



105
2 ej
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**"MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE
CALDERAS ACUOTUBULARES"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :

ROBERTO VILLANUEVA VIZARRAGA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D.F., CD. UNIVERSITARIA

1989



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 está 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.

I N D I C E

PAGINA

CAPITULO I

Introducción	1
Ubicación	1
Importancia del Complejo en el ámbito Nacional y Mundial	2
Diferentes Plantas de Proceso	4
Producción de Petroquímicos	6

CAPITULO II

Generalidades	7
Descripción de la planta	7
Las funciones de los Servicios Auxiliares	8
Abastecimiento y Tratamiento de Agua	10
Impurezas principales del agua	11
Descripción del Proceso de Pre-tratamiento y tratamiento de agua	12
Generación de vapor	14
Alimentación del agua a Calderas	15

CAPITULO III

Descripción general de la caldera	17
Calderas	17
Hogar-Horno	18
Paredes de agua	19
Tubos	19
Mamparas o baffles	20
Colectores de vapor	20
Colector inferior o colector de fango	21
Sobrecalentadores	21
Superficie de calefacción	22
Columna e indicador de nivel de agua	23
Válvulas de extracción	24
Válvulas de seguridad	26
Aberturas de inspección y acceso	27
Quemadores	27
Sopladores de hollín	28

CAPITULO IV	PAGINA
Datos de comportamiento de una caldera.	31
Datos de prueba de combustión	31
Principios de la combustión en caldera	33
Relación del oxígeno en la combustión	35
 CAPITULO V 	
Preparativos para arranque	36
Precauciones de seguridad	36
Prueba hidrostática	38
Secado del refractario y la albañilería	40
Hervido químico	44
a).- Generalidades	44
b).- Preparación para el hervido químico	45
c).- Productos químicos recomendados para el hervido.	47
d).- Procedimiento del hervido	52
Tratamiento del agua de alimentación y agua de la caldera.	55
a).- Corrosión	57
b).- Formación de incrustaciones	59
c).- Tratamiento del agua para la prevención del arrastre	60
Limpieza ácida	62
Precauciones durante la limpieza ácida.	64
 CAPITULO VI 	
Procedimiento de operación	66
a).- Operación del generador	66
b).- Agua de alimentación a caldera	66
c).- Preparativos para la Puesta en servicio.	70
d).- Barrido	70
e).- Encendido	71
f).- Supervisión de una caldera en operación.	72
g).- Paro de caldera.	75
h).- Paros normales	79
i).- Paros de emergencia.	81
Cálculo de la potencia y la eficiencia de la caldera	85
a).- Cálculo de la Potencia	85
b).- Cálculo de la eficiencia	87

	PAGINA.
El sobrecalentador y Protección de la caldera.	89
Descripción del sobrecalentador	89
Encendido	91
Operación normal	96
Paro	98
Protección de la caldera.	99
Calentamiento y enfriamiento.	99
Purgado de la caldera	100
Protección de la caldera fuera de servicio	101
El método seco	102
El método húmedo	102
Cuidado de los elementos del sobrecalentador	104

CAPITULO VII

Mantenimiento	107
a).- Conceptos generales de mantenimiento	107
b).- Planeación de mantenimiento.	109
c).- Programa de mantenimiento preventivo.	111
d).- Mantenimiento regular	112
Relación de actividades durante el paro de una caldera.	114
Mantenimiento de plantas	114
Mantenimiento civil	115
Mantenimiento mecánico	116
Mantenimiento eléctrico	117
Instrumentos	119
e).- Revisión de fugas.	120
f).- Reporte de avería	121
g).- Reportes de mantenimiento	122

CAPITULO VIII

Instrucciones para equipo auxiliar	123
Tiro forzado	123
Chimenea	125
Precalentador de aire	126
Bomba de agua de alimentación	127
Reguladores de agua de alimentación.	131
Válvulas de purga	134

	PAGINA
Desaeradores	136
Válvulas de seguridad	148
Columna e indicador de nivel de agua	151
Registros y puestos de acceso	153
Quemadores	154
Instrumentos	156
CONCLUSIONES	158
APENDICE	160
BIBLIOGRAFIA.	194

CAPITULO I
INTRODUCCION.

UBICACION.

El complejo Petroquímico (CPC) La Cangrejera esta construido sobre una área de 250 hectáreas, localizado a una distancia de 10 kilómetros al oriente de la ciudad de Coatzacoalcos, Ver., sobre la carretera Coatzacoalcos-Villahermosa, a una distancia de 5 kilómetros del complejo petroquímico Pajaritos que se encuentra operando normalmente y a ocho kilómetros del complejo petroquímico Morelos que se encuentra actualmente en construcción con un avance global del setenta por ciento.

Las vías de comunicación con las que se cuenta para llegar a éste lugar son: terrestre, ferroviaria, marítima y aérea.

El complejo Petroquímico La Cangrejera se encuentra operando normalmente desde el año de 1984, los 365 días del año y cuenta con cerca de 6,000 personas laborando en los tres turnos.

En la figura # 1 se muestra la localización del Complejo.

IMPORTANCIA DEL COMPLEJO EN EL AMBITO NACIONAL Y MUNDIAL

El nombre LA CANGREJERA significa uno de los más ambiciosos proyectos que, dentro de la industria petroquímica, ha iniciado hasta la fecha el Gobierno Federal a través de PETROLEOS MEXICANOS, en el curso de la historia; también representa un salto considerable en la capacidad de producción de un gran número de materias primas industriales derivadas del petróleo y del gas natural, que no solo dan impulso a la industria de transformación que hace influir en el mercado doméstico, los satisfactores que la población demanda en forma de ropa, elementos de construcción, fertilizantes, medicinas, etc., sino la autonomía nacional en cuanto a la elaboración de dichas materias primas.

Gracias al citado complejo petroquímico La Cangrejera, - en un plazo relativamente corto (de 1980 en adelante) nuestra capacidad de producción supera los consumos domésticos y los excedentes se exportan para la obtención y ahorro de divisas, factor importante para continuar con el desarrollo del país.

Es importante subrayar el hecho de que todas las instalaciones han sido diseñadas con las mejores tecnologías e innovaciones industriales probadas y que tienen además características en cuanto a su capacidad productiva, que la colocan en el ámbito mundial como similares a las más grandes en su género. Estas unidades permiten a PEMEX producir volúmenes de productos básicos que satisfacen las necesidades nacionales y dejan disponibles excedentes importantes que son destinados al mercado internacional. Las perspectivas en éste caso son muy-

Provisorias a corto y largo plazo, si se considera la gran -
fuente de riqueza natural y de materias primas con que cuen-
ta el país y permite asegurar el bienestar de las generacio-
nes presentes y futuras por un largo período.

DIFERENTES PLANTAS DE PROCESO

El CPQ La Cengrejera cuenta con un total de 20 plantas ó unidades de proceso, respaldadas totalmente con las instalaciones de servicios auxiliares, tales como patios de tanques de almacenamiento, generación de vapor, generación eléctrica, suministros de agua y aire, talleres para mantenimiento de maquinaria y equipo, almacenes y los equipos necesarios para las funciones administrativas.

Las diferentes plantas de proceso son las que a continuación se enlistan todas ellas operando en su totalidad. - Ver fig. # 2.

- 1.- Fraccionadora de líquidos criogénicos.
- 2.- Estabilizadora de crudo.
- 3.- Hidrodesulfuradora de naftas.
- 4.- Recuperadora de licuables.
- 5.- Tratamiento de afluentes.
- 6.- Reformadora B.T.X.
- 7.- Etileno.
- 8.- Estireno.
- 9.- Oxido de etileno.
- 10.- Cumeno.
- 11.- Oxígeno.
- 12.- Polietileno.
- 13.- Acetaldehído.
- 14.- Fraccionadora de aromáticos.
- 15.- Extractora de aromáticos.

- 16.- Hidrodealquiladora de tolueno.
- 17.- Xilenos "plus"
- 18.- Isomerización de xilenos.
- 19.- Purificadora de hidrógeno.
- 20.- Cristalización de paraxilenos.

PRODUCCION DE PETROQUIMICOS.

Butano.....	8,500.000	bla/ año
Propano.....	9,240.000	bla/ año
Crudo estabilizado.....	160.000	bla/ año
Etileno.....	500.000	ton/ año
Oxido de etileno.....	100.000	ton/ año
Poli-etileno.....	240.000	ton/ año
Propileno.....	15.500	ton/ año
Mono etilen glicol.....	6.300	ton/ año
Acetaldehido.....	100.000	ton/ año
Nitrógeno.....	10.000	ton/ año
Oxígeno.....	200.000	ton/ año
Estireno.....	150.000	ton/ año
Cumeno.....	40.000	ton/ año
Benceno.....	124.000	ton/ año
Tolueno.....	150.000	ton/ año
Hexano.....	50.000	ton/ año
Heptano.....	11.000	ton/ año
Ortoxileno.....	55.000	ton/ año
Gas combustible.....	97.000	mpepd
Paraxileno.....	240.000	ton/ año
Gasolina.....	13,995.700	ton/ año
Aromina.....	22.720	ton/ año

CAPITULO II
GENERALIDADES.
DESCRIPCION DE LA PLANTA.

Los Servicios Auxiliares están integrados en una superintendencia y agrupan 3 plantas, una de tratamiento de agua, una de Generación de Vapor y otra de Generación de Energía Eléctrica, estas 3 plantas operan en conjunto dando como resultado lo que es una planta termoeléctrica (ciclo cogenerativo) y tiene por objeto convertir o transformar el calor en electricidad y vapor para su uso dentro de esta importante industria. Ver fig. # 3.

