiores de acción reflectiva. Las cubiertas son lisas, ya sea con el quemador y controles sobrepuestos exteriormente, o de tipo de expansión con quemador y controles ocultos.

Serpentines de calefacción : En las calderas domésticas de agua caliente, se instalan serpentines de cobre para fines de calefacción. El serpentín de tipo tanque, está hecho de tubos largos, de volumen reducido y es para el calentamiento de agua de tanques de almacenamiento. El serpentín de tipo instantáneo es de gran volumen y suministra agua continuamente, según se va consumiendo.

CALDERAS TUBULARES HORIZONTALES DE RETORNO

(De fogón externo)

Esta caldera fue posiblemente la más usada entre las calderas de tubos de humo, para presiones de 17.6 kg. / cm² y capacidades entre 454 y 6 800 kg. / hr de vapor, con rendimiento nominal del 100 %. Se usó para la producción de vapor dedicado a procesos industriales pequeños. Estas calderas se usan aún en la actualidad para uso de calefacción en grandes edificios y para la producción de vapor para procesos industriales, pero van siendo desplazadas por otros tipos de calderas que requieren menos trabajo de instalación.

Costo de instalación :
es de bajo costo.

La construcción y cimentación de esta caldera

Diseño : Esta caldera consta de un casco cilíndrico con tapas planas que forman los espejos en los extremos y entre los cuales se colocan los fluses de humo. Su diámetro varía entre 76 y 102 mm, el diámetro de los fluses se ha disminuido y con esto ha mejorado las condiciones de trabajo de la caldera, pues permite la instalación de una superficie de calefacción adicional. Todos los fluses son del mismo diámetro. El grueso de la placa no es mayor de 19 mm y es diámetro del cuerpo también no es mayor de 2 438 mm.

La caldera suspende por encima del fogón externo del tabique. La parilla que es el área de combustión se localiza directamente por debajo del extremo frontal del cuerpo de la caldera. El espacio de altura es mínimo.

A parte de que la caldera va soportada por barras de suspensión, también se soportan por medio de ménsulas de escuadra sobre los muros laterales del fogón. Estos métodos de suspensión han sido establecidas por los códigos de Normas de Calderas ASME. Generalmente se insta una batería de dos o más calderas sobre un sólo fogón, permitiendo una gran flexibilidad en la construcción. En este caso las cimentaciones se remodelan, acomodando simplemente la disposición de los tabiques.

La base que da forma al fogón va dentro de una caja de acero para reducir el espesor de la pared refractaria, con esto se tiene una caldera semiportátil. Se logra, también un supercalentamiento limitado agregando una serie de tubos dispuestos como supercalentadores en la parte inferior del casco.

Flujo de gas : El combustible se quema abajo del fogón del extremo frontal del casco. Las flamas así como los gases calientes actúan contra el fondo del cuerpo redondo de la caldera y pasa por encima de la pared del altar, lo barren en toda su extensión, para llegar al extremo posterior de la obra de mampostería. En ese lugar los gases entran a los tubos horizontales, regresando al frente de la caldera, de donde son expulsados hacia el tiro, después de pasar por la caja de humo.

Circulación : Por las paredes del casco circula agua de arriba hacia abajo subiendo nuevamente por entre los fluses. La circulación es simple y positiva, a veces lenta, sobre todo en el periodo de arranque. El proceso de circulación se puede fomentar utilizando aletas en el interior del casco. Estas calderas tienen una gran capacidad de agua y una amplia superficie productora de vapor.

Tratamiento de agua : En el cuerpo cilíndrico quedan expuestos al calor radiante de las flamas las incrustaciones y sedimentos, no es adecuado que el agua que alimenta al sistema contenga apreciables cantidades de sustancias que produzcan unas u otras, a menos que:

1. - Se levante el frente de la caldera para que los precipitados se acumulen en la parte posterior.
2. - Que la caldera sea purgada frecuentemente. Si los sedimentos o lodos se recolectan en la parte trasera del casco, en este lugar no están sujetos a la acción directa del fuego que los recoce y endurece, esto se arregla mediante la purga.

Combustibles y Combustión de los mismos : Las calderas THR, se adaptan a todos los combustibles como a cualquier tipo de alimentación. La alimentación manual de las grandes unidades está limitada.

Capacidad: La capacidad de las calderas THR se basa nominalmente en la producción de 0.929 m² de superficie de calefacción por caballo de caldera. A una vaporización de 17 a 24.4 kg. de vapor por m² por hora, las calderas de este tipo trabajan con una eficiencia del 70%. La eficiencia puede mejorar mediante el buen diseño, pero ésta es limitada. Si la caldera rebasa más del 125% de su capacidad con alimentación manual de combustible o más del 50% cuando la alimentación es mecánica, habrá dificultades. Por ningún motivo debe ser mayor de 34.18 kg. de vapor por metro cuadrado de superficie de calefacción por hora (7 lb / pie² / h).

CALDERAS TIPO LOCOMOVIL

Esta caldera es una modificación de la caldera usada en las locomotoras de ferrocarril. Es una planta de fuerza portátil ideal, con aplicación de caldera estacionaria limitada. Su construcción es ideal para emplearse como caldera de fuerza. Para presiones hasta de 17.6 kg./cm² g y capacidades entre 454 y 6 804 kg. de vapor por agua a su rendimiento nominal de 100%. Esta caldera es útil en los campos petroleros y en los aserraderos, siempre que su longitud no sea inconveniente para el lugar. No es

común que se utilice como calefactor. Se trata de una caldera del tipo fogón de caja y es fácilmente transportada de un lugar a otro.

Costo : El costo de construcción de esta caldera es razonable y la más barata de todas las calderas portátiles de gran capacidad, trabajan con una chimenea de altura mínima.

Diseño : La caldera tiene un fogón dotado de chaqueta de agua, con un casco cilíndrico fijada a la parte posterior del fogón. El espejo frontal del cuerpo forma la parte posterior del fogón. La cámara de vapor se extiende a todo lo largo, tanto del fogón como del cuerpo cilíndrico, en la parte superior. El casco tiene fluses de 76 mm de diámetro, para que la chimenea pueda tener el mínimo de altura. Todos los fluses son del mismo diámetro y de igual longitud.

La caja del hogar citada sobre una cimentación de tabique, o sobre un piso de tierra. La parte trasera del casco se soporta en un banco de apoyo o sobre un poste o pilar adecuado, no necesitando mayor cimentación. El hogar un poco compacto, ocupa poca altura, pero es bastante largo.

La caja del hogar no puede ser reformada para su adaptación a otros tipos de combustible. Algunas cámaras de agua presentan dificultad para limpiarlas. El costo de mantenimiento es mayor que el de las calderas tubulares horizontales de retorno.

Flujo de los gases.: La caldera locomóvil es de fuego interno y las flamas y gases calientes que salen de la zona del hogar, pasan a través de los fluses. Saliendo de los fluses entran a la caja de humo de donde salen a la atmósfera por una chimenea corta. Si no se usaran fluses de longitud grande, las temperaturas de los gases serán altas cuando se sobrealimente de combustible la caldera.

Circulación del agua : Cuando se calienta el agua se desliza hacia arriba a través de la parte angosta y de las paredes de agua, regresando al cuerpo cilíndrico. Aquí, el agua se eleva por entre los fluses descendiendo nuevamente por las paredes laterales más frías del casco, de donde regresa a la parte angosta para completar el ciclo. El agua tiene una circulación lenta en el momento del arranque, pero es más activa que en las calderas tubulares horizontales de retorno. Estas calderas tienen una gran capacidad de agua y una excepcionalmente amplia superficie de evaporación.

Tratamiento del Agua: No están los precipitados en contacto con las superficies expuestas al calor radiante. Por lo mismo este tipo de calderas son excelentes para usarse en comarcas en donde el agua es de mala calidad. La precipitación excesiva de sólidos y sedimentos, provoca que se tenga que purgar diario la caldera.

Combustibles y Combustión de los mismos : La caldera locomóvil se adapta a toda clase de combustible y combustión. La única limitación es el tamaño de la caja del hogar, que no puede ser ampliada.

Capacidad : Estas calderas se sujetan para determinar su capacidad nominal a las prescripciones del SBI.

La eficiencia no supera a las de las calderas horizontales de retorno. Son capaces de resistir un sobrecalentamiento alto. Es apropiada para trabajar con una carga de 24.4 kg. de vapor por metro cuadrado por hora, y puede ser operada con una sobre carga de 34.2 kg. / m² / h de vapor. No se debe usar con una sobrecarga de más de 150% de su capacidad.

CALDERAS PARA LOCOMOTORAS

Esta caldera es una máquina altamente perfeccionada y no debe confundirse con la caldera de locomóvil, relativamente simple. El Código para Normas ASME es diferente en una sección, como una unidad de una eficiencia relativamente alta, operada con presiones menores de 21.1 kg. / cm² g. Las locomotoras de prueba se han operado con grados de vaporación de 58.56 a 74.7 kg./cm² de vapor por hora. Los fluses son de menos de 64 mm de diámetro.

La circulación del agua se efectúa internamente por medio de un termosifón Nicholson, éste promueve el movimiento del agua, saliendo de las piernas de agua hacia la sección arriba de la bóveda del fogón. El termosifón se compone del arco y tuberías necesarias.

Las calderas para locomotoras van dotadas de uno o más domos, y sirven para acrecentar la distancia entre la superficie del agua de la caldera y la salida del vapor, con lo que se reduce el arrastre del agua. El domo de vapor encierra la válvula de estrangulamiento. Un domo sobrepuesto sirve también como registro de hombre. Las válvulas de seguridad van conectadas al domo.

El tiro es inducido mediante la conexión del sistema de escape de los cilindros a la chimenea, se crea una eyección por la acción de inyector de este dispositivo. El agua entra a la caldera por medio de un inyector de vapor. Algunas calderas de alta presión, son operadas con presiones de trabajo hasta de 60 kg./cm² g. Algunas de estas calderas tiene supercalentadores, insertados en los fluses.

El frente de una caldera de locomotora de ferrocarril, queda a la salida de los gases de combustión y en las calderas estacionarias, el frente queda del lado del fogón.

CALDERAS DE FOGÓN CORTO

Las calderas de hogar corto son muy populares entre las de tubos de humo. La caldera portátil de fogón de caja, para instalaciones de calefacción. La caldera construída para su montaje en cimentaciones de tabique, se utiliza para general fuerza para operarse a presiones hasta 17.6 kg. /cm². Tienen capacidades que van de 6 804 kg./h de vapor. A este tipo se le conoce como "Caldera Economic".

Costo : Una caldera de este tipo ya instalada, es económica. Si el tamaño del fogón es adecuado y no es necesario aumentar el volumen de la cámara de combustión, este tipo de caldera representa la instalación ideal. Presenta mayor superficie de calefacción por unidad de área de piso que las calderas horizontales de retorno y que las de tipo locomóvil.

Diseño : Su construcción es horizontal, de doble retorno, de tubos de humo. El extremo frontal de su envolvente queda sentado en la sección superior del fogón. El espejo de la sección corta, da origen al primer retorno y queda en el extremo del frente, forma la parte posterior del fogón; un segundo cuerpo fluses, que constituye el segundo retorno, es montado en la parte superior, alargándose hacia adelante por encima del hogar.

La caldera cimentada en mampostería, tiene poca semejanza con la caldera tubular horizontal de retorno, teniendo la construcción como su operación bastante similares. La caldera portátil de calefacción de fogón de caja es una unidad del tipo locomóvil, en la que el cuerpo de fluses se ha duplicado hacia atrás. En construcción y operación, ambas son muy similares.

La caldera generadora de fuerza es de forma cilíndrica y está suspendida sobre un fogón formado por una caja de placas de acero con revestimiento interior de tabique refractario. Sin embargo, la caldera para calefacción, es del tipo portátil de fogón de caja con paredes de agua. La caldera tiene un cuerpo cilíndrico u ovalado. Cuando se quema leña es necesario colocarle un horno holandés. Lo único a preparar es fundamentos bajo el cuerpo de la envolvente y un muro de soporte superior.

Flujo de los Gases de Combustión El combustible se quema en la parte frontal de la caldera, los gases entran inmediatamente por el frente del primer retorno, de donde pasan a la caja de humo en el extremo de atrás, ahí invierten la dirección del flujo y se deslizan por el segundo retorno para desfogar en la caja de humo de la que parte la chimenea.

Circulación En las calderas montadas en mampostería el agua se desliza por la pared de la envolvente de arriba hacia abajo, para luego subir por entre los fluses. En las calderas portátiles de hogar de caja, el agua sube por las paredes de agua que encierran el fogón hasta el cuerpo de la caldera, en ese lugar el ascenso continúa entre los fluses y luego baja por las paredes más frías de la envolvente, completando el ciclo. Se observa que tienen buena circulación, tienen una gran capacidad de agua y una superficie de evaporación buena.

Tratamiento de agua La caldera con fogón de tabique, no es buena para trabajar con aguas que tengan sólidos en suspensión o aguas duras o fangosas. La caldera apropiada para trabajar con aguas de mala calidad son las del tipo de fogón de caja con paredes de agua.

Combustibles y Combustión. La caldera con fogón de caja corta, es adaptable a cualquier combustibles y combustión. La limitación es la caldera portátil con fogón de caja, el cual no puede ser ampliado.

Eficiencia Esta caldera más análoga a las diásmaciones de SBI. Tiene mejor eficiencia que las calderas horizontales de retorno y que las del tipo locomóvil, alcanza el 80% de eficiencia. Su operación está entre 17 y 24.4 kg. / m² / h de vapor, y no debe operarse a más de 43.2 kg. / m² / h.

CALDERAS COMPACTAS

Estas calderas son llamadas también "Calderas sin Humos", dan servicio de calefacción de grandes residencias, para comercios y edificios públicos.

Esta caldera tiene triple retorno (incluyendo el tramo de la caja del fogón). El tipo más común es el es el portátil de hogar de caja que requiere una cimentación mínima y es adaptable para instalarse en batería. Su capacidad se encuentra entre 159 y 5 670 kg. / h de vapor con un rendimiento nominal del 100%.

Costo El costo de esta caldera ya instalada es bajo. Esta caldera es ideal para el sobrecalentamiento, tiene un máximo de superficie de calefacción por unidad de área de piso ocupada, en comparación con cualquier tipo de caldera horizontales de tubos de humo.

Diseño La caldera compacta es del tipo horizontal de tubos de humo y tiene un tambor con dos retornos de fluses, unidos a los espejos localizados en el interior de las cabecezas. Las calderas pueden tener forma cilíndrica u ovaladas, vista de frente; y están suspendidas sobre un fogón de mampostería, la construcción es del tipo portátil con hogar de caja de paredes de agua. Todos los fluses son del mismo diámetro y tienen dos longitudes diferentes.

Su remoción es fácil, cuando hay puertas de amplitud suficiente. Se construyen calderas con cajas de fuego bipartidas, para lograr el paso por espacios estrechos.

Flujo de Gas El combustible se quema por debajo del extremo frontal de la caldera. Los gases calientes de la combustión se deslizan a lo largo de la mitad inferior de la envolvente, llegando a la parte trasera de la construcción, en donde se efectúa el retorno para conducirlos a través de la primera sección de fluses hasta la caja de humo delantera, ahí se invierte la dirección del flujo, pasando por la segunda sección de fluses a la descarga posterior de los gases, que son expulsados hacia la chimenea.

Circulación La circulación en una caldera de tipo compacto, se da de la siguiente manera, el agua circula en las calderas de fogón de mampostería bajando por la pared del casco y subiendo nuevamente entre los fluses. En las calderas de fogón de caja, el agua sube por las paredes, esta llega a la caldera y continúa el ascenso entre los fluses y bajar a continuación a lo largo de la superficies de la envolvente, cerrando el ciclo. La caldera de fogón de mampostería tiene circulación lenta y su evaporación es tardía. Las calderas portátiles de este tipo con fogón de cajas de acero circulan mejor el agua y su evaporación es buena. Las calderas del tipo

compacto tienen una buena capacidad de agua y su superficie de evaporación es buena.

Tratamiento del agua La caldera de fogón de mampostería no es buena para trabajar con agua duras, con sólidos en suspensión o fangosas. La caldera con fogón de caja de paredes de agua, opera con aguas de baja calidad.

Combustibles y Tipo de Combustión. La caldera compacta se adapta a cualquier combustible y combustión. Se construye como unidad de tipo paquete para operar con aceites o gases combustibles

Capacidad La caldera compacta tiene disposiciones nominales del SBI. La eficiencia es mejor que otras, su eficiencia es de 80 %. Tiene un régimen de 24.4 kg. / m² / hr de vapor y no se forzará a más de 34.2 kg. / m² / hr de vapor.

CALDERAS ESCOCESAS

Esta caldera es una unidad generadora de fuerza, con capacidad de 6 804 kg. / hr de vapor con presiones de 17.6 kg. / cm². Su solidez es una cualidad de diseño, desarrollado de la caldera marina. La caldera de cabezal posterior seco, se usa en instalaciones de tipo estacionario. La caldera escocesa de paquete fue creada durante la segunda guerra mundial.

Costo Esta caldera es económica, con poco material refractario y su instalación es sencilla.

Diseño Tiene un cuerpo cilíndrico, con uno o más fogones cilíndricos internos, montados dentro de la sección inferior y dotada de una o más secciones de fluses de retorno, fijos a los espejos de sus dos extremos. Si la cámara de combustión posterior lleva revestimiento refractario, se le llama caldera de cabezal posterior seco. Si lleva en esta parte una chaqueta de agua, se dice que tiene cabezal enchaquetado. Si el lado de atrás está recubierto de material refractario, pero con chaqueta de agua en la cubierta superior, se le llama tapa enfriada por agua.

El hogar está formado por un tubo plano, soportado en los espejos de la caldera, con diámetros de 965 mm. El tubo es reforzado con anillos exteriores soldados. Los tubos grandes van corrugados (fogones según Morrison, Leeds, Fox, Purves o Brown) O también puede fabricarse en secciones unidas mediante bridas reforzadas por un anillo de sistema Adamson. El tubo del fogón sin revestimiento refractario, con adaptación de un casquillo de material refractario puesto en el quemador de aceite o gas, para protegerse contra la flama. El fogón tubular tiene una superficie que absorbe el calor radiante de la combustión.

La cámara de combustión trasera debe llevar una chaqueta de agua o un recubrimiento refractario contra el calor. Los fluses van arriba del fogón. Se usan fluses de diferentes diámetros, sin embargo los empleados en una sola caldera, tienen el

mismo diámetro. Todos los tubos de humo tienen la misma longitud, hay calderas con dos diferentes longitudes de fluses.

La caldera escocesa tiene escuadras de apoyo o soportes y únicamente necesita una cimentación para su montaje. Su altura es reducida para su colocación. Sus superficies internas no son fácilmente accesibles, especialmente las secciones que quedan abajo del fogón. No es una caldera fácil de limpiar.

Si es necesario aumentar el volumen de la cámara de combustión, se construye un horno holandés, ya que el fogón mismo no puede ser modificado. Como no hay infiltración de aire, estas calderas trabajan con tiro forzado o con tiro inducido. Para su adaptación a quemadores de aceite o de gas se seleccionan los equipos y métodos de combustión, considerando el volumen reducido de la cámara de combustión, así como la contrapresión resultante.

Flujo de los Gases

En la sección frontal del tubo se quema el combustible; la combustión ocasiona una corriente hacia atrás y los gases son empujados a la cámara de combustión posterior y de allí pasan a los fluses de retorno, y llegan a la caja de humo para ser expulsados de allí a la chimenea. La caldera puede tener 2, 3 o 4 retornos.

Circulación del agua

En la caldera de tipo escocés, el agua sube entre los fluses, con más rapidez en la parte de atrás que en el lado del frente. El agua fría baja a lo largo de la pared del cuerpo, después sube circulando por el tubo del fogón y completando el ciclo.

Producir vapor en las grandes calderas escocesas es difícil, estando frías por la inercia de inercia de su circulación. Las calderas marinas escocesas grandes, tardan 24 hrs o más para hacer vapor. Las calderas de fogón alimentado a mano eran más lentas si las parrillas de abajo estaban frías. Para reducir el periodo de calentamiento se utiliza una circulación forzada (sin ocasionar sobretensiones excesivas por la acción del calor), la circulación a mejorado en las calderas de tipo escocés chica, especialmente las modernas calderas de paquete, debido a la reducción de su volumen de agua.

El volumen de vapor y almacenamiento es grande. La amplia superficie de agua facilita la evaporación con poco ruido.

Tratamiento de Agua

Esta caldera puede operar con aguas contaminadas. Los precipitados, materiales en suspensión y fangos son acumulados en el espacio que queda debajo del fogón, allí el movimiento es poco. La remoción de estos sedimentos y lodos, no es sencilla.

Combustibles y Combustión

La caldera escocesa no es buena para que su alimentación de combustible sea mecánica, aunque se han diseñado calderas con alimentación mecánica. La alimentación a mano, es tradicional en esta caldera y es satisfactorio en los fogones de diámetros amplios, de 91 cm en adelante. En instalaciones donde se quema leña, carbón alimentado mecánicamente, o en las de aceite, se han construido hornos holandeses. El aceite y el gas son buenos en éste

caso, porque el quemador con una flama cónica, se adapta al tubo redondo del fogón. Se reviste parcialmente el fogón con una capa refractaria cuando se trabaja con quemadores de gas o aceite.

Capacidad Con un régimen de vapor entre 24.4 y 34.2 kg. / m² / hr sin dificultad y manteniendo una eficiencia de 75 a 80%. Una caldera de paquete trabaja a 58.7 kg. / m² / hr. De vapor. Los fabricantes garantizan una eficiencia térmica de 80 % , con una carga que varía entre el 20 y 100 % de su capacidad nominal

CALDERAS ESCOCESAS MARINAS

Diseñada en condiciones angustiosas para ser instalada en embarcaciones. Para obtener una superficie de calefacción buena, se utilizó el modelo de cabezal posterior de chaqueta de agua, dándose acceso a la cámara de combustión trasera a través del tubo del fogón. Las calderas tienen un diámetro de 4.267 m a 4.572 m, hay algunas de 6.096 m de diámetro, algunas veces cuatro fogones de 1.219 m de diámetro cada uno, con longitudes de 3.658 m. Se usaban calderas con cabezales dobles al frente y atrás. Por el excesivo grueso de la placa de las calderas que era hasta 73 mm, limitada el diámetro de las mismas. La cabecera posterior con pared de agua es el elemento más débil en estas unidades.

La parrilla de fogón máxima que se puede acomodar (con 4 tubos de fuego), tiene una superficie de 9.29 m² , limitando la producción de vapor a unos 11 340 kg. / hr en las calderas de tamaño grande

La marina se ha inclinado hacia el uso de calderas acuotubulares, y la caldera escocesa marina a desaparecido de las embarcaciones.

CALDERAS ESCOCESAS ESTACIONARIAS

Cuando la caldera escocesa fue adaptada a los servicios terrestres tenía una altura de instalación con diámetro máximo de 2.74 m y en cambio se le dotó de fluses largos de 6.1 m. Aunque algunas de estas calderas son de cabezal posterior de chaqueta de agua, la caldera Clyde de cabezal posterior seco se popularizó por el fácil acceso a la cámara posterior de combustión, así como al espejo.

La caldera escocesa estacionaria puede cambiarse de un lugar a otro, sin construir la obra de refractarios. Es adaptable para su uso como unidad de calefacción en los sótanos de grandes edificios, tiene capacidades de 7 938 kg. /hr de vapor (capacidad forzada)

CALDERA ESCOCESA TIPO PAQUETE

La caldera escocesa es perfectamente adaptable al tipo de paquete. El diseño contiene quemador de combustible, ventilador de tiro, bomba de alimentación de agua, aislamiento térmico, base de acero estructural, accesorios y controles.

CALDERAS VERTICALES

La caldera vertical de tubos de humo se fabrica para dos clases de usos diferentes:

- 1.- Para generación de fuerza (caldera de fuerza).
- 2.- Como caldera de agua caliente residencial.

La caldera para producir fuerza, con presiones de 17.6 kg./cm² g, se llama caldera portátil. Se usa como unidad de fuerza portátil en las obras de construcción, por su construcción robusta y fácil transporte. Con capacidades de 1 655 kg./hr de vapor.

Costo La caldera vertical portátil, tiene una cimentación insignificante y no necesita material refractario, solamente lleva material refractario en la cámara de combustión del quemador.

Diseño La caldera vertical de tubos de humo contiene un cuerpo cilíndrico de acero con fluses que conectan el cabezal de la tapa con el espejo inferior que sirve a su vez de tapa a la camisa de agua si el fogón es de este tipo de construcción.

La caldera vertical de cabezal sumergido es igual a de cabezal plano, con la diferencia de que en la parte de arriba se construye una camisa de agua, que forma parte del cabezal superior al que van unidos los fluses, con lo que la caja de humo resulta de forma cónica, permitiendo que el nivel del agua quede por encima del espejo.

Hay 3 formas básicas de diseño para el casco exterior de las calderas verticales:

- 1.- El tipo recto
- 2.- La de cuerpo intermedio cónico
- 3.- La caldera tipo Manning, con un rebaje en la envolvente.

La caldera es una unidad completa que requiere una superficie de piso mínima, pero mucha altura. Los tubos son del mismo diámetro y longitud.

Si las calderas verticales son forzadas en el arranque, se deterioran, porque los fluses se enfrían por vapor en el extremo superior. La combustión tiene que ser lenta hasta que la evaporación se inicie. La caldera de cabezal (espejo) sumergido elimina este inconveniente. La caldera vertical no acumula hollín como la horizontal.

Flujo de los Gases En las calderas verticales el combustible se quema en la cámara localizada en la parte baja. Los gases de la combustión van directamente del fogón a través de los fluses verticales, a la chimenea.

Circulación del Agua Cuando se calienta el agua que toma contacto con la superficie del fogón. Se eleva pasando a lo largo de los fluses, y baja nuevamente por la superficie exterior del cuerpo de la caldera. La circulación en la camisa de agua inferior es restringida por fuertes incrustaciones y depósitos sedimentales. Estas caldera con capacidad de agua buena, pero una superficie e vaporización muy pequeña. Levanta vapor pronto y tiene buenas características de circulación interna, con excesiva humedad en el vapor.

Tratamiento de Agua Los precipitados se acumulan en el fondo de la camisa de agua del fogón, no importando que el agua de alimentación contenga cantidades grandes de precipitados, sedimentos o fangos, ya que éstos no ocasionarán mayores molestias. La excesiva cantidad de sólidos y fangos, ocasionarán la purga diaria de la caldera. El agua se trata muy rara vez para estas calderas.

Combustibles y Tipos de combustión La caldera vertical de tubos de humo se adapta a cualquier combustible y combustión. La limitación la constituye el tamaño del fogón cuyo volumen no puede aumentarse.

Capacidad Esta caldera esta nominalmente establecida por el SBI sobre la base de 0.929 m² de superficie por caballo de caldera. Esta caldera es de baja eficiencia por el tamaño de su fogón, no trabaja a más de 125 % de su capacidad. No acumula hollín, y su eficiencia se acerca mucho a la de una unidad horizontal de alta eficiencia que trabaje con descuido.

CALDERAS RESIDENCIALES

Tiene una variedad amplia de formas y diseños los cuales se utilizan en la producción de agua caliente, más que para producir vapor. Las unidades pequeñas utilizadas en un mercado sumamente competitivo.

La caldera residencial puede ser de forma horizontal o vertical del tipo tubular, con un cambio de diseño tal, que no le deja semejanza con las caldera usuales.

Su rendimiento de las calderas verticales de tubos de humo para agua caliente, va de 34 020 kcal / hr hasta 453.6 kg. /hr de vapor.

Diseño Tiene una construcción de acero con uniones de soldadura, incluyendo los fluses o los tubos especiales rectangulares. La eficiencia queda relegada a menor importancia frente a la economía en los costos de producción y a la apariencia estética. Las calderas sujetas a las disposiciones del SBI, tienen una eficiencia del 70 % al probarse con el 150 % de su capacidad nominal. Estas calderas van equipadas con

una cubierta de lamina (con frecuencia esta cubierta es de un diseño especial, para la instalación de la unidad en la cocina o en algún closet).

Flujo de los Gases La caldera más pequeña es una unidad de un solo paso. El diseño de las más grandes puede basarse en dos pasos. Estos pasos son cortos y en aquellas unidades que no se sujetan a las especificaciones del SBI, la temperatura de salida es alta. Algunas calderas tienen serpentinas insertadas en los flujos como equipo estándar.

Circulación La caldera tiene un volumen de agua reducido la circulación interior es intensa y con calentamiento rápido.

Tratamiento de Agua Tiene una circulación del 100 % . Los precipitados sólidos en suspensión o sedimentos no requieren atención, ya que las impurezas no presentan problemas especiales en los sistemas de calefacción. Debe ser tratada el agua para el arranque, para ayudar a la limpieza de los sistemas y para reducir el mínimo de corrosión, ocasionado por la presencia de oxígeno en el agua.

Combustible y combustión Algunas calderas solamente utilizan un tipo de combustible, que se quema en un quemador convencional; puede ser de aceite, gas o de combustible sólido, montado separadamente. Hay calderas convertibles dotadas de quemadores especiales integrales, para alimentarse con aceite o gas.

Capacidad El Código de Normas de Capacidad del SBI, regulariza la capacidad de estas calderas sobre un rendimiento de 16 817 kcal /m² / hr . La eficiencia de esta caldera es de 60 %, dependiendo de su operación. La caldera no debe sobrecalentarse para forzarla más allá de su capacidad nominal

B.- CALDERAS DE TIPO ACUOTUBULAR

Las calderas acuotubulares de tubos de acero se clasifican de la siguiente manera :

1.- Caldera horizontal de tubos rectos :

- a).- De cabezal de caja o cabezal seccional
- b).- Domo longitudinal o transversal (cruzado)
- c).- Portátil, con hogar de caja

2.- Caldera de tubos curvados :

- a).- De cuatro domos
- b).- De tres domos
- c).- De cabezal bajo y tres domos

- d).- De dos domos, de tubos verticales
- e).- De dos domos, de tubos oblicuos
- f).- De tres domos, en forma de A
- g).- De tubos cortos y tubos largos, de dos domos
- h).- De dos domos en forma de O

La caldera acuotubular se emplea exclusivamente para presiones superiores a los 10,55 kg. / cm² y capacidades de 6 804 kg. / hr de vapor. Hay también calderas acuotubulares pequeña de baja presión utilizadas para calefacción. En las termoeléctricas hay presiones de trabajo de 351.5 kg. / cm²

Las calderas de tubo de humo de acero no tienen buena capacidad y presiones. Los cuerpos tienen diámetros grandes lo que hace que requieran de placas más gruesas, para soportar los esfuerzos a los que son sometidos por la presión y la temperatura. La diferencias de las temperaturas ocasionan grandes tensiones, de gran magnitud. Las tensiones, en combinación con los efectos de la incrustación y otros sedimentos dan lugar a explosiones de calderas.

La caldera acuotubular tiene tubos y domos; los tubos interconectan los domos, estos se localizan en la parte exterior con relación a éstos. Los domos almacenan agua y vapor, pueden fabricarse en muchos menores diámetros que los cilindros de las calderas de tubos de humo, se pueden construir para presiones más altas. La superficie de calefacción queda circunscrita únicamente a los tubos. Estas calderas tienen circulación natural de agua, no así para diseños especialmente para circulación forzada o controlada.

Las calderas acuotubulares son del tipo del tubo recto o del tipo de tubos curvados. Las calderas de tubos curvados de mejor características de presión y temperatura desplazan a las calderas de tubos rectos en servicios de alto rendimiento, por lo mismo esta caldera a crecido en la industria productora de fuerza.

Costo El costo de esta caldera es pequeña, pero más alta a la equivalente a la de tubos de humo. Pero su eficiencia compensará su costo inicial, mayor de todas maneras. En las termoeléctricas, el costo se amortiza muy pronto de los supercalentadores y de los economizadores.

Capacidad Existe una garantía de capacidad, basada en una prueba de aceptación. La determinación de la superficie de calefacción, tiene un interés académico, pero sin embargo, necesario para la selección de la válvula de seguridad y selección de las calderas portátiles de fogón de caja. Sin los supercalentadores y economizadores, la caldera acuotubular alcanza eficiencias del 78 y 80%.

1.- CALDERA HORIZONTAL DE TUBOS RECTOS:

Esta caldera queda entre la caldera de tubos de humo y las grandes centrales termoeléctricas, debido a la escala de sus capacidades y presiones se usaron hasta

hace muy poco en la industria, principalmente para vapor de procesos, para calefacción y para generación de fuerza.

La caldera horizontal acuotubular de tubos rectos producen de 4 536 kg. / hr de vapor por cada 305 mm de ancho de la caldera. El diseño es sencillo y sus pérdidas en el tiro son bajas.

La unidad se ensambla usualmente en la obra. Se instala en lugares donde se sigue técnicas sencillas de montaje. Sus dimensiones van de 2.134 m de ancho por 4.572 m de altura por 4.877 m de largo y 4.572 m por 4.572 m por 6.703 m.

La caldera de tubos rectos alcanza popularidad por sus costos de producción y montaje, como por su adaptabilidad y estandarización y a la técnica de producción en serie.

La caldera pequeña de tubos rectos, presentan las ventajas siguientes :

1. La pérdida de tiro baja
2. Visibilidad de cada tubo de extremo a extremo antes y después de la limpieza interna.
3. Tubos fácilmente reemplazables
4. Poca altura del cuarto de caldera
5. - Accesibilidad de todos los componentes para su inspección y limpieza a mano del lado del fogón, trabajos posibles durante la operación, si es necesario.

Las desventajas en estas calderas son las siguientes :

1. - Su acceso necesita más tiempo, y precios de mano de obra considerables, por los registros que hay que remover, reponiendo los empaques para apretarlos nuevamente.
2. - La superficie limitada para la liberación de vapor, dificulta la separación correcta del agua y vapor durante los consumos altos.
3. - El coeficiente de evaporación está limitado por la circulación interna relativamente baja y por la mala circulación interna relativamente baja y por la mala distribución circulatoria.

Una caldera de tubos rectos modificada de domo transversal y cabezales seccionados, utilizados en servicios navales (calderas marinas) . El fogón tiene enfriamiento de agua, con supercargadores, economizadores y calentadores de aire intercalados entre los tubos.

Diseño

La caldera de tubos rectos , construida de tubos agrupados, dispuestos en forma alternada; con inclinación de 5 a 15 grados facilitando la circulación interior y en los extremos están insertados en los cabezales y sujetos a éstos por avelianado. El cabezal proporciona la superficie necesaria para la interconexión de los tubos. El cabezal se conecta al domo por medio de tubos de

circulación (tubos de bajada para alimentar agua a los tubos; tubos de subida para acarrear agua y vapor de los tubos); También se hacen conexiones a manera de soportes huecos con planchas de acero. El domo es longitudinal o transversal (cruzado) con relación al eje de los tubos de la caldera. Hay calderas con un hogar portátil de caja, con bóveda como caja de vapor y paredes de agua en el fogón en vez de domo. El extremo más alto está del lado del hogar.

El área de la superficie de calefacción se modifica al variar la longitud de los tubos y el número de hileras en ambos sentidos; hacia arriba y hacia lo ancho. Los tubos, con diámetro de 76 mm a 101 mm, tienen una separación de centro de 178 mm a 204 mm horizontalmente, y de 152 mm verticalmente (con excepción de los tubos de parrillas de escoria, con una distancia entre centros de 305 mm). Los tubos del mismo diámetro y longitud, pero nunca son más de 5.48 m a 6.09 m de largo. Aumentando la presión de trabajo, cambia el diseño de los cabezales. Se requiere mayor espaciamiento entre los tubos, de menor diámetro.

Las mamparas internas están dispuestas horizontalmente, paralelas a los tubos y entre éstos o en posición vertical (cruzando los tubos). Las mamparas situadas de manera que permitan dos o tres retornos de los gases a través de los tubos.

En los cabezales, al lado opuesto de las terminales de los tubos, se colocan registros de mano de gran tamaño para permitir la remoción o renovación de los tubos, para cepillarlos y limpiarlos interiormente. Los registros de mano son de forma elíptica, maquinados para proporcionar un asiento plano y liso y llevan tapas de acero forjado (tortugas) .

Se instalan supercalentadores para una elevación máxima de la temperatura de 38 °C. Se llaman de superpuesto o intercalado, dependiendo esto de su localización en la caldera

Circulación

Por los tubos inclinados se eleva el vapor y el agua hacia los cabezales frontales, ascendiendo por éstos para subir por los tubos de circulación hasta el domo. De aquí pasa el agua a través de los tubos de bajada hacia los cabezales posteriores, éstos entran a los tubos para completar el ciclo. En las calderas de domo longitudinales agua es regresada por una aleta defleora a través del domo de vapor. En las calderas de domo transversal, se usa separadores de vapor, evitando el paso de humedad y precipitados, purificándose el vapor. Según la descarga de los tubos en el domo, a la altura del nivel del agua o abajo de esta línea se le llama caldera de descarga expuesta o de descarga sumergida respectivamente.

Combustibles y combustión de los mismos.

Esta caldera es adaptable para su operación con aceites combustibles, gas carbón, bagazo, o leña. La combustión incluye quemadores de aceite o gas y alimentación manual o mecánica. El carbón pulverizado es poco usado. La combustión es de control manual.

Caldera de Cabezal de Caja:

Esta caldera tiene cabezales ascendente y descendente en forma de caja, formada por el espejo y la placa de registro de mano o contraespejo. El cabezal está perpendicular a los tubos, está reforzado contra las presiones internas por medio de pernos sólidos o huecos. Los cabezales de caja dan una mejor circulación interna que los cabezales seccionales y son mejores para operar a altas capacidades.

Estas calderas se construyen para capacidades de 1 814 y 7 680 lb/h de vapor, existen también de capacidades de 11 248 kg./h de vapor. Sus presiones se encuentran 11.25 y 17.58 kg./cm², pero hay también unidades de 1 hasta 42.2 kg./cm² de presión.

Caldera de Cabezal seccional:

Este diseño se compone de cabezales intercambiables de acero forjado, en setos se fijan los tubos por medio de rotado. Cada sección conecta una o más hileras verticales de tubos. Los cabezales perpendiculares en relación con los tubos, o también verticalmente, en cuyo caso los orificios de inserción para los tubos quedan inclinado, para que entren libremente. El cabezal es de forma sinuosa, para permitir la alteración de los tubos.

Una batería de tubos consisten en una o más secciones paralelas, cada una con cabezales frontal y posterior cada sección lleva un dispositivo de tapa sencilla, doble o triple. Cada sección conectada con el domo por un tubo sencillo de bajada y uno de subida, pero no así con las calderas de tapas múltiples, algunas veces llevan nipples para conectar los cabezales en posición vertical.

Los extremos inferiores de los cabezales de bajada, se conectan por medio de nipples con un cabezal pequeño llamado domo. El colector de sedimentos sólidos en suspensión o fangos que pueda tener el agua de la caldera, tiene una conexión de purga.

Caldera de Domo Longitudinal:

En estas calderas el domo de vapor, está colocado longitudinalmente a los tubos y arriba de los mismos. En grandes instalaciones se colocan dos o más domos. El domo tiene posición horizontal aunque en algunos casos se coloca inclinado; es decir paralelos a los tubos.

Los tubos para la circulación de vapor y del agua se conectan en hileras radiales al domo. Esta forma limita el número de secciones que se puede conectar a un domo sencillo. Un domo de 1 219 mm de diámetro se puede conectar hasta con 14 secciones. A consecuencia de esta limitación la caldera de domo longitudinal es económica solamente para plantas chicas (presiones limitadas), las cuales puede ser deseable contar con capacidades de domo relativamente mayores.

En la colocación de domo horizontal, el desfogue de los gases de combustión está localizado en la parte posterior, abajo del mismo. Con esta clase de instalación del domo inclinado, se hace necesario una conexión especial (tragante de humo) colocada lateralmente o en la parte superior.

La superficie de calefacción está comprendida entre 92.9 y 929 m² y la capacidad entre 768 y 36 288 kg./h de vapor. Para presiones de 11.25 a 22.85 kg. /cm².

Caldera de Domo Transversal:

Esta caldera combina la construcción económica con un diseño ventajoso del fogón. Requiere menos espacio de altura que la del domo longitudinal. Su construcción permite mayor anchura (y capacidad), mediante un alargamiento del domo. El domo transversal está dispuesto en forma de cruz con los haces del los tubos y encima del cabazal de bajada. Se conectan los tubos de circulación de agua y vapor al domo en hileras longitudinales, no hay limitación por el número de tubos de interconexión. Los gases de combustión se descargan en la parte superior del domo o por la parte inferior según lo permita las condiciones de altura y del espacio disponible. La operación de la caldera a altas temperaturas se obtiene mediante la descarga uniforme del vapor al domo en su longitud total. La caldera de tambor sencillo tiene fuertes oscilaciones de presión con las fluctuaciones de la carga.

El diseño de esta caldera presenta muy amplias posibilidades en cuanto a la disposición de la superficie de calefacción para satisfacer la capacidad necesaria, eficiencia, medidas, localización de la salida de los gases de combustión, adaptación de los supercalentadores, recalentadores, chimeneas y pérdidas de tiro.

En la caldera de domo cruzado la superficie de calefacción está entre 92.9 y 2 323 m². Su capacidad fluctúa entre 2 268 y 238 140 kg./h de vapor y presión de diseño entre 11.25 y 102 kg./cm².

Caldera Portátil con Hogar de Caja de Tubos Rectos:

En esta caldera el fogón está rodeado de paredes de agua (excepto en el lado del piso), y va provista de tubos de agua horizontal colocados a lo largo de su parte superior. Esta caldera se construye tanto para baja presión de 1 kg./cm² para instalaciones de calefacción, como para generación de fuerza con presiones de hasta 17.6 kg./cm² se fabrica en tamaños de 14.7 a 232 m² de superficie de calefacción. Es una unidad eficiente, con capacidad amplia de sobrecalentamiento y poca pérdida de eficiencia. Como no se forman depósitos de hollín, su limpieza es mínima. Es de vaporización rápida por su volumen de agua reducido y tiene una circulación interna intensa por lo tanto la liberación del vapor es grande.

Diseño Se compone de una placa exterior envolvente y una cubierta que forma la bóveda del fogón, tal como la construcción de la caldera portátil de tubos

de humo. En la parte superior del cuerpo de la caldera, se encuentra un espacio para depositar agua también la cámara de vapor. Los tubos de agua (colocados en progresión alternada para obtener un mayor contacto con los gases calientes), van sujetos a la parte posterior y frontal de dos cabezales del tipo de caja.

Cuando se utilizan combustibles sólidos, se coloca un altar con enfriamiento de agua que limita la acción de la flama de la combustión; atrás del altar se coloca una trampa para cenizas volantes. Para el accionamiento de quemador de aceite, se utiliza la totalidad de la cámara de combustión, acomodando las mamparas para los tres retornos de acuerdo con esta disposición.

La caldera admite la colocación de un incinerador o de parrillas para quemar el carbón en casos de emergencia, dispositivo acomodado en el lado posterior del largo del fogón. Los serpentines para servicios de agua caliente, se operan por inmersión en el agua de la caldera.

2.- CALDERAS CON TUBOS CURVADOS

Las ventajas de este tipo de calderas sobre las de tubo recto son:

1. - Debido al uso de soldadura, aceros mejorados, construcción de paredes de agua y nuevas técnicas de fabricación da mayor rendimiento económico.
2. - Mejor acceso para la inspección, limpieza y mantenimiento.
3. - Trabaja con mayor capacidad de evaporación y entrega vapor más seco.

Esta caldera está formada esencialmente por domos (o domos y cabezales) interconectados por medio de tubos curvados. Tiene un fogón con enfriamiento de agua y los tubos curvados se colocan de manera que circunden el hogar, incorporando con una parte integral de la caldera.

Las calderas modernas están comprendidas dentro de esta clasificación, incluyendo todas las calderas de las grandes centrales termoeléctricas. En la actualidad se fabrican también muchas calderas más chicas, de tipo paquete, con tubos curvados, para la generación de fuerza.

En las unidades modernas de los tubos curvados, la capacidad se mantiene en una proporción menor de 29 756 kg. de vapor por hora, por metro de ancho de la caldera, considerando exclusivamente la superficie que absorbe el calor radiante. Las calderas pequeñas han sido bastante bien estandarizadas reduciéndolas a un número relativamente escaso de tipos. La caldera es de paredes refractarias o enfriadas por agua, en las que algunas ocasiones se construye de acero a manera de caja para operarse sin presión. Su ensamblaje tiene que hacerse en la obra. La caldera más popular son las de dos y tres domos, de altura reducida, las inclinadas, de dos domos, las de tipo O de dos domos y las de tres domos de tipo A, así como las de tipo paquete.

Hogar Integral

En un inicio este tipo de calderas se montaban sobre un fogón de mampostería o tabique refractario, de manera que todas las superficies absorbían calor. Al aumentar el tamaño del fogón y las temperaturas, el costo del material refractario se incrementa en exceso, especialmente si se quemaba carbón pulverizado. Las altas temperaturas de los gases, quemaban o destruían la superficie de la caldera. Primeramente en forma parcial se fueron recubriendo los fogones y después totalmente con paredes enfiadas por agua. Aparte que las paredes de agua reducían en costo de mantenimiento, y evitaban el acostamiento de la caldera, generan también vapor, proporcionando una excelente circulación obteniendo mayores capacidades. Se alcanzan eficiencias más altas debido al alto porcentaje de la superficie de calefacción directa.

En las calderas ya en servicio fueron colocadas primero las paredes de agua en los hogares, siendo su circulación más o menos independientes de la circulación de la caldera. Más tarde todo fue integrado a la caldera.

Se logró evitar que la ceniza del carbón pulverizado se acostara en el fondo del fogón con la instalación de una parrilla de agua, que es en sí una armazón de tubos cruzados, que protegen el piso del fogón de la radiación y de las cenizas. Todo el piso fue protegido por una superficie enfiada por agua al incrementarse la potencia de los hogares y se diseñó para remoción continua o intermitente de la ceniza.

Diseño

La caldera de tubos curvados, es por excelencia una unidad de domos múltiples. Usualmente, tiene un domo abajo y el resto en la parte superior de la caldera. Una excepción es la caldera de tipo A, la que tiene dos domos bajos y una en la parte superior. El domo bajo, es el domo de sedimentos y tiene una válvula de purga, para desfogar los mismos. Los superiores son domos de agua y vapor (nombrados domos de vapor), en un momento dado algunos de ellos pueden estar llenos de agua. Los separadores de vapor (elementos internos de los domos), eliminan el arrastre de humedad y precipitados, purificando el vapor.

Dentro de la cámara de combustión los tubos pueden estar inclinados o dispuestos en secciones verticales, o bien pueden formar paredes de agua. El tubo curvado permite una gran flexibilidad en el diseño sobre todo en la relación con la disposición del domo, ya que se inserta radialmente. El tubo curvado permite también la libre expansión y contracción.

Los tubos de las calderas y los de las paredes, se soportan generalmente en los domos, a los que están conectados. Algunas calderas se soportan en el piso y otras se suspenden de los domos superiores (sin descuidar en control adecuado de la expansión y de la contracción). Las mamparas para la deflexión de los gases se disponen en muchas formas diferentes, conduciendo el flujo de los mismos transversal, longitudinal o a lo largo de los tubos, en uno o varios pasos. La tendencia a la adherencia de escoria se reduce colocando los tubos en forma casi vertical. Para evitar la acción abrasiva de la ceniza, así como las características desfavorables en la fusión, deben considerarse estas dos posibilidades en el proyecto del diseño de una caldera.

Los domos de las calderas acuotubulares están protegidos contra el calor radiante del fuego y se diseña de tal manera que los sedimentos se depositen fuera de la zona de circulación rápida. Con excepción de los hogares integrales de paredes de agua, sus proporciones son alteradas para satisfacer las variaciones que se presenten. El aumento de la capacidad de la caldera se obtiene sin aumentar los diámetros de los domos. La caldera de tubos curvados es un vaporizador rápido; su reacción a las fluctuaciones de carga es rápida por su volumen relativamente reducido, en comparación con su capacidad generadora de vapor. Esta flexibilidad en la evaporación es sostenida sin llegar a un esfuerzo excesivo.

Combustibles y Combustión Los métodos de combustión empleados incluyen quemadores de aceite y gas así como alimentadores mecánicos de combustibles sólidos, dada estas características se adaptan a la mayoría de los combustibles usados en las calderas. Para las capacidades de 45 360 kg./h. de vapor, su usa carbón pulverizado o triturado (fogón de ciclón) como material de combustión.

Unidades Generadoras de Vapor Tipo Paquete:

La caldera acuotubular de tubos curvados es, adaptable al modelo de caldera tipo paquete. Estas unidades se construyen en forma completa, con quemador de combustible, ventilador de tiro, bomba de alimentación de agua, aislamientos térmicos, accesorios, bastidores y controles.

3.- CALDERAS DE CIRCULACIÓN FORZADA.

En esta caldera el agua tiene una circulación forzada que hace fluir el agua a través de los generadores de vapor en la dirección deseada. Independientemente del grado de aplicación de calor puede ayudar al esfuerzo de la bomba, al dar origen a una altura de circulación (la cual depende de la posición de los tubos generadores de vapor, aunque esta altura no es un requisito para el funcionamiento satisfactorio).

La caldera de circulación forzada es diferente a una de circulación natural solamente por la superficie de evaporación. El supercalentador, recalentador, economizador de aire y otros equipos correlativos, trabajan en la forma acostumbrada, con los mismos factores para el diseño del hogar.

Con el empleo de la circulación forzada, no se usan los grandes ductos para el paso del agua y del vapor, con su disposición tan cuidadosamente diseñada para la promoción de la circulación natural. Estas limitaciones desaparecen, ya que una o varias bombas pueden vencer cualquier resistencia al flujo.

La caldera de circulación forzada es capaz de dar coeficientes altos de evaporación, por estar asegurada la circulación correcta. El diseño puede ser para grandes cargas de fuego en el hogar y altas velocidades de los gases de combustión. El diámetro exterior de los tubos, se reduce a 25 mm. con coeficientes de absorción de calor de 542 485 a 1 627 456 Kcal / m² / hr . La reducción en los diámetros de los

tubos y en el tamaño de los domos reduce al mínimo la cantidad de agua manejada, permitiendo usar bombas relativamente pequeñas.

La unidad se construye con mayor economía, con menos pasos de los gases (retornos) y menos mamparas reduciendo la potencia consumida por el ventilador. La economía de ventilador, compensa la energía requerida por la bomba.

El suministro de agua a los tubos individuales de las paredes del fogón y de las secciones de la caldera, se proporciona de acuerdo con las condiciones vistas antes en el diseño. En las entradas a los tubos generadores de vapor, se han colocado orificios y espreas, causando la graduación del flujo total o de la distribución individual, independientemente de las condiciones térmicas del fogón.

Las calderas de circulación forzada se clasifican de la siguiente manera:

- 1.- Caldera continua
 - a).- Caldera Benson
 - b).- Caldera Besler
- 2.- Caldera Continua modificada
- 3.- Caldera de Circulación Controlada
 - a).- Caldera Lamont
 - b).- Caldera Velox
- 4.- Evaporador por Vapor supercalentado
 - a).- Caldera Loeffler

Caldera Continua:

El agua de alimentación es forzada a través de los circuitos de la caldera continua en cuyo trayecto cambia de estado, convirtiéndose en vapor. Después de esto es calentada, evaporada y supercalentada al suministrársele mayor cantidad de calor. La capacidad de generación de vapor es igual numéricamente, a la cantidad de agua que se le suministra. Normalmente es tipo de caldera no necesita un domo de agua y vapor. Debido a que no se fuerza ningún exceso de agua a la caldera, no se requiere otra clase de bombeo que el de las bombas de alimentación de la caldera. Esquemáticamente esta caldera, se ilustra mediante un tubo largo, calentado por una flama, en la que se inyecta el agua por un extremo y del otro se aprecia el escape de vapor. Debido a rápido de la conversión del agua en vapor durante su contacto con las superficies calientes de generación, este tipo de caldera reciben el nombre de caldera instantánea.

Calderas Benson.

Se caracteriza por la ausencia de domos de separación de vapor. Algunas de las ventajas de esta construcción son:

1. - Carece de limitaciones de la presión de vapor
2. - Es adecuada para trabajar a presiones supercríticas de vapor
3. - Eliminación del costo de los domos
4. - Se eliminan los dispositivos de bajada y las bombas de recirculación
5. - Control rígido

Responde sensiblemente a los cambios de régimen de combustión esta unidad, y por consiguiente es muy adaptable para su operación con una turbina de diseño especial, en la que se utilizan presiones variables para la compensación de cargas variables.

El diseño incluye una válvula especial y una disposición de los tubos, que un grupo de los mismos puede aislarse y lavarse en un momento dado. Un tubo de calefacción auxiliar, derivado alrededor del dispositivo de estrangulamiento, indica mediante control térmico, algún cambio que ocurra en la dosificación de calor antes de que la presión o la temperatura de vapor sea afectada.

Para las calderas Benson el diseño para las presiones supercríticas hay que tener presente las siguientes consideraciones.

1. Una frecuente recolección, mezcla y redistribución del fluido
2. Un coeficiente bajo de absorción de calor y una distribución uniforme del calor en los circuitos del fluido
3. Localización de la zona de vaporización o conversión final en una sección en la que los gases de combustión tengan temperatura baja
4. La sección de presión debe ser drenado

Se construyo para capacidades hasta de 99 792 kg./ h de vapor y presiones máximas de 225 kg. / cm². Los coeficientes de combustión son de 1 799 957 kcal / hr /m³. Se usan fogones de alimentación mecánica con carbón, carbón pulverizado, aceites combustibles y gas.

Caldera Besler.

Consta de un dispositivo largo en espiral, que se constituye de un economizador de vapor, una zona de transición en donde se completa el proceso de la evaporación y una sección de supercalentamiento. La zona de transición encierra por completo el hogar, mediante un serpentín helicoidal de espiras muy juntas. Se utiliza agua destilada para la alimentación, ya que no hay dispositivos para limpiar los tubos. A consecuencia de su rápida transferencia de calor, características especiales de diseño y flexibilidad en el control automático, esta caldera puede elevarse desde su trabajo en vacío hasta plena carga en sólo 4 seg. Se construye en una serie de tamaños estandarizados, con

capacidades desde 680 hasta 3 500 kg. / hr de vapor y presiones de 88 a 130 kg. /cm², y supercalentamiento hasta de 537 °C. Con estas unidades se llegan a obtener coeficientes de combustión de 4 449 514 kcal / hr / m³.

Caldera Continua Modificada:

Esta caldera es también llamada caldera continua subcrítica, descarga su vapor húmedo y el agua a un separador externo (cámara de separación). Una parte del agua es evacuada por medio del purgador, para controlar la cantidad de sólidos y sales en solución manteniendo en esta forma la concentración deseada. El resto del agua entra en la sección de convección junto con el vapor, para acompletar el secamiento y pasar al supercalentador.

No se necesita otra bomba de circulación, únicamente con la de alimentación de agua, pero es preciso utilizar un equipo de control sensible y de gran seguridad para operar a presiones supercríticas .

La caldera Sulzer pertenece a esta clasificación, es un interceptor de sales, en un punto en que todavía hay un grado de humedad del 5 al 10%. Esta humedad que arrastra la mayor parte de los sólidos y sales, es recolectada en los recolectores, y una purga periódica expulsa la concentración de los concentrados

Calderas de Circulación Controlada:

El tipo de estas calderas el agua de los tubos no es evaporada hasta su resecamiento completo, sino sólo hasta el punto en que los sólidos y sales son retenidos en solución. La mezcla de agua y vapor pasa al domo. El cual el vapor es separado, donde se le despoja del excedente de agua, pasando de allí al supercalentador. El agua separada, junto al agua de alimentación, es regresada a las bombas por los dispositivos de baja. Una parte del agua es eliminada

La cantidad de agua que pasa a través de la caldera (gasto de circulación), es de 3 a 20 veces más que la cantidad evaporada. Esta relación requiere bombas de recirculación constante, a parte de las bombas de alimentación del agua. El costo de operación de estas bombas debe cargarse a los costos generales de operación de la caldera.

El sistema de control acostumbrado tiene que utilizarse, porque la cantidad de agua de alimentación se regula de modo que el nivel de agua del domo sea constante. La regulación de combustible y del aire se puede hacer de manera manual o automática, tal como una caldera normal de circulación natural.

Caldera LaMont.

En este tipo de caldera el agua pasa primero por los tubos de las paredes de agua de donde va a los tubos de convección; o se invierte el sentido de la corriente, en cuyo caso los tubos hacen las veces de economizador. La bomba de circulación, que opera una presión de entre 2.11 y 3.52 kg. / cm², mueve un volumen de 3 a 6 veces mayor que el monto de la evaporación, consumiendo el equivalente del 0.5 al 0.6% de la potencia nominal.

Esta caldera es adaptable a todas las presiones hasta llegar a la supercrítica y para todas las capacidades hasta de 45 360 kg. / hr de vapor.

Caldera Velox.

Esta caldera trabaja con combustión bajo presión o supercargada. La cantidad de agua circulada es 10 veces mayor que la evaporada. La unidad está sujeta a la combustión de aceite o gas, que pueden ser inyectados a presión, con una muy pequeña o ninguna producción de ceniza.

Puede obtener coeficientes de evaporación muy altos, la eficiencia muy por encima del 90%, y no es necesariamente una máquina de alta presión. La principal desventaja la constituyen la cámara de combustión que trabaja bajo presión y que presenta problemas constructivos.

Evaporadores por Vapor Supercalentado.

Aquí el agua no entra a la caldera propiamente, por tal motivo, son eliminadas las incrustaciones o depósitos de sólidos en la superficie de calefacción. El evaporador se compone de una bomba de vapor, la caldera y el hogar y un domo o tanque de vaporización.

La bomba hace circular el vapor a través de los tubos del supercalentador de fuego radiante y luego por los tubos del supercalentador de convección. Una parte de este vapor sale hacia el punto de consumo por la salida principal y el resto es regresado al domo de vaporización en donde es descargado por medio de chifones sobre el agua. El supercalentamiento se utiliza para convertir el agua de alimentación en vapor por medio de contacto directo. Este vapor es succionado de la parte superior del domo por la bomba de vapor, y el ciclo se repite.

Este procedimiento asegura el paso a través de la caldera de únicamente vapor limpio. Los sólidos en suspensión y las sales quedan en la parte baja y son desalojados por purgas periódicas.

El domo no necesita instalarse dentro o arriba de la caldera. Con frecuencia se le coloca al ras o más abajo del piso de operación, eliminando la necesidad de construir pesadas y fuertes estructuras de acero.

Como el vapor forma el medio de remoción de calor, tiene que ser denso; es decir debe tener altas presiones antes de que la caldera pueda trabajar a coeficientes altos de combustión. Por esta razón esta caldera no es práctica a presiones menores de 53 kg. / cm² g. Como la bomba de vapor tendría que manejar un volumen muy alto en presiones bajas, en la actualidad resulta antieconómico operar con estas calderas a menos de 120 a 134 kg. / cm² g. La velocidad del vapor en los tubos es aproximadamente de 19.8 m / seg.

Para arrancar una caldera de este tipo debe haber circulación de vapor. Si no hay vapor en el domo, debe inyectarse de alguna otra fuente. Un modelo característico del evaporador por vapor supercalentado, es la caldera Loeffler.

Caldera Loeffler.

El diseño avanzado del Dr. Ing. Stephan Loeffler en 1923. Estuvo tan seguro que fabricaban sus calderas no tuvieran dificultades de incrustaciones, que los tubos están soldados a los cabezales, y no se han previsto ni tapones ni registros de mano.

C.- CALDERAS DE CASCO DE ACERO

Se clasifican de la siguiente manera:

- 1.- Caldera de casco de acero, con aplicación de fuego externo
- 2.- Calderas de casco de acero de fogón interno.
- 3.- Calderas sin fuego.
 - A).- El acumulador.
 - b).- Calentador de contacto directo.
 - C).- Calentador de tubos perforados.
 - D).- Calentador de carcada.
 - E).- Calderas de permutación térmica.
- 4.- Generador de vapor de calefacción eléctrica.
 - A).- Grandes generadores de vapor de calefacción eléctrica.
 - b).- Pequeñas calderas de vapor para fuerza.

Este tipo de calderas es un simple tanque cerrado que contiene agua, sobre el cual actúa una fuente de calor. La cual puede ser:

- 1.- Un fogón
- 2.- Vapor u otro fluido caliente
- 3.- Calefacción eléctrica

Si la caldera es operada por medio de fuego la flama se aplica al fondo o parte de abajo, o se le adapta un fogón interno.

CALDERA DE CASCO DE ACERO, CON APLICACIÓN DE FUEGO EXTERNO.

En las primeras calderas de casco de acero que se construyeron el tanque era cilíndrico. Esta forma de tanque proporciona resistencia para soportar presiones y presenta una superficie de calefacción formada por el fondo del cilindro. La capacidad del vapor y la eficiencia eran bajas, a consecuencia de la superficie pequeña de absorción de calor; solamente la parte inferior del cilindro y uno de sus extremos absorbían calor de los gases (por radiación y accidentalmente por convección). Actualmente ya no se fabrica esta clase de calderas comercialmente, exceptuando las teteras, ollas de presión y objetos similares.

CALDERA DE CASCO DE ACERO DE FOGÓN INTERNO

Esta caldera se usa para servicio doméstico de agua caliente o como caldera portátil. Está formada por una envolvente cilíndrica en cuyo interior se encuentra el fogón. Una salida de los gases de combustión está conectada a la tapa superior, en disposición vertical u horizontal. Su capacidad es limitada y su eficiencia es baja. Es muy económica, y a pesar de todo, satisface una necesidad real.

CALDERAS SIN FUEGO

Es un aparato par transmitir calor que cuenta con una fuente indirecta de calefacción en forma de agua caliente o en líquidos térmicos. El tanque puede ser un simple intercambiador térmico o bien ser de gran volumen para la acumulación y almacenamiento de calor.

Acumulador

Es un cuerpo cilíndrico de almacenamiento térmico, que se llena de agua a las tres cuartas partes de su volumen, cuyo contenido es calentado mediante la inyección de calor o de agua a alta temperatura (AAT). A principios el acumulador se hizo para mejorar la eficiencia de las plantas de energía eléctrica, utilizando el vapor del escape de las turbinas para generar agua de alta temperaturas. En la actualidad se usa para calentar agua a altas temperaturas que se convierten en agua de menor temperatura a cierta distancia de la planta (cerca de 5 km.). El acumulador se le conoce como productor o calefactor de vapor.

Se emplea para amortiguar fluctuaciones de las cargas en calderas de fuego directo. El calor es almacenado durante los periodos de poca demanda, de manera que al presentarse los periodos de mayor demanda, se puede disponer de vapor de baja presión o agua caliente adicionales para cubrir las sobrecargas. Algunas ventajas de estos son:

1. - Ahorros en la capacidad de la caldera y en el diámetro de la tubería
2. - Mejoría en las condiciones de carga de la caldera
3. - Aumento de la eficiencia de la caldera
4. - Rapidez de arranque
5. - Mayor facilidad de transporte

Hay tres tipos diferentes de acumuladores:

1. - Calentador de contacto directo
2. - Calentador con tubos de perforaciones múltiples
3. - Calentador de cascada

Calentador de contacto directo Este calentador tiene una entrada de agua de alta temperatura o de vapor localizadas abajo del nivel del agua. La entrada tiene ordinariamente un distribuidor formado por tubos de perforaciones múltiples, para ramificar el gas de flujo y obtener mayor contacto con el agua almacenada.

Calentadores de tubos perforados Este calentador retoma el agua a través de un tubo largo de perforaciones múltiples. Dentro de ese tubo se encuentra otro de menor diámetro también perforado, que suministra el vapor o agua a altas temperaturas que permite un contacto íntimo entre los dos fluidos.