La transformación de energía calorífica en energía eléctrica se realiza en una forma escalonada y para ello, en las plantas termoeléctricas es necesario recurrir al empleo de tres equipos principales que en su orden son:

- a).- Un generador de vapor o caldera.
- b).- Una turbina de vapor.
- c).- Un generador de corriente alterna o alternador.

Debido a que no es posible transformar el calor en electricidad en forma directa, en una planta termoeléctrica se hace necesario considerar cuatro pasos principales para que, partiendo del calor, se llegue a la generación de electricidad.

El primer paso consiste en realizar el encendido de combustible que puede ser carbón mineral, combustóleo o gas natural, realizándose este paso en el hogar de la caldera.

El segundo paso se realiza en la caldera y consiste en el calentamiento del agua hasta su conversión en vapor sobrecalentado.

El tercer paso se realiza en la turbina al girar la parte móvil o rotor por efecto del vapor procedente de la caldera.

El cuarto paso y último se realiza en el generador donde la energía mecánica de la turbina se transforma a potencia eléctrica.

LAS FUNCIONES DE LOS SERVICIOS AUXILIARES:

Su función es proporcionar los servicios que requieren las plantas de proceso para su operación adecuada, tales como: agua pretratada, agua desmineralizada, vapor para plantas de proceso, vapor para generación de energía, energía eléctrica, aire de instrumentos, aire de plantas, almacenamiento de materias primas y producto y sistemas de relevo o desfogue principalmente.

Tratamiento de agua: Es un proceso mediante el cual se eliminan las impurezas del agua.

Generación de vapor: por medio de las calderas se transforma el agua tratada en vapor, que va a ser utilizado para mover los turbogeneradores, turbocompresores, turbobombas, etc.

En el complejo petroquímico la Cangrejera se cuentan con 9 calderas, 5 de baja presión y 4 de alta presión, siendo su presión de trabajo de 650 psig. (45.77 Kg/cm^2) las de baja y 850 psig. (59.86 Kg/cm^2) para las de alta presión; la capacidad de generación de vapor para las primeras es de 225 ton/hr y para las segundas es de 200 ton/hr.

Generación de energía eléctrica: es un proceso en el que por medio de 3 turbogeneradores se producirá la energía eléctrica al complejo, estos turbogeneradores operan con vapor de

alta presión.

Aire de plantas y aire de instrumentos: para producir -
aire de plantas se utiliza un compresor, el cual puede ser mo-
vido por un motor eléctrico o una turbina.

Para producir aire de instrumentos se utiliza el mismo -
método, solo que este aire se pasa por un deshidratador para-
eliminar la humedad.

ABASTECIMIENTO Y TRATAMIENTO DEL AGUA

Clasificación del agua según sus fuentes:

- a).- **Metéorica.**- El agua de lluvia y el granizo (contienen pocas sales minerales y gases).
- b).- **Subterránea.**- Agua de pozo y manantial (contiene sólidos y bastantes sales).
- c).- **Superficial.**- Agua de río (contiene lodos, desechos orgánicos y pocas sales)
- d).- **Congénita.**- Agua de mar (contiene muchas sales de calcio y magnesio)

Clasificación del agua según su uso:

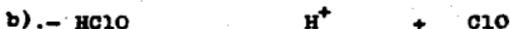
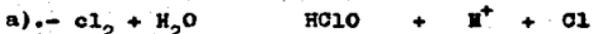
- a).- Agua contraincendio
- b).- Agua de enfriamiento.
- c).- Agua de calderas.
- d).- Agua de servicio.

Algunas propiedades físicas y químicas del agua:

Propiedades físicas.- El agua es el único compuesto que se encuentra en los tres estados; líquido, sólido y gaseoso. Es incolora, inodora e insípida. Su peso molecular es de 18 gr/mol, su densidad es de 1 gr/cm³, su punto de ebullición es de 100°C (212°F), su punto de congelación 0°C (32°F)

Propiedades químicas.- La fórmula del agua es H₂O
cal más agua se transforma en hidróxido de calcio.
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

Cloro más agua se transforma en ácido hipocloroso.



Bióxido de carbono más agua se transforma en ácido carbónico:

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{ ---- } \text{H}_2\text{CO}_3$$

IMPUREZAS PRINCIPALES DEL AGUA:

a).- Sólidos disueltos.- Son compuestos que se encuentran en el agua y que no pueden separarse por filtración.

contiene: Cloruro de sodio, magnesio y calcio; sulfatos de sodio, magnesio y calcio; bicarbonatos de sodio, magnesio y calcio, y además nitratos de calcio y magnesio.

b).- Sólidos en suspensión.- Son los que no pueden disolverse en agua y no pueden separarse por filtración.

contiene: Lodos, sílice, algas, hongos y materia orgánica.

c).- Gases disueltos: Son aquellos que se disuelven en el agua y pueden ser eliminados por ebullición:

contiene: Oxígeno, bióxido de carbono y ácido sulfídrico.

Los sólidos disueltos provocan incrustaciones.

Los sólidos en suspensión provocan taponamientos.

Los gases disueltos provocan corrosión.

DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO DE AGUA.

El abastecimiento de agua se inicia en el río Uxpanapa mediante el bombeo hacia un canal abierto que descarga en el arroyo Teapa, éste a su vez descarga en la presa Cengrejera cuya capacidad útil es de 18.5 millones de M^3 ; de la presa fluye a un vaso de captación del cual se alimenta por separado a un sistema de contraincendio, a las torres de enfriamiento y a la planta de pretratamiento de agua. Ver. fig. # 4.

El pretratamiento, a un régimen de 7000 gpm ($1590 M^3/h$) - se inicia en un canal abierto mediante la dosificación de cal hidratada $Ca(OH)_2$, sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ y polielectrolito, luego fluyen en paralelo a dos clarifloculadores con una capacidad de 3,500 gpm ($795 M^3/h$), y de estos por gravedad pasa a los filtros de arena y finalmente fluye a una cisterna para almacenamiento de agua pretratada, de ésta se bombea a la planta de tratamiento de agua.

El agua pretratada se bombea a:

- 1).- Al sistema hidroneumático en el cual se obtiene agua a presión como fluido hidráulico para la operación de las válvulas de control de los filtros de arena.
- 2).- Al sulfonador de 475 lbs/día para proporcionar agua pretratada a las unidades catiónicas, éste sulfonador sirve para inyectar bióxido de azufre que elimina el cloro residual.
- 3).- Al retrolavado de filtros de arena de la planta pretratadora.
- 4).- A la planta de tratamiento de agua que comprende de 5 trenes de desmineralización de 3 unidades cada uno.

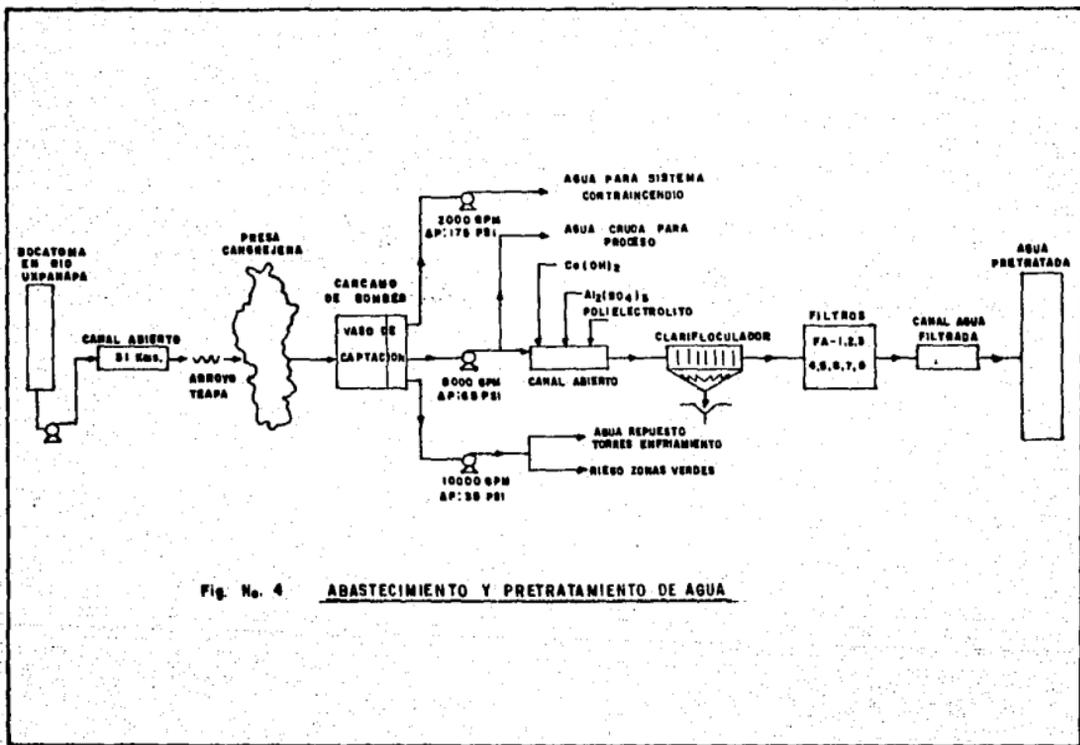


Fig. No. 4 ABASTECIMIENTO Y PRETRATAMIENTO DE AGUA

El agua pretratada pasa por las unidades de intercambio de cationes, aniones y mixtas; obteniéndose de esta última agua desmineralizada, la cual llega a un tanque por un ducto donde se le agrega hidrasina para enviarla a los desareadores, por otro ducto llega directa a los desareadores que proporcionan agua a las calderas, el agua desmineralizada también es bombeada a las plantas de proceso. Ver fig. # 5.