Calentador de cascada El agua de retorno es inyectada (generalmente de dos lados) y forzada contra la placa superior, creando una fina pulverización, que cae en forma de cascada, por entre las placas. El vapor entra en la parte superior de la cascada. La íntima mezcla del vapor con las partículas finas formadas por la atomización, provoca una sensible absorción de calor latente, que es inmediata a la vez que eficiente.

El vapor arrastra impurezas al sistema de agua de alta temperatura. El nivel del agua es mantenido automáticamente constante, ya que el agua sobrante es regresada a la caldera por medio de un tubo de derrame.

Caldera de permutación térmica El permutador de calor es un recipiente que contiene agua o líquido térmico se calienta o vaporizado para luego removerlo. Las fuentes de calor, son elementos de inmersión con fluido caliente.

En el intercambiador o permutación, el fluido calentado transporta energía para utilizar donde se requiera. El proceso es diferente al de un evaporador o marmita, hay el calor se aplica para producir una evaporación, e igualmente distinto al proceso del condensador que se relaciona con la adsorción del calor.

Las permutaciones son vaporizadores de líquidos térmicos, intercambiadores de calor de circuito cerrado, y en las calderas de condensación de ciclo de vapor binario.

Aunque los permutadores pueden tener prácticamente cualquier forma, los diseños que se han generalizado tienen los tubos de intercambio de calor dispuestos horizontal o vertical.

GENERADOR DE VAPOR DE CALEFACCIÓN ELÉCTRICA

Este generador, de resistencia de agua usado desde 1905. Es un generador muy práctico, como lo es la caldera Ravel. Las calderas Kaelin usadas desde 1921. El generador de vapor del tipo de resistencia eléctrica es ahorrativa:

1. - Eliminación de manejo, distribución y almacenamiento de combustible
2. - Eliminación de ventiladores, cajas de turno y chimeneas
3. - Eliminación de manejo de cenizas
4. - Reducción del área del piso ocupada
5. - Eliminación de líneas de tubería larga (la instalación se hace cerca del lugar de consumo de vapor)

El costo de adquisición de la caldera de calefacción eléctrica es bajo, con todo y sus accesorios, es flexible y con poco espacio de instalación, tiene ausencia el manejo de combustibles e instalaciones para su almacenamiento y otras cosas, el consumo de energía justifica el costo mayor.

Esta caldera trabaja a base de electricidad rápidamente produce vapor, se desconecta rápidamente. Son necesarios 35 kw para producir la misma cantidad de vapor que 3.785 litros de aceite combustible.

El generador dispone de un electrodo rodeado de un cilindro de agua que trabaja como conductor para el paso de la corriente eléctrica. La resistencia del agua, con precipitados, determina el grado de liberación de calor, el agua debe ser tratada al principio para eliminar los precipitados que contiene, agregándole después sustancias conductoras.

Grandes generadores de vapor de calefacción eléctrica. Este generador contiene 3 tanques, que operan con 13 200 V. ; con capacidad de 42 000 kw , siendo éste un diseño actual. Se han construido con 68 040 kg. / hr. de vapor, presiones a bajo de 12.3 kg. / cm² g. Existen aisladores que están limitados a 204 ° C. La caldera de tres tanques posee una altura máxima de 9.14 m.

Pequeña caldera de vapor para fuerza Cuando se requiera una cantidad nominal reducida de vapor, se emplea un generador de vapor de calefacción eléctrico chico, o una caldera de generación de fuerza. Estas calderas trabajan a tensiones entre 220 y 550 V. Con capacidades de 26.3 kg. / hr de vapor, sus dimensiones de 457 mm de ancho por 762 mm de largo por 1 168 mm de altura, o hasta de 626 kg. / hr de vapor, con dimensiones de 838 mm por 2 057 mm por 1 905 mm y consumen de 20 a 400 amp. Su construcción especial para presiones de 35.15 kg. / cm² g. sin que su temperatura sea mayor de 243 ° C.

Se aprecia una caldera con tres electrodos suspendidos en una cámara de generación de vapor, dentro del tanque de presión.

Normalmente los niveles de agua de la cámara de generación y de la de regulación, son rara vez iguales, pero los dos con una proporción balanceada. Cuando la presión del vapor aumenta, el agua que circunda los electrodos es forzada hacia abajo quedando descubiertos los electrodos paulatinamente disminuyendo la intensidad de la corriente correlativamente. Este proceso disminuye automáticamente la producción de vapor permitiendo que la presión del vapor se estabilice a la intensidad fijada. Si quedan cubiertas las puntas de los electrodos, no pasará la corriente por lo tanto no habrá peligro por bajo nivel de agua.

Si la unidad es usada para pistolas de aire para pintura, es necesario instalar un percalentador de vapor de calefacción eléctrica, esto ocasionará que este aditamento sobrecalentará el vapor de 98 % de saturación en 44.4°C, con un flujo de 27.22 kg. /hr de vapor. Con esto se obtiene un vapor suficiente a una presión de 2.46 kg. / cm² g a una temperatura de 210 °C, para poder accionar dos pistolas de pintura.

2. CALDERAS DE HIERRO COLADO.

Existen dos clasificaciones primordiales de calderas de hierro colado :

- 1.- Calderas redondas de hierro colado
- 2.- Calderas seccionales de hierro colado
 - a).- Calderas con niples de inserción internos
 - b).- Calderas de cabezal externo

Este tipo de calderas se usa principalmente para calefacción baja, de presiones de 1 kg. / cm² de vapor y de 2.11 kg. / cm² de agua caliente con sus excepciones como son las calderas que trabajan a 2.8 kg. / cm², necesarias en residencias, edificios oficiales, comercios y plantas industriales pequeñas. Estas calderas son también calentadores de agua domésticos, con presiones de 8.44 kg. cm² g, con presiones de 21.1 kg. / cm²

Costo Una caldera de hierro colado, tiene un costo más alto que el de una caldera de calefacción de tubos de humo, no sólo por el costo de adquisición, sino por la labor de montaje. Después resulta económica por las condiciones de seguridad en el servicio, o costo de mantenimiento baja y durabilidad.

Combustibles y Combustión

Usada con cualquier tipo de quemadores, estas calderas se adaptan a una alimentación manual de carbón, no así las de quemadores de gas. Cuando el volumen de la cámara de combustión es grande y los pesos o retornos del flujo de los gases son amplios, las pérdidas de tiro son bajas y la chimenea con una altura relativamente baja.

Capacidad Estas calderas se sujetan a las capacidades del IBR, y construidas con las prescripciones del código de calderas ASME. Otras de acuerdo con el código de normas "ASME", basándose únicamente en la certificación de los fabricantes. Hubo un periodo en que los fabricantes eran esagerados haciendo necesario descontar el 50 % de los valores indicados en la publicidad. Anteriormente la capacidad de la caldera se determinaba con una proporción pareja de todas las secciones, no obstante, el hecho de que la adsorción de calor varía entre sección y sección, por la posición de cada una en el conjunto.

Un forzamiento, indicada en los catálogos, no es recomendado por los fabricantes. A consecuencia de su peso, la caldera tiene un arranque lento, sin embargo, caliente ésta resiste amplias variaciones de demanda.

CALDERAS REDONDAS DE HIERRO COLADO.

Esta caldera está diseñada de secciones de tal manera, que el hogar está rodeado de ductos por donde pasan los gases. Económicamente esto es importante, dentro de una esfera limitada de capacidad de 94 500 kcal / hr en agua caliente.

Diseño

La caldera redonda típica consta de :

- 1.- La base o colector de cenizas
- 2.- Sección de la caja del hogar
- 3.- Sección de la tapa
- 4.- Uno o dos secciones intermedias
- 5.- La sección del domo.

Estas secciones están unidas en hilera vertical. Las secciones unidas unas con otras por nipples de inserción y el conjunto se arma con tirantes o tornillos. Las secciones son diferentes a la inmediata contigua. El agua circula libremente de una sección a otra mediante los nipples.

El tamaño de la perilla se ve limitado por el diámetro de la caja de fuego. Y la altura de la cámara de combustión es la correcta para la combustión. Las pruebas hechas a la caldera redonda de 635 mm de diámetro, demostraron que el calor absorbido es igual a través de toda la caldera, sin tener que ver nada, la clase de combustible que se use. La instalación de una placa deflectora varía completamente la distribución de los porcentajes de calor, mientras que los gases del escape contienen aún de 9.5 % de calor sensible recuperable. El calor se recupera aumentando el tamaño de la caldera en un 50 % . Un ejemplo de esta es la caldera de secciones en hilera vertical.

Flujo de los gases

El combustible se quema en el fogón central, sobre una perilla o en una cámara de combustión redonda o cuadrada. Los gases de la combustión suben y entran a los ductos de paso, y pasan a las diferentes secciones dotadas de camisas de agua, y descargan en la caja de humo.

CALDERAS SECCIONALES DE HIERRO COLADO

Estas se componen de cuerpos verticales, y son una caldera por separado, que se unen en serie. Se les llama calderas cuadradas o rectangulares.

La caldera seccional ofrece un arranque en cualquier momento, debido al adicionamiento de secciones con sus correspondientes placas. La superficie de calefacción es grande, en comparación con su volumen de agua.; por lo tanto su vaporización, circulación interna del agua y características de eficiencia, son adecuadas.

Flujo de los gases

Cuando el combustible es quemado, los gases entran en los ductos de los pasos, al final de los cuales entran a la caja de humo para salir a la chimenea a través del regulador. Los gases conducidos por los ductos de los pasos no fluyen rápido y no se estancan en la caldera.

Circulación

Las secciones tienen una entrada de agua en el fondo y una salida de vapor en la parte superior. No circulan longitudinalmente a lo largo de las paredes del fogón, el agua circula verticalmente a través de los ductos de agua, formándose el vapor que se descargará por el niple superior.

Existen dos tipos de diseño de la caldera seccional :

1. La de niple interno de inserción
- 2.- La de cabezal externo o de tipo domo

Calderas con Niples de Inserción Internos.

Los cuerpos de está caldera se conectan por niples cónicos, después se unen al conjunto mediante tirantes o tornillos. Para reparar, o cambiar alguno de los cuerpos, la caldera se tiene que desarmar.

La caldera de niples de inserción, construida con niples largos superiores que facilite la circulación del agua de sección a sección. Lo cual permite la instalación de un calentador de agua autocontenido.

Esta caldera se opera con gas, construida con una cámara de combustión chica. Para dar su máxima superficie absorción de calor, las secciones tienen unos gorriones que forman parte de la fundición. La caldera de base enfriada por agua lleva cuerpos huecos que van llenos de agua y que rodean por completo la cámara de combustión, desde el fondo del fogón o caja de cenizas hasta las paredes laterales.

Calderas de Cabezal Externo

En estas calderas las secciones están conectadas individualmente a los cabezales por niples roscados. Un cabezal está al centro de la parte alta y otros dos

calpezas de retorno van al fondo, a uno y otro lado. Esta caldera hasta con treinta pares de secciones, pudiendo reemplazar estas en unas dos horas.

Para unir las secciones con los cabezales, se usan niples cortos de cuerda derecha corrida, con turca de presión y junta de empaque y la conexión esta de una manera, que cada cuerpo es independizado de los adyacentes. Si alguno de ellos sufre una rotura, puede ser desconectado sin desarmar el resto de la unidad. Si se sobrecalentará la caldera hasta su destrucción, las secciones se romperán sin ocasionar una explosión.

La falta de conexiones cruzadas que permitan el paso de agua, facilita una igualación constante de los niveles de agua a través de los niples de retorno y cabezales. Lo mismo pasa en los niples inferiores de las calderas de niples de inserción.

3.- CALDERAS DE DISEÑO ESPECIAL.

Este tipo de calderas de diseño especial se clasifica de la siguiente manera :

- 1.- Calentadores y Vaporizadores de Líquidos térmicos
- 2.- Calderas Marinas
- 3.- Calderas de Calor Desprendido
- 4.- Calentadores de Agua
- 5.- Calderas Diversas
- 6.- Calderas de tipo Paquete

CALENTADORES Y VAPORIZADORES DE LÍQUIDOS TÉRMICOS

Este calentador es un tanque cerrado, en el se calentado, sin vaporización, un medio transmisor de calor, que no sea agua, para usarlo fuera de la unidad. Un vaporizador es un recipiente cerrado en el se evaportiza un medio transmisor de calor , a presiones o menores que la atmosférica, mediante la aplicación de calor. Los fluidos que no sean aire ni agua, se utilizan como transmisores de calor para las siguientes aplicaciones:

- 1.- Transporte de calor para procesos industriales
- 2.- Transporte de energía para generación de fuerza

Es conveniente el uso de cuerpos llamados fluidos térmicos, por las propiedades químicas y físicas que poseen, en sustitución del uso del aire, agua o vapor.

El aire y el agua, son usados para el transporte de energía en forma de calor, de la fuente de origen al punto de utilización o consumo. Estos cuerpos tienen las siguientes ventajas:

1. - Bajo costo en el tratamiento de impurezas, antes o después de su uso.
2. - Su tecnología es universalmente conocida.

El aire y otros gases llamados permanentes, son conductores malos, debido al coeficiente de conductibilidad y su bajo calor específico. Los gases requieren el desplazamiento de grandes volúmenes en comparación con los líquidos, con el correspondiente aumento en el consumo de fuerza para el bombeo, para proporcionar el rendimiento de transmisión equivalente (diez veces el volumen de agua a 10 atm.) .

Los líquidos en ebullición así como sus vapores de condensación son mejores transmisores de calor que los gases al calor latente que liberan en su condensación, hace que los vapores sean adaptables para la transmisión de calor, así como para los problemas de generación de fuerza.

De todos los elementos químicos, el agua es el mejor conductor de calor. Tiene un alto calor específico, conductibilidad comparada con los de los metales líquidos y una viscosidad relativamente baja.

El agua tiene muchas desventajas, las cuales pueden servir como factor de control :

1. Se congela a temperatura bajo cero grados centígrados.
2. La presión del vapor de agua a temperaturas arriba de 204°C, es de 17.38kg/ cm² , lo suficientemente alta para requerir equipos costos
3. No se tiene condensación de calor latente a temperaturas superiores a 374 ° C
4. Cantidades considerables de energía, en forma de calor latente tienen que ser desperdiciadas cuando el vapor se utiliza como medio motriz.

Los fluidos térmicos se aplican a un sistema térmico determinado, circulándose en forma líquida o como vapores condensables, todo esto si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

1. Que el medio transmisor de calor tenga que permanecer fluido a temperaturas próximas o menores a cero grados centígrados.
2. Que la temperatura necesaria sea superior a 347 ° C
3. Que la transmisión de calor se desee sin reacciones químicas (como la que se produce entre el sodio y el agua, motivada por la rotura de uno de los tubos o por funcionamiento del equipo)
4. Que se desee la transmisión de altas temperaturas, sin la alta presión del vapor.
5. Que las propiedades técnicas y termodinámicas del medio transmisor sean ventajosas, tal como sucede en el caso del mercurio, en el ciclo de fuerza, vapor de agua-mercurio.
6. Hay que tomar en cuenta consideraciones especiales, como las que se presentan en los reactores nucleares, que requieren, absorción neutrónica y resistencia al efecto radiante, bajas. Los medios transmisores del calor se conocen con el nombre de refrigerantes.

El sistema térmico es llamado sistema de transmisión de calor, sistema líquido de calefacción, sistema térmico de transporte de calor, sistema térmico líquido y sistema térmico de vapor, se compone de los siguientes elementos :

- Una fuente de calor
- Equipo para la utilización del calor
- Un medio para la transmisión de calor
- Tanques-recipientes, bombas, tuberías, intercambiadores de calor y equipo correlativo.

Se puede suministrar calor al proceso o producto que lo requiere o alejado para su eliminación. La demanda puede ser continua o intermitente. Se emplean sistemas alternados suministrando calor y retirándolo a intervalos (Utilizando el mismo medio de transmisión o dos diferentes). El ciclo térmico es un circuito cerrado o de funcionamiento continuo (circuito abierto). El medio de transmisión es un producto muy caro, para desperdiciarlo en un ciclo abierto.

Algunos de los medio transmisores de calor se usan en estado líquido o vapor, regulando la presión convenientemente.

CALDERAS MARINAS

Las condiciones del servicio, exigen calderas de diseño y construcción especiales. Se necesita que las calderas marinas ofrezcan un espacio reducido, máxima eficiencia y la mayor seguridad de operación. El cuarteo dedicado a la maquinaria en los barcos está siendo reducido, para ampliar el espacio que produce utilidades.

No obstante que estas calderas poseen un diseño especial, comparten la clasificación de las calderas estacionarias montadas en tierra, como sigue :

1. - Calderas de cabezales seccionales, usadas en buques de carga, pasajeros, tanques y embarcaciones mercantes; usadas en el combate; como la caldera del tipo horizontal de tubos rectos, o a la seccional del tipo exprés.
2. - Calderas de humo (de tubos curvados), son del tipo de doble fogón con subida sencilla, éstas predominaron en los buques de guerr construidos justamente antes y durante la Segunda Guerra Mundial.
3. - Caldera de circulación forzada
4. - Generador de vapor de energía nuclear, usado para la propulsión de submarinos .

CALDERAS DE CALOR DE DESPERDICIO

El calor que se recupera de los productos de desperdicio o gases que resultan de los procesos industriales, es una necesidad desde el punto de vista económico, como por razones de contaminación del aire o del agua. La producción de vapor requerida por

una factoría se suministra por calderas alimentadas por calor de desperdicio. Se recupera el 2 % del monto total de la energía del calor de combustibles especiales.

El calor recuperable tiene su origen en los procesos siguientes :

1. El calor se origina como parte necesaria de un proceso industrial y que de otra manera sería desperdiciado.
2. El calor como subproducto de un proceso químico como la recuperación de líquido negro.
3. El calor obtenido de la combustión de desperdicios, tales como brazuelo y recortes de madera.

Cualquier producto o gas de desperdicio que venga de algún proceso industrial, descargado continuamente a una temperatura de 537 °C o mayor, se puede tomar en cuenta para la recuperación de calor. Aparte del vapor útil obtenible, reduce el mantenimiento de ductos, ventiladores, y chimeneas. Con frecuencia se recuperan de una manera completa las partículas de material útil en los gases ya enfriados. Los combustibles de desperdicio más importantes son:

- 1.- Gases procedentes de los altos hornos.
- 2.- Gas de los hornos de coque
- 3.- Fluido de coque de petróleo
- 4.- Llor negro.

Las necesidades específicas de los procesos de producción de acero, cobre, zinc, cemento, papel y productos similares, han dado lugar al diseño de varios tipos de calderas de vapor de desperdicio. Se clasifican de la manera siguiente :

1. Calderas de tubos de gas (para gases relativamente limpios)
2. Calderas acuatubulares (para gases limpios o cargados de polvo)
3. Calderas de tubos curvados (para contenidos de polvos muy concentrados)
4. Caldera de tres domos, de poca altura (para cargas de polvo ligeras).
5. Calderas de dos domos de paredes de agua (para gases cargados con partículas pegajosas)
6. Caldera de circulación forzada (para gases limpios de baja temperatura)
7. Caldera de fogón a presión o supercargado (para trabajar con los gases de escape de una turbina de gas).

CALENTADORES DE AGUA

Un calentador de agua es destinado a suministrar agua caliente, para uso doméstico o comercial, para calefacción de habitaciones. Una excepción la constituye el intercambiador de calor de serpiente tubular, este sirve para ambos propósitos, particularmente cuando se utiliza en procesos industriales, calefacción de albercas y usos similares. En otras mineras el concepto calentador es una unidad de flujo de agua continuo, diferente de las calderas de recirculación de agua.

La clasificación de los calentadores de agua es de la siguiente manera :

1. -Capacidad instantánea (sin tanques)
2. Método de suministro de calor (de fuego directo o de calefacción indirecta)
3. -Finalidad, servicio doméstico de agua caliente (todos los tipos residenciales)
4. -Tipo de control, para operación automática o manual (no automática)
5. -Cuerpo (envoltorio) y materiales de recubrimiento, acero galvanizado, hierro coledo, cobre, silicio, metal monel, aluminio, plástico, cemento hidráulico y materiales vídrios.

CALDERAS DIVERSAS

Algunos tipos de calderas no se consideran dentro de las clasificaciones usuales. Se construyen con un principio muy diferente o con una modificación de los tipo normales. Estas calderas comprenden los siguientes tipos :

- 1.- Calderas de tamaños o materiales especiales, tales como :

La caldera de miniatura (una caldera pequeña para la generación de fuerza)
la caldera de tubos de cobre, especialmente las de serpentín de tubo continuo en espiral y las de tubos curvados (calderas de baja presión para calefacción)

- 2.- Calderas para condiciones especiales de combustible, como la caldera de magazín, ésta tiene un comportamiento de almacenamiento para antracita.

- 3.- Calderas basadas en principio completamente diferentes, como el generador de vapor de peróxido de hidrógeno.

CALDERAS TIPO PAQUETE.

La caldera de paquete, conocida por el nombre de generador de vapor del tipo paquete, ha encontrado un amplio campo de aplicación desde la época de la Segunda Guerra Mundial, en cualquier lugar donde se necesite emplear una caldera, con excepción de las plantas termoeléctricas que requieren unidades grandes. Prácticamente todos los fabricantes ofrecen en estos días unidades estandarizadas en alguna forma y armadas en fábricas.

La unidad autocontenida, incorporando equipo de combustión, controles y accesorios, es instalada con rapidez con un costo compatible con el costo de montaje de una caldera convencional armada en la obra, puede ser más bajo. La estandarización del diseño como de la manufactura a creado unidades bien construidas; y un cuerpo de vendedores ha contribuido a este desarrollo.

Las calderas de paquete que forman una unidad compacta, con aparatos y accesorios autocontenidos es armada en la fábrica y equipada con :

1. - Quemador, generalmente para aceite combustible, gas o combinado para aceite y gas.
2. - Sistema mecánico de tiro forzado o inducido
3. - Sistema de retorno del condensado y de tratamiento del agua de alimentación (incluyendo el tanque de almacenamiento y la bomba)
4. - Aislamiento exterior (generalmente con cubiertas o chequetas).
5. - Material refractario
6. - Accesorios (manómetros, válvulas de seguridad o de alivio, columnas de control de nivel)
7. - Tablero de control.
8. - Soplador para hollín (si está especificado)
9. - Precalentador de aceite combustible (si se necesita)
- 10.- Tubería de interconexión e instalación eléctrica

La unidad está montada sobre un armazón de acero estructural, lista para su ensastre o para ser levantada para su colocación sobre una base sencilla de concreto.

Las calderas de paquete se construyen en muchos modelos :

1. - Caldera de paquete tipo residencial para calefacción (calderas de tubos de humo de acero, calderas de tubos de cobre, calderas de hierro colado)
2. - Caldera de paquete tipo comercial para calefacción (de tubos de humo de acero con fogón de caja de acero)
3. - Caldera de paquete tipo escuela, de tubos de humo.
4. - Generador de vapor acuotubular de paquete.
5. - Calentadores de líquidos térmicos y vaporizadores del tipo paquete
6. - Calderas de paquete para circulación forzada.
7. Las únicas condiciones que se necesitan para la operación, son aquellas que conducen .
8. Al suministro de agua, a la alimentación de combustible y a la corriente eléctrica
9. - A las líneas de vapor y a la tubería de retorno.
- 10.- Una chimenea de tiro para el desfogue de los gases.

Las instalaciones están sencillas que no requiere una subcontratación especial para su manejo.

4.- REACTORES DE ENERGÍA NUCLEAR

La energía nuclear generadora de fuerza, los combustibles son una fuente principal de energía para la producción de fuerza, quedando desplazados los combustibles de origen fósil. La tecnología de punta ha transformado a la fuerza nuclear de una definición simple, a una realidad técnica, en menos de 15 años.

Para alcanzar un desarrollo total sea puesto gran interés en lo referente a la simplificación de diseño y a la reducción de costos.

La planta de energía nuclear, de un aspecto de misterio o algo extraño a mucha gente, por ser una planta generadora de fuerza muy diferente a todas las demás. Esto es cierto, pero no debe causar inquietud, alguna vez R: E: Wilson dijo : Si nosotros empezamos a hablar acerca del posible uso de la energía nuclear en las centrales termoeléctricas, creo que es correcto descubrir la situación presente como confusa. Y se dice que es confusa, por el mal entendimiento de la opinión pública y porque los expertos tienen opiniones divididas, pero no tan diferentes como se estima en muchos reportes publicados. Debe saberse que, con excepción del reactor mismo, los demás componentes, válvulas, juntas, tuberías, instrumentos, controles, estructuras, instalaciones eléctricas, y otro equipo similar, son de fabricación estándar.

En el proceso nuclear, la energía se puede obtener de dos reacciones diferentes:

1. - *La fusión.* - Conglomerar o fusionar entre sí. Del núcleo ligero del hidrógeno, un proceso nuclear similar al que se desarrolla en el sol y en la bomba H.

2. - *La fisión* Es la desintegración de los átomos pesado del uranio o del torio, como sucede en el reactor de fuerza nuclear y en la bomba A. En estos días sólo es posible controlar el proceso de la fisión.

CAPITULO II

EL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON MOD. EO-60

- 2.1** El generador de vapor Clayton mod. EO-60.
- 2.2** La caldera consta de cinco componentes básicos.
- 2.3** Flujo de agua y vapor en a caldera.
- 2.4** Accesorios del sistema de agua y vapor.
- 2.5** Dispositivos de seguridad del sistema de agua y vapor.
- 2.6** Sistema de combustión.

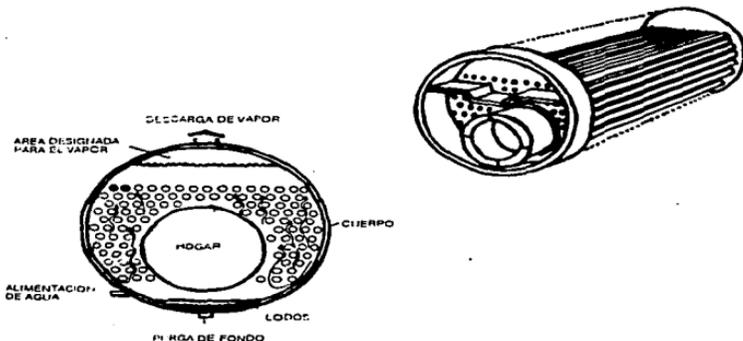
2.1 EL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON MOD. 80-88

La caldera es un recipiente cerrado, en el cual, por medio del calor que produce un combustible, el agua es transformada en vapor a una presión más alta que la presión atmosférica.

Sin embargo aún con estas cuantiosas gama de marcas, tamaños y capacidades de calderas, es posible clasificarlos en sólo dos grandes grupos que comprenden por un lado a los protubulares y otro a los acuotubulares.

Las calderas comprendidas dentro del grupo de las protubulares mejor conocidas como "tubos de humo" representan al tipo de calderas convencionales en el cual, los gases calientes y los productos de la combustión circulan a través de una serie de tubos que están rodeados por el agua que se va a convertir en vapor, es decir que a medida que los gases circulan a través de los tubos, transmiten su calor al agua y la calienta hasta llegar al punto de evaporación.

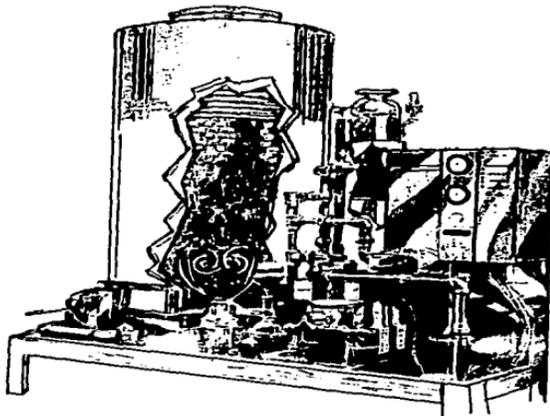
En forma totalmente opuesta las calderas comprendidas dentro del grupo de la acuotubular tienen la circulación del agua por el interior de los tubos, mientras que los gases de combustión circulan por la parte externa alrededor de los tubos. De tal manera que el agua que circula dentro del tubo se calienta con la transmisión de calor hasta vaporizarse.



La Caldera Clayton, aunque queda comprendido dentro de este grupo refleja algunas diferencias más o menos notables entre sus congéneres. Por ejemplo: La unidad de calentamiento está constituida por un sólo tubo a diferencia de otras calderas

acotubulares que se constituyen por una serie de tubos de diferentes diámetros y longitudes y en las que por lo general se mantiene un volumen constante de agua en cambio en la unidad de calentamiento monotubular, se controla la velocidad y expansión del agua, por lo que el volumen del agua dentro del tubo es mínimo, prácticamente sólo la cantidad de agua que se convierte en vapor, con lo cual la generación de vapor es casi instantánea y continua, otra ventaja de este sistema consiste en que también se puede controlar la velocidad de salida de los gases con lo que se obtiene el máximo aprovechamiento del potencial calorífico del combustible que se está quemando.

La Caldera Clayton supera a otros tipos de calderas por un gran número de cualidades y ventajas. Un empleo de ello es su diseño compacto, que le permite ocupar sólo una cuarta parte del espacio que requiere cualquier otra caldera convencional, se puede apreciar en la figura siguiente.

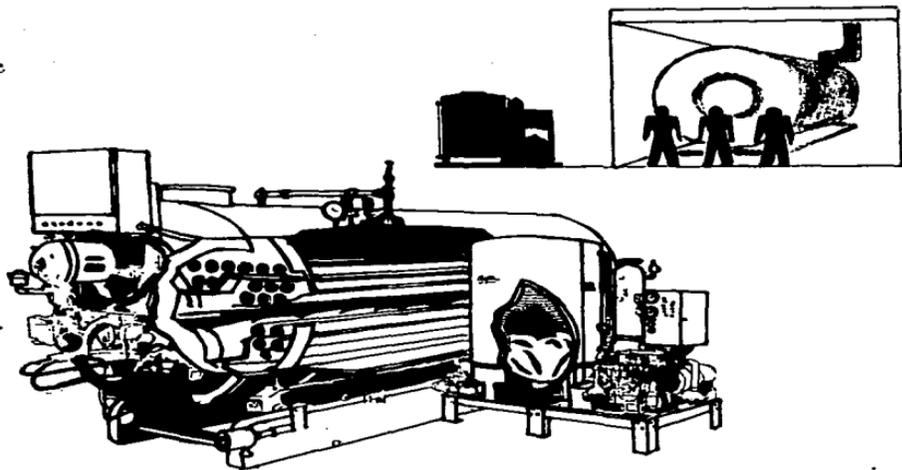


La caldera de Vapor Clayton es del tipo de tubos de agua con capacidades de 10 a 200 Caballos Caldera, y se produce con quemador para gas, diesel o combustible.

Otra de sus múltiples ventajas es su capacidad de producir vapor en tan sólo cinco minutos de su arranque en frío, lo cual es posible gracias a su moderno diseño de circulación controlada y alimentación balanceada.

2.2 LA CALDERA CONSTA DE CINCO COMPONENTES BÁSICOS.

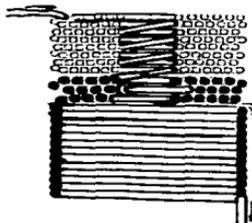
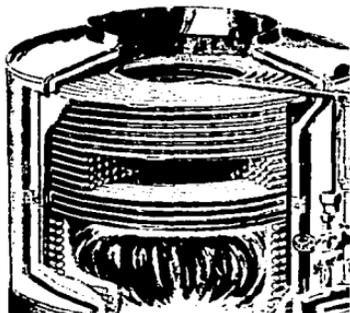
- 1) Unidad de calentamiento monotubular.
- 2) Bomba de agua de desplazamiento positivo del tipo de diafragma.
- 3) Conjunto del ventilador y quemador.
- 4) Cámara de combustión.
- 5) Domo separador de vapor.