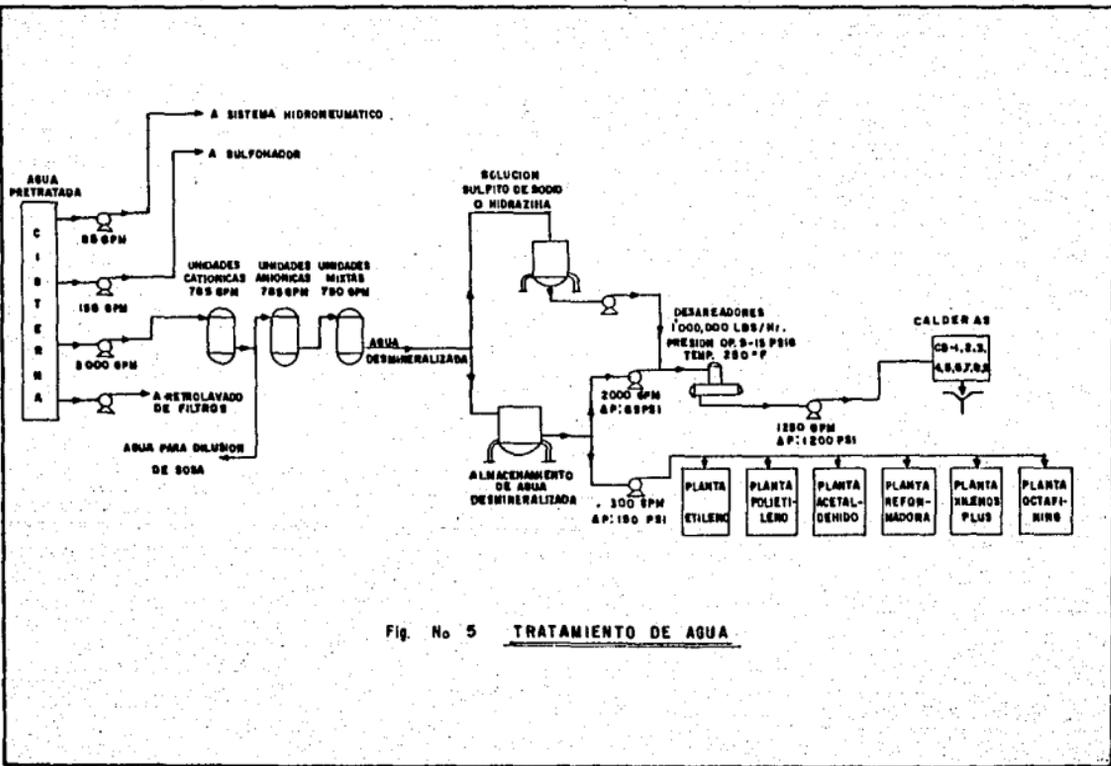


Fig. No 5 TREATAMIENTO DE AGUA

GENERACION DE VAPOR

Como ya se ha hecho mención anteriormente, dentro de los servicios Auxiliares se cuenta con 9 calderas para la generación de vapor, 5 de ellas con la nomenclatura CB-1, CB-2, CB-3, CB-4 y CB-5; estas calderas tienen una capacidad de 225 ton/hr cada una y a una presión de 650 Psig. (45.77 kg/cm^2), - la temperatura a la cual trabajan es de 527°F (275°C)

Además hay cuatro calderas con la nomenclatura CB-6, CB-7, CB-8 y CB-9 con una capacidad de 200 ton/hr, con una presión de 850 psig. (59.86 kg/cm^2) y trabajan a una temperatura de 900°F (482°C).

Las primeras de la CB-1 a la CB-5 se les llama calderas de baja presión y a las segundas de la CB-6 a la CB-9 se les llama calderas de alta presión y todas en su operación son de tiro forzado y de hogar presionado. Ver fig. # 6.

El vapor generado a 650 psig. es utilizado como fuerza motriz en las turbinas de los tiros forzados de cada una de las calderas, en las turbinas de las bombas de agua de alimentación a calderas, en las turbinas de las bombas de las torres de enfriamiento y también como fuerza motriz de las plantas de proceso.

El vapor generado a la presión de 850 psig. se utiliza exclusivamente como fuerza motriz de los turbogeneradores de la planta de energía eléctrica, así como para una estación acondicionadora de vapor que le reduce a 650 psig.

Las acondicionadoras de vapor que están en operación son de 850 a 650 Psig., de 650 a 65 psig. y de 650 a 275 psig.

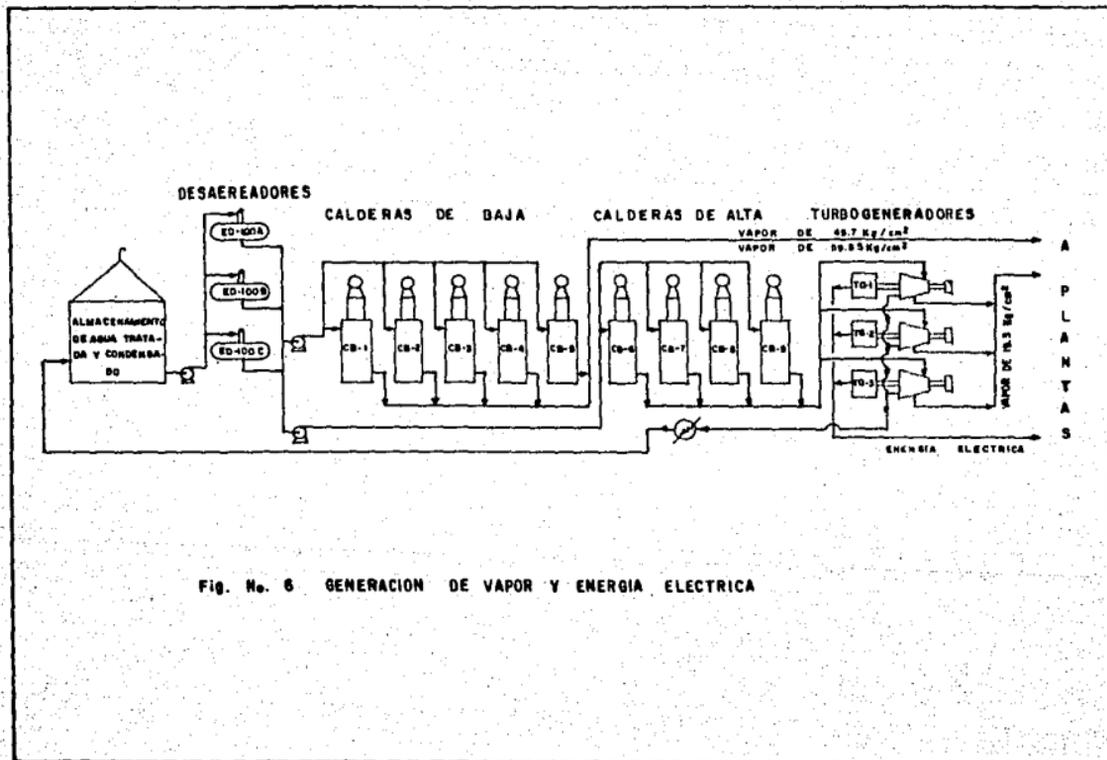


Fig. No. 6 GENERACION DE VAPOR Y ENERGIA ELECTRICA

El vapor de 275 psig. es utilizado también en los equipos de mediana capacidad como fuerza motriz y en algunos casos en los cambiadores de calor de las plantas de proceso.

El vapor de 65 psig. normalmente se genera en el escape de las turbinas y en el tanque de flasheo, que es el tanque donde descargan todas las purgas de las calderas, siendo éste vapor utilizado en su mayor parte en el calentador desaerador, en los sellos de vapor de las turbinas y en los intercambiadores de calor, ya que se controla a una temperatura de 310°F (154°C).

ALIMENTACION DEL AGUA A CALDERAS.— La alimentación de agua a calderas puede ser condensado recuperado o agua desmineralizada de la planta de tratamiento de agua se manda a un tanque de almacenamiento de agua desmineralizada con nomenclatura TV-135, con una capacidad de mil barriles, de éste tanque se manda el agua por medio de las bombas BA-108 A/P a los desaeradores ED-100 A/D donde se eliminan los gases no condensables, tales como el oxígeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y nitrógeno contenidos en el agua; en éstos desaeradores se recibe el condensado que proviene de los tanques con nomenclatura TV-134, TV-152 y TV-153; dicha agua condensada proviene de los turbogeneradores y de las plantas de proceso, siendo bombeada a los desaeradores por medio de las bombas BA-107 A/G, así como el condensador que proviene del tanque TH-36 que recibe el condensado del vapor de 65 psig. en friado con anterioridad.

De los desaeradores es bombeada el agua, que es una —

mezcla de condensado y agua de repuesto o agua desmineralizada; a las calderas de baja presión por medio de las bombas BA-107 - A/G y a las calderas de alta presión por medio de las bombas - BA-106 A/E a una presión de 75 y 90 kg/cm² respectivamente.

Esta agua antes de entrar al domo superior de las calderas se le inyecta en la succión de las bombas de agua de alimentación hidrazina o sulfito de sodio, para eliminar el oxígeno remanente que causa corrosión.

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION GENERAL DE LA CALDERA.

A. CALDERAS: Las calderas se denominan a veces generadores de vapor.

Pueden definirse como equipos destinados a convertir la energía química de los combustibles en calor y transmitirlo al agua.

Esta operación se realiza en varios pasos.

1).- Mediante la combustión transformamos la energía química del combustible en calor.

2).- El calor se transmite al agua a través de los tubos.

3).- El agua elevada a una temperatura suficiente se transforma en vapor saturado.

4).- La temperatura del vapor saturado se aumenta al pasar por el sobrecalentador, con objeto de incrementar su capacidad calorífica y evitar la presencia de cualquier agua de condensación que pudiera perjudicar la turbina.

Para su estudio, las calderas pueden dividirse en dos grandes clasificaciones:

Calderas de tubos de humo.

Calderas de tubos de agua.

En las primeras el fuego y los gases calientes pasan por los tubos y el agua rodea éstos. Son generalmente pequeñas y no las usamos en nuestras plantas.

En el segundo tipo, los gases calientes rodean los tubos y el agua circula por el interior de ellos.

Las calderas acuotubulares se caracterizan por ser grandes productoras de vapor debido a su gran superficie de calefacción y el largo recorrido de los gases de combustión. Por esta razón pueden hacer frente en un tiempo muy breve al aumento de la demanda de vapor, motivo por el cual en las plantas de producción de energía eléctrica, se utilizan casi exclusivamente este tipo de calderas.

Aunque con ciertas diferencias, básicamente las calderas acuotubulares son todas parecidas entre sí.

Sus principales componentes son:

Hogar.

Paredes de agua (cuando las hay)

Tubos.

Mamparas.

Colector de vapor.

Colectores de fango ó cabezales de fango.

Sobrecalentador.

Accesorios.

HOGAR-HORNO

El hogar es un volumen formado de ladrillos refractarios resistentes al calor y es donde se quema el combustible. El horno debe estar diseñado de forma tal que permita la dilatación y contracción del material con que está fabricado. La vida del material refractario está influenciada por:

- 1).- Altas temperaturas.
- 2).- Cambios rápidos y continuos de temperaturas.
- 3).- Vibraciones y flamasos en la caldera.
- 4).- La acción de sedimentos.

PAREDES DE AGUA.

Se denominan paredes de agua a una serie de tubos que rodean al horno de las calderas, tanto por las paredes laterales como por el piso y techo.

Por el interior de los tubos circula agua y están conectados directamente a los tambores por medio de los cabezales. Estos tubos a más de aumentar considerablemente la capacidad de la caldera, disminuyen la temperatura del horno protegiendo por lo tanto el refractario de las paredes. Cuando existen paredes de agua en las calderas, el hogar se dice que es "integral".

TUBOS.

Los tubos de las calderas pueden ser rectos o curvos. — Los primeros están unidos entre sí por cabezales que pueden ser seccionados o de caja. Estos cabezales a su vez están unidos a los tambores colectores de vapor.

En el segundo caso, o sea cuando los tubos son curvos, éstos están unidos en su parte superior, por el o los tambores colectores de vapor, y en su parte inferior por el tambor colector del fango.

Los tubos curvos permiten contracciones y expansiones, — cualidad que los hace muy ventajosos, y entran en los colectores en dirección radial.

Los tubos expuestos al calor más fuerte se llama de generación, pues son los que producen la mayoría del vapor. Los más alejados del fuego se llaman de circulación y es por donde baja el agua de los colectores superiores.

MAMPARAS O BAFLES.

Con el objeto de aprovechar mejor el calor de la combustión, el pasaje de los gases a la chimenea no es directo, sino que está dividido por tabiques diflectores llamados mamparas o bafles que pueden ser de metal o material refractario, las cuales desvían los gases aumentando su recorrido para dar más tiempo a que cedan su calor a los tubos.

COLECTORES DE VAPOR.

Los colectores tienen forma cilíndrica y están contruídos de acero.

Las calderas de tubos rectos tienen uno o más colectores situados en su parte superior. Estos colectores serán unidos a los cabezales de los tubos de circulación.

Las calderas de tubos curvos, tienen dos clases de colectores, los superiores, llamados colectores de vapor y el inferior llamado colector de fango por ser en él donde se acumulan los sedimentos del agua de alimentación.

Los tubos curvos unen directamente los colectores superior e inferior. En el colector superior es donde se junta todo el vapor producido por los tubos y de allí pasa al sobrecalentador.

El colector superior contiene agua y vapor más o menos por mitades. En este colector superior, está colocado el nivel de agua de la caldera. El agua de alimentación entra en la caldera por el colector superior.

Con el objeto de que el vapor que sale del colector supe

rior con destino al sobrecalentador, no arrastre gotas de agua, la salida del vapor está provista de unos aditamentos llamados secadores o separadores que impiden el arrastre del agua.

En el colector superior también va instalada una o más - válvulas de seguridad.

COLECTOR INFERIOR O COLECTOR DE FANGO.

Este tipo de colector inferior, sólo existe en las calderas de tubos curvos, pues en las de tubos rectos está reemplazado por cabezales de fango.

En este colector o cabezal, según sea el caso se concentran los fangos formados por la precipitación de las impurezas del agua de alimentación. Con el objeto de eliminar esas impurezas, están provistos de una tubería de descarga con sus válvulas respectivas, que se llama tubería de extracción.

SOBRECALENTADORES.

Los sobrecalentadores toman el vapor saturado del colector superior de la caldera y elevan su temperatura.

Básicamente los sobrecalentadores son una serie de tubos que suelen colocarse entre los bancos de tubos. Los gases calientan el vapor saturado que entra al sobrecalentador y lo convierten en vapor sobrecalentado de alta temperatura.

Las ventajas que se logran con el uso del sobrecalentador son:

- 1).- Reducción de condensación en las líneas de vapor.
- 2).- Reducción en la cantidad de vapor usado en las turbinas.

3).- Eliminación de perjuicios a las últimas paletas de las turbinas debido a la presencia de agua de condensación.

4).- Aumenta la capacidad de la planta, pues a igual peso de vapor, la energía del mismo es mayor.

Para evitar que se deforme o queme el sobrecalentador, es siempre necesario que haya circulación de vapor a través del mismo. Cuando la turbina está trabajando no hay problema, pero en el caso contrario, o cuando se está levantando presión es necesario abrir en el sobrecalentador una válvula de descarga que permita la circulación constante del vapor por el sobrecalentador. Esta misma precaución debe observarse, cuando por cualquier motivo, se corta el suministro de vapor a la máquina.

Algunos sobrecalentadores también están dotados de una válvula de purga, para eliminar el condensado que pueda haberse acumulado. Tienen instalada una válvula de seguridad, que escapa a una presión menor que las válvulas de seguridad del colector de vapor.

Del sobrecalentador parten los tubos de distribución que surten de vapor a la turbina principal, la turbina de la bomba de alimentación y a todo otro lugar donde se necesite vapor recalentado.

SUPERFICIE DE CALEFACCION.

Se entiende por superficie de calefacción de una caldera la suma de las superficies expuestas a los gases calientes, de todas aquellas partes que en su interior tienen agua o vapor. La capacidad de producir vapor, para una misma velocidad

de combustión está regida por la superficie de calefacción. A mayor será su capacidad de generación de vapor.

Nominalmente se considera que cada metro cuadrado de superficie de calefacción equivale a un caballo de potencia de caldera. Esta comparación se ha alejado de la realidad pues con las mejoras en la evaporación a causa de mejores diseños se logran más caballos con un metro de superficie de calefacción. Esta unidad no está relacionada con la potencia de la máquina a la cual abastece de vapor.

Aunque muchos reglamentos de calderas usan esa comparación, es más conveniente, para dar el tamaño de una caldera usar su capacidad de evaporación en kilogramos por hora.

COLUMNA E INDICADOR DE NIVEL DE AGUA.

Estos accesorios se destinan a indicar el nivel del agua en la caldera. Están colocados en el tambor colector de vapor teniendo sus entradas en las partes superior e inferior del colector.

La columna va provista de un tubo de vidrio en las calderas que trabajan a baja presión o de una combinación metálica con un vidrio plano para las de alta presión que deja ver la altura a que se mantiene el agua. En caso de que el agua tiene desaparecido el nivel o que éste se haya roto, debemos recurrir a los grifos de prueba que permiten saber donde está el agua. Si abrimos el superior y sale agua comprobamos que la caldera está demasiado llena, si por el inferior sale vapor, notaremos que falta agua, si por el central tenemos vapor, el nivel será correcto. Algunas calderas tienen una columna de -

agua que está dotada de un sistema de flotadores y silbato el cual suena cuando el agua está baja o alta en la caldera avisando así al fogonero. Tanto los niveles de cristal como las columnas de agua tienen válvulas de purga.

Cuando la persona que atiende la caldera note que el agua ha desaparecido del nivel, sin saber cuanto tiempo hace que ello ocurrió, debe sin pérdida de tiempo apagar los fuegos y esperar que la caldera se enfríe para inspeccionarla. No debe ni abrir las válvulas de alimentación ni hará funcionar las válvulas de seguridad.