COMPONENTES BÁSICOS

UNIDAD DE CALENTAMIENTO MONOTUBULAR:

Al mencionar el término monotubular nos referimos a un sólo tubo en forma de espiral, por lo cual, circula el agua a tal velocidad, en sentido contrario a los gases de combustión a través de la separación que existe entre cada una de las espirales del tubo. Esta separación está calculada para controlar la velocidad de la salida de los gases de combustión, logrando así, su máximo aprovechamiento.



BOMBA DE AGUA:

La bomba de agua para alimentar a la caldera es del tipo de diafragma y desplazamiento positivo. Es diseñada para mantener un volumen fijo de agua en cualquier condición de trabajo.

Esta impulsada por un motor eléctrico, no contiene estoperos y está dividida en dos secciones que alimentan a la unidad de calentamiento de acuerdo a la demanda de vapor.

Cuando la caldera opera a media capacidad (fuego bajo), sólo una de las secciones de la bomba envía agua a la unidad de calentamiento y, cuando trabaja a toda su capacidad (fuego alto), la bomba de agua opera con sus dos secciones para mantener el volumen de agua suficiente para la operación de la caldera.

Esto se logra mediante la operación de un vástago de derivación interconectado en una, o las dos secciones de las bombas.

A continuación veremos la forma en que opera la bomba de agua (calderas mayores de 60 Caballos Caldera):

A) Admisión y descarga del agua. El agua entra al sistema de bombeo por la válvula de admisión localizada en el cabezal de la bomba de agua.

Esta válvula se abre por la acción de la carga hidrostática del agua, al penetrar baja por la columna del cabezal y llega a la cabeza de la bomba. De allí por la expansión del diafragma (provocado por la presión de aceite que comprime los pistones de la bomba), el agua es impulsada por dicho diafragma y regresa por la columna para que haga presión contra la válvula de descarga del cabezal, que se abre para permitir que salga ésta, cerrando al mismo tiempo la válvula de admisión.

Posteriormente cuando el pistón deja de ejercer presión contra el aceite y el diafragma vuelve a su posición original, la válvula de admisión permite la entrada del agua a la cabeza para reponer la que se envió a la unidad de calentamiento.

B) Operación del mecanismo interno de la bomba. La bomba de agua es accionada por un motor eléctrico el cual, hace girar una flecha piñón, que a su vez, gira el engrane principal que va acoplado al cigüeñal de los pistones. Al moverse este cigüeñal, los pistones bajan y suben alternados dentro de sus respectivos cilindros.

Este movimiento comprime el aceite que hay dentro de los cilindros. Dicha presión a la que se somete el aceite, actúa directamente sobre el diafragma expandiéndolo, ocasionando así, el impulso dado al agua.

Al subir el pistón de una sección de la bomba, el diafragma vuelve a su posición original ayudado por el resorte de retorno que hay en la cabeza de la bomba. Como podemos observar mientras que un pistón sube el otro baja formando un ciclo alternado, obteniéndose así, un bombeo uniforme y un flujo de agua continuo.

C) Control de operación a plena y media carga. Cuando la caldera trabaja a fuego bajo, la bomba de agua opera a media capacidad, es decir, sólo una sección de la bomba envía agua a la unidad de calentamiento. Esto se logra con la ayuda de un solenoide que actúa sobre un vástago de operación.

Dichos elementos están incorporados directamente al cilindro de compresión de una de las secciones de la bomba que, cuando la caldera opera a fuego bajo, el solenoide se energiza jalando consigo el vástago de derivación desatando así un orificio para liberar la presión del aceite, teniendo por consecuencia que no hay suficiente presión de aceite para mover al diafragma, evitando en esta forma el bombeo de agua en esta sección. Si por el contrario trabajan las dos secciones de la bomba de agua (fuego alto), el solenoide se desenergiza dejando caer el vástago y tapando el orificio de derivación, evitando la pérdida de presión de aceite.

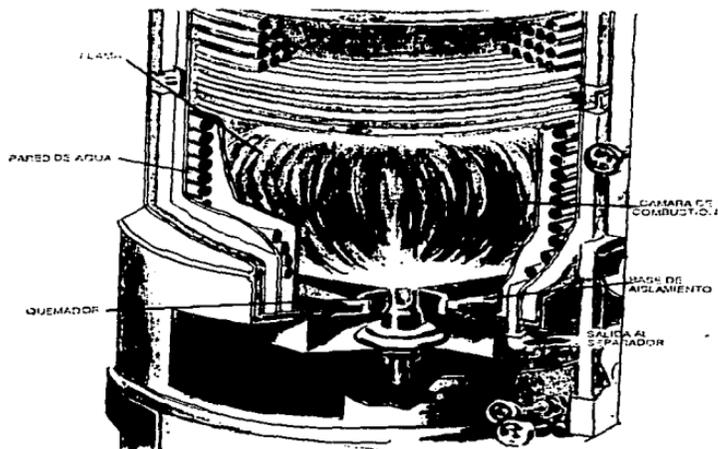
De esta manera la presión del aceite actuará sobre el diafragma, trabajando así las dos secciones de la bomba.

QUEMADOR Y VENTILADOR.

El quemador de tiro forzado, recibe una cantidad balanceada de aire del ventilador, para lograr una combustión correcta. El aire entra a la cámara de combustión con un movimiento espiral, originado por la disposición del ducto que conduce este aire a la cámara de combustión. El movimiento espiral al mezclarse con la atomización de las boquillas del quemador, hacen que la flama sea de alta velocidad y en forma de corazón, evitando que la flama toque los tubos de la unidad de calentamiento, siendo únicamente los gases de combustión los que transfieren el calor, de esta forma se obtiene el máximo aprovechamiento de la energía.

CÁMARA DE COMBUSTIÓN.

Esta cámara de diseño especial Clayton, provee el aire para la cámara de combustión, su construcción compacta, confina la flama a un sólo lugar y permite garantizar una combustión completa, reduciendo a un mínimo la cantidad de combustible sin quemar, lo cual es un factor importante en operaciones intermitentes así como la economía de combustible.

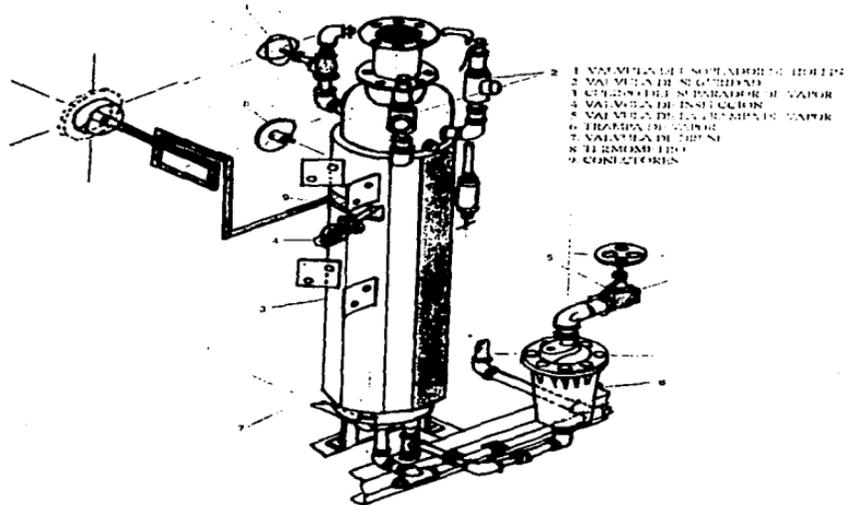


DOMO SEPARADOR DE VAPOR.

La función de este domo es separar el vapor de las partículas de agua que llevan en suspensión y conseguir con esto, un suministro de vapor totalmente seco con un contenido inferior al 0.1% de humedad.

La operación del domo separador es:

El vapor que genera la unidad de calentamiento, entra por la parte inferior del domo y es conducido hasta una boquilla que lo obliga girar en forma centrífuga. El residuo de humedad que contenga el vapor, pega en las paredes interiores del domo cayendo por gravedad al fondo del domo, para ser desalojado por una trampa de vapor, quedando el domo totalmente seco.

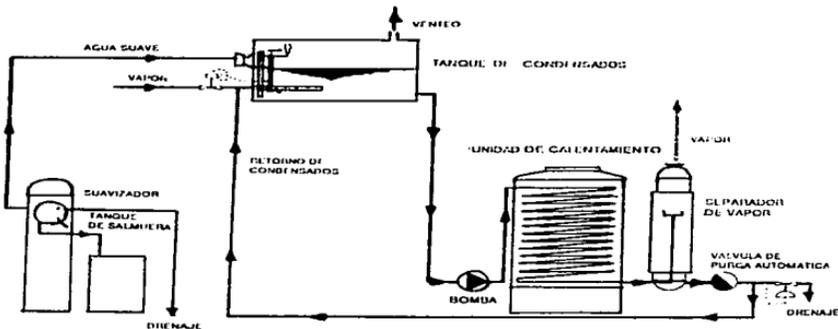


2.3 FLUIDO DE AGUA Y VAPOR EN LA CALDERA.

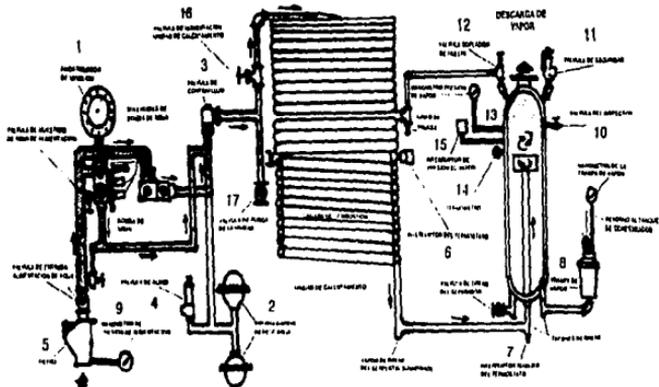
El tanque de condensados (almacenamiento de agua) se instala generalmente a dos metros arriba de la bomba de agua de la caldera para proveer una carga hidrostática de 3 a 10 lb./in² ; y cierta refrigeración en la alimentación de agua a la caldera.

La bomba envía el agua a presión hacia la unidad de calentamiento, donde circula a alta velocidad en sentido contrario a los gases de combustión, de tal manera que a medida que el agua avanza en su recorrido, encuentra temperaturas cada vez más altas, por lo que se incrementa su propia temperatura hasta convertirse en vapor. A continuación el vapor sale de la unidad de calentamiento y pasa al domo separador de vapor en donde la acción de la boquilla separadora provoca el desprendimiento o separación de pequeñas partículas de agua que arrastra el vapor.

Finalmente el vapor ya libre de humedad sale por la válvula del domo separador hacia su punto de utilización, mientras que el condensado que quedó en dicho domo separador, es desalojado por una trampa de vapor y el ciclo se repite.



**ALIMENTACION DE AGUA
FLUIDO DE ALTA TEMPERATURA**



ENTRADA DE AGUA
DE AGUA

2.4. ACCESORIOS DEL SISTEMA DE AGUA Y VAPOR.

Todos los accesorios de este sistema, tienen una función importante a desempeñar para que la caldera funcione óptimamente.

Por tal motivo a continuación se describirá cada uno:

FILTRO "Y"

Contiene en su interior una malla de filtración, cuyos orificios controlan solamente sólidos mayores arrastrados por el agua de alimentación de la caldera. Este filtro se encuentra a la entrada de la bomba de alimentación de agua a la caldera.

AMORTIGUADOR DE ADMISIÓN.

Este amortiguador es un inserto de hule con una cubierta metálica, instalado en la línea de admisión de la bomba de agua de la caldera.

La finalidad de este amortiguador es la de quitarle las pulsaciones al agua, de esta manera se hace un flujo más uniforme en la admisión de dicha bomba, evitando así golpes y vibraciones.

AMORTIGUADOR DE DESCARGA

Se encuentra instalado a la descarga de la bomba. Al igual que el amortiguador de admisión, es un inserto de hule con su cubierta metálica, únicamente que es más grande, debido a que soporta mayores presiones.

Su funcionamiento es quitarle pulsaciones al agua de alimentación a la unidad de calentamiento, originadas por la contrapresión de la unidad de calentamiento y el bombeo de agua, evitando de esta manera la ruptura de algún tubo .

VÁLVULA DE ALIVIO.

Esta válvula se localiza a la descarga de la bomba de agua de la caldera, y está dispuesta para proteger a la bomba de agua si la presión excede de 400 lb./in^2 , desalojando el exceso de presión originada por alguna obstrucción o taponamiento de la línea de descarga de agua hacia la unidad de calentamiento. La válvula de alivio viene calibrada de fábrica para que dispare entre 400 y 600 lb./in^2 .

VÁLVULA DE CONTRAFLUJO.

La válvula de contraflujo es de tipo Check, es decir, que permite el flujo de agua en una sola dirección, impidiendo cualquier retorno. Se localiza entre la bomba de agua y la unidad de calentamiento. Su función es impedir que exista un retorno de agua o vapor hacia la bomba de agua, cuando esta deja de bombear.

MANOMETRO DE PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN.

Se encuentra en el panel de la caja de controles. Está graduado en libras por pulgada cuadrada y kilogramos por centímetro. Su función es la de indicar la contrapresión en la unidad de calentamiento, es decir, la lectura que registra nos indica la presión que debe de vencer, para entrar a dicha unidad de calentamiento. También nos indica si la caldera se está incrustando debido a que incrementará la presión en dicho manómetro.

VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN.

Se encuentra instalada en la línea de admisión de agua a la unidad de calentamiento. Cerrando momentáneamente la válvula se puede probar el ajuste de la válvula de alivio o verificar si la bomba de agua funciona adecuadamente.

VÁLVULA DE LA UNIDAD DE CALENTAMIENTO.

Esta válvula está colocada entre la unidad de calentamiento y la bomba de agua, después de la válvula de contraflujo. En la operación de purga se abre manualmente y el flujo de vapor se invierte, arrastrando los lodos que se quedan dentro de la unidad de calentamiento enviándolos al drenaje para dejar la unidad de calentamiento limpia y seca.

INTERRUPTOR DEL TERMOSTATO (TS).

Está sobre un cinturón que rodea la unidad de calentamiento, a la mitad de dicha unidad. Tiene un soporte fijo, dos de ajuste y uno flotante, el cual acciona el interruptor, para apagar el quemador 45 a 60 seg. Después de que se haya presentado una situación de falla parcial o total de agua.

CONTROL PRINCIPAL DE TEMPERATURA (MTC). Y TERMOPOZO.

En la caldera se encuentra actualmente con un control termostático automático de doble función de seguridad (control principal de temperatura) con termopozo, el cual está integrado al sistema para proteger contra daños por sobrecalentamiento, ya sea por falta de agua o por bloqueo debido a incrustaciones en el serpentín. Este

control termostático y termopozo sustituyen al diseño del arillo y termostato y al interruptor auxiliar por otro sistema con las mismas características de protección a los equipos, pero con mayor exactitud y seguridad en su operación.

INTERRUPTOR AUXILIAR DEL TERMOSTATO. (ATS).

Es un auxiliar contra la falta parcial de agua, ya que en caso de que el interruptor del termostato no actúe por alguna causa, sería reemplazado automáticamente, por este auxiliar, el cual actúa por temperatura, es decir, que en el momento en que la temperatura de la mezcla agua-vapor se eleva más allá de lo normal, el auxiliar parará totalmente la operación de la caldera, evitando daños mayores en la unidad de calentamiento.

TRAMPA DE VAPOR

La trampa de vapor es de tipo mecánico, de cubierta invertida. Se encuentra interconectada al domo de separador de vapor. Su función es desalojar el agua o condensado que se acumulen en la parte inferior del separador, logrando así, que el vapor se suministre con menos de 0.05% de humedad.

VÁLVULA DEL INSPECTOR.

Es una válvula de globo de 1/4 in y se encuentra conectada en el separador de vapor. Se instala para que el inspector de gobierno compruebe que la presión de vapor que marca el manómetro de la caldera, sea equivalente al que marca su manómetro.

VÁLVULA DE SEGURIDAD.

Está instalada en la parte superior del domo separador de vapor. Está ajustada para que dispare a plenitud cuando la presión del vapor exceda un 25% de la presión de trabajo. Tiene ajustada y protegida con un sello metálico colocado por el fabricante para evitar que el usuario altere su ajuste, por lo tanto, en caso de falla de la válvula se debe montar una nueva.

TERMÓMETRO.

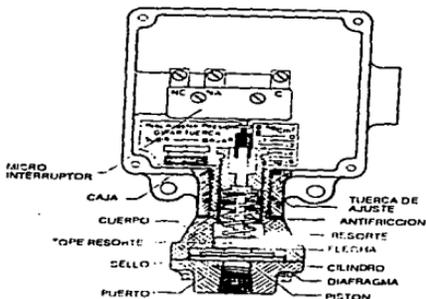
El equipo cuenta con tres termómetros. Uno está ubicado al frente del domo separador indicando la temperatura del vapor a determinada presión. Otro está montado en el tanque de condensado para conocer la temperatura del agua de alimentación. El tercero está montado en la chimenea, e indica la temperatura de salida de los gases de combustión.

VÁLVULA DEL SOPLADOR DE HOLLÍN. (Sólo Calderas con quemador para diesel).

Permite dejar pasar el vapor que se encuentra en el separador hacia la unidad de calentamiento, una vez que se abra, manualmente la válvula. El flujo de vapor desprende el hollín que se encuentra acumulado en los tubos de la unidad de calentamiento dejándolos limpios para que la transferencia de calor sea máxima.

INTERRUPTOR DE PRESIÓN DE VAPOR E INTERRUPTOR MODULADOR DE PRESIÓN.

Estos interruptores accionan con la presión del vapor. Se encuentran interconectados al separador de vapor por medio de un tubo de cobre. Se ajustan para que controlen el apagado y encendido del quemador así como la modulación del fuego, de acuerdo a la presión del vapor.



**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

2.5 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DEL SISTEMA DE AGUA Y VAPOR.

Cualquier aparato sea eléctrico o mecánico y cualquiera que sea su tipo de trabajo o función, deberá estar provisto de elementos de seguridad tanto para proteger sus partes internas, como para la seguridad de sus usuarios, a fin de reducir al mínimo posible la probabilidad de un siniestro o desperfecto ya sea de origen humano o mecánico.

A continuación se enumeraran los dispositivos de seguridad con los que cuenta este sistema de agua y vapor (la función de cada una de ellos ya se menciona en párrafos anteriores):

- 1.- Interruptor del termostato o control principal de temperatura
- 2.- Interruptor auxiliar del termostato
- 3.- Válvula de alivio de la bomba de agua
- 4.- Válvula de seguridad
- 5.- Interruptor de nivel de aceite

2.6 SISTEMAS DE COMBUSTIÓN

La combustión es la oxidación rápida o violenta de aquellos materiales o sustancias capaces de oxidarse (reacción química).

Se dice que una combustión es correcta o completa, cuando es aprovechado al máximo el poder calorífico del combustible que se está quemando. Para llevar a cabo una combustión es necesario con los elementos indispensables como lo son combustibles, comburente y la ignición. A estos tres elementos juntos se les conoce como el triángulo del fuego.

Los combustibles se clasifican en tres tipos que son sólidos, líquidos y gaseosos. En la Caldera Clayton únicamente se utilizan los combustibles líquidos y gaseosos.

Los combustibles líquidos usados en la Caldera Clayton son el diesel y el combustóleo. Y los combustibles gaseosos son el gas L.P. y gas natural, el comburente (oxígeno) se obtiene del medio ambiente. La ignición la obtenemos con la ayuda de un accesorio eléctrico, llamado transformador de ignición. Este transformador se encarga de elevar considerablemente el voltaje, para hacer que se establezca un arco eléctrico, el cual va a encender la combinación del oxígeno y el combustible.

También es un componente importante la chimenea de la caldera, ya que se encarga de conducir los gases que son productos de la combustión aun lugar seguro y se le conoce con el nombre tiro.

Existen tres tipos de tiro:

1.- Tiro natural. Es la diferencia de presiones, originada por la altura de la chimenea y la mayor temperatura de los gases de combustión, con respecto al medio ambiente, dando como resultado una corriente de aire de la cámara de combustión hacia afuera pasando por la chimenea.

2.- Tiro Forzado. Con ese tipo de tiro se introduce aire a presión a la cámara de combustión, con la ayuda de un ventilador, esta misma presión va a obligar a los gases de combustión a que salgan por la chimenea.

3.- Tiro Inducido. Este tipo, un extractor instalado en la chimenea se encarga de succionar los gases que se generan en la cámara de combustión sacándolos fuera por la chimenea.

El tipo de tiro que se usa en la caldera Clayton, es el de tipo forzado, debido a que se introduce aire a presión, con la ayuda de un ventilador (tipo jaula de ardilla) a la cámara de combustión .

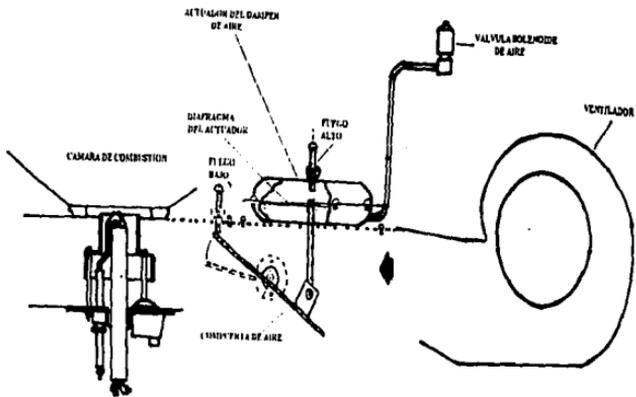
Una vez que se arranca la caldera, el primer elemento que entra a la cámara de combustión es el aire procedente del ventilador, posteriormente se establece el arco eléctrico o ignición en los electrodos del quemador y finalmente llegará el combustible para que se inicie la combustión.

Cuando la caldera trabaje en fuego bajo (media capacidad). Un solenoide se energizará cerrando la compuerta del aire, restringiendo así su peso. Si por lo contrario la caldera trabajará en fuego alto (a toda su capacidad), el solenoide se desenergizará y un resorte se encargará de abrir la compuerta para permitir el paso de un volumen mayor de aire al quemador.

El sistema de aire es controlado con ayuda de un actuador de aire que funciona de la siguiente manera:

El aire procedente del ventilador intenta levantar un diafragma que se encuentra dentro del actuador. Dicho diafragma esta interconectado con la compuerta de aire con ayuda de un vástago. En el actuador de aire se encuentra un orificio en donde se conecta una manguera que, de otro extremo tiene conectado una válvula solenoide. Si esta válvula se energiza, abre dejando escapar el aire que intentaba levantar el diafragma del actuador para que abriera la compuerta de aire, por lo tanto la compuerta permanecerá cerrada restringiendo el peso de aire al quemador trabajando la caldera en fuego bajo.

Si por lo contrario la caldera trabaja a fuego alto, la válvula solenoide se desenergiza y cierra, impidiendo así que el aire escape. Como el aire ya no puede escapar, se acumula una presión de aire en el actuador levantando el diafragma, abriendo de esta manera la compuerta para permitir el peso de una mayor cantidad de aire al quemador.



La secuencia que sigue el combustible tanto diesel como gas, es el siguiente :

COMBUSTIBLE DIESEL

Este combustible viene de un tanque de almacenamiento que pasa por un filtro, el cual se encarga de quitarle las impurezas, después, llega a una bomba de combustible (del tipo de engranes) que se encarga de aumentar la presión, llegando así a una válvula de control del quemador, en este momento pueden pasar dos cosas. Si la válvula de control de un quemador se encuentra abierta, todo el combustible se retornará al tanque de almacenamiento.

Por esta válvula antes mencionada se cierra manualmente parte del combustible retornará al tanque y parte alimentará al quemador a través de las válvulas solenoides de fuego bajo y fuego alto.

Al llegar este momento se encontraran cerradas estas válvulas solenoides y la presión del combustible subirá a un manómetro marcando una presión de 240 lb/in² .

Al mismo tiempo llegará dicha presión de combustible al interruptor de presión de combustible, el cual se encargara de cerrar un microinterruptor, dejando pasar una señal eléctrica a una de las terminales de control de combustión.

Cuando el control de combustible recibe la señal eléctrica, abre la válvula solenoide de fuego bajo, durante dos segundos, para permitir el paso del combustible al quemador. Llegado ese momento enciende el quemador en fuego bajo.

Una fotocelda detecta la presencia del la flama en el quemador y envía una señal microamperica al control de combustión, para confirmar el encendido del quemador. Inmediatamente dicho control de combustión, envía una señal eléctrica secundaria que ya es permanente, manteniendo encendido el quemador en fuego bajo.

COMBUSTIBLE GAS.

El funcionamiento y la secuencia del combustible gas es muy semejante al combustible diesel.

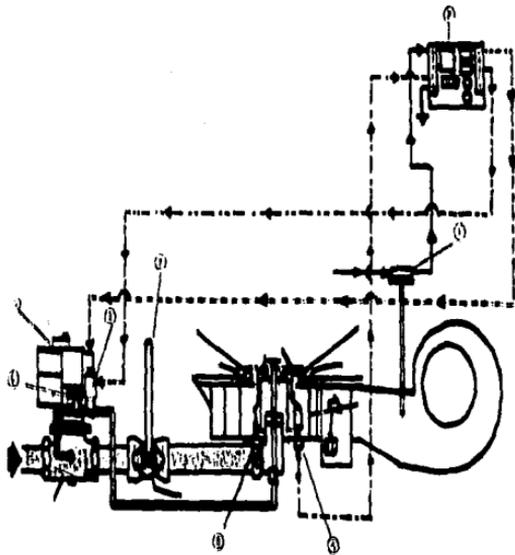
Cuando el motor de la caldera ya arrancó, el ventilador impulsa aire a presión al quemador, la presión también llegará a un interruptor de presión de aire para cerrar un microinterruptor después de un barrido de gases en la cámara de combustión.

Cuando cierra el interruptor deja pasar una línea eléctrica a una terminal del control de combustión, este a su vez envía una señal primaria a la válvula solenoide del piloto lo cual al energizarse abre dejando pasar gas al quemador para que encienda únicamente el piloto.

1. DISTRIBUTOR FOR PRESSURE GAS
2. DISTRIBUTOR FOR COMBUSTION GAS
3. VALVE, MANUALLY OPERATED
4. DISTRIBUTOR
5. VALVE, MANUALLY OPERATED
6. FUEL INJECTOR
7. AIR FLOW METER
8. DISTRIBUTOR FOR GAS

FIGURE 1A

- FUEL GAS
- AIR
- GAS
- GAS



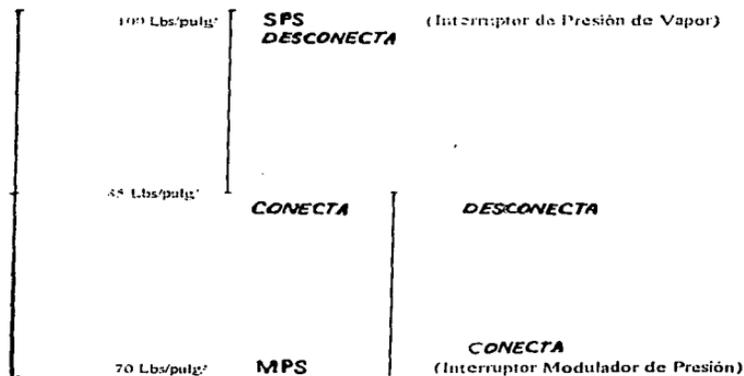
Los equipos que trabajen a dos fuegos, tiene un accesorio que se encarga de que la caldera trabaje automáticamente en estos dos fuegos, dependiendo de la demanda de vapor.

A este accesorio se le conoce como Interruptor Modulador de Presión (MAS) y funciona de la siguiente manera :

Cuando la presión de vapor de la caldera llega a 100 lb/in^2 , el quemador se apaga, si la presión baja 15 lb/in^2 el quemador encenderá en fuego bajo gracias al Interruptor de Presión de Vapor (SS) , pero cuando la presión baja otras 15 lb/in^2 , es decir llega a 70 lb/in^2 el Interruptor Modulador de Presión interviene haciendo que inmediatamente entre el fuego alto.

Una vez que la presión de vapor llega nuevamente a 85 lb/in^2 se apaga el fuego alto, quedando la caldera trabajando en fuego bajo, y si la presión llegara a 100 lb/in^2 se apagará el quemador. La caldera siempre estará modulando de esta forma de acuerdo a la demanda de vapor.

Este es un esquema de las presiones anteriormente mencionadas.



Si la presión de paro de la caldera es de 100 lb/in^2 , la presión en que opera el fuego alto es de 8.5 lb/in^2 para el paro y 70 lb/in^2 para su arranque.

El Interruptor Modulador de Presión controla la operación de tres accesorios eléctricos para que se pueda operar el fuego alto en la caldera de la manera siguiente:

- Desenergiza al solenoide de la bomba de agua
- Desenergiza al solenoide de la compuerta de aire
- Energiza a la válvula solenoide de fuego alto

HOLLINAMIENTO.

Siempre que exista la presencia de humo negro en la chimenea, provoca que se holline la caldera, esto es debido a una mala combustión o carburación de la caldera, es decir, que la relación aire combustible no es la adecuada. Este hollinamiento se presentará cuando la caldera quemara combustible diesel o combustible y eventualmente gas.

SÍNTOMAS DEL HOLLINAMIENTO Y PROBLEMAS QUE PROVOCA.

1. - Presencia de humo negro en la chimenea
2. - Pérdida gradual de la eficiencia de la caldera
3. - Incremento en el gasto de combustible
4. - Incremento de la temperatura de los gases de combustión en la chimenea
5. - Sobrecalentamiento de la unidad de calentamiento con posible actuación termostática.
6. - Ahogamiento de la flama con posible salida de los gases de combustión por la base del quemador.

La manera de evitar que la caldera se holline es haciendo el soplado de hollín cada 8 horas de trabajo durante cinco minutos abriendo manualmente la válvula del soplador de hollín.

AJUSTE DEL QUEMADOR.

El ajuste en el quemador de diesel es muy variable debido a que las boquillas tienen diferentes ángulos de atomización y diferentes gastos (galones por hora).

1. - Separación entre las puntas de los electrodos
2. - Altura de los electrodos
3. - Separación de las puntas de los electrodos, respecto al centro de la boquilla de fuego bajo.

Estos tres ajustes no los proporcionan básicamente el ángulo de atomización de la boquilla de fuego bajo.

Un mal ajuste provoca que el combustible diesel se chorrea por los electrodos (electrodos altos) o que el quemador encienda con explosiones (electrodos bajos). El

ajuste adecuado para este tipo de quemadores es variable según el tipo de boquilla que se este utilizando.

DIAGNOSTICO PARA FALLAS DE ENCENDIDO DE QUEMADOR.

Siempre que se trate de reparar o encontrar una falla, es muy importante seguir una secuencia, es decir, hay que ir eliminando posibilidades, para así estar seguros de que la falla que se encuentra, es la que se busca, ejemplo:

FALLA EN EL ENCENDIDO DEL QUEMADOR (no enciende).

Como no se sabe de que es lo que tiene, habrá de seguir una secuencia, para así localizar la falla y repararla.

- 1.- Verificar la existencia de presión de combustible
- 2.- Ver si la falla es eléctrica o mecánica.
- 3.- Si la falla no es eléctrica revisar el quemador

ACCESORIOS.

Tanque de Combustible.
combustible, que va a quemar la caldera.

Es el recipiente donde se almacena el

Filtro de Combustible.
combustible diesel o combustóleo, puede ser de tipo de cuchillas o de cartucho intercambiable. Si función es la de quitar las basuras o impurezas que trae con sígo el combustible.

Únicamente lo llevan las calderas que usan

Bomba de Combustible.
incrementar la presión de combustible, para que llegue así el combustible necesario con la presión adecuada al quemador, atomizándose este adecuadamente, lográndose una buena combustión en dicho quemador.

Es del tipo de engranes, su función es

Es muy importante mencionar que el combustible ya sea diesel , petróleo o combustóleo, es el único lubricante de esta bomba, por lo que es importante impedir que trabaje sin combustible, para evitar que se dañe.

Regulador de Presión de Combustible.
encuentra bajo la bomba de combustible.