Actualmente en algunas de las plantas existen reguladores automáticos para la alimentación de agua, que mantienen un nivel constante. Estos aparatos, aunque aliviar enormemente la labor del encargado, deben ser vigilados continuamente, pues como todo lo mecánico pueden fallar y dar lugar a peligrosas explosiones.

VALVULAS DE EXTRACCION.

El tratamiento químico al cual se somete el agua de la caldera, hace que las impurezas se depositen en los colectores inferiores o colectores de lodo.

Para evitar que las impurezas lleguen a concentrarse de tal forma que disminuyen el rendimiento de la caldera, es necesario eliminar estos fangos periódicamente.

Para ello, los colectores de lodo tienen válvulas de extracción. Al hacer una extracción, el nivel de agua baja considerablemente, por ello es conveniente tener un exceso de nivel antes de abrir la válvula de extracción.

Al hacer una extracción debe abrirse primero la válvula más cercana y luego la más alejada al cabezal.

Al terminar la extracción debe cerrarse primero la válvula la más lejana y luego la más próxima al cabezal, debe tenerse cuidado en abrir y cerrar las válvulas lentamente.

El objeto de efectuar la operación en el orden indicado es conservar la válvula más cercana en buen estado y capaz de impedir escapes aunque la válvula exterior quede fuera de servicio; o tenga que ser reparada.

Es conveniente efectuar las extracciones cuando las calderas están generando el mínimo de vapor, o sea cuando la demanda de la planta es pequeña.

En la mayoría de los casos estas válvulas de extracción no descargan directamente a la atmósfera, sino que lo hacen a un tanque. La inspección del agua descargada indica ciertas condiciones del sistema tales como el estado interior de la caldera o si hay contaminación del agua de alimentación. Cuando hay más de una caldera, que descarga en el mismo tanque, es necesario colocar válvulas de retención con el objeto de que la descarga de una caldera en marcha, no pueda regresarse a una caldera que por ejemplo puede estar en reparación con sus válvulas abiertas. La falta de válvulas de retención o el descuido al hacer una extracción, sin fijarse si el vapor puede entrar en otra caldera, ha causado muchas víctimas entre obreros que han estado haciendo reparaciones en el interior de calderas.

VALVULAS DE SEGURIDAD.

Las válvulas de seguridad son dispositivos instalados en el colector de vapor y en el sobrecalentador, para proteger a la caldera de presiones excesivas que podrían dañarla y hasta hacer explotar, protegen también tuberías e instalaciones en general.

En el colector se instalan para mayor seguridad dos válvulas. La válvula colocada en la salida del sobrecalentador, está graduada para trabajar a una presión menor que las anteriores.

Estas válvulas descargan el vapor a la atmósfera y operan automáticamente cuando la presión llega al límite al cual están ajustadas, generalmente 6 % más que la presión de trabajo.

Básicamente están compuestas por un disco que obstruye la salida del vapor el cual se mantiene apretado por un resorte espiral, al cual se le puede dar mayor o menor tensión. -- Cuando la presión del vapor excede de la del resorte, el disco se separa permitiendo el escape del vapor.

Estas válvulas tienen también una palanca, para poder abrir las manualmente y verificar así su funcionamiento.

Una válvula de seguridad debe llenar las siguientes condiciones:

- 1).- Que se abra completamente a una presión determinada.
- 2).- Que se mantenga abierta hasta que la presión se reduzca a un valor determinado.
- 3).- Que cuando cerrada, lo haga herméticamente, sin vibraciones o fugas.

ABERTURAS DE INSPECCION Y ACCESO.

Toda caldera y sus partes deben estar provistas de com - puertas de acceso, registros de inspección y otras aberturas para examen y limpieza.

Algunas de estas aberturas son suficientemente amplias - como para que una persona pueda pasar por ellas. Otras sólo - permiten el paso de la mano o herramientas.

En las calderas de tubos rectos existen pequeñas abertu - ras de mano para cambiar los tubos y permitir su limpieza, -- mandrillado e inspección.

Los registros generalmente tienen su tapa del lado de - adentro de forma tal que la misma presión del vapor los tenga - herméticamente cerrados, sin embargo, para que se sostengan - en su lugar, están dotados de una o más mordazas con tornillo, teniendo esto presente, no es conveniente apretar mucho las - tuercas de ellas.

Entre el metal de la caldera y el de la tapa va siempre - colocado un empaque que ayuda a efectuar el cierre. Este empa - que puede ser metálico, de asbestos con grafito, o de algún - material resistente al calor.

QUEMADORES.-

Con el objeto de facilitar la combustión del petróleo, - es necesario previamente vaporizarlo, o más bien dicho, produ - cir una atomización fina, esta operación se realiza en los -- quemadores por medio de sus atomizadores.

Los quemadores son unos tubos que atraviesan el frente - de la caldera y que pasan hasta el horno que es donde se efec - túa la combustión.

El petróleo a presión se introduce por la parte de atrás de estos tubos y sale por una tobera o atomizador situada en la punta del tubo. Esta tobera está provista de placas (orificios). Estas placas son cambiables y según el fuego que se desea, se usan de diferentes diámetros de orificio, menor será la cantidad de petróleo que sale y por lo tanto más reducido será el fuego. La parte de atrás de estas placas, está ranurada de forma tal que el petróleo sale con un movimiento de rotación produciendo turbulencia que permite que se mezcla más fácilmente con el aire, facilitando así la combustión.

Algunos quemadores funcionan sólo con presión del petróleo (mecánicos), pero hay otros tipos que son ayudados, por un chorro de vapor o aire.

Es posible regular el fuego, dentro de ciertos límites, sin cambiar de placas en los quemadores. Esto se obtiene aumentando la presión del petróleo en los quemadores.

Cada turno de fogoneros tiene la obligación de cambiar el juego de quemadores y efectuar una limpieza a fondo de los mismos, desarmándolos y manteniendo todos los pasos limpios y libres del carbón que se forma. Junto con los quemadores debemos mencionar los registros de aire que controlan la cantidad de exceso de aire necesario para la combustión.

SOPLADORES DE HOLLÍN.

Ya hemos visto la importancia de la transmisión del calor a través de los tubos, pero esta transmisión de calor puede disminuir notablemente si los tubos se cubren por su parte exterior con hollín producto de la combustión.

Este hollín, si se deja permanecer sobre los tubos, se endurece formando una capa aislante que aparte de impedir la transmisión del calor también obstruye en parte el paso de los gases hacia la chimenea y puede producir peligrosos sobrecalentamientos que destruyen los tubos. Esta limpieza se efectúa -- con unos aparatos llamados sopladores.

El soplador consiste en un tubo que en un extremo está conectado a una línea de vapor, o aire comprimido y a lo largo del tubo tiene una serie de agujeros por donde sale el vapor o aire a presión. Este vapor dirigido hacia los tubos, despegga de el hollín el cual es arrastrado por los gases.

Existen dos tipos básicos de sopladores. Los que se accionan manualmente, dirigiéndose a las partes que se quieren limpiar, y los que están instalados en las calderas. Estos últimos tienen un movimiento mecánico que a la vez que los hace girar sobre sí mismo, también los hace correr a lo largo de los tubos.

Se deben observar las siguientes precauciones al operar los sopladores.

- 1).- Purgar la tubería de vapor.
- 2).- Aumentar el tiro para que los gases puedan arrastrar el hollín.
- 3).- No dañar los tubos con el soplador.
- 4).- Mantener el soplador en constante movimiento, para evitar que el vapor choque siempre en el mismo punto, lo cual podría dañar los tubos.

El soplete tiene la ventaja de que permite limpiar los tubos estando la caldera en marcha, pero ello no quiere decir que evite una limpieza más a fondo cuando la caldera - esté parada.

C A P I T U L O IV

DATOS DE COMPORTAMIENTO DE UNA CALDERA.

DATOS DE PRUEBA DE COMBUSTION
CALDERA GB-7
CAPACIDAD 200 Ton/hora.

VARIABLE	UNIDADES	1	2	3	4
Flujo de vapor	Ton/hora	73	100	147	195
Presión vapor domo	Kg/cm ²	62	63	63.5	65
Presión vapor sobrecalentador	Kg/cm ²	60	60	60	60
Temperatura de vapor sal. atemperador	°C	312	312	312	312
Temperatura final vapor	°C	480	480	480	480
Presión de agua atemperador	Kg/cm ²	102	99	99	99
Selectora de agua atemperador	%	0	30	51	65
Aber. vál. agua atemperador	%	0	10	25	30
Radial válv. agua atemperador	%	0	10	35	40
Modo de control	Man/Aut.	Auto	Auto	Auto	Auto
Flujo de agua de alimentación	Ton/hora	72	102	147	195
Nivel Domo	cm.	0	0	0	0
Presión agua de alimentación	Kg/cm ²	102	99	99	99
Temperatura de agua de alimentación.	°C	100	100	100	100
Selectora agua alimentación	%	15	24	40	52.5
Apertura válv. agua alimentación	%	15	20	27	33
Radial válvula agua alimentación	%	15	23	30	36
Flujo de gas	%	24	34	50	68
Presión gas quemadores	psig	1.4	2.7	5.6	9.8
Número de quemadores	Núm.	6	6	6	6
Presión gas entrada a quemadores	psig				
Presión gas salida reductora	psig	42	42	42	42
Selectora de gas	%	30	40.5	60	80
Apertura válvula control gas	%	31	39	49	62
Radial válvula control gas	%	31	39	49	62
Flujo de combustible total	%	24	34	50	68
Flujo de aire de combustión	%	24	34	50	68
Pres. desc. tiro forzado	mm H ₂ O	100	170	315	550
Pres. aire sal. caldera vapor	"	100	150	290	510
Pres. aire sal. calentador rotatorio	"	68	105	230	420
Presión caja de aire	"	68	100	205	370
Presión hogar	"	25	50	110	200
Presión gases salida caldera	"	20	25	40	75
Presión gases sal. calentador rotatorio	"	7.5	7.5	7.5	7.5