Este regulador generalmente es

Su función es la regular la presión del combustible a 240 lb/in²

Regulador de Presión de Gas. Se encuentra conectado en la línea de gas que va hacia el quemador de la caldera. Su función es bajar la presión del gas a 6 in en columna de agua, para que lleve una combustión correcta en el quemador.

Válvula de Control del Quemador. Se encuentra después de la bomba de combustible, su función es la de controlar el encendido o apagado del quemador, abriendo o cerrando manualmente esta válvula que funciona de la manera siguiente:

Si esta válvula se encuentra abierta, el combustible se retomará al tanque. Pero si esta válvula se cierra manualmente el combustible llega al quemador encendiendo este (únicamente los equipos que usan diesel, petróleo y combustóleo como combustible).

Manómetro de Presión de Combustible. Sirve para indicar la presión del combustible a la cual trabaja la caldera. Generalmente se encuentra instalado en el panel de controles.

Interruptor de Presión de Combustible. Lo usan únicamente las calderas que usan combustible diesel o combustóleo. Se encuentra adentro de la caja de controles, se interconecta con la descarga de la bomba de combustible por medio de un tubo de cobre.

Una vez que recibe la presión del combustible, cierra un microinterruptor para permitir el encendido del quemador. Si esta presión de combustible desaparece, el microinterruptor abre apagando al quemador.

Interruptor de Presión de Aire. Este interruptor lo usan las calderas que queman combustible gas. Su función es semejante al del interruptor de presión de combustible, únicamente que en la caldera de gas cierra dicho interruptor, con la presión de aire procedente del ventilador, para permitir el encendido del quemador, después de un barrido de diez segundos. Se encuentra situado en el interior de las cajas de controles, y esta interconectado con el ducto de aire con la ayuda de un tubo de cobre.

Válvulas Solenoides de Fuego Alto y Fuego Bajo. Están colocadas antes del quemador, se encuentran interconectadas por medio de un tubo de cobre, el cual se encarga de llevar el combustible diesel a estas válvulas.

Su función es la de abrir o cerrar para dejar pasar el combustible al quemador.

Válvula Principal de Gas (Hidramotor). Se encuentra colocada en la línea de gas antes del quemador, su función es la de controlar la operación del quemador en fuego bajo o en fuego alto.

La válvula hidramotor consta de una válvula que se encuentra conectada en la línea de gas y de un actuador esta montado sobre esta válvula, el cual se encarga de abrir o cerrar dicha válvula, según sea la demanda de vapor.

Válvula de Cierre por Seguridad.

La función de esta válvula actuador es la de interrumpir el flujo de gas hacia el quemador inmediatamente en caso de falla de este, así como impedir el encendido del quemador en caso de quedar abierta la válvula principal de gas, operación que realiza por medio de un indicador de cierre instalado dentro del actuador.

Control de Combustión.

Es un dispositivo electrónico, cuya función es controlar la operación del quemador, es decir, que mientras la combustión se desarrolla normal, este control mantendrá cerrado el circuito eléctrico que alimenta a los solenoides de combustión o a la válvula principal de gas.

Si en algún momento el control no recibe la señal eléctrica que envía la fotocelda o el detector de flama, el suministro de corriente eléctrica será interrumpido por este control, suspendiéndose el paso del combustible al quemador.

Fotocelda.

Su función es la de detectar la presencia de la flama en el quemador, lo cual sucede antes de dos segundos, después de establecer la misma. Al detectar la presencia de la flama, la fotocelda envía una corriente microamperios al control de combustión, para que mantenga cerrado el circuito con los solenoides de combustible o válvula principal de gas y así continuar desarrollando la combustión en forma normal.

Detector de Flama

Su función es prácticamente la misma que la fotocelda, es decir, también detectar la presencia de la flama, pero únicamente la del piloto. Si en dos segundos no enciende el piloto, se interrumpe inmediatamente el paso de gas hacia el quemador, así como la ignición, con la ayuda del control de combustión.

Este detector únicamente lo llevan las calderas que queman combustible gas.

CAPITULO III

USO, MANEJO Y APLICACIÓN DEL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON EQ-90.

- 3.1** Secuencia de arranque.
- 3.2** Secuencia de paro.
- 3.3** Purga de la caldera.
- 3.4** Tratamiento de agua (antecedentes).
- 3.5** Requisitos del agua de alimentación a la caldera.
- 3.6** Otros métodos de corrección del agua.
- 3.7** Fragilización caústica del acero de las calderas.
- 3.8** Tratamiento químico del agua para inhibir la fragilización.
- 3.9** Mantenimiento de alcalinidad cero para inhibir la fragilización del acero de las calderas.
- 3.10** Secuencia eléctrica de operación (Diesel).
- 3.11** Secuencia eléctrica de encendido para quemador (Diesel).
- 3.12** Practica # 1 Arranque y Puesta en Marcha de la Caldera "Clayton".
- 3.13** Practica # 2 Tratamiento de Agua.
- 3.14** Practica # 3 Aplicaciones del Vapor.
- 3.15** Practica # 4 Mantenimiento Preventivo de la Caldera Clayton.

LIBRO MANEJO Y APLICACION DEL GENERADOR DE VAPOR CLAYTON EO-80.

A continuación se verá la secuencia de arranque y paro de la caldera, mismas que están divididas en varios pasos para facilitar su comprensión.

3.1 SECUENCIA DE ARRANQUE.

Primer Paso: Antes de arrancar la caldera es muy importante revisar los siguientes puntos.

1. - Comprobar que haya energía eléctrica
2. - Verificar que haya combustible en el tanque de almacenamiento y que la válvula que alimenta a la caldera y al retorno estén abiertas.
3. - Probar la dureza del agua a la salida del suavizador.
4. - Revisar el nivel de agua en el tanque de condensados.
5. - Preparar la dosificación de compuestos Clayton (OXICLAY Y POLICLAY). Y poner en marcha las bombas dosificadoras.

Unidades operadas por Diesel

Segundo Paso: cerrar las siguientes válvulas.

1. - Válvula de descarga de vapor.
2. - Válvula de purga del serpentín.
3. - Válvula de drenaje del separador.
4. - Válvula del soplador de hollín. (Sólo en calderas diesel)

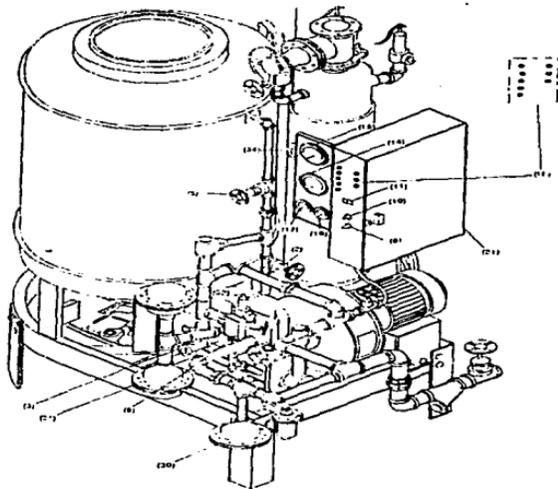
Tercer Paso: Abrir las siguientes válvulas.

1. - Válvula de alimentación a la bomba de agua.
2. - Válvula de alimentación de agua a la unidad de calentamiento.

3. - Válvula de la trampa de vapor.
4. - Válvula de control del quemador.

Cuarto Paso: Puesta en marcha.

1. - Colocar el interruptor de " quemador " (situado en la caja de controles) en la posición de fuego bajo.
 2. - Colocar el interruptor de "operación-llenado" en la posición de llenado de agua.
 3. - Oprimir el botón de arranque para poner en operación el motor de la caldera.
 4. - Cebear los cabezales: Abriendo y cerrando los grifos de cada cabezal, para eliminar el aire que pueda tener la bomba de agua.
 5. - Esperar que la unidad de calentamiento se llene de agua, esto sucederá en aproximadamente cinco minutos y, se podrá comprobar con el manómetro de vapor de una lectura de 1.5 a 2 kg./cm².
 6. - Una vez llenado la unidad de calentamiento, se coloca el interruptor "operación-llenado" en la posición de quemador encendido y se cierra la válvula de control de quemador, para que este encienda (observe que la suba la presión de combustible al hacer ésta operación).
 7. - Una vez que se haya encendido el quemador espere que el equipo ciclé (encienda y apague) tres veces en forma automática, para dar tiempo a la trampa de vapor de eliminar el exceso de agua contenida en el separador.
 8. - Coloque el interruptor de " quemador " en la posición alto y bajo.
- A continuación abrir lentamente la válvula de descarga de vapor, para permitir que se eleve gradualmente la presión en las líneas de vapor.



Identificación NUMÉRICA de Componentes Caldera de Vapor EO-100
(Vista Frontal y Posterior)
(Las partes señaladas con * aparecen en la vista POSTERIOR)

- | | |
|--|---------------------------------------|
| (1) Válvula de Descarga de Vapor | (10)* Domo Separador de Vapor |
| (2) Válvula de Purga de la Inversad | (10)* Trampa de Vapor |
| (3) Válvula de Drene del Separador | (21) Caja de Controles Eléctricos |
| (4)* Válvula de Admisión Bomba Agua | (22)* Válvula de Seguridad |
| (5) Válvula Alimentación a Caldera | (23)* Bomba de Agua |
| (6)* Válvula Trampa de Vapor | (24)* Filtro de Agua de Alimentación |
| (7)* Válvula Soplar | (25)* Purga Automática |
| (8) "Auto Cut" Quemador | (26)* Válvula Prueba |
| (9) Interruptor Llenado - Llenado | (27)* Grifo de Drene Purga Automática |
| (10) Interruptor Solo Bajo - Auto Bajo | (28)* Unidad de Calentamiento |
| (11) Botón de Arranque y Pausa | (29)* Ventilador |
| (12)* Válvula de Retención Admisión | (30) Amortiguador de Admisión |
| (13)* Válvula de Retención Descarga | (31) Amortiguador de Descarga |
| (14) Manómetro de Presión Alimentación | (32) Válvula de Alivio |
| (15) Manómetro de Presión de Vapor | (33)* Válvula del Inspector |
| (16) Manómetro Trampa de Vapor | (34) Termómetro |
| (17) Manómetro Presión de Combustible | (35)* Filtro de Combustible |
| (18) Panel de Luces Indicadoras | |

VISTA FRONTAL

3.2 SECUENCIA DE PARO.

Soplado de Hollín. (Sólo calderas con quemador para diesel).

El soplado de hollín debe realizarse cada ocho horas de operación o al final de la jornada de trabajo si esta es menor a ocho horas. Para efectuar esta labor, ponga en práctica los siguientes puntos:

1. - Mantenga el quemador de la caldera operando a su máxima capacidad (fuego alto en calderas modulares) y a su presión normal de trabajo.
2. - En forma simultánea, abra la válvula del soplador de hollín y cierre gradualmente la válvula de descarga de vapor, de tal manera que la presión de vapor se mantenga lo más alto posible sin que el equipo pare por presión.
3. - Después de cinco minutos de soplado, en forma simultánea abra la válvula de vapor y cierre la válvula del soplador de hollín, manteniendo siempre la misma presión de vapor.

3.3 PURGA DE LA CALDERA:

Con el objeto de evitar problemas de obstrucción por acumulación de sólidos disueltos en la unidad de calentamiento, es sumamente importante purgar la caldera por menos cada ocho horas de operación o al final de la jornada de trabajo.

Para purgar la caldera, lívrese los siguientes pasos:

capacidad (fuego alto en calderas modulares) y a presión normal de trabajo por un mínimo de tres minutos. Lentamente

1. - Con el quemador de la caldera operando a su máxima cierre la válvula de descarga de vapor, hasta que la presión de vapor quede justamente abajo de punto de corte del interruptor de modulación de vapor.
2. - Cierre la válvula de alimentación a la bomba de agua.
3. - Abra la válvula de purga de la unidad de calentamiento y empiece a contar el tiempo.
4. - Continúe cerrando progresivamente la válvula de descarga de vapor para mantener la presión del vapor justamente abajo del punto de corte del interruptor modulador de presión. Esto permitirá la operación continua del quemador.
5. - Después de 30 segundos apague el quemador (abriendo la válvula de control del quemador para calderas con quemador para diesel, o cierre el grifo principal de gas y el grifo del piloto para equipos con quemador para gas).

8.- Presione el botón de paro para que la caldera pare totalmente. Cierre en su totalidad la válvula de descarga de vapor.

7. - Espere que la presión de vapor en el separador baje a 2 kg./cm^2 y abra la válvula de drenaje del separador.

6. - Cuando la presión del vapor llegue a cero, cierre las siguientes válvulas:

- a) Válvula de la trampa de vapor
- b) Válvula de purga de la unidad de calentamiento
- c) Válvula de drenaje del separador

9.- Si el paro se lleva apropiadamente, únicamente una pizca de vapor y una pequeña cantidad de agua será visible cuando se abra la válvula de drenaje del separador. Si se aprecia una mayor cantidad de líquido en la descarga de la unidad cuando se abre la válvula de drenaje del separador, el paro no fue adecuado y deberá repetirse la operación.

10.- Si la caldera va a continuar operando, repita los pasos de arranque inicial. En caso contrario, proceda al drenaje durante dos minutos el contenido del tanque de condensados, suspenda la operación de las bombas dosificadoras y de la bomba de refuerzo, además de cortar la energía eléctrica al equipo para dejarlo fuera de servicio.

NOTA:

1. - Se podría requerir una válvula de venteo a la intemperie y abrirla cuando se requiere mantener la caldera en operación a fuego alto.

2. - Si la caldera opera continuamente, deberá utilizarse algún método de purga automática para controlar el total de sólidos suspendidos. Esto se puede lograr con la válvula de purga automática Clayton.

3. - El flujo de la salida de la válvula de drenaje del separador debe ser siempre visible en todo momento.

3.4 TRATAMIENTO DE AGUA. (ANTECEDENTES)

El agua es el elemento más preciado en la vida del hombre, ya que es vital para su supervivencia, así como para miles de usos y procesos, tanto domésticos como industriales.

El agua que se introduce a la caldera para ser convertida en vapor, recibe el nombre de agua de alimentación. Si se trata de condensado que es recirculado, habrá pocos problemas. Pero si es agua cruda, probablemente habrá la necesidad de liberarla de óxidos, precipitados sólidos en suspensión, sustancias incrustantes y otros elementos contaminantes. La presencia de ingredientes que provocan la formación de incrustaciones, espumas o arrastre de agua con el vapor, afectarán desfavorablemente en todos los aspectos, el funcionamiento de la caldera. Para obtener eficiencias altas, el agua de alimentación es calentada, generalmente, por medio de economizadores.

El agua en su estado físico más común se obtiene de diversas fuentes, entre las que destacan como las más usuales: lagos, ríos, manantiales y excavaciones para extraerla del subsuelo (pozos).

El agua que procede de éstas fuentes por estar en contacto con la formación geológica del terreno por el que pasa, lleva disueltas o en suspensión sustancias orgánicas e inorgánicas (se considera que las orgánicas son de origen vegetal o animales tales como bacterias, refcos, hongos, etcétera, y las inorgánicas de origen mineral como la sílice, sales de hierro, calcio, magnesio, sodio, etcétera).

Las acumulaciones de todos y la precipitación de sal y sales, ocasionarán trastornos en la operación. Si el agua contiene una proporción alta de sales de precipitación y las superficies transmisoras de calor son limitadas, los sedimentos deben ser retirados mediante un lavado periódico.

La precipitación de sales sobre las superficies sujetas a calefacción del lado que está en contacto con el agua, ocasiona averías en la caldera.

Por esta causa el agua cualquiera que sea su uso, debe ser tratada y acondicionada con equipos especiales para dicho efecto, para desmineralizarla y decalcificarla antes de su inyección a la caldera, cubriendo las exigencias propias del empleo o proceso en que se va a utilizarse, sin importar si este es doméstico o industrial.

3.5 REQUISITOS DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN A LA CALDERA.

En nuestro caso en la caldera CLAYTON el agua va a ser utilizada para producir vapor, requiere ser tratada para que reúna ciertos requisitos indispensables para este fin, los cuales son:

1. - No tener dureza.

2. - No tener oxígeno disuelto, ni gases corrosivos.
3. - Ser de una alcalinidad p.H. adecuada.
4. - No tener sólidos en suspensión.
5. - Controlar los sólidos disueltos para que no excedan de 6,000 partes por millón.

Analizamos cada una de estos puntos para conocer su importancia

1.- NO TENER DUREZA .

Se da el nombre a aguas duras a aquellas que contienen, disueltas o en suspensión, sales de calcio y magnesio.

La cantidad existente de éstas en el agua determinan su dureza, la cual, se mide en granos por galón (GPG) o, partes por millón (p.p.m.) que es la unidad de medición que equivale a miligramos por litro de agua o gramos por metro cúbico (un grano por galón equivale a 17.1 p.p.m.).

La Importancia de Eliminar la Dureza del Agua:

Es que al momento de usarla el agua dura para producir vapor, propiciamos el desprendimiento de dichas sales, ocasionado lo que se conoce, comúnmente como "incrustaciones", la cual puede definirse como el depósito de sales minerales que se adhieren fuertemente a la superficie metálica.

Al irse formando capas adheribles a la pared interna del tubo de la unidad de calentamiento, se reduce el diámetro del mismo y en caso extremo se produce la obstrucción total del mismo.

La temperatura crítica, a la que la cal y el óxido de magnesio se adhieren a las superficies calientes, varía con el carácter y las proporciones de los sólidos, pero por lo general estas impurezas no causarían trastornos serios, mientras la temperatura del agua no exceda de 60 °C. También tenemos el inconveniente de la reducción de sección en los tubos. Cuando la temperatura del material de éstos llega alrededor de los 500 °C, hay un serio peligro de recalentamiento y de explosión de la caldera.

La corrosión va unido a la purga del oxígeno y del ácido carbónico disueltos. La principal defensa contra la corrosión por el oxígeno, consiste en desairear por completo el agua de alimentación.

La incrustación actúa como un aislante térmico, es decir, impide la transferencia de calor de los gases de combustión hacia el agua que fluye dentro del tubo, y en consecuencia hay un sobrecalentamiento de la unidad de calentamiento, sin la eficiente producción de vapor.

Formas de Evitar la Incrustación.

Para producir vapor sin riesgo a la incrustaciones en la caldera, es necesario eliminar la dureza del agua, en otras palabras, eliminar las sales de Calcio y Magnesio.

La forma en que se elimina la dureza del agua y quizá sea el método más común, es por intercambio iónico, a través de un equipo suavizador de agua, el cual consiste en :

A) Tanque de Resina

Es un tanque cilíndrico que contiene una resina Catiónica o Zeolita, cuya función es suavizar el agua intercambiando los iones de sodio que contiene la resina, por los iones de calcio y magnesio que contiene el agua, los cuales forman la dureza.

La resina está depositada sobre un lecho de grava que le sirve de soporte y a la vez, filtra el agua que sale del mismo tanque

B) Tanque de Salmuera

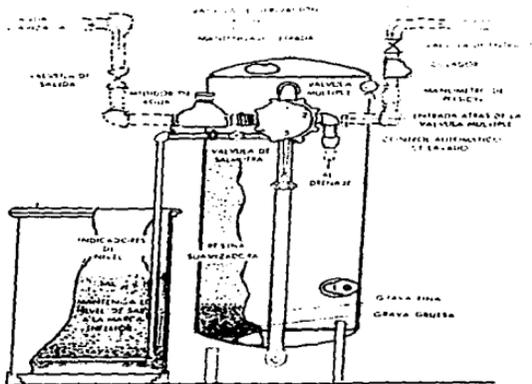
Es donde se prepara una solución saturada de agua con sal, a la que se le da el nombre de "Salmuera". Del uso de la salmuera se hablará más adelante.

C) Válvula Múltiple.

Podemos definirla como el control central del suavizador, cuenta con tres posiciones que son :

1. - Posición de Lavado
2. - Posición de Regenerado y Enjuague
3. - Posición de en Servicio.

Además posee un eyector de salmuera.



Formas de Evitar la Incrustación.

Para producir vapor sin riesgo a la incrustaciones en la caldera, es necesario eliminar la dureza del agua, en otras palabras, eliminar las sales de Calcio y Magnesio.

La forma en que se elimina la dureza del agua y quizá sea el método más común, es por intercambio iónico, a través de un equipo suavizador de agua, el cual consiste en :

A) Tanque de Resina Es un tanque cilíndrico que contiene una resina Catiónica o Zeolita, cuya función es suavizar el agua intercambiando los iones de sodio que contiene la resina, por los iones de calcio y magnesio que contiene el agua, los cuales forman la dureza.

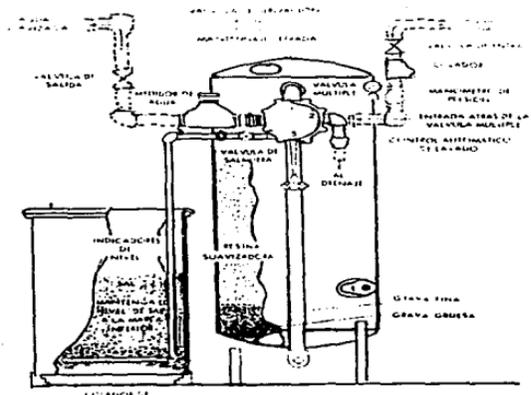
La resina está depositada sobre un lecho de grava que le sirve de soporte y a la vez, filtra el agua que sale del mismo tanque

B) Tanque de Salmuera Es donde se prepara una solución saturada de agua con sal, a la que se le da el nombre de "Salmuera". Del uso de la salmuera se hablará más adelante.

C) Válvula Múltiple. Podemos definirla como el control central del suavizador, cuenta con tres posiciones que son :

1. - Posición de Lavado
2. - Posición de Regenero y Enjuague
3. - Posición de en Servicio.

Además posee un eyector de salmuera.



Otros Métodos son:

Si el agua tiene una dureza apreciable, se acostumbra instalar, dentro del tanque de almacenamiento, un serpentín de calefacción indirecta. Los sedimentos se acumularán en la parte exterior de los tubos del elemento de calefacción, de donde es fácil retirarlos por medio de un chorro de agua fría.

La dureza del agua debería ser aminorada por medio de tratamiento químico, para evitar la incrustación dentro de los serpentines. Una válvula de purga de tres pesos colocada en la línea inferior de circulación entre un calentador externo y una caldera, facilitará la remoción de los sedimentos. Moviendo la palanca en ambas direcciones, el calentador puede ser purgado en los sentidos, lo que supone una limpieza más efectiva de los ductos, que la lograda con una válvula sencilla de purga instalada en el punto más bajo.

OPERACION DEL SUAVISADOR :

El agua dura de la red de agua potable, llega directamente a la válvula múltiple y de ésta, circula por el tanque de resina, en ese momento, se realiza la suavización, es decir, se da el intercambio de iones de manera que la resina retiene a los iones de calcio y magnesio y cede los iones de sodio, a medida que el agua circula por ella.

Resulta lógico pensar que en determinado momento, el sodio de la resina está agotado y ya no podrá atrapar más iones de calcio y magnesio.

En este momento será necesario someter a la resina a un proceso de Mantenimiento, con el objetivo de reactivarla nuevamente para que pueda estar en condiciones de atrapar iones incrustados en el otro ciclo de suavización.

El Mantenimiento al equipo suavizador consta de tres pasos :

1. - Retrolavado de la resina
2. - Regeneración y enjuague de la resina.
3. - Puesta en servicio.

Retrolavado.

Tiene como finalidad eliminar todos acumulados en el lecho de resina conduciéndolos al drenaje.

Regeneración y enjuague.

El regenerado de la resina se consigue con la solución saturada de sal (salmuera), misma que deberá prepararse 24 horas antes de hacerse la regeneración.

La salmuera se hace pasar al suavizador por medio del eyector integrado a la válvula múltiple, para intercambiar los iones de calcio y magnesio, por los iones de sodio de ésta.

Este proceso es un proceso inverso al del suavizador, es decir, ahora va a strapar a los iones de sodio y va a ceder los iones de calcio y magnesio, los cuales serán eliminados hacia el drenaje en forma de cloruro de calcio y magnesio. El enjuague sirve para eliminar los residuos de sal que hay en la columna suavizadora y la resina. El enjuague no deberá suspenderse bajo ninguna circunstancia, pues residuos de sal que se alimentan al tanque de condensado, pueden causar un problema de corrosión.

Puesta en Servicio.

Después de esta operación la resina queda lista para otro período de suavizado del agua.

Durante los ciclos de suavizado del agua, es muy importante comprobar en forma continua la suavidad del agua que sale hacia el servicio, ésta prueba puede hacerse fácilmente por medio de los reactivos H-1, H-2, H-3, contenidos en el estuche para el análisis de agua (UH-28283).

PASOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE DUREZA:

A) Jale al palanca de la válvula múltiple y pase a el posición No. 2, deje drenar la línea de 30 seg.a 1 minuto.

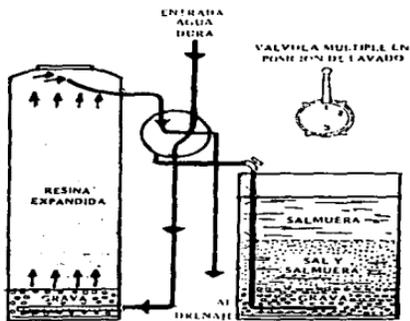
B) Tome una muestra de agua (5 ml. O hasta la marca indicada en el frasco) de la descarga del suavizador que va al drenaje.

C) Agregue 15 gotas de la solución H-1 y agite.

D) Agregue 2 gotas de la solución H-2 y agite, si al hacerlo aparece un color azul verdoso el agua es suave, si aparece un color rojo púrpura el agua es dura; si el agua es dura se continúa con los siguientes pasos.

E) Agregue la solución H-3, gota a gota con un gotero en posición vertical, agitando después de cada gota, cuente el número de gotas para pasar del rojo púrpura a azul verdoso, multiplique el número de gotas de la solución H-3 usada por el factor equivalente de cada gota indicada en la botella de H-3, y obtendrá la cantidad de dureza presente en el agua en partes por millón (p.p.m.)

Si en la descarga del suavizador se detecta 10 p.p.m. de dureza, inicie de inmediato el mantenimiento al equipo, el cuál para facilitar su comprensión se dividió en varias etapas.



LAVADO

Posición No. 1

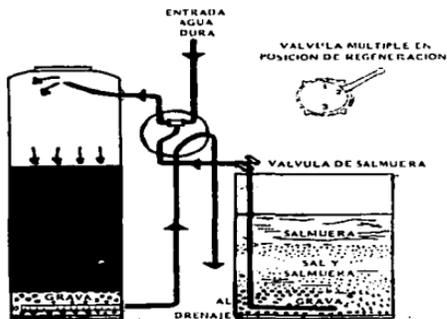
Primer Paso: retrolevedo de la Resina.

Se coloca la válvula múltiple en la posición No. 1, con el objeto de invertir el flujo del agua en el tanque de la resina, para expandirla y eliminar los lodos y basuras que se han acumulado en la superficie de la resina. Si se observan las descargas de la válvula múltiple hacia el drenaje, se notará que al principio el agua está limpia, después sucia y finalmente el agua está limpia, esto indicará que la resina ya está levada y se procede al siguiente paso.

Segundo Paso: Regenerado y Enjuague de la Resina.

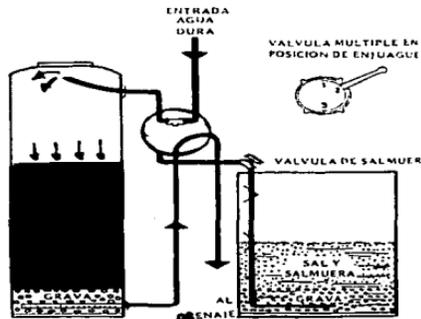
A continuación, se coloca la palanca de la válvula múltiple en la posición No. 2 y se abre la válvula de salmuera, (se recomienda quitar la tapa de salmuera, para observar como baja el nivel de la salmuera). En el momento en que la sal asentada en el fondo del tanque sea visible, cierra la válvula de salmuera sin mover la palanca de la válvula múltiple ya que esta se deja en la misma posición, con el fin de enjuagar los residuos de sal que hayan quedado en la resina. Después se prueba con el pelador, el agua que sale por la descarga de la válvula múltiple. Si el sabor a sal desapareció, entonces se procede a probar la suavidad del agua como se indicó anteriormente.

NOTA: Si después de hacer el regenerado, el agua sigue presentando dureza, consulte a su asesor de tratamiento de agua.



REGENERADO Posición No. 2

Válvula Salmuera Abierta



ENJUAGUE Posición No. 2

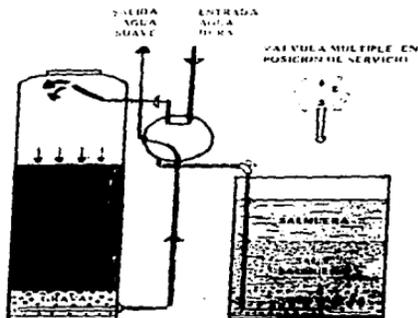
Válvula Salmuera Cerrada

Tercer Paso: Puesta en Servicio.

Se coloca la palanca de la válvula múltiple en la posición No.3, para poner en servicio el suavizador. En este momento está listo para otro período de operación.

Agregue el faltante de sal al tanque de salmuera (si su tanque es de p.v.c. o de fibra de vidrio, si es de hierro agréguele 24 horas antes de utilizarlo), para reponer la utilizada en la regeneración.

Posteriormente abra la válvula de salmuera para llenar el tanque de agua, espere a que el nivel suba hasta 3 pulgadas aproximadamente abajo del borde de dicho tanque, cierre la válvula de salmuera, y coloque la tapa en su lugar.



EN SERVICIO

Posición No. 3

2.- NO TENER OXIGENO DISUELTO, NI GASES CORROSIVOS.

Para evitar la corrosión del oxígeno, el agua de alimentación debe estar libre de oxígeno. La corrosión es el desgaste prematuro del metal.

El oxígeno disuelto en la agua se elimina a través de precalentamiento en el tanque de condensado, desareadores mecánicos y reactivos químicos.

El método utilizado por Clayton, consiste en precalentar el agua en el tanque de condensado, recomendando mantener una temperatura de 85 a 88 °C, para eliminar al máximo posible, gases corrosivos como el oxígeno y el dióxido de carbono.

Para calentar el agua en el tanque de condensados, nos servimos de la temperatura que trae consigo el porcentaje de retorno que se recupera, y del retorno de la trampa de vapor.

Es necesario el uso de un equipo de precalentamiento, cuando el retorno de condensado que recupera, es menor al 80 % del total de agua consumida por la caldera.

El oxígeno disuelto que queda en el agua del tanque de condensado después del precalentamiento, se controla por medio de productos químicos llamados Oxidley, éste elimina el oxígeno disuelto que es altamente corrosivo y deja un residuo protector de sulfitos (50 a 100 p.p.m.)

Pasos para Realizar la Prueba de Sulfitos:

1. Tome una muestra de agua de alimentación, drenando el filtro del cabezal de la bomba de agua de la caldera cuando ésta se encuentra en operación normal.
2. Llene el frasco de prueba hasta la línea (5 ml.)
3. Agregue 15 gotas de la solución S-1 y agite.
4. Agregue 4 gotas de la solución S-2 y agite.
5. Agregue la solución S-3, gota a gota, con un gotero en posición vertical, agitando cada vez que cada gota, cuente el número de gotas necesarias para que vire de incoloro a azul.
6. Multiplique el número de gotas de la solución S-3 usado, por el factor equivalente de cada gota indicado en la botella de S-3 y obtendrá la cantidad de sulfitos presentes en el agua en partes por millón (p.p.m.)
7. Anote el dato en la bitácora de operación

3.- ALCALINIDAD (pH) ADECUADA.

El valor pH de una muestra de agua, es el grado de acidez o alcalinidad que presenta. El agua por naturaleza tiene a ser de carácter ácido, debido a gases y sales minerales que contiene disueltos.

Por esta razón al estar en contacto con algunos metales los corros, adelgazando uniformemente las paredes del tubo hasta destruirlos por completo.

Para evitar que esto suceda con los tubos de la unidad de calentamiento, es muy importante elevar el pH del agua hasta hacerlo alcalino y así, eliminar los riesgos de la corrosión ácida en la caldera.

El valor pH adecuado para evitar daños en la caldera, es de 10.5 a 11.5 . el incremento de la alcalinidad del agua se logra por medio del producto químico llamado Policlay, es un tratamiento líquido acondicionador de lodos que tiene las siguientes ventajas :

1. - Elimina la dureza residual que fuga normalmente el suavizador (menos de 10 p.p.m.) formando un lodo no adherente, que puede eliminarse del sistema fácilmente por medio de purgas programadas.
2. - Al elevar la alcalinidad del agua, a su pH óptimo de 10.5 a 11.5 , mantiene disuelta la sílice para evitar la formación de incrustaciones duras y, a su vez la corrosión por acidez .
3. - Elimina parte de la incrustación y depósitos ya formados también limpia el sistema de arrastre ferrosos los cuales se eliminan vía purga.

La alcalinidad debe medirse diario. Para tomar la muestra de agua, se drena el grifo del cabezal de la bomba de agua, y se recoge en la botella limpia, la cual se enfriará hasta la temperatura ambiente (25°C)

Pasos para Realizar una Prueba de ph.

(utilizando la pluma electrónica (UH-282863)).

- A) Enjuague la pluma en la muestra
- B) Medir 20 ml. De agua en el vaso de precipitados.
- C) Sumergir la pluma en la muestra.
- D) Disparar el interruptor y leer la lectura en la pantalla.
- E) Anotar la lectura en la bitácora de operación.

La dosificación del producto químico, tanto el Policlay como el Oxidclay dependen de las condiciones de operación de cada caldera, es directamente proporcional a las horas de trabajo, e inversamente proporcional al porcentaje de retorno de condensado recuperado y a la temperatura del agua en el tanque de condensado, además puede incrementarse o disminuirse de acuerdo con los análisis de agua y recomendaciones del Departamento Químico de Clayton de México.

Ambos productos se alimentarán al tanque de condensado por medio de bombas dosificadoras independientes.

4.- SÓLIDOS DISUELTOS (NO DEBE EXCEDER DE 6000 P.P.M.)

Los sólidos disueltos pueden provocar obstrucción en la unidad de calentamiento, si llegan a concentrarse hasta formar lodos en el agua de alimentación.

Estos sólidos disueltos, también llamados sales minerales, se controlan del sistema Clayton mediante tres acciones :

1. - Drenando diario $\frac{1}{4}$ parte del volumen de agua que contiene el tanque de condensado.
2. - Purgando la unidad de calentamiento y el separador de vapor cada 8 horas de trabajo.
3. - Ajustando la válvula de purga automática. Dicha válvula puede eliminar del sistema una gran cantidad de sólidos disueltos al drenar un pequeño y constante volumen de agua durante la operación de la caldera.
4. Se recomienda hacer la prueba de sólidos disueltos totales en el agua de alimentación, utilizando la pluma electrónica de TDS

La Prueba de Sólidos Disueltos.

- Enjuague la pluma con agua de alimentación (enfriada previamente a 25 °C)
- Medir 20 ml. De agua en el vaso de precipitados.
- Sumergir la pluma en la muestra.
- Disparar el interruptor.
- Leer la lectura de la pantalla y multiplicarla por el factor que aparece en el margen izquierdo superior, así obtendrá la cantidad de sólidos disueltos totales en parte por millón (p.p.m.)
- Anote el resultado en la bitácora de operación.

5.- SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

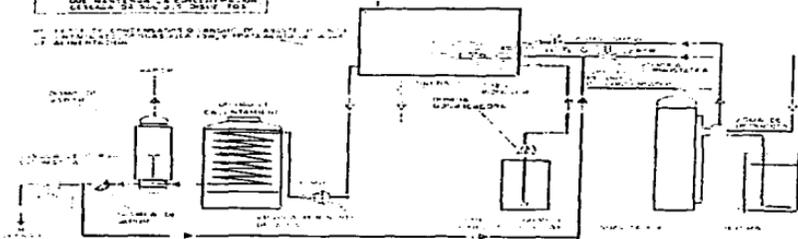
Si el agua lleva sólidos en suspensión, al convertirse en vapor, los sólidos se quedarían en la unidad de calentamiento ocasionando obstrucciones y taponamientos de esta. Además de los problemas de erosión. Los sólidos en suspensión se eliminan del agua de alimentación de la caldera a base de filtros que se deben incluir en la

CONTROL Y VIGILANCIA DEL SISTEMA DE MANEJO KWANTUNG EN TAIWAN (C) CONFIDENCIAL (SECRET)

RECOMENDACIONES AL OPERADOR: El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua.

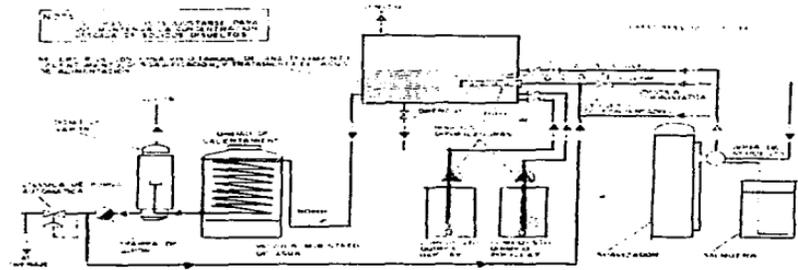
NOTA:

El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua.



NOTA:

El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua.



El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua.

El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua. El sistema de control y vigilancia de este sistema de manejo KWANTUNG en Taiwan (C) CONFIDENCIAL (SECRET) se basa en un sistema de control de vapor de agua.

instalación de la misma, y con la operación correcta del suavizador (este evitará la formación de lodos de agua dura de alimentación).

3.7 OTROS MÉTODOS DE CORRECCIÓN DEL AGUA

Estos métodos de tratamiento del agua de alimentación a la caldera son :

- 1.- Evaporadores
- 2.- Depuración en Caliente
 - a) Con Corrección Externa por Fosfato
 - b) Con Corrección Interna por Fosfato
- 3.- Depuración en frío
- 4.- Depuración con Permutitas
 - a) Permutita de Sodio
 - b) Permutita de Hidrógeno

1.- EVAPORADORES O DESTILADORES.

El uso de evaporadores está justificado en algunos casos, cuando el porcentaje del agua de alimentación a tratar (agua nueva introducida en el ciclo) es pequeño (del 1 al 4 %). Con mayores cantidades la instalación resultaría menos económica que con otros tipos de corrección. En los modernos ciclos de las centrales térmicas son inevitables las pérdidas de condensado, por el soplado del hollín, funcionamiento de las válvulas de seguridad, infiltración de los preestopos, etc.

Un evaporador mantenido en trabajo moderado produce vapor extremadamente puro. Las substancias minerales disueltas en el agua bruta, no volátil quedan en el líquido, se concentran formando lodos e incrustaciones. Se inyecta agua fría para arrastrar las incrustaciones hacia el desagüe. Se usa un pretratamiento del agua bruta para los evaporadores cuando ésta forma incrustaciones con demasiada facilidad, con lo cual la limpieza del evaporador se puede hacer más tarde con menos dificultad. Un evaporador mantenido en trabajo moderado y bien purgado para mantener bajas las concentraciones produce vapor de una pureza extrema.

Principios de Operación.

En su forma más simple, un sistema de evaporación consiste de dos partes esenciales :

1. - La cámara de destilación o evaporación, donde el agua es calentada y convertida en vapor.
2. - El condensador, en el cual el vapor es convertido en líquido.

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

En la operación de evaporadores en gran escala, el destilado obtenido de ellos generalmente contiene pequeñas cantidades de sólidos solubles o suspendidos y algunos gases. Los sólidos se encuentran presentes porque existen gotas de agua que son arrastradas fuera del evaporador junto con el vapor. Los evaporadores bien diseñados y operados, pueden producir condensados que presentan un contenido de sólidos tan bajo como 1 o 2 ppm o inferior. La cantidad de sólidos presentes en el destilado está influida por el gasto a que opera el equipo, el diseño del evaporador, el equipo instalado de purificación de vapor, y los sólidos presentes en el agua de alimentación y en el agua de concentración.

Tipos de Evaporadores.

Existe en disponibilidad, varios tipos de evaporadores para servicio de las plantas de fuerza. Pueden clasificarse como de simple, doble o múltiple efecto ó de la manera siguiente :

Evaporadores de tubos sumergidos El evaporador de tubos sumergidos, usualmente consiste de un casco de acero o hierro colado que sirve de recipiente. El agua es calentada con vapor vivo (frecuentemente a presión reducida) o por vapor de escape, que pasa a través de los serpentines sumergidos. El equipo puede ser diseñado para operar ya sea como unidad de tubos sumergidos o como una de tipo de película.

Evaporadores de película Los evaporadores de película, como su nombre lo indica, son aquellos en que el agua cruda se hace pasar en forma de película sobre una serie de serpentines calentados por vapor vivo o de escape. Los serpentines

se encuentra dentro del casco de hierro colado o acero. El agua evapora rápidamente (flash) al pasar en forma de película sobre la superficie de los serpentines calentados con vapor, y subsecuentemente se convierte a la fase líquida en un condensador adecuado.

Evaporador Instantáneo. Este tipo se opera generalmente bajo presión reducida, utilizando vapor de escape como fuente de calor. El evaporador consiste en un calentador tubular en el cual el agua de repuesto se calienta a una temperatura suficientemente alta para que éste se convierta en vapor rápidamente a su entrada a la cámara de evaporación, la que se mantiene bajo un espacio parcial. El vapor procedente de la cámara, se condensa en el condensador principal o en un condensador separado.

Evaporador de múltiple efecto. Un evaporador que consiste solamente de una cámara de calentamiento, se denomina evaporador de simple efecto. Por razones de economía, puede ser deseable colocar varias unidades en serie, y cuando esto se hace, los conjuntos reciben el nombre de evaporadores múltiples. Cuando se emplea esta distribución, el vapor de un efecto se utiliza para calentar y evaporar el agua del efecto siguiente en la serie: los serpentines de vapor de cada efecto sirven como condensadores del efecto anterior. Utilizando en esta forma el vapor de cada efecto subsecuente, la eficiencia del aparato se aumenta con respecto a la cantidad de vapor primario requerido para evaporar una unidad dada de agua.

Depuración con Cal y Sosa. El proceso de depuración en frío con cal y sosa consiste en la adición, en correcta proporción de sosa (carbonato sódico) y cal (hidrato cálcico) al agua fría. En la instalación del tipo intermitente el agua y los productos químicos se mezclan reposando tres horas o más, eliminando la masa del precipitado que se forma. El lodo contiene carbonato cálcico e hidrato magnésico. El agua decantada se filtra de las últimas trazas de materias en suspensión. Esto elimina la dureza debida al carbonato y convierte la dureza de los no carbonatos en sales de sodio. La dureza del agua filtrada depende de varios factores :

1. - Exactitud en la proporción de cal, sosa y agua.
2. - Tiempo requerido para la reacción y precipitación.
3. - Temperatura del agua (cuando más alta, más rápida será la reacción).
4. - Si se trabaja con agitador mecánico o sin él.

Generalmente, se añade productos químicos en exceso y el agua corregirá tiene una dureza de 4 a 7 grados hidrotimétricos. El depurador incluye una cámara de mezcla y un tanque de sedimentación con purga de precipitado, filtrándose después el agua corregida.

En las instalaciones más modernas de mayor capacidad se emplea en general un tanque de reacción con un agitador o impulsor de pastas, tubos de descarga y compartimientos de concentración de lodos que trabajan según el principio de contacto de lodos. Este tipo de instalaciones tiene la ventaja de las propiedades de una balsa de

pesta, una superficie reducida de tanque, una profundidad moderada del mismo y el poder llevar el lodo a partes reducidas del tanque, donde no puede interferir con la función clarificadora.

En la figura anterior se muestra un esquema de una instalación con descarga neumática de las vagonetas de producto químicos. La alimentación se regula por dosificadores en seco al tanque de precipitados. El agua clara fluye por el rebosadero para ser filtrada y usada, mientras que el precipitado se expulsa o se concentra y se tuesta para recupera la cal.

2.- DEPURACIÓN EN CALIENTE

Se usan los mismos productos químicos que en la depuración en frío, pero todo el tratamiento se realiza cerca del punto de ebullición. Las ventajas de éste son que el equipo no es voluminoso y la dureza del agua disminuye. Esto se basa en que CO_2 , Ca y el $\text{Mg}(\text{OH})_2$ son ligeramente solubles. La reacción química es ocho veces más rápida a la temperatura de ebullición que en frío; evidentemente el proceso en caliente es más económico en tiempo y en capacidad del equipo. De igual manera, los tanques de precipitación deben ser de menor tamaño, puesto que el precipitado, que está finamente dividido cuando se hace en frío, en caliente es más grueso y se deposita más pronto.

Usando un exceso de productos químicos sobre la cantidad indispensable requerida puede obtenerse un agua filtrada de poca dureza (menos de tres grados hidrotimétricos).

En el esquema anteriormente visto se ve un depurador de agua en caliente con cal y sosa combinado con desaireación y filtración. El agua bruta entra al depurador a través del purgador de aire, introduciéndose una cantidad de productos químicos proporcional a la del agua de alimentación. El agua se pulveriza y calienta en la parte superior del depurador y cae lentamente hacia el fondo; luego, por la zona inferior se succiona, se purga de gases y se filtra. El principio del contacto de todos se aplica a depuradores de este tipo, con resultados en el tratamiento de ramamiento en la eliminación de sílice. En los retornos de condensado también puede eliminarse el aire por separado, mezclarse el condensado con el agua de alimentación desaireada y filtrada y alimentada a las calderas.

Corrección con Fosfatos.

Los fosfatos se usan en tratamiento directo, o como auxiliar en las depuraciones con cal y sosa, en frío o en caliente. Se puede llevar directamente a la aspiración de las bombas de alimentación, en forma de monofosfato o de metafosfato, pues ambas tienen propiedades alcalinorreductoras y convierten la dureza residual del proceso en caliente en un precipitado no adherente y fácil de eliminar. Debido a su tendencia a precipitar, los fosfatos se introducen generalmente por una bomba o diferencial hidráulico cerca del regulador de alimentación de la caldera.

Los fosfatos poseen otras propiedades que los hacen aconsejables, pues mantienen las condiciones que impiden la formación de incrustaciones sin excesiva alcalinidad. Las aguas duras pueden tratarse económicamente por una combinación de

cal, sosa y fosfato, pero el agua blanda (de dureza no superior a 2 o 3 grados hidrotimétricos), se trata más económicamente sólo con fosfato. Susie inyectarse sulfato sódico en el calentador de desaireación para que elimine los últimos restos de oxígeno.

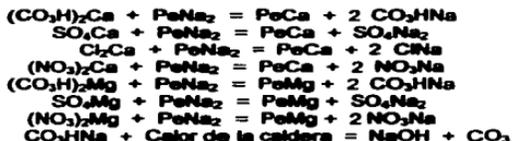
Corrección con Permutita Sódica.

Con los nombres de permutitas o zeolitas se designa ciertos compuestos minerales que tienen la propiedad de intercambiar las bases. Cuando entran en contacto con una agua dura con la permutita sódica, ésta cambia su base sódica por la cálcicas o magnésicas contenidas en el agua. Mientras que la expresión permutita (zeolita) se aplicó originalmente a minerales de origen natural, tales como la glauconita, en la actualidad se han convertido en una expresión más o menos genérica. Aplicable a una gran variedad de materias de cambio, tales como silicatos dobles hidratados de origen artificial, carbonos sulfonados y materias resinosas que poseen la propiedad de cambio deseada capaces de una regeneración y extracción repetida. La permutita es en realidad un silicato doble hidratado con la fórmula general:



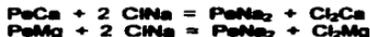
El depurador consiste en un depósito que lleva un lecho de permutita activa, extendido encima de otro de grava con grano decreciente, entre los sistemas distribuidor y colector de agua. Aunque se pueden emplear los sistemas de alimentación por gravedad o por presión, este último es el más usado.

Las reacciones que tienen lugar en el corrector de permutita, usando el símbolo (Pe) para el radical de la permutita y considerando las varias sales de calcio y magnesio que suelen encontrarse, se expresará así:



Es importante conocer cuando la capacidad absorbente de la capa de permutita está agotada. Se toma una muestra de agua corregida y se le somete a ensayo hidrotimétrico del jabón, que nos indica directamente la dureza relativa. Si excediera de 1.5 a 2 grados hidrotimétricos, se debe comenzar la regeneración. El primer paso consiste en lavar en sentido inverso, con una corriente capaz de remover la capa de permutita. Este primer paso elimina las impurezas que estuvieran depositadas sobre la permutita, acumuladas durante la corriente normal hacia abajo. Entonces se inyecta una cantidad determinada de solución de sal común (ClNa) Con un inyector hidráulico que forma parte del equipo. La sal reacciona con la permutita y se lleva el calcio y el magnesio en forma de cloruros y restituye el sodio a la permutita, con lo que recobra su

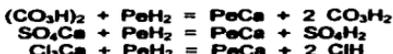
actividad primitiva. Después del lavado con sal puede usarse de nuevo el filtro de permutita. El último paso de la regeneración consiste en enjuagar el exceso de sal y cloruros de calcio y magnesio, por medio de una corriente de agua de pequeña velocidad. Las reacciones por sal común son:



Los filtros de permutita se deben elegir con capacidad suficiente como para que no haga falta regenerarlos durante los periodos de trabajo o de carga máxima. Puede exceptuarse el caso de la curva de la carga con periodos de baja carga, en los que es posible la regeneración, si se ha almacenado previamente el agua, corregida necesaria. Muchos ingenieros consideran aconsejable instalar filtros con capacidad doble de la necesaria para asegurar el funcionamiento. El periodo total de regeneración, si el operador es hábil, no pasará de 30 a 40 minutos.

Corrección con Permutita de hidrógeno.

Las dificultades de la alcalinidad irregular han sido vencidas con la permutita sintética, tales como carbón sulfonado y resinas de poliestireno, que resisten el ácido y que, cuando se regeneran con ácido pueden por consiguiente, cambiar el hidrógeno por los metales de las sales disueltas. Las reacciones son las siguientes:



Regeneración:



Se disminuye la dureza con permutita de hidrógeno, se aumenta el bióxido de carbono por la formación de ácido carbónico y el cloruro de convierte en ácido clorhídrico. El ácido se neutraliza añadiendo sosa cáustica o mezclando el agua ácida con agua deendurecida por la permutita sódica. El bióxido de carbono (gas) se extrae del agua en una torre desgasificadora. El agua resultante se extrae del depósito de la torre o pozo limpio, y se envía al calentador de purga para eliminar los últimos restos de bióxido de carbono y de oxígeno disueltos. Este tratamiento se usa con éxito con el agua bruta rica en carbonatos y se cree que es el único adecuado para tales casos. El equipo depurador para el tratamiento total, no difiere demasiado del procedimiento en frío, compitiendo ambos.

Debe notarse que la depuración mediante permutita no reduce el contenido de sílice del agua tratada.

CAL-SOSA CALIENTE Y PERMUTITA CALIENTE

Es un proceso combinado de los anteriores. Tal como su nombre lo indica, el agua dura pasa primeramente a través de un depurador en caliente en el que mediante tratamiento con cal hidratada o cal dolomítica se reduce la alcalinidad, se reduce la sílice y parte de la dureza es eliminada.

La mayor parte de la dureza del carbonato es eliminada y con esto se reduce la alcalinidad obteniéndose una reducción efectiva de sílica. El agua que sale pasa a un depurador de permutita lleno con una resina de estirano que resistirá la acción del agua caliente con un elevado pH. El proceso de esta segunda fase elimina todo el calcio y magnesio residuales. Se interpone en general filtros entre el depurador cal-sosa y el de permutita. El depurador de permutita se lava por inversión de agua depurada caliente, que se devuelve a la sección de tanques decantación del depurador de primera fase. También la permutita se regenera con asmuera en la toma corriente. Las ventajas que presenta este proceso son: un coste menor de los productos químicos, alcalinidad más baja y un total de productos sólidos en menor cantidad. No se necesita ácido y el agua resulta uniformemente depurada. Este proceso puede automatizarse totalmente.

3.7 FRAGILIZACIÓN CÁUSTICA DEL ACERO DE LAS CALDERAS.

Las calderas cuidadosamente diseñadas en el estrechamiento intercrystalino del acero. Las fallas se llaman " estrechamiento por fragilización cáustica ". Debido este a la corrosión y fatiga y de otros tipos de fallas. El daño al metal de la caldera por ataque cáustico, indicado por fracturas del metal, siempre ocurren por debajo de la línea de agua.

La sustitución de domos soldados por los domos remachados, los métodos mejorados para construir los orificios para los tubos y el perfeccionamiento de las técnicas de laminado de los tubos, han disminuido este tipo de fallas. El mecanismo químico del ataque sobre el acero esta bien comprobado. Existen medios positivos para inhibir el ataque mediante un acondicionamiento químico más efectivo del agua para alimentación y del agua concentrada de las calderas.

La fragilización cáustica del acero siempre es posible cuando se emplea agua de un tipo fragilizante y cuando existen espacios estrechos adyacentes a las áreas sumamente tensionadas en las que hay sosa cáustica. El metal que ha sido fragilizado se describe de la siguiente manera:

1. - Las fracturas ocurren por debajo de la línea de agua y parecen iniciarse sobre la superficie seca de las uniones.
2. - Las fallas ocurren en placas laminadas, de acero fundido, de placas de acero de calderas de buena calidad, dependiendo del material usado en la caldera.
3. - Las fracturas son irregulares y sus cambios de dirección son marcados, y generalmente no se unen unas a otras.
4. - Las fracturas no aparecen en áreas que aparentemente indicarían el máximo esfuerzo debido a la presión de la caldera, aun cuando las fracturas usualmente se producen en regiones de gran esfuerzo.

5. - Las fracturas ocurren en las uniones remachadas o traslapadas, afectando a ambas placas. También ocurren en las uniones a tope tanto en las tiras de metal como en las placas.

6. - Existe una marcada fragilización en el metal sometido a esfuerzo; las pruebas estáticas no indican este fenómeno.

7. - La fragilidad del metal está localizada en las áreas adyacentes a las uniones.

8. - Existe óxido de hierro negro o sulfuro en las áreas fragilizadas.

Las investigaciones de grandes investigadores condujeron a las siguientes conclusiones:

Parece evidente que el hidrógeno actúa en tres formas para producir fragilización primero, la fragilidad temporal causada por el hidrógeno absorbido (como el decapaje con ácido); segundo, reduce los óxidos ; tercero, su efecto debido al cambio en volumen en las superficies intergranulares, resultante de la producción de agua. Este último aumento en volumen crearía un esfuerzo que, añadido a los ya existentes, podría causar estrellamiento especialmente en aquellos puntos en donde los esfuerzos son máximos.

EL EFECTO DE SÍLICE EN EL MECANISMO DE ESTRELLAMIENTO INTERCRISTALINO.

La solución alcalina causante de estrellamiento intercrystalino, aumenta con la presencia de sílice y agentes oxidantes. La acción de estos compuestos está relacionada con la concentración y la temperatura. La concentración de nitrato es insuficientemente alta, con esto se evita el estrellamiento. El nitrato a altas temperaturas, resulta efectivo como inhibidor para prevenir la fragilización del acero y del estrellamiento.

FRAGILIZACIÓN POR HIDRÓGENO CONTRA FRAGILIZACIÓN CÁUSTICA.

Zapffe ha presentado muchos datos respecto a que el hidrógeno en el acero sería responsable de las fallas generalmente atribuidas a la fragilización cáustica. La fragilización del acero de las calderas reportadas como fragilización cáustica, es una fragilización causada por hidrógeno. Debido todo esto a la reacción entre el vapor y el hierro, acelerada por la presencia de solución cáustica en alta concentración, ocasiona una penetración continua de hidrógeno al acero. El hidrógeno reacciona con los materiales no metálicos para formar productos gaseosos, cuya presión, dentro de las superficies intergranulares, exceden su resistencia de cohesión y causan la ruptura.

Las placas metálicas de las calderas inmunes a la fragilización por hidrógeno proveniente del ataque con cáustica, y del estudio químico y metalúrgico del papel de

los inhibidores y aceleradores en controlar la adsorción de hidrógeno, sería un medio útil para controlar tales fallas. Se han investigado que existen tres tipos de fragilización:

1. - Fragilización por hidrógeno del equipo en varios aspectos químicos.
2. - Baño químico a bajas temperaturas.
3. - Fragilización que ocurre a altas temperaturas.

Además existe la evidencia de que las altas concentraciones de sosa cáustica en el agua de las calderas en presencia de sílice pueden considerarse como responsable del estreñamiento intercrystalino del acero de las calderas en áreas sumamente esforzadas.

3.4 TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA PARA INHIBIR LA FRAGILIZACIÓN.

Algunos productos químicos agregados al agua de las calderas inhibirán, sino detiene completamente este tipo de falla. La presencia de sulfito de sodio en el agua de las calderas tiende a retardar el efecto fragilizante de hidrógeno de sodio y, si se encuentra en proporciones adecuadas, lo detendrá por completo. No se ha podido comprobar que el sulfato de sodio posea un efecto inhibidor sobre el ataque cáustico fragilizante. La presencia de fosfatos, taninos, cromos, nitratos, acetatos, etc. ; también inhibirá la acción fragilizante de la sosa cáustica si estas sales se encuentran presentes en el agua de calderas en cantidades apropiadas.

Los materiales que contienen lignina, tales como el licor de sulfito de desperdicio, y los materiales que contienen tanino, particularmente el quebracho, son inhibidores de la fragilización. El licor de sulfito de desecho es un subproducto de la industria de la celulosa de madera. Este material no es un inhibidor tan efectivo como el extracto de quebracho, un flavotanino obtenido de corazón del árbol de quebracho de Sudamérica e importado en grandes cantidades.

La gran eficacia del tratamiento con nitrato, en el acondicionamiento de aguas, para prevenir estreñamientos en las uniones en calderas de locomotoras fue informado en 1946 .

Los datos que han sido presentados muestran que los nitratos, el tanino de quebracho y los tratamientos con cero de causticidad se han aplicado con éxito en plantas estacionarias para prevenir el estreñamiento en especímenes detectores de fragilización.

Otras investigaciones informaron que, las pruebas con licor residual de sulfito, fueron satisfactorias para el tratamiento de muchas aguas para inhibir el ataque por fragilización cáustica, pero que su acción protectora falló en algunos casos. Este tipo de inhibidor ha llevado a cabo una reducción notable en el estreñamiento de máquinas locomotoras por un periodo de dos años.

3.9 MANTENIMIENTO DE ALCALINIDAD CERO PARA INHIBIR LA FRAGILIZACIÓN DEL ACERO DE LAS CALDERAS.

El método de acondicionamiento del agua para calderas para eliminar todas las alcalinidades que producen hidróxido de sodio, han sido recomendados, mediante el uso exclusivo de alcalinidad de fosfato. El tratamiento consiste en el uso de sales de fosfato, el pH del agua pueden ser aumentado sin desarrollar alcalinidad cáustica.

Debido a la calidad variable del agua para alimentación, el uso de fosfato triácido sólo, no es adecuado. El agua ácida para alimentación requeriría grandes cantidades de este producto químico para neutralizar el ácido, resultando una alta concentración en el agua de las calderas; el agua para alimentación alcalina tendería a contrarrestar el propósito del tratamiento, al desarrollar alcalinidad cáustica.

Es posible, adherirse al método de tratamiento, controlando en pH del agua de calderas, ya sea de productos químicos ácidos o alcalinos, dependiendo esto de las condiciones..

Siempre que el pH y la concentración de fosfatos cumplan con esta curva, se obtendrá por evaporación la sal de fosfato triácido no estando presente sosa cáustica. En caso que el pH exceda al correspondiente a la concentración de fosfato, resultará una mezcla de fosfato triácido y sosa cáustica por lo tanto el pH medido nunca deberá encontrarse sobre la curva. En caso del que el pH del agua de las calderas caiga por debajo del valor de la curva, se obtendrían sales de fosfatos ácidos, las cuales no conducen a la fragilización. La condición óptima, con respecto a la fragilización, protección a la corrosión y agua concentrada de las calderas, es mantener un valor de pH ligeramente inferior al de la curva correspondiente a concentración deseada de fosfato.

DETECTOR DE FRAGILIZACIÓN.

Se han diseñado a lo largo de los años aparatos para detectar el efecto fragilizante del agua sobre el acero, muchos de estos dispositivos han resultado valiosos en los laboratorios de investigación. El aparato más práctico se le conoce con el nombre de " detector de fragilización ".

El propósito del equipo es predecir el peligro potencial de estrellamiento del acero en la operación de las calderas. El equipo se sujeta a una caldera y el acero, bajo condición y esfuerzo, se expone al agua concentrada de la caldera. En la practica, una fuga artificial se crea en el espécimen, permitiendo por ello la acumulación de altas concentraciones de agua de la caldera en la parte estrecha. El espécimen de acero se sujeta a alto esfuerzo por medio de un tornillo de ajuste.

Si el espécimen que se prueba se estrecha después de un período, ello es una indicación de que el agua posee un carácter fragilizante y de que existe peligro de estrellamiento del acero de la caldera si existe un estrellamiento o una zona estrecha en la caldera, en la que pueden ocurrir altas concentraciones de sosa cáustica en ausencia

de un inhibidor. Este tipo de detector ha sido instalado en miles de calderas y, hasta el presente, se ha acumulado una gran cantidad de datos de la operación de tales unidades de prueba.

Los datos obtenidos por tales pruebas deben ser interpretados cuidadosamente e inteligentemente por personas experimentadas. Frecuentemente ocurre que el espáncimen se estrecha al usarlo debido a esfuerzos excesivos y no por causas del agua con naturaleza altamente fragilizante. Por otra parte, algunos de los especímenes pueden no romperse, aun cuando el agua sea de tipo fragilizante. Tales condiciones pueden ocurrir si el tornillo de ajuste no se opera apropiadamente y no se lleva acabo la evaporación en la sección estrecha, limitando por ello las concentraciones de sales en la unión. En general, sin embargo, el detector de fragilización es un aparato muy práctico y ha sido de mucho valor e la clasificación de los tipos de aguas fragilizantes y no fragilizantes.

PROCEDIMIENTO PARA DETECTAR LA FRAGILIZACIÓN CÁUSTICA.

Con frecuencia la fragilización del acero es insidiosa, y cuando se descubre, ha avanzado suficientemente para requerir que se lleve ha cabo numerosos reemplazos de tubos y domos. Si la acción cáustica está limitada a los agujeros remachados y se descubre a tiempo, los agujeros pueden limarse y emplearse remaches de mayor tamaño. Sin embargo, en algunos caso el acero se ha dañado tanto que ha sido necesario un reemplazo de los domos o la unidad completa. La apariencia característica del acero fragilizado muestra pequeñas fracturas como cabellos en forma radial en el metal, que parte de la periferia de los orificios de los remaches. En grados avanzados, las fracturas pueden extenderse de los orificios para remaches a otros.

Es una obra cuantiosa desmantelar, aunque sea una parte de la caldera que se supone sujeta a daño por la fragilización cáustica. Se acostumbra, cuando hay indicación de fragilización, remover uno ó más remaches y examinar cuidadosamente la área de la placa que se sospecha dañada.

Se ha desarrollado una serie de procedimientos a través de los años para facilitar la inspección de un metal y determinar la presencia y extensión del estrellamiento. Cuando las cabezas de los remaches se rompen durante el servicio o bajo prueba bajo martillado, existe la indicación de fragilización del acero. Aun que cuando esto puede ser siempre debido a fragilización cáustica, tales fallas indican una condición sospechosa que requiere una investigación cuidadosa.