VARIABLE	UNIDADES	1	2	3	6
Diferencial calentador rotatorio	mm H ₂ O	20	28	56	96
Temperatura aire salida caldera vapor	°C	55	51	47	46
Temp. aire sal. calentador rotatorio	"	280	295	320	340
Temperatura gases salida caldera	"	350	375	415	460
Temp. gases sal. calentador rotatorio	"	145	160	175	185
Selectora tiro forzado	%	29	43	59	78
Apertura servo. tiro forzado	%	19	26	44	65
Radial servo. tiro forzado	%	22	27	45	67
Porcentaje O ₂ analizador	%	5.8	3.7	2.2	1.5
Porcentaje O ₂ Orsat	%				
Selector vapor precalentador de aire	%				
Porcentaje de CO ₂	%				
Apertura válvula control	%				
Selector maestro caldera	%	30	40.5	60	80

NOTAS: Las condiciones de operación durante las pruebas de combustión en manual fueron fijadas por operación de servicios auxiliares. Los análisis de Orsat fueron efectuados por personal de su laboratorio.

PRINCIPIOS DE LA COMBUSTION EN CALDERA.

Químicamente la combustión es una oxidación rápida o sea la acción de combinar un material con el oxígeno.

Un combustible tiene almacenada gran cantidad de energía en su exterior, energía química, sin embargo a simple vista - no nos podemos dar cuenta de su existencia, ahora bien al que mar el combustible en realidad lo que hacemos es liberar esa energía calorífica.

Para que la combustión tenga lugar necesitamos tres elementos básicos:

- 1.- El combustible
- 2.- El oxígeno
- 3.- Que ambos se encuentren a su temperatura de ignición.

Aunque no es un elemento imprescindible para la combustión, existe un factor importante que ayuda a que ella sea perfecta, este factor se llama turbulencia.

Se entiende por turbulencia la acción de mezclar íntimamente el aire con el combustible.

Para que una combustión sea completa, tiene que haber suficiente aire, para que el oxígeno necesario sea el adecuado.

En caso de no haber oxígeno suficiente, se forma el compuesto CO (Monóxido de Carbono) el cual se forma con un desprendimiento de calor tres veces menor que el CO₂ (Bióxido de Carbono). De esto se deduce claramente que la falta de aire - en un equipo da como resultado una combustión incompleta con el consiguiente desperdicio del combustible y por lo tanto - bajo rendimiento.

Exceso de aire.— Con el objeto de evitar la falta de aire y por lo tanto del oxígeno, los equipos se operan con un exceso de aire o sea con más aire que el que teóricamente será necesario para completar la combustión. Hay un límite para este exceso de aire, ya que excediéndose de él, o sea introduciendo demasiado aire, tenemos el inconveniente muy perjudicial de barrer los gases calientes hacia la chimenea, sin dar tiempo a — que ese calor sea transmitido.

Un exceso de aire exagerado aumenta la cantidad de combustible consumido.

Aunque las cantidades de exceso de aire que se debe utilizar varía con el tipo de caldera ventilado de vapor usado, podemos decir que del 15 al 25 % de un exceso de aire es necesario para quemar un combustible sólido, de 10 al 20 % cuando quemamos un combustible líquido y del 6 al 15 % cuando quemamos un gas natural.

RELACION DEL OXIGENO EN LA COMBUSTION.

La finalidad de tomar la muestra de gases de combustión con el CRSAT es para tener una idea del % de oxígeno en la mezcla, y así calibrar un aparato electrónico que nos va a estar reportando a variaciones de carga el balance de la combustión.

La figura No. 9 nos muestra en la gráfica cuando el flujo de gas y de aire permanecen, ya hay un valor predeterminado de % de oxígeno de acuerdo con dicha gráfica, con una variación en la carga figura No. 7 (dependiendo de la variación del aire y del gas fig. No.9) variará la generación de vapor así como las temperaturas, manteniéndose la presión de salida. El % de oxígeno también tendrá variación.

Podemos concluir que el % de oxígeno nos determinará con que eficiencia trabajará la caldera ya que ese resultado nos mostrará a diferentes cargas la buena o mala combustión que se reflejará en un desmedido consumo de combustible para una misma carga ver fig. No. 8

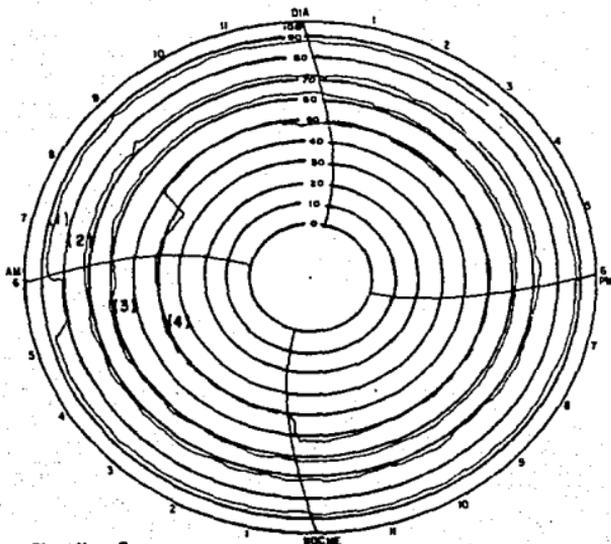


Fig. No. 7

- 1.- TEMPERATURA VAPOR SALIDA DEL SOBRECALENTADOR
LECTURA = 6
- 2.- PRESION VAPOR SALIDA DE CALDERA
LECTURA = .6571
- 3.- TEMPERATURA SALIDA DEL SOBRECALENTADOR PRIMARIO DESPUES DE LA ATTEMPERACION LECTURA = 6
- 4.- FLUJO DE VAPOR LECTURA = 3

GENERACION DE VAPOR Y CONDICIONES DE TEMPERATURA

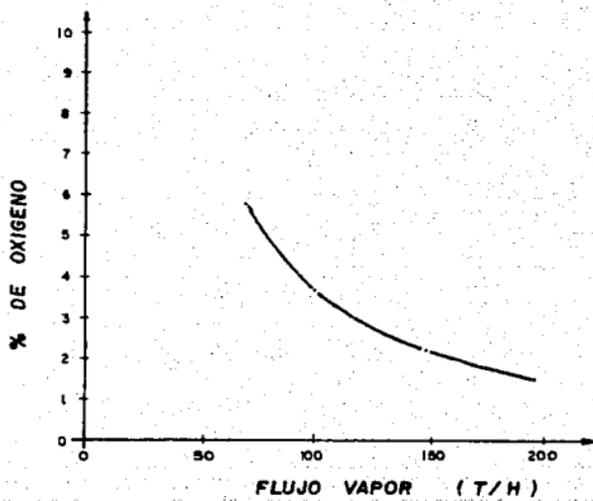
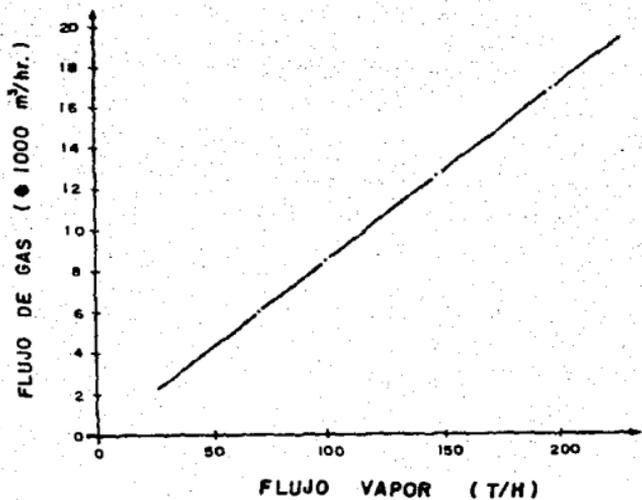
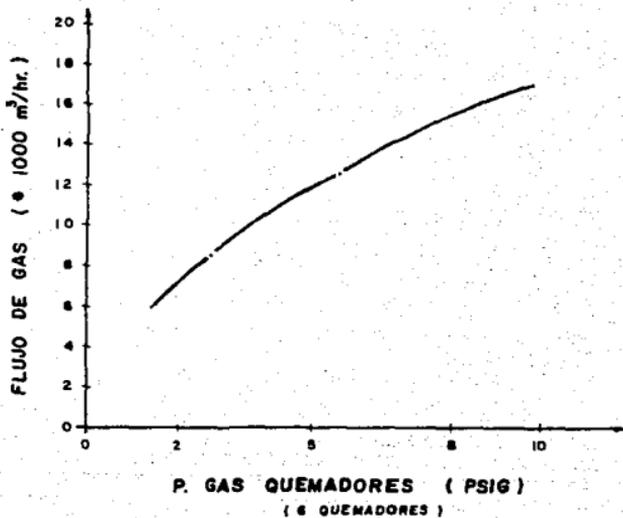