Una indicación adicional de dificultad por ataque cáustico, es la presencia repentina de fugas que no pueden detenerse por calafateo. Hace algunos años, antes del desarrollo del método para detectar fracturas, era práctica común remover remaches y examinarlos cuidadosamente las superficies mediante pulido con lija y limpieza con ácido. Esta es una operación penosa y no siempre satisfactoria. Para acelerar la inspección de este tipo de fallas, se ha desarrollado una serie de procedimientos que revela más claramente pequeñas fracturas. El uso de un periscopio

de aumento, de aparatos eléctricos y de técnicas de fotográficas perfeccionadas ha ayudado a revelar pequeñas fracturas que son difíciles de detectar a simple vista.

MÉTODOS DE DETECCIÓN.

Para la detección de fracturas en la superficie, o debajo de ella, existen una serie de métodos del tipo no destructivo, que se emplean usualmente equipos operados eléctricamente. Tal serie incluye los rayos X o las radiografías, técnicas sónicas de vibración, pruebas con partículas magnéticas, y el uso de indicadores con colorantes fluorescentes. Todas ellas requieren alguna experiencia y, frecuentemente, un análisis especial para obtener una interpretación precisa.

Se hace algún uso de método sónico y ultrasónico para detectar fracturas, pero tales procedimientos no se han evaluado completamente para la detección de fracturas por fragilización como ocurren en las calderas.

En el método de las partículas magnéticas desarrollado por Magneflux Corporation, para detectar el estrechamiento en las calderas u otros equipos de plantas de fuerza, se aplica a la superficie del metal un polvo ferromagnético especialmente preparado que se alinea a sí mismo con las estrechaduras existentes dentro del campo magnético.

SECUENCIA ELECTRICA DE OPERACION (DIESEL)

Para iniciar la operación, el interruptor OPERACION-LLENADO (RFS) estará en la posición de LLENADO, y el interruptor de FUEGO BAJO-ALTO/BAJO (MLFS) en la posición de SOLO BAJO.

El suministro principal a la caldera es trifásico a 220 o 440 volts, el cual va al motor de la caldera, y de allí tomaremos dos líneas, que llamaremos línea uno (L-1) y línea dos (L-2).

Prácticamente podemos decir que L-1 es la línea de control, puesto que en ella estarán enclavados todos los interruptores eléctricos que gobiernan toda la operación de la caldera en cualquiera de sus funciones.

Las líneas eléctricas L-1 y L-2 llegan directamente a un transformador de bajada (de 440/220 a 115 volts), mismo que se omitirá en los casos en que el circuito de control sea a 220 volts, y la alimentación principal del mismo voltaje.

A continuación L-1 llega directamente al fusible (F) de 10 amperes, y de ahí al botón de arranque NA de la estación de botones (PB) se cierra momentáneamente el circuito y la corriente eléctrica de L-1 continúa para pasar a través del botón de paro (PB) NC y por el un contacto auxiliar NC de los elementos térmicos (OL) integrados en el contactor magnético (M).

Así cierra el circuito con L-2 en la bobina del relevador de retención (SR) que al energizarse cierra su contacto (SR) NA, de tal manera que cuando se suelta el botón de arranque y se abre, L-1 continúa pasando energía ahora por el contacto del relevador (SR) y por el interruptor auxiliar del termostato (ATS) NC, de ésta manera mantiene energizada en forma permanente a la bobina del relevador (SR).

A continuación L-1 sigue para llegar al contacto NC del relevador modulador de presión "MPSR" (para calderas que usan diesel) y "MGV" (para calderas que usan gas), pasando a través de él, cierra el circuito con L-2 en la bobina de la válvula solenoide de aire (ASV), misma que al energizarse provocará el cierre de la compuerta del aire, en preparación para el inicio de la operación en fuego bajo.

Además de lo anterior, L-1 llega al interruptor de Operación-Llenado (RFS), que al estar cerrado permite el paso de corriente de L-1 para energizar al solenoide de la bomba de agua (WP).

El interruptor de Operación Llenado (RFS) se opera manualmente, y cuando se encuentra en la posición de LLENADO DE AGUA-QUEMADOR APAGADO, está NA, por lo tanto en estas condiciones no permitirá el paso de corriente de L-1.

Posteriormente L-1 continúa para llegar al interruptor de presión de vapor (SPS) NC, pasa a través de él llegando a la bobina del arrancador magnético (M) , en donde al

cerrar contacto con L-1, energiza ésta bobina (M), que a su vez cerrará sus contactos abiertos (M) para arrancar el motor de la caldera.

Por otra parte L-1 llega a un contacto NC del relevador de fuego bajo (LFSR) y continúa hasta el transformador de ignición (IT) que, como ya tenía llegada de L-2 se energiza y produce el arco eléctrico en los electrodos de ignición (E).

Cabe hacer énfasis en que hasta éste punto únicamente ha arrancado el motor de la caldera sin iniciar la combustión, por lo que la secuencia que veremos a continuación, corresponde a la del circuito eléctrico de encendido del quemador.

SECUENCIA ELECTRICA DE ENCENDIDO PARA QUEMADOR "DIESEL"

Después de pasar por el interruptor de presión de vapor (SPS) L-1 también llega al interruptor de presión de combustible, (FPS) que es NA y sólo cerrará su contacto cuando se cierra manualmente la válvula de control del quemador.

Recuerde que si la válvula de control del quemador se encuentra abierta, el diesel enviado por la bomba de combustible, es totalmente retomado al tanque de almacenamiento de la línea de derivación.

Al existir suficiente presión de combustible en el sistema, el interruptor de presión de combustible (FPS) cierra y permite que la corriente de la L-1 pase a través de él para llegar al (TS) interruptor del termostato NC continuar hasta el interruptor OPERACION LLENADO (RFS) que, al estar cerrado permitirá que la corriente eléctrica de L-1, llegue a la terminal N°. 6 del control electrónico de seguridad (ESC).

Tomando en cuenta que la L-2 había llegado anticipadamente a la terminal N° 2 del control eléctrico de seguridad (ESC), este control inicia su operación enviando una señal eléctrica a través de su terminal N° 3, hacia la válvula solenoide de fuego bajo (LFOV) y a la luz indicadora de diesel (ILO), de tal manera que la (LOFV) se energiza, abriendo el paso de combustible al quemador, que es precisamente lo que nos indica la luz (ILO) al estar encendida.

La corriente eléctrica que el control electrónico de seguridad (ESC) envía hacia la (LFOV), a través de su terminal N° 3 sólo debe durar de 4 a 5 segundos, por lo que se coloca un relevador de tiempo (TR) , debido a que es una señal de prueba para comprobar el encendido del quemador.

Una vez que la válvula solenoide de fuego bajo (LFOV) permitió el paso de diesel al quemador y que éste ha encendido, la fotocelda detecta la presencia de la flama cerrando con una señal (micropérmica) entre las terminales "F" y "G" del control electrónico de seguridad (ESC).

Una vez que el control electrónico de seguridad (ESC) recibe la señal de la fotocelda indicándole la presencia de la flama en el quemador, permite salida de corriente por la terminal N° 5.

La corriente de la L-1 que sale por la terminal N°5 del control electrónico de seguridad (ESC), llega a la bobina del relevador de fuego bajo (LFSR) , que al energizarse cerrará su contacto NA (LFSR), para permitir que la corriente de la L-1 siga llegando a la (LFOV) y a la (ILO), con lo cual se mantendrá encendido el quemador por tiempo indefinido.

Observe que en el momento que L-1 sale por la terminal N°5 de control electrónico de seguridad (ESC) energizará la bobina del relevador (LFSR) y se cerrará el contacto NA y abrirá el contacto NC del mismo con lo que el transformador de ignición queda fuera de servicio.

La corriente de L-1 que sale de la terminal N°5 del control electrónico de seguridad (ESC) también llega al interruptor manual de SOLO BAJO-ALTO/BAJO (MLFS), si este interruptor se encuentra en la posición ALTO/BAJO estará cerrado, por lo que la L-1 pasará a través de él para llegar al interruptor de modulación de presión (MPS) , que a su vez se encontrará cerrado si la presión de vapor en el separador es baja (en general menor a 70 Lbs/pulg . se abrirá y cortará el paso de corriente al relevador (MPSR) que se desactivará, también se energizará (WVP) y cerrará (HFOV) para reducir el suministro de aire, agua y combustible a la caldera quedando operando en fuego bajo.

Ahora bien, aún cuando el equipo quede operando al 50% de su capacidad, la presión de vapor puede seguir subiendo y llegar al punto de corte del interruptor de presión de vapor (SPS) generalmente 100 Lbs/pulg . Esto ocasionará que dicho interruptor abra y corte la corriente que alimenta a la bobina del arrancador magnético (M) y al quemador, por lo tanto se interrumpirá la operación de la caldera que sólo se reiniciará cuando la presión de vapor baje por el consumo del mismo.

PRACTICA # 1.

Nombre de la práctica.

Arranque y Puesta en Marcha de la Caldera "CLAYTON"

Objetivos.

- *Al término de la práctica el alumno dominará el proceso de arranque, funcionamiento y paro del generador de vapor.*
- *El alumno deberá reconocer las partes generales del generador así como su funcionamiento.*
- *Considerará los sistemas de seguridad con que cuenta el generador de vapor "CLAYTON".*

Introducción.

El arranque y puesta en marcha de la Caldera Clayton debe hacerse por una persona capacitada en el manejo de la misma, debe saber que los pasos a seguir son de gran importancia.

Para el arranque se tendrán que comprobar primero la existencia de energía eléctrica, que el combustible esté a nivel. Con respecto al agua que se utilice en la caldera debe hacerse un estudio de dureza, asegurar el nivel de agua en el tanque de condensados y preparar los compuestos Clayton, así como poner en marcha las bombas dosificadoras.

Las siguientes válvulas deberán estar cerradas en el momento de arranque; son válvulas de descarga, de purga o drene, son de salida del sistema, válvula de descarga de vapor, válvula de purga del serpentín, válvula de drene del separador, válvula del soplador de hollín. El objeto de esto es para evitar pérdidas de presión y temperaturas durante los primeros cinco minutos desde su arranque.

Las válvulas siguientes son de entrada al sistema, éstas controlan el suministro de agua a la unidad de calentamiento, al suministro de combustible al quemador y al vapor.

La puesta en marcha de la caldera iniciará con el interruptor del quemador en la posición de fuejo bajo, el interruptor de operación llenado en la posición de llenado de agua para después oprimir el botón de arranque del motor de la caldera, se ceban los cabezales, la unidad de calentamiento se llena de agua, en ese momento el interruptor

de operación-llenado se coloca en quemador-encendido cerrando la válvula del quemador, el equipo cicla tres veces para que la trampa de vapor se vacíe, se coloca el interruptor de quemador en posición alto y bajo, se abre la válvula de descarga de vapor graduándose la presión, después de esto la caldera Clayton queda totalmente automática.

ARRANQUE DE LA CALDERA CLAYTON

Primer Paso

- **Se comprueba que la caldera tenga energía eléctrica.** la caldera dispone del suministro de fuerza para motores y bombas de alimentación para el arranque. Es importante en consecuencia, que el trabajo en la línea de transmisión, subestación y sistemas de energía auxiliar esté lo suficientemente adelantado para que se eviten demoras en el arranque por la falta de energía en la cantidad adecuada.

Todo el sistema eléctrico de la caldera Clayton deberá revisarse para asegurar que estén conectadas, apretadas, las terminales bien identificadas y sobre todo debe aplicarse una prueba de sobrevoltaje a los circuitos eléctricos.

Será necesario verificar que los interruptores y contactos de los circuitos auxiliares estén funcionando correctamente. Los dispositivos de protección deberán probarse para estar seguros de que la secuencia de operación esté garantizada.

Los fusibles deberán estar en condiciones perfectas, los medidores y otros instrumentos deberán estar bien calibrados y conectados. Es conveniente tener un medio de comunicación que permita la inmediata parada del equipo en caso de dificultad.

- **Verificar que haya combustible** en el tanque de almacenamiento y que la válvula que alimenta a la caldera y al retorno estén abiertas.

Debe checarsé la capacidad del tanque para conocer la cantidad de combustible que se recibe. Se comprobará los aditamentos convenientemente instalados para saber el nivel del aceite y la temperatura con objeto de llevar el registro diario de los tanques.

La válvula que alimenta a la caldera de combustible debe estar abierta permitiendo el flujo de combustible a los quemadores, ésta debe ser sin interrupción, pues en esta forma es posible ajustar el aire necesario.

- **Probar la dureza del agua a la salida del suavizador.** la dureza en el agua está asociada con la presencia de varios iones metálicos, principalmente calcio y magnesio. A la salida del suavizador, el agua debió pasar por un proceso de remoción o alteración de éstos iones. Si el calcio o magnesio se combinan con el ion bicarbonato como $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ o $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ calentando el agua al punto de ebullición, desprenderá bióxido

de carbono cambiando los elementos, carbonato de calcio Ca CO_3 y carbonato de Magnesio Mg CO_3 estos compuestos son muy insolubles por lo que se precipitan formando todos e incrustaciones. El carbonato de magnesio no se precipita por calor, pero el hidróxido de magnesio es muy insoluble, esto es, que el magnesio puede removerse como el hidróxido por la aplicación de calor más la adición de algún alcoholquímico. Si el agua dura no es tratada previamente, esta acción ocurrirá en la caldera misma formando incrustación.

El suavizador generalmente se hace por reacción química, incluyendo el uso de cal y carbonato de sodio, el proceso puede hacerse en frío, o en caliente, éste último se hace más rápido y con reacciones más completas.

- Revisar el nivel de agua en el tanque de condensados. Debe probarse de indicadores o niveles para saber el contenido del tanque de almacenamiento de condensado, puesto que hay que extraer 550 Kcal de cada kilogramo.

El sistema de alimentación de agua se puede controlar a través de un tanque de condensados, el cual está provisto de una válvula de flotador que controla el nivel de agua en el tanque.

- Se prepara la dosificación o compuestos Cladon (sicaly y policaly) y se ponen en marcha las bombas dosificadoras.

Segundo Paso

- Para el segundo paso de arranque de la caldera se debe asegurar el cierre de las válvulas indicadas a continuación ya que aún válvulas de salida, con el fin de evitar que existan pérdidas de presión dentro del sistema, las válvulas a cerrar son:

- 1.- Válvula de Descarga de Vapor.
- 2.- Válvula de Purga del Serpentin.
- 3.- Válvula de Drene del Separador.
- 4.- Válvula del soplador de Hollín
(sólo en calderas diesel)

Tercer Paso

- Al contrario del paso 2, donde se indica cerrar las válvulas, en este tercero abriremos las válvulas de entrada de agua, vapor o combustible, éstas válvulas són:
- Válvula de Control de Agua a la Unidad de Calentamiento, se encuentra instalada en la línea de admisión de agua a la unidad de calentamiento. Cerrando momentáneamente ésta válvula, se ajusta la válvula de alivio y se verifica si la bomba de agua funciona adecuadamente.
- Válvula de Control del Quemador, se encuentra después de la bomba de combustible y su función es la de controlar el encendido o apagado del quemador, abriendo o cerrando manualmente ésta válvula que funciona de la siguiente manera:

Si está abierta, el combustible se retorna al tanque, pero si ésta válvula está cerrada, el combustible llegará al quemador encendiendo éste (únicamente lo llevaránsequipos que usen diesel, petróleo o combustóleo).
- Válvula de Alimentación a la Bomba de Agua, ésta válvula permite la entrada de agua al sistema en general, ésta se encuentra después del filtro "Y".
- Válvula de la Trampa de Vapor, ésta válvula es de tipo mecánico, de cubierta invertida. Se encuentra interconectada al domo del separador de vapor. Su función es desalojar el agua o condensado que se acumula en la parte inferior del separador, logrando así que el vapor se suministre con menos del 0.05% de humedad.

Cuarto Paso PUESTA EN MARCHA

- Colocar el interruptor de "Quemador" en la posición de fuego bajo (en el arranque, la caldera siempre opera a fuego bajo antes de alcanzar su máxima eficiencia). Este interruptor se encuentra en la caja de controles.
- Colocar el interruptor de Operación-llenado" en la posición de "llenado de agua", es muy importante revisar que el suministro de agua sea el correcto para evitar fallas en el sistema.
- Oprimir el botón de arranque que pondrá en operación el motor de la caldera.
- Cebear los cabezales, éste procedimiento es manual y consiste en abrir y cerrar los grifos o llaves de cada cabezal, para eliminar el aire que pueda tener la bomba de agua.
- Dar tiempo a la unidad de calentamiento para que se llene de agua, esto sucederá en aproximadamente cinco minutos, esto se podrá comprobar observando que el manómetro de presión de vapor dé una lectura de 1.5 a 2 kg/cm²cm.

- Una vez llena la unidad de calentamiento, se coloca el interruptor "Operación-Llenado" en la posición de "Quemador- Encendido" y se cierra la válvula de control del quemador, para que éste encienda, la presión del combustible debe subir al hacer ésta operación.
- Cuando el quemador enciende se debe esperar a que el sistema o equipo ciclé, esto es, que encienda y apague tres veces en forma automática, todo esto es para dar tiempo a la trampa de vapor de eliminar el exceso de agua contenida en el separador.
- Coloque el interruptor de "Quemador" en la posición "Alto y Bajo", esto es para ocasionar en el quemador una flama más abundante que provoque una combustión mayor en la unidad de calentamiento.
- A continuación abrir lentamente la válvula de descarga de vapor, para permitir que se eleve gradualmente la presión en las líneas de vapor y desde ese momento la operación de la caldera es totalmente automática, pero sin dejar de inspeccionar personalmente al usuario al equipo periódicamente.

SECUENCIA DE PARO

Soplado de Hollín

En las calderas que usan diesel como combustible el soplado de hollín debe realizarse cada 8 horas de operación o al final de la jornada de trabajo, si el generador se opera por menos tiempo.

Para efectuar el deshollinamiento se siguen los siguientes pasos:

1. Mantenga la caldera operando a su presión normal de trabajo.
2. En forma simultánea; abra la válvula del soplador de hollín y cierre gradualmente la válvula de descarga de vapor, de tal manera que la presión de vapor se mantenga lo más alto posible sin que el equipo para por presión.
3. Después de cinco minutos de soplado, abra la válvula de descarga de vapor y cierre la válvula del soplador de hollín manteniendo la misma presión de operación.

Purga de la Caldera

Con el objeto de evitar problemas de obstrucción por acumulación de sólidos disueltos en la unidad de calentamiento, es sumamente importante purgar la caldera por lo menos cada 8 horas de operación o al final de la jornada de trabajo, lo que ocurra primero.

Para purgar la caldera se realizan los siguientes pasos:

1. Con la caldera operando a su presión normal, abra la válvula de purga de la unidad de calentamiento.
2. Después de 30 seg. , apague el quemador (abriendo la válvula de control del quemador).
3. Cierre la válvula de descarga de vapor.
4. Pare el motor, oprimiendo el botón de paro.
5. Espere a que la presión de vapor en el separador baje hasta 2 k/cm²cm.
6. Abra la válvula de drene del separador.
7. Cuando la presión de vapor llegue a cero, cierre las siguientes válvulas:
 - Válvula de la trampa de vapor.
 - Válvula de alimentación general.
 - Válvula de purga de la unidad de calentamiento.
 - Válvula de drene del separador.

Proceda a drenar una cuarta parte del contenido del tanque de condensados, suspenda la operación de la bomba dosificadora y de la bomba de refuerzo.

Comentarios por Parte de Alumno:

PRACTICA # 2

Nombre de la práctica.

Tratamiento de Agua.

Objetivos.

- ▬ Al término de la práctica el alumno sabrá que el agua en su estado físico es una fuente de diversos procesos.
- ▬ Conocerá las causas por las cuales el agua debe tratarse de acuerdo con las exigencias propias del empleo o proceso en que se va a utilizar.
- ▬ Conocerá los problemas que causa el agua no tratada a la caldera.
- ▬ Aprenderá los procesos para tratar el agua así como los requisitos indispensables que debe tener el agua que se suministrará a la caldera.

Introducción.

El agua es el elemento máspreciado en la vida del hombre, ya que es vital para su supervivencia, así como por miles de usos y procesos, tanto domésticos como industriales.

El agua en su estado físico más común se obtienenen de diversas fuentes, entre las que destacan como las más usuales.

- Lagos
- Ríos
- Manantiales
- Excavaciones para extraerla del subsuelo (pozos)

El agua que procede de éstas fuentes por estar en contacto con la formación geológica del terreno por el que pasa, lleva disueltas o en suspensión sustancias orgánicas e inorgánicas (se considera que las orgánicas son de origen vegetal o animal tales como bacterias, raíces, hongos, etcétera, y las inorgánicas de origen mineral como la sílice, sales de hierro, calcio, magnesio, sodio, etcétera).

Por esta causa el agua cualquiera que sea su uso, debe ser tratada y acondicionada de acuerdo con las exigencias propias del empleo o proceso en que se va a utilizar, sin importar si este es doméstico o industrial.

En nuestro caso el agua va a ser utilizada para producir vapor, requiere ser tratada para que reúna ciertos requisitos indispensables para este fin, los cuales son:

- NO TENER DUREZA
- NO TENER OXIGENO DISUELTO, NI GASES CORROSIVOS.
- SER DE UNA ALCALINIDAD p. H. ADECUADA.
- NO TENER SOLIDOS EN SUSPENSION
- CONTROLAR LOS SOLIDOS DISUELTOS PARA QUE NO EXCEDAN DE 6,000 PARTES POR MILLON.

CONTENIDO

Debido a las múltiples causas que sigue hasta llegar a cada caldera, las características del agua son extraordinariamente variables. Por eso ningún tratamiento universal puede considerarse bueno.

Antes se hablaba de que las calderas de tubos de humo de agua eran más fáciles de limpiar que las de tubos de humo, pero respecto a las calderas modernas eso no tiene ninguna validez; actualmente todas las calderas requieren de un tratamiento de agua escrupuloso, y la posibilidad de que se incrusten sólo se debe contemplar como una falla imprevista del tratamiento que en sí debe ser bueno y suficiente. En cualquier caso más bien se ha de pensar en lavados químicos que en desincrustaciones mecánicas.

Respecto al tratamiento de agua no se deben tomar riesgos y debe encargarse de él a personas serias y capacitadas; realmente especialistas.

Frecuentemente quienes instalan un suavizador piensan que ya han resuelto todos los problemas del agua de sus calderas, pero no es así. El suavizador solamente convierte las sales incrustantes de calcio y magnesio, en sales no incrustantes de sodio que hay que purgar para evitar que produzcan concentraciones elevadas y espumeos.

El suavizador no tiene ningún efecto, por ejemplo, sobre la acidez, el sílice, el oxígeno disuelto, los lodos, etc., y hay que tratar el agua adicionalmente para que esas sustancias no causen perjuicios.

El acondicionamiento del agua de la caldera, ni es una adivinanza o cosa de brujería, ni es una receta de cocina. Actualmente es una cuestión técnica basada en los análisis químicos del agua y en principios científicos que todo mundo puede aprender; pero que al mismo tiempo requiere criterio y experiencia aún para aplicar los principios estequiométricos y ya no se diga, para supervisar los trabajos de las máquinas.

No puede esperarse con seguridad un buen resultado, uniforme y prolongado, sólo porque una vez se hizo un análisis del agua y se prescribió un tratamiento.

Las características del agua y las mismas condiciones de operación varían y de todo ello depende la periodicidad con que debe renovarse los análisis que además sirven para comprobar si se está aplicando el tratamiento correctamente.

Generalmente no se puede considerar que sea suficiente un análisis del agua cruda, del agua suavizada y del agua del interior de la caldera, cuando se compra el producto del tratamiento, para operar así indefinidamente.

Para que los resultados de los análisis sean confiables y las prescripciones del tratamiento correctas, las muestras del agua deben ser representativas de las condiciones reales de operación, y sus resultados relacionarse con los consumos de condensados y de agua cruda, así como con los regímenes de purgas, que además deben establecerse con base en los análisis mismos.

Las muestras deben tomarse en recipientes varias veces enjuagados con agua de la muestra y analizarse lo más pronto posible.

Finalmente quiero mencionar que no se pueden establecer valores límite para las impurezas del agua, porque varían para las distintas condiciones de operación y para los distintos tipos de calderas.

No es por demás insistir en la conveniencia de que se encargue a una persona suficientemente capacitada, este importante aspecto de la operación de su caldera.

• LA DUREZA DEL AGUA

Son aguas duras las que contienen disueltas en suspensión, sales de calcio y magnesio.

La cantidad de sales determinan su grado de dureza la cual se mide en granos por galón (GPG) .

Al utilizar agua dura para producir vapor, propiciamos el desprendimiento de sales o incrustaciones, la cual puede decirse que es el depósito de sales minerales que se adhieren fuertemente a la superficie metálica, lo cual puede llegar a tapar el tubo internamente obstruyendolo totalmente. La incrustación es un aislante térmico lo cual impide la transferencia de calor de los gases de combustión en la caldera.

MODO DE ELIMINAR LA DUREZA

La dureza no es más que sales minerales en el agua de Calcio y Magnesio . La manera de eliminar esta dureza es, por el intercambio iónico, a través de un equipo *Suavisador de Agua*, el cual consiste en:

- Tanque de resina
- Tanque de salmuera
- Válvula múltiple

ACTIVIDAD PARA EL ALUMNO:

Materia:

- Frasco de prueba.
- Solución H-1, H-2, H-3.
- Gotero.
- Agitador.

Realice la prueba de dureza:

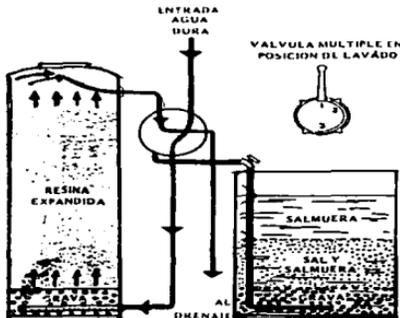
1. Jale la palanca de la válvula múltiple y pásela a la posición N°. 2, deje drenar la línea de 30 segundos a 1 minuto.
2. Tome una muestra de agua (5 ml. O hasta la marca indicada en el frasco) de la descarga del suavizador que va al drenaje.
3. Agregue 15 gotas de la solución H-1 y agite.
4. Agregue dos gotas de solución H-2 y agite, si al hacerlo aparece un color azul verdoso el agua es suave, si aparece un color púrpura es agua es dura; si el agua es dura se continúa con el siguiente paso.
5. Agregue la solución H-3, gota a gota con un gotero en posición vertical, agitando después de cada gota, cuente el número de gotas para pasar de rojo púrpura a azul verdoso, multiplique el número de gotas de la solución H-3 usada por el factor equivalente de cada gota indicando en la botella de H-3, y obtendrá la cantidad de dureza presente en el agua en partes por millón (p.p.m).

NOTA:

Si en la descarga del suavizador se detectan 10 p.p.m. de dureza, inicie de inmediato el mantenimiento al equipo, el cuál para facilitar su comprensión se ha dividido en etapas. Para más información consulte el manual de mantenimiento.

LAVADO

Posición No. 1



• ALCALINIDAD (en)

El valor ph de una muestra de agua, es el grado de acidez o alcalinidad que presenta. EL agua es ácida, debido a gases y sales minerales que contienen disueltos.

Por ésta razón corroe y adelgaza los metales de la unidad de calentamiento. Por tal motivo se debe elevar el ph del agua hasta hacerlo alcalino y así, eliminar los riesgos de corrosión ácida en la caldera.

El ph adecuado es de 10.5 a 11.5, y se obtiene por medio de un producto químico llamado polyclay.

POLICLAY :

- Elimina la dureza residual que fuga normalmente el suavizador (menos de 10 p.p.m.) formando un lodo no adherente, que se pueden eliminar del sistema fácilmente por medio de las purgas programadas.
- Al elevar la alcalinidad del agua, a su ph óptimo de 10.5 a 11.5, mantiene disuelta la sílice para evitar la formación de incrustaciones duras y, a su vez, evita la corrosión por acidez.
- Elimina parte de la incrustación y depósitos ya formados también limpia el sistema de arrastres ferrosos los cuales se eliminan vía purga.

NOTA:

La alcalinidad debe medirse diario. Para tomar la muestra de agua, se drena el grifo del cabezal de la bomba de agua, y se recoge en la botella limpia, la cual se enfriará hasta temperatura ambiente (25°C).

ACTIVIDAD PARA EL ALUMNO:

Material:

- Botella limpia.
- Termómetro.
- Pluma electrónica.
- Agitador.

• CANTIDAD DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Los sólidos disueltos pueden provocar obstrucción en la unidad de calentamiento, si llegan a encontrarse hasta formar lodos en el agua de alimentación.

Estos sólidos disueltos, también llamados sales minerales, se controlan del sistema Clayton mediante tres pasos:

1. Drenado diario $\frac{1}{4}$ parte del volumen de agua que contiene el tanque de condensados.
2. Purgado de la unidad de calentamiento y el separador de vapor cada 8 horas de trabajo.
3. Ajustando la válvula de purga automática (solo en los modelos E-40 y mayores) Dicha válvula puede eliminar del sistema una gran cantidad de sólidos disueltos al drenar un pequeño y constante volumen de agua durante la operación de la caldera .

ACTIVIDAD PARA EL ALUMNO

Material:

- Pluma electrónica de TDS del estuche UH -28283.
- Vaso de precipitados.
- Agitador.

Desarrollo:

Realice la prueba de sólidos disueltos:

1. Enjuague la pluma con el agua de alimentación (enfada a 25°C).
2. Medir 20 ml. De agua en el vaso de precipitados.
3. Sumergir la pluma en la muestra.
4. Disparar el interruptor.
5. Leer la lectura en la pantalla y multiplicar por el factor que aparece en el margen izquierdo superior, así obtendrá la cantidad de sólidos disueltos totales en partes por millón (p.p.m.).
6. Anote el resultado en la bitácora de operaciones M-6188.

• NO TENER OXIGENO DISUELTO, NI GASES CORROSIVOS.

Para evitar la corrosión por oxígeno, el agua de alimentación debe estar libre de oxígeno. La corrosión es el desgaste prematuro del metal.

El oxígeno disuelto en el agua se elimina a través de precalentamiento en el tanque de condensados, recomendando mantener una temperatura de 85 a 88 °C, para eliminar al máximo posible, gases corrosivos como el oxígeno y el dióxido de carbono.

Para calentar el agua en el tanque de condensados, nos servimos de la temperatura que trae consigo el porcentaje de retorno que se recupera, y del retorno de la trampa de vapor.

Es necesario el uso de un equipo de precalentamiento, cuando el retorno de condensado que recupera, es menor al 60% del total de agua consumida por la caldera.

El oxígeno disuelto que queda en el agua del tanque de condensados después del precalentamiento, controla por medio de producto químico llamado Oxiclay, éste elimina el oxígeno disuelto que altamente corrosivo y deja un residuo protector de sulfitos (50 a 100 p.p.m.).

ACTIVIDAD PARA EL ALUMNO

Materia:

- Frasco de prueba.
- Solución S-1.
- Solución S-2.
- Solución S-3
- Gotero.
- Agitador.

Desarrollo:

1. Tome una muestra de agua de alimentación, drenando el grifo del cabezal de la bomba de la caldera cuando ésta se encuentra en operación normal.
2. Llene el frasco de prueba hasta la línea (5ml)..
3. Agregue 15 gotas de la solución S-1 y agite.
4. Agregue 4 gotas de la solución S-2 y agite.
5. Agregue la solución S-3, gota a gota, con un gotero en posición vertical, agitando después de cada gota, cuente el número de gotas necesario para que vine de incolora a azul.
6. Multiplique el número de gotas de la solución S-3 usado, por el factor equivalente de cada indicando en la botella de S-3, y obtendrá la cantidad de sulfitos presentes en el agua en partes por millón (p.p.m.).
7. Anote el dato en la bitácora de operación (M-6182).

PRACTICA # 3

Nombre de la Práctica.

Aplicaciones del Vapor

Objetivos

- *El alumno conocerá los diferentes tipos de vapor.*
- *Conocerá las propiedades del vapor como sus aplicaciones de éste.*
- *Usará el diagrama de carátula.*

Introducción

El vapor de agua no es un gas ideal en todo el rango de su existencia. Mezclado con aire seco a bajas presiones parciales el vapor se acerca al comportamiento ideal.