Fig. No. 8



**CURVA DE FLUJO DE GAS
VS.
FLUJO DE VAPOR**

Fig. No. 10



**CURVA DE FLUJO GAS
VS
P. GAS QUEMADORES**

Fig. No. II

- ① P. DESCARGA TIRO FORZADO
- ② P. CAJA DE AIRE
- ③ P. HOGAR

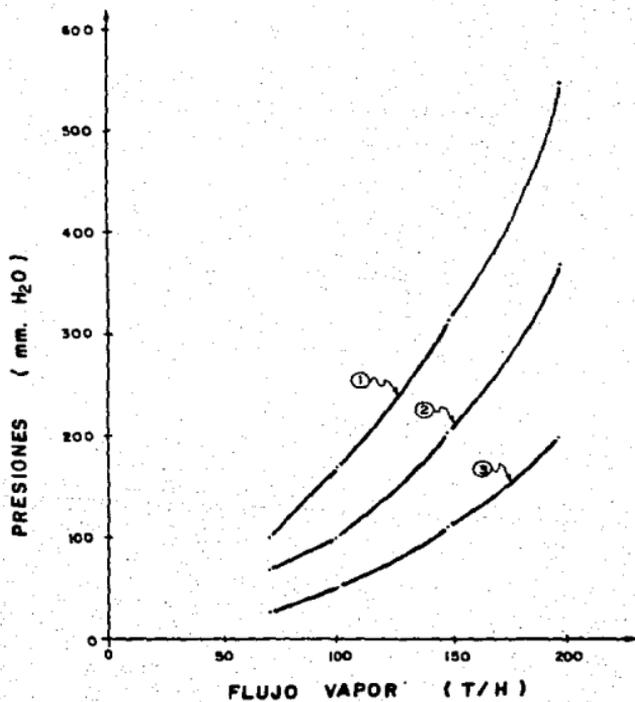


Fig. No. 12

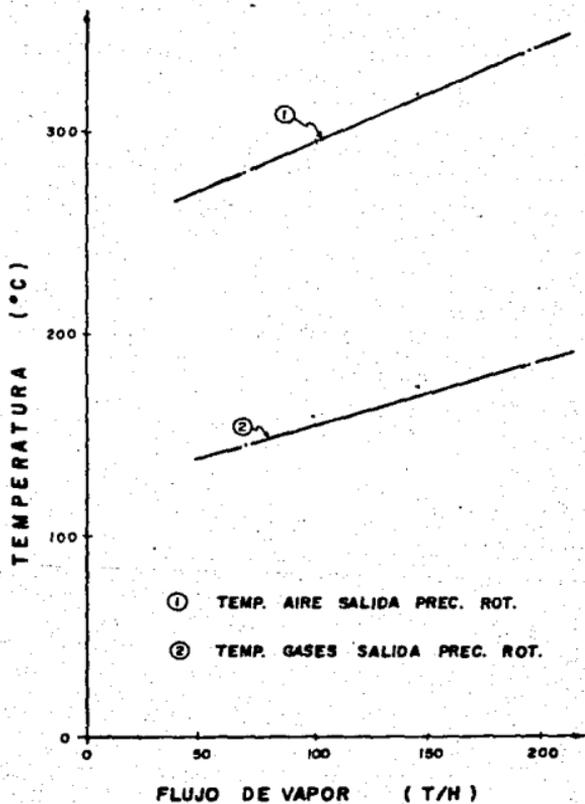


Fig. No. 13

C A P I T U L O V
PREPARATIVOS PARA ARRANQUE

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD: Las siguientes instrucciones son algunas de las precauciones de seguridad generales que se aplican cuando se va a poner en operación un generador de vapor. Una unidad nueva, antes de ser puesta en operación, debe de ser cuidadosamente inspeccionada y aprobada por un inspector autorizado de la secretaría de trabajo y previsión social, obteniéndose de éste un certificado de inspección.

Cuando una unidad nueva va a ser puesta en operación por primera vez, determinar que:

A).- Todos los niveles de vidrio hayan sido chequeados e instalados de acuerdo a los planos del fabricante.

B).- Las líneas de purga provenientes de la columna de agua y del nivel de vidrio estén correctamente conectadas y las válvulas de drenaje o purga cerradas. Los niveles de vidrio deben de estar lo convenientemente iluminados y visibles al operador desde el piso de operación.

C).- Todos los venteos, drenajes y purgas; deben de ser lo más fácilmente accesibles y apropiadamente conectados al tanque de purgas, tanque de vertedero de la caldera y otras localizaciones seguras, de tal manera que no sean de peligro a cualquier hora. No deben de conectarse juntas nunca.

D).- Si las válvulas están localizadas entre el domo de vapor y la columna de agua, éstas deberán de ser del tipo de véstago ascendente y topar cuando estén en posición de completamente abiertas.

E).- Los manómetros de presión de vapor estarán visibles al operador desde el piso de operación y correctamente instalados con válvulas de línea abierta.

F).- En todas las válvulas de seguridad, las mordazas o prensas deberán de ser renovadas y estar en correcta operación, los tubos de descarga y drenes deberán estar soportados y arreglados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de válvulas de seguridad.

G).- Las partes internas del domo estén correctamente instaladas de acuerdo con los planos para asegurar que no haya ningún "by-passing" en sus partes internas.

H).- Todas las conexiones de prueba, necesarias a juicio sean instaladas.

Además de lo descrito anteriormente, lo siguiente deberá de ser checado cada vez que el generador de vapor sea puesto en operación, asegurándose de que:

A).- Todos los instrumentos de operación necesarios, permanentes o temporales estén instalados, operando normalmente y correctamente calibrados.

B).- Todas las áreas estén lo suficientemente iluminadas.

C).- Los pasajes de aire estén libres de obstrucciones y que la unidad pueda ser purgada por circulación de aire a través de la misma.

D).- No haya riesgo en pasajes, andenes, escaleras, peldaños y proveerlos donde sea necesarios.

E).- La fuente de alimentación de agua sea amplia y no interrumpida una vez que la unidad esté en operación.

F).- Suficiente combustible esté abastecido y disponible.

G).- Todos los accesos, puertas de observación, pozos de registros y pozos - hombre sean cerrados asegurándose de que no haya nadie en el interior de la unidad.

PRUEBA HIDROSTÁTICA: Cada unidad generadora de vapor debe ser sujeta a prueba hidrostática cuando el montaje de sus partes a presión sean completadas. Una prueba hidrostática será hecha también para complementar la rehabilitación y el acondicionamiento de una reparación efectuada en cualquier parte sometida a presión, o después cuando es deseable inspeccionar debido a fugas.

Usualmente se especifica que la unidad deberá de ser sujeta a una presión de prueba hidrostática de " una y media vez " a la presión de diseño. Esta es la prueba hidrostática inicial a ser aplicada hasta que el montaje sea concluido.

Después de que la unidad haya sido operada inicialmente y las revisiones sean hechas en las partes sometidas a presión, o se encuentre deseable checar la unidad para encontrar posibles fugas se recomienda que la unidad sea probada a la presión de operación de diseño.

Antes de aplicar una prueba hidrostática a la unidad, es conveniente hacer una inspección a través de las partes internas y externas, teniendo en cuenta la absoluta seguridad de que:

A).- Todos los materiales extraños y herramientas hayan sido removidos.

B).- No haya nadie dentro de la unidad generadora de vapor.

C).- Los manómetros de presión estén correctamente calibrados por medio de la prueba de "peso muerto" y estén conectados con válvulas abiertas.

D).- Todas las válvulas de seguridad estén cerradas, presadas o amordazadas.

E).- Cualquier parte no diseñada a resistir la presión de la prueba hidrostática deberá de ser aislada del sistema.

F).- Todas las válvulas operen con facilidad y asienten.

Quando lo anterior haya sido checado minuciosamente se -- procederá a lo siguiente:

- Cerrar los pozos-hombre y pozos de registro y ver que -- estén correctamente atornillados.

- Checar las válvulas y cerrar a tope, todas las válvulas de drenaje, purga, válvulas de los manómetros y otras partes -- integrales no diseñadas a resistir la presión de la prueba hidrostática.

- Abrir los venteos a sus puntos máximos de cada parte -- componente de la unidad.

- No poner nunca la unidad a prueba hidrostática cuando -- esta esté caliente.

- Sólo el personal autorizado estará en la vecindad de la unidad a ser probada.

Iniciar el llenado de la unidad y bajo ninguna circunstancia deberá ser la temperatura del agua de alimentación de menos de 25°C (77°F); inspeccionar drenajes, tapas de pozos-hombres y registros para encontrar posibles fugas en la unidad -- cuando esta se llena. Cerrar los venteos cuando éstos derramen agua.

Subir la presión lentamente para evitar choque. Se recomienda un rango de incremento de presión no excediéndose de 50 Psig. o 3.5 Kg/cm^2 , por minuto. Inspeccionar la unidad directamente para encontrar fugas y cuando la inspección sea completa liberar la presión despacio por medio de los venteos y/o drenes. Todas las porciones de la unidad que no contengan agua durante la operación normal deben de ser drenadas.

Si durante la operación de la prueba hidrostática inicial, empaques temporales fueron usados en los pozos-hombre y pozos de registro, deben de ser reemplazados por nuevos empaques antes del rellenado de agua de la unidad para la operación.

SECAO DEL REFRACTARIO Y/O ALBAÑILERIA: En un generador de vapor existe una gran cantidad de material de albañilería en forma de ladrillo refractario, loseta especial, deflectores, concreto refractario y mortero de alta temperatura.