Cuando el vapor es saturado, la remoción de calor a presión constante causará una condensación inmediata de una parte del vapor en condiciones de equilibrio. La presión y temperatura del vapor no son propiedades independientes pues al variar una de ellas variará la otra. Se dice que se tiene un vapor sobrecalentado cuando la temperatura del vapor es mayor que la temperatura de saturación que corresponde a la presión del sistema; para el vapor sobrecalentado, la presión y temperatura del vapor son propiedades de estado independientes.

Contenido

Para fines prácticos el vapor se podrá catalogar de la siguiente manera.

El Vapor será

1. Húmedo en un rango de presiones de 3 a 5 Kg/cm²cm
2. Seco en un rango de presiones de 8 a 23 Kg/cm²cm
3. Seco y sobrecalentado de 20 Kg/cm²cm en adelante.

Para el sistema de generación de vapor "Clayton" similar al que se encuentra en el laboratorio L-2.

El vapor de agua se emplea como fluido de trabajo desde hace mucho tiempo en con una extensa gama de aplicaciones.

NOTA:

Uno de los más destacados inventores de los tiempos antiguos fue Herón de Alejandría, la turbina de Herón demostró la fuerza del vapor. Descubrió que cuando se hierve agua en un recipiente inferior el vapor pasa a través de unos conductos a la turbina esférica superior, el vapor sale a presión a través de dos boquillas de la pared circular, produciendo la misma, así como la fuerza que hace girar la turbina. Herón nunca consideró su idea más que como un juguete divertido. Fué la primera máquina de vapor.

Modernamente se utilizan dos tipos principales de máquinas de vapor.

- *Calders de tubos de humo.*- Constituidas por un haz de tubos de acero colocados en el interior de la caldera, através de los cuáles circulan los productos de la combustión procedentes del hogar. Este tipo se utiliza más en instalaciones pequeña:
- *Calders con tubos de agua.*- Está provista de numerosos tubos por los cuales circula el agua de la caldera proplemente dicho, y que son laminados superficialmente por las llamas y los gases calientes.

El vapor de agua se emplea como fluido de trabajo y está sujeto a una extensa investigación para optimizar el uso y la eficiencia del vapor en las máquinas que lo emplean.

En el laboratorio L-2 se cuenta con un banco de vapor que se utiliza para conocer el comportamiento de la presión y temperatura del vapor en condiciones normales de operación del generador.

Lo anterior se lleva a cabo empleando el diagramador de carátula el cual realiza una revolución en una hora de manera que se pueden conocer las variaciones de la presión y temperatura en la operación.

Uso del Diagramador de Carátula

1. Revise que todos los pasos para el arranque de la caldera se hayan realizado.
2. Verifique que la válvula de entrada al banco se encuentra cerrada.
3. Abra la válvula del drenaje del sistema.
4. Coloque las plumillas en los vástagos del diagramador (verifique la colocación adecuada de los colores).
5. Calibre los vástagos a cero para la presión y a la temperatura ambiente el correspondiente a la temperatura.
6. Posterior al arranque del generador (después de estabilizar el sistema) abra poco a poco la válvula de alimentación al sistema y observará de inmediato como las plumillas se mueven hasta los puntos correspondientes de presión y temperatura del sistema.

Los diagramadores de carátula se emplean en la industria para conocer el comportamiento de los generadores durante la jornada del trabajo y así mantener un record constante y periódico de las condiciones de operación del proceso, pudiendo así controlar la calidad de nuestro proceso dentro de las normas requeridas y para las que éste fue diseñado.

Con los datos que se obtienen, se pueden conocer indirectamente las propiedades del vapor como son entalpía, entropía, etc. Estas propiedades se pueden determinar a partir de una tabla de vapor, tomando para tal fin los valores de presión y temperatura en los que se mantuvo el generador constante en su operación.

PRACTICA # 4

Nombre de la Práctica.

Mantenimiento Preventivo de la Caldera Clayton

Objetivos.

- *Crear en los alumnos la responsabilidad e importancia de mantener el equipo en buenas condiciones, ya que de ello depende la vida de este.*
- *Dar a conocer un programa de mantenimiento para la Caldera Clayton mod. EO-60.*
- *Se dará a conocer el manejo de una bitácora de mantenimiento.*

Introducción.

El mantenimiento preventivo es un programa necesario de inspección, lubricación, cuidado y reparación del equipo, en este caso el mantenimiento de la Caldera Clayton EO-60. Está destinado a asegurar el mínimo de paros no previstos y un máximo de funcionamiento productivo eficaz y eficiente.

Es importante establecer un plan definido para asegurar un control positivo de la dirección, por conducto del fogonero y del departamento de mantenimiento.

La bitácora como fiel aliado del mantenimiento son hojas donde se hace constar el récord histórico de la operación y mantenimiento, datos como los siguientes: Fecha de compra, Puesta en funcionamiento, Clase de equipo, Su estado, Comentarios, Fecha prevista para nueva inspección o sustitución, etc.

Todos los servicios deberán registrarse en una bitácora. El tiempo de inspección del mantenimiento puede ser ya sea el caso: Diario, Semanal, Quincenal, Mensual, Semestral o Anual.

TABLA DE PRESION DE VAPOR Y TEMPERATURA

PRESION		TEMPERATURA		PRESION		TEMPERATURA	
Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	°F	°C	Lbs/pulg ²	Kg/cm ²	°F	°C
60	4.22	308	153	145	10.19	364	184
65	4.57	312	156	150	10.55	366	185
70	4.92	316	158	160	11.25	370	187
75	5.17	320	160	170	11.95	375	190
80	5.62	324	162	180	12.45	380	193
85	5.96	328	165	190	13.36	394	195
90	6.37	331	167	200	14.06	388	197
95	6.68	335	169	210	14.76	392	200
100	7.03	338	170	220	15.47	396	202
105	7.38	341	172	230	16.17	399	203
110	7.73	344	173	240	16.87	403	206
115	8.08	347	175	250	17.58	406	207
120	8.45	350	177	260	18.28	409	209
125	8.79	353	179	270	18.98	413	211
130	9.14	356	180	280	19.66	416	213
135	9.49	358	182	290	20.39	419	215
140	9.84	361	183	300	21.09	422	217

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CALDERA

La Caldera Clayton debe recibir inspección periódica para mantener la eficiencia y servicio para el que fue diseñada. Las siguientes recomendaciones sólo requieren unos minutos de atención diaria para mantener la unidad en un alto grado de servicio haciendo mínimas las reparaciones y cambio de partes.

BITÁCORA

La bitácora es un formato para llevar en forma ordenada la historia de la operación y mantenimiento, indicando fecha y hora en que fueron efectuados.

También funciona como recordatorio diario de las rutinas de conservación. El uso adecuado de la bitácora, permite al jefe de mantenimiento definir y posteriormente confrontar el estricto cumplimiento de los deberes del operador. Así mismo, programar con anticipación algún paro para mantenimiento mayor.

SERVICIO DIARIO

1. Girar la manija del filtro de combustible (calderas que usan combustible diesel).
2. Durante la operación normal y siempre a una misma presión de vapor, anote en la bitácora las lecturas de los manómetros de presión de vapor, de alimentación a la caldera, trampa de vapor y combustible.
3. Pruebe el agua en el suavizador y registre el dato.
4. Tome una muestra de agua abriendo a la válvula de muestreo de la bomba de agua de alimentación a la caldera. Mida la dureza del agua, el de ph, cantidad de sólidos disueltos totales, y cantidad de sulfatos residuales, anote los valores obtenidos en la bitácora de operación.
5. Agregue al tanque de reactivos, la cantidad recomendada de compuesto. Anote la cantidad, hora y ajuste de las bombas dosificadoras.
6. Anote la hora en que se realiza la purga y desdeshollinado (sólo en calderas diesel).

Es necesario enfatizar que la purga es una obligación en la rutina del mantenimiento diario.

7. Al finalizar la jornada de trabajo o cada ocho horas de operación se debe drenar una cuarta parte del volumen de agua contenido del tanque de condensados.

SERVICIO SEMANAL

1. Limpieza del Quemador

Desconecte la tubería de combustible. Quite los cables y mariposas que sujetan al quemador y bájelo.

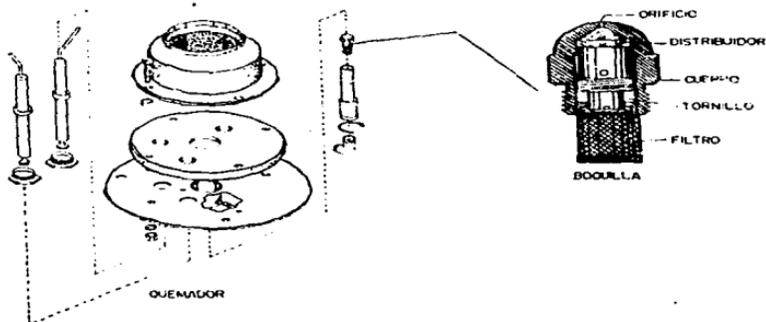
Desármelo, limpie y raspe todo el carbón depositado en el quemador y electrodos. Seque las boquillas (sólo calderas a diesel), desármelas y límpielas con gasolina o solvente.

Revisar que el orificio de la boquilla no tenga basura que lo obstruya, de ser así, destaparlo con aire o lavar la boquilla con algún solvente.

NOTA: No use instrumentos cortantes para limpiar las boquillas. Una leve rayadura puede afectar la atomización.

Por precaución se recomienda quitar las boquillas de una en una, para que no se pierda el orden de colocación, ya que dependiendo del modo de caldera que se tenga, las boquillas, de fuego alto son diferentes a las de fuego bajo.

Después de limpiar perfectamente las partes del quemador vuelva a armarlo de acuerdo a las medidas y tolerancias correspondientes. Monte el quemador en la unidad, arranque y compruebe la respuesta de la calda fotoeléctrica o detector de flama.



No. 01

Catena de Vapor _____ Modelo: _____ Serie: _____ Matr. SIPS: _____

Mes: _____ Año: _____ Trimestre 1er Trimestre _____ 2do Trimestre _____ 3er Trimestre _____

Día de la Semana (Domingo en Itálica)	Lunes			Martes			Miércoles			Jueves			Viernes			Sábado			Domingo			
	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	1o.	2o.	3o.	
Horario Máquina y Motorista																						
Presión de Vapor																						
Presión de la Bomba de Alimentación Agua																						
Presión de Combustible																						
Ciclo de Trabajo																						
Temperatura Agua Recalentada																						
Presión de la Grasa																						
Revoluciones (Máquina Directa)																						
Puente en Bombas (S.M.C.)																						
Velocidad en el Silenciador																						
Velocidad Máquinas (S.M.C.)																						
Velocidad Bombas (S.M.C.)																						

Lugar de la Bomba: _____ Fecha: _____ Nombre del Operador: _____ Flujo Agua Automática (LPM): _____ Prueba de Termostato: _____ segundos Pruebas Análisis del Termostato: _____ Brum: Total Latare Congelados: _____ Límite Filtro de Combustible: _____ Cambio del: _____ (litros)	Nombre del Operador: _____ Hora por falta Flujo (segundos): _____ Limpieza Filtro Bomba de Agua: _____ Limpieza Motor del Ventilador: _____ Revoluciones del Operador: _____ Nivel: Bomba Agua y Densidad: _____ Bandas de Motor: _____	Presión Válvula del Quemador: _____ Interruptor Nivel Bomba de Agua: _____ Temperatura de Gases Chimenea: _____ Sombra de Humo en la Chimenea: _____ Anotar Discos Bomba de Agua: _____ Válvulas Retención Bomba Agua: _____ Distribución: _____ Polaridad o Dirección de Flujo: _____
---	---	---

REVISOS (litros): _____

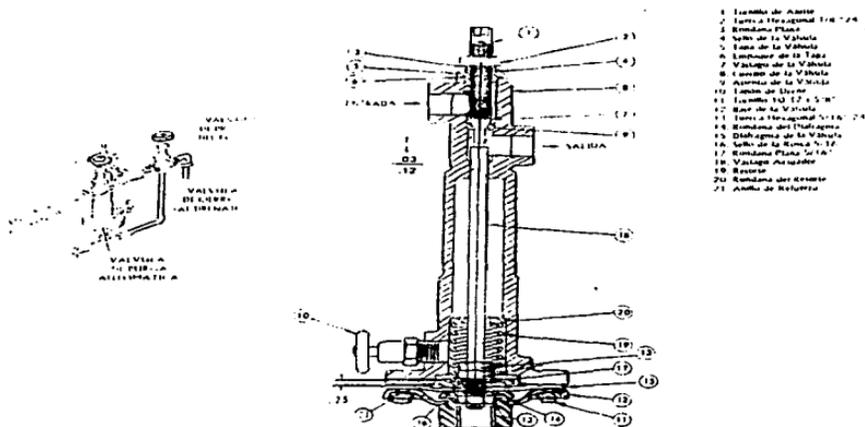
BITACORA DE OPERACION "HOJA FRONTAL"

138-1

2. Flujo de la purga automática

Cierre la válvula de descarga de la purga y abra la válvula de prueba de la purga automática. Mida la descarga durante un período medido de tiempo.

Note que el flujo sólo ocurre cuando abre la válvula de la trampa de vapor. La medición debe incluir la apertura y cierre para obtener un promedio. El flujo de descarga debe estar de acuerdo con lo recomendado por su asesor Clayton.



3. Prueba del interruptor auxiliar del termostato.

Con la unidad operando a su presión normal de trabajo, lentamente gire la perilla del ajuste del control hacia una temperatura menor hasta que se interrumpe. Anote esa lectura y reajuste la perilla 50°F (28 °C) arriba de la temperatura que anotó, arranque la unidad.

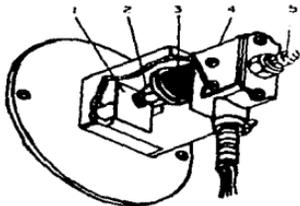
NOTA: Vea la tabla PRESION-TEMPERATURA en la caja de controles. Si el reajuste queda 50 °F (28 °C) arriba de la temperatura del vapor a presión máxima de operación, es correcto el ajuste. Si no reviselo o cambielo.

4. Prueba del interruptor del termostato.

Esta prueba debe realizarse invariablemente cada 100 horas de operación. Estudie el procedimiento y luego, siga los pasos en rápida sucesión. El tiempo máximo es 60 segundos para que arranque el quemador.

- Mantenga la caldera operando a su capacidad normal, durante dos horas mínimo.
- Regule la válvula de descarga de vapor para que el equipo se mantenga en operación continua sin que pare por presión.
- Con la unidad operando a presión normal de vapor, cierre la válvula de alimentación a la bomba de agua y abra la válvula de purga de la unidad.
- Con el quemador aún encendido, abra la válvula de drenaje del separador y empiece a contar el tiempo.
- Cierre progresivamente la válvula de descarga de vapor de tal manera que la presión de vapor permanezca unas 5 a 10 Lbs/pulg² abajo del punto de corte y permitir que el quemador esté encendido.
- Después que la válvula de descarga de vapor esté totalmente cerrada, no la vuelva a abrir hasta completar la prueba.

1. Perno de ajuste
2. Tuerca de ajuste
3. Resorte
4. Interruptor
5. Botón restablecedor



- Si el termostato está en correcto ajuste, el quemador apagará dentro de los 60 segundos posteriores a que se han abierto las válvulas de purga de la unidad y drenaje del separador de vapor.

PRECAUCION: Si el quemador no apaga dentro de un máximo de sesenta segundos, apague el quemador abriendo de inmediato la válvula de control del quemador (en el caso de las calderas a diesel) o si el interruptor auxiliar del termostato para el motor antes de terminar la prueba, reajuste el interruptor del termostato hasta obtener el control adecuado.

- Realice nuevamente esta prueba y verifique que apaga el quemador entre 45 y 60 segundos.

Ajuste del Interruptor del Termostato.

- Mantenga la caldera operando a su capacidad normal, durante dos horas mínimo.
- Abra la válvula de descarga de vapor, de manera que el equipo trabaje en forma continua sin que corte por presión.
- Gire la tuerca de ajuste del interruptor del termostato, de izquierda a derecha (aflojando) hasta que el interruptor se dispare y el quemador se apague.
- A continuación regrese la tuerca de ajuste (apretando) unos tres cuartos de vuelta, restablezca el interruptor y efectúe la prueba del termostato en la forma antes indicada.

Repita esta operación realizando los ajustes pertinentes tantas veces como sea necesario, hasta que la acción del termostato interrumpa la operación del quemador en el tiempo indicado de 45 a 60 segundos.

Ajuste del Canal Circular del Termostato.

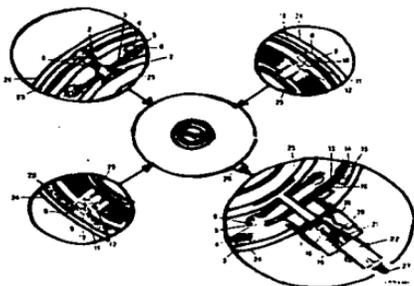
Este ajuste debe hacerse cuando se reinstale la unidad de calentamiento o si el montaje original ha sido efectuado en alguna forma. También, debe hacer una cuidadosa revisión del ajuste si el interruptor del termostato no puede ajustarse sin una respuesta errática.

NOTA: Programar la revisión del ajuste del canal circular del termostato, pues en algunas ocasiones la vibración puede desajustarla y de esta forma no operaría el control del termostato.

- Asegúrese que los platillos guía (3) están fuertemente asegurados a las bridas de la parte superior y frontal de la unidad de calentamiento. También asegúrese de que la solera de amarre (13) este fuertemente asegurada al canal circular (23).
- Afloje las contratuercas (1) y apriete fuertemente el perno ancla (7) en el tope situado atrás del tubo circular del termostato (25).
- Con los romillos de ajuste (8) del canal circular aflojados y para que el canal (23) se mueva libremente, ajuste las contratuercas (1) de la parte trasera del canal, hasta un punto en el que el espacio entre el canal y el aislamiento de la unidad sea aproximadamente igual atrás y enfrente.
- Ajuste los tornillos de ajuste del canal (8) hasta que el punto de la separación entre el canal y el aislamiento sea aproximadamente igual a la de los lados. Elimine todo el juego lateral con los pernos de carga (12) evitando hacer excesiva presión sobre los pernos.

- Revise el alineamiento de los hoyos del vástago de ajuste en la solera de amarre (13) y en la placa guía frontal (3). Puede ser necesario hacer girar el canal circular para alinear estos hoyos. Después de que se ha hecho el alineamiento, asegure fuertemente las contratuerzas (1) de atrás del canal.
- Reajuste los tornillos de ajuste del canal (8) para central en canal circular en relación con el aislamiento de la unidad de calentamiento y recargarlo en los pernos de carga lo suficiente para comenzar el fusco. Fusco aoriete cada tornillo de ajuste, de media a una vuelta adicional, para dejar compactado adecuadamente el canal; luego asegure que las contratuerzas (9). Los tornillos de ajusten deben colocarse aproximadamente en el centro de los pernos de carga.
- Revise la separación entre el canal circular y el aislamiento de la unidad de calentamiento. Debe haber una separación mínima de 1/16" (1.59 mm) mínimo entre el canal circular y la cubierta exterior (24) cuando coloque la coraza exterior sobre la base del quemador.
- Instale el perno de ajuste (17), la tuerca de ajuste (16), el soporte (19), la rondana (20), el resorte (21) y el interruptor (22). Haga el ajuste del interruptor del termostato según se indica en la página.

- 1 LEMBRATEREA
 2 BUNDIRA
 3 PLATIDIRRA
 4 TUBULA DE XANNAI
 5 BUNDIRA
 6 EMPAQUE
 7 PERNO AJUSTE
 8 TORNILLO AJUSTE CANAL
 9 CONTRATUERCA
 10 BUNDIRA
 11 TUBULA DE XANNAI
 12 BOTON LONGUELAIDA
 13 SOLERA DE AMARRE
 14 BUNDIRA DE FUSION
 15 TORNILLO
 16 EMPAQUE
 17 PERNO AJUSTE
 18 TUBULA DE AJUSTE
 19 SOPORTE MONTAR DE TAMPON
 20 BUNDIRA
 21 RESORTE
 22 INTERRUPTOR TERMOSTATO
 23 CANAL TUBO DE BUNDIRA DE XANNAI
 24 CUBIERTA EXTERIOR
 25 TUBO DE AJUSTE DE XANNAI
 26 TUBULA
 27 BUNDIRA DE XANNAI



5. Drene total del tanque de condensados.

Abra la válvula de drene del tanque de condensados y vacíe el tanque. Eventualmente pudiera ser necesario lavar y enjuagar internamente el tanque.

6. Limpieza del filtro de combustible.

Un cambio repentino de la presión de la presión de combustible pueden indicar que las partículas acumuladas están restringiendo el flujo. Cambie el elemento de filtración de acuerdo a la cantidad de impurezas que contenga el combustible que esté usando.

Seque el tapón colocado en la parte inferior del filtro y drene hasta eliminar los lodos acumulados, luego monte nuevamente el tapón.

7. Enjuague de las cabezas y columnas de la bomba de agua.

Quite el tapón de drene de la bomba de agua situado en una de las cabezas de la bomba de agua, espere hasta que salga agua limpia, luego siga el mismo procedimiento con la otra cabeza de la bomba. Si fuera necesario, use un alambre para sacar los sedimentos. (Se deberá operar la bomba de agua y estrangular la válvula de alimentación a la Caldera para promover la presión necesaria que ayude a eliminar los sedimentos).

8. Sopletear con aire los controles eléctricos.

9. Comprobar la tensión de las bandas (si las tiene).

10. Revisar el nivel de aceite de la bomba de agua.

SERVICIO QUINCENAL

1. Regenerado del suavizador de agua.

La frecuencia del regenerado depende, primordialmente, de la capacidad del suavizador u consumo de agua.

2. Prueba del control electrónico de seguridad.

Simile una falla desconectando el cable de la celda fotoeléctrica ó detector de flama montada en el quemador.

El control electrónico de seguridad deberá apagar el quemador en dos segundos. Después de la prueba, reinstale la fotocelda o detector de flama. Si no se obtiene esta respuesta, el control electrónico podría estar defectuoso y deberán cambiar.

3. Limpieza del filtro de agua.

Cierre la válvula de alimentación a la bomba de agua. Saque el tapón del filtro de agua y seque la malla. Límpiela perfectamente, montela y reinstale el tapón. Abra la válvula de alimentación a la bomba de agua.

4. Limpieza del rotor del ventilador.

Quite la tapa de la caja del ventilador. Inserte la herramienta con la parte curva hacia el sapa del ventilador. Muévala de un lado a otro, hasta limpiar la superficie de todas las espas, luego ponga la tapa de la caja.

5. Limpieza de la purga automática.

Abra el grifo de drenaje de la purga automática y el grifo de "T" en la base de la válvula. Drene hasta que salgan los lodos acumulados. Podría ser necesario desmontar la válvula y limpiarla.

6. Prueba de la válvula de seguridad (Prueba tentativa).

Ajuste el interruptor de presión de vapor para que exceda el punto de disparo de la válvula de seguridad. Deje que la presión aumente, cerrando la válvula de descarga de vapor hasta que la válvula dispare. Si no dispara al exceder su presión de ajuste, abra inmediatamente la válvula de descarga de vapor e instale otra válvula de seguridad.

Después de la prueba reajuste el interruptor de presión de vapor a su presión de trabajo original.

7. Corregir las fugas que se observen.

8. Limpieza general de todo el equipo.

9. Verificar la modulación automática (cambio de Fuego Bajo a Fuego Alto y viceversa).

10. Revise el estado de las válvulas solenoides y verificar su operación.

SERVICIO MENSUAL

1. Presión de la voluta del quemador.

Conecta la manguera de una columna de agua, en el nipple de 1/8" de pulgada provisto a la izquierda de la voluta. Compare la lectura actual con las lecturas anteriores.

Una lectura 10% menor, podría indicar la necesidad de limpiar las espes del ventilador.

2. Interruptores de nivel de aceite de la bomba de agua.

- Quite la cubierta del interruptor y manualmente mueva el brazo del flotador hacia arriba y hacia abajo.
- Este control tiene una carrera de unos 3 centímetros, en ambos sentidos, para interrumpir por falta o exceso de nivel. Normalmente el brazo debe estar en posición horizontal.
- Si durante la operación el brazo interrumpe en su posición superior, podría ser indicación de rotura de algún diafragma de la bomba de agua.

3. Temperatura de la chimenea.

Observe y registre la temperatura del termómetro montado en la chimenea. Compárelas con las lecturas anteriores. Si registra un aumento de 50 °F (28 °C) podría ser indicación de hollinamiento o incrustación de la unidad.

NOTA: La temperatura, también, puede verse afectada por algún cambio en la temperatura de agua de alimentación.

4. Limpiar y asegurar válvulas de retención de la bomba de agua.

Desarmónle un tapón de las válvulas de retención, junto con su disco y resorte, no desmonte las piezas, revise que el asiento no esté muy marcado (achetado o con fisuras), asiento el disco con una lija de agua del número 360 o 400, para la cual provease de un vidrio plano para apoyar la lija.

Empiece a asentar el disco de tal forma que dibuje un número 8 (esto es con el fin de que el desgaste en el disco sea uniforme). Continúe con ésta operación hasta que la marca del asiento en el disco desaparezca.

Después de esto, coloque la válvula en un sitio y repita la misma operación con las demás válvulas (secandolas una por una).

NOTA: Los discos deben estar totalmente lisos y planos para que la operación de la bomba de agua sea la correcta.

PRECAUCIÓN: Los resortes de las válvulas de admisión son más cortos que los de las válvulas de descarga. Tenga cuidado de no intercambiar, ya que esto ocasionará deficiencia en el bombeo de agua.

5. Válvula de alivio.

Compruebe que la válvula de alivio de la bomba de agua abre a 600 Lbs/pulg²pulg² (42 Kg/cm²cm) estrangulando la válvula de alimentación a la caldera, luego ábrala totalmente..

6. Revise bandas y poleas del motor.

Para realinear, quite el cubre banda y afloje los pernos de montaje que fijan el motor al chasis. La polea debe estar muy bien alineada para evitar el desgaste excesivo de la banda.

7. Determinación de incrustaciones.

Compare las lecturas registradas de las presiones de descarga de vapor y agua de alimentación. Además de la presión de alimentación con la registrada en el arranque inicial de su equipo.

NOTA: Para efectos de comparación, el registro de presiones debe hacerse siempre, a una misma presión de vapor y temperatura de agua de alimentación.

Si la presión de alimentación es de 30 Lbs/pulg²pulg² (0.2 Kg/cm²cm) o más que la presión registrada cuando el generador era nuevo, la unidad está incrustada.

El descuido en la regeneración del suavizador o falla en el programa de purgas es, generalmente el motivo que causa la incrustación de la unidad. El operador del equipo es el responsable de evitar incrustaciones en la unidad, pues esto redundará en desgaste prematuro de los componentes, mayor consumo de combustible y paros en el servicio de vapor.

SERVICIO SEMESTRAL O ANUAL.

- 1. Drene el aceite de la bomba de agua, reponiendo con aceite nuevo.**
- 2. Cambie las boquillas, fotoceldas (quemador diesel) .**
- 3. Instale diafragmas nuevos en la bomba de agua.**

4. Desarme y limpie el interior de la trampa de vapor.
5. Agregue aceite o grasa a todos los mecanismos del equipo que estén sujetos a lubricación periódica.
6. Los motores eléctricos usados en las Calderas de Vapor Clayton están equipados con baleros sellados, los baleros prelubricados por toda la vida útil del balero. En motores equipados con acelleras o graseras, siga las instrucciones del fabricante del motor. Recuerde que una lubricación escasa o excesiva irá en detrimento del servicio del motor.

RECOMENDACIONES:

Mantenga limpio y presentable su planta de vapor, señale inmediatamente cualquier fuga de agua, vapor o combustible, la vida del equipo depende del servicio y cuidados que usted le proporcione.

COMENTARIOS POR PARTE DEL ALUMNO:

CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.

El presente trabajo es una recopilación de información técnica y metódica, sobre todo del equipo generador de vapor (Calderas).

Se pudo constatar que para cada necesidad de aplicación de vapor se tiene una caldera con las características correctas, muchas veces el equipo no trabaja al 100% y no por mala calidad de éste, sino que la persona que opera el equipo no esta bien capacitada para usar o dar mantenimiento a la caldera, por ésta razón, en este trabajo se investigó y estudio la clasificación de todas las calderas, dándole más importancia a sus características de diseño, a la aplicación de vapor (eficacia y rendimiento), el mantenimiento o lo más importante a saber de éste punto, ya que si són mantenimientos mayores, se recomienda entonces ver los manuales del equipo dónde se estudia más a fondo el programa de mantenimiento preventivo o correctivo.

La información aquí contenida puede llegar a ser de gran utilidad para tomar una decisión de cuál caldera será la más adecuada para cualquier necesidad o proceso donde se requiera vapor.

Se encontraron varios defectos de diseño que hacen que el equipo sea muy caro o muy grande trayendo ésto consigo que cada vez que se requiera de una compostura o mantenimiento dónde se haga un cambio de refacción, se tenga que desembolsar una cantidad considerable de dinero, lo cuál afecta al presupuesto de cada industria.

Como se mencionó antes el tamaño de la máquina muchas veces limita al operador o al ingeniero designado para la compostura del equipo ya que muchas veces el equipo es tan

pesado que se requiere de un montacargas para poder mover éstas piezas, esto en la mayoría de los casos es imposible por la falta de espacio en el cuarto de calderas. En el caso en que se tenga una caldera de éstas características se recomienda tener bastante espacio entre las máquinas para futuras modificaciones, translaciones o composturas de la caldera.

A resumidas cuentas se puede decir que estas calderas son muy complejas y delicadas, otras son muy grandes y estorbosas lo que impide muchas veces dar un buen mantenimiento. Por lo tanto se ha diseñado una caldera de buena calidad y buena manufactura que ofrece una eficiente operación y el máximo rendimiento que hacen que el propietario de los equipos esté más contento, la Caldera a la cual se hace mención es la que se encuentra en los laboratorios de térmica y fluidos de la E.N.E.P. Aragón, es una Caldera Clayton mac EO-60, la tesis consta de un capítulo completo que habla del uso y aplicaciones de la caldera con el propósito de que cada alumno sea competente y capaz de manejar el generador de vapor garantizando la operación óptima del equipo, y que lo mantenga en las mejores condiciones de servicio.

Un consejo de nuestra parte es la de hacer conciencia entre los alumnos de ingeniería mecánica eléctrica que cualquier máquina que llegara a estar a su cargo o responsabilidad la cuiden al grado de que sepan que de ello depende la productividad de cualquier industria o fábrica.

Las prácticas que se realizaron llevan consigo los conocimientos que en algún momento podrán utilizarse dentro del área de ingeniería térmica, se escogieron por ser o contener lo más importante o como parte introductoria al amplio campo de los generadores de vapor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fairies, Virgil Moring; Termodinámica; Edt. UTEHA.
2. Smith / Van Ness; Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química; Edt. Mc Graw Hill.
3. R.A.Serwey; Fisica; Edt. Interamericana.
4. Diccionario Enciclopédico; Edt. Grjtafo.
5. Enciclopedia Formativa Merin; Tomos VIII,IX,X. Edt Merin.
6. D.Leader's Guide; Seguridad Industrial; Centro Regional de Ayuda Técnica.
7. Selecciones del Reader's Digest; Historia del hombre; Edt. Reader's D.
8. Ing. Francisco Gerbi Velasco; Mantenimiento de Calderas. Apuntes.
9. Melaix, C; Turbomáquinas Térmicas; Edt. Dossat.
10. Sevens, W.H, Y Degler H.F; Energía mediante el vapor de agua, aire y gas; Edt. Reverté.
11. Wark, Kenneth; Termodinámica; Edt. Mc Graw Hill.

12. Reynolds William; Termodinámica, Edit. Mc Graw Hill.
13. Manual Técnico de:
Operación y Mantenimiento para las calderas de vapor Clayton
14. Gaffert, Gustaf Adol; Centrales de Vapor.
15. Holman J. P. Calderas, Edit. Mc. Graw Hill.