Cuando el montaje de la unidad se concluye, éste trabajo está húmedo y tiene dimensiones ligeramente más grandes que cuando está completamente seco. En todos los casos, un generador de vapor recientemente construido, contiene refractario "fresco" y debe de ser adecuadamente "sazonado" antes de estar sujeto a altas temperaturas.

Con un período de "secao al aire", la humedad contenida en el refractario se reducirá; sin embargo, en vista de que la constitución química de los materiales refractarios, la reducción de humedad solamente puede llevarse a cabo por medio de la aplicación de calor lenta y controlada. El recalentamiento es necesario, más grande que el disponible en la atmósfera. La

cantidad requerida de calor dependerá de la cantidad de refractario, tipo del mismo, porcentaje de materiales, humedad contenida y el tiempo requerido en terminar la construcción hasta la operación inicial. Mientras más largo es el período de secado, es mejor. Si el fraguado es demasiado rápido, la capa exterior se secará primero, contrayéndose de lo restante, resultando la formación de grietas. También un calentador rápido, se formará vapor en el refractario especialmente en la sección gruesa del ladrillo y éste no puede colarse o filtrarse sin formar presión. Durante el período de secado la eliminación de humedad está acompañada por la contracción del refractario. Después de seguir un período de secado lento, alcanza su fraguado permanente.

El secado de la unidad deberá de hacerse hasta que se hayan desarrollado y cumplido las precauciones de seguridad anteriormente descritas. La unidad deberá de ser llenada a nivel normal de operación con agua limpia y filtrada, ya sea conteniendo la carga del hervido químico o normalmente con agua tratada. Si las soluciones del hervido químico son agregadas a la unidad, los niveles permanentes de cristal deberán de substituirse por niveles temporales antes de iniciarse el proceso.

El control de las flamas en el secado debe de ser cuidadosamente controlado. En unidades con quemador a gas natural, los quemadores principales deben ser usados si se pueden operar en condiciones estables a muy bajo consumo de gas. Si no es posible lo anterior, quemadores temporales a gas pueden -

ser fabricados en el sitio de trabajo y usarlos en lugar de los quemadores principales.

No es recomendable secar grandes fraguados con flamas de aceite, puesto que la excesiva proporción de baja combustión - requerida puede resultar una combustión incompleta y una subsecuente condensación de combustible en las secciones frías y remotas de la unidad y causar peligro de explosión e incendio.

Si el aceite es usado para el secado, boquillas especiales de baja capacidad de aceite y tapones deben de obtenerse - para su uso en los quemadores principales de aceite y tener - cuidado de asegurarse de que la combustión de aceite sea completa en el horno.

En unidades donde se quema carbón mineral pulverizado, antorchas de ignición deberán de ser usadas para el secado.

El calor proveniente de la antorcha de gas natural o aceite, ó de los quemadores debe de ser alternada cada media hora para asegurar la adecuada distribución de calor, evitando una concentración del mismo en determinada parte de la caldera.

En una unidad alimentada mecánicamente deberá usarse madera seca para el secado del refractario. El fuego de esta madera deberá encenderse en el piso y al centro del horno, manteniéndolo en éste lugar para prevenir sobrecalentamiento en cualquiera de las secciones del refractario.

Después de encendido el fuego, mantenerlo en forma ligera hasta que el trabajo de albañilería y materiales estén completamente secos. El fuego deberá ser lo suficientemente para mantener una temperatura en el agua de la caldera, tal que un

vapor ligero, aparezca en el venteo del domo de vapor de la caldera. Durante la operación las entradas y registros deben de estar cerrados y los venteos y purgas del domo y sobrecalentador abiertos. En una unidad nueva, el período de secado deberá de ser de tres a cinco días dependiendo del grado de humedad en el refractario.

El nivel de operación normal deberá de ser mantenido estable siempre; puesto que los venteos y purgas del domo de vapor y sobrecalentador están abiertos, algo de agua tendrá que ser agregada durante el período de secado.

Si la operación de secado no es combinada con el hervido de la unidad, las entradas-hombre deben de estar abiertas durante este intervalo. Durante el secado, las mamparas del ventilador del tiro forzado deben de estar abiertas a una posición tal que resulte una temperatura uniforme a través de la unidad.

Al realizar el secado y el hervido combinados, la unidad no debe de ser vaciada mientras haya una permanencia moderada de calor. Una vez seco el refractario, no debe de ser enfriado muy rápidamente. Los accesos y puertas de inspección deben de mantenerse cerradas hasta que se enfríe la unidad.

HERVIDO QUÍMICO

A.- GENERALIDADES: El hervido es un proceso químico de limpieza para la remoción de grasas y aceites y el solvente consiste usualmente en una solución fuertemente alcalina. -- Los aceites y grasas fueron introducidos con el propósito de dar una protección durante el almacenaje de los tubos y otras partes a presión por un largo período de tiempo o durante el rolado de los tubos en los cabezales y domos.

La presencia de delgadas capas de aceite, grasa o la -- descomposición de productos en las superficies de calefacción de la caldera retardan la transferencia de calor. Estas capas actúan como un poderoso aislante y previenen la rápida -- transmisión de calor de los metales al agua de la caldera.

El resultado es un incremento en la temperatura del metal y puede ser suficiente para causar sobrecalentamiento y formarse burbujas o ampollas en los tubos de la caldera y fallar por ruptura en cargas altas.

Durante el hervido, tubos de vidrio para niveles pueden colocarse temporalmente y deberán ser usados en lugar de los de vidrio grueso y plano que se usan en forma permanente. -- Puesto que éstos se tornarán opacos e inoperantes durante el hervido.

Los productos químicos deberán de disolverse en agua antes de ser agregados a la caldera y nunca en forma sólida, -- en el manejo de materiales cáusticos, se debe tener cuidado para evitar el contacto con los ojos, piel y ropa.

Cuando se usa éste material es recomendable usar guantes de hule, lentes de seguridad y ropa de algodón.

Las soluciones químicas no deberán de agregarse a la caldera a través del sistema de alimentación de agua puesto que estas concentraciones altas pueden incrustarse en la tubería de alimentación y válvulas.

Las soluciones deberán siempre agregarse a la caldera a través de la abertura de la entrada- hombre del domo de vapor.

Si los productos químicos son inyectados al domo de la caldera a través del sistema de alimentación de productos químicos, la concentración deberá de ser reducida al 5 % en el tanque mezclador anterior a la succión de la bomba de productos químicos y se deben de lavar las líneas a chorro de agua cuando el bombeo sea terminado.

B.- PREPARACION PARA EL HERVIDO QUIMICO: Previamente al hervido químico de un generador de vapor es recomendable seguir las instrucciones tituladas "precauciones de seguridad" y "secado del refractario", generalmente ambas operaciones son combinadas como una operación continua.

Deberá de hacerse una cuidadosa inspección y limpieza de las superficies interiores y exteriores de la caldera con el fin de remover los materiales de desecho y herramientas. Es muy importante que éstos materiales sean removidos antes del hervido químico, ya que éstos intervienen negativamente en la operación de las válvulas de purgas y en la futura operación de la caldera.

Se considera indeseable intentar ajustar las válvulas de seguridad cuando la caldera contiene la solución de productos químicos para el hervido, éstas deberán de ajustarse sólo - -

cuando la caldera contenga el agua a la concentración normal de operación.

La caldera deberá llenarse 30 cm. (12 pulg.) abajo del fondo de la entrada-hombre. Las soluciones químicas deberán de ser inyectadas a través de ésta entrada, después de disolver en tambores de 200 lts. montados arriba del domo de vapor. Una salida deberá ser hecha en dicho tanque para que corra la solución por gravedad a través de la tubería temporal o man - guera conectadas.

Se debe aplicar con cuidado para prevenir el salpicado de la solución en el tambor de mezclado de la solución. Puesto que una suma de calor es liberada cuando la sosa caústica es agregada en el agua, es preferible usar un volúmen mayor de agua en el tambor mezclador.

Después de que la solución química ha sido agregada al domo de vapor de la caldera, las entradas-hombre deben de ser cerradas y apretadas las tuercas, usando los empaques usados de la prueba hidrostática. El nivel del agua podrá subir de tal manera que será visible a la altura deseada en el nivel de cristal.

La unidad deberá de ser llenada a través de sus pasajes normalmente usados durante su operación, con agua desmineralizada y/o condensada proveniente de la bomba de alimentación.

Si éste procedimiento se sigue, se deberá de limpiar con chorro de agua toda la tubería y auxiliares de la caldera, -- eliminando la suciedad de las superficies internas contaminadas, éste procedimiento también reduce el porcentaje de sílice

normalmente encontrado inmediatamente después del período inicial de operación, después de que la caldera ha sido limpiada. Todos venteos y purgas del sobrecalentador deben de estar completamente abiertos después de llenar la caldera. Se debe cerrar todos los accesos y puertas de observación. Se deben de checar el equipo de encendido y el sistema de agua de alimentación y tener la seguridad de que están en condiciones correctas de operación. Los manómetros de presión deben de estar correctamente calibrados, debiendo de estar montados en lugares de fácil acceso para el operador también un manómetro de presión deberá de estar colocado en el domo de vapor de la caldera y otro en el pasillo de quemadores y con un letrero que indique "presión del domo de vapor". Cuando es usado gas-combustible las válvulas de quemadores deben de estar cerradas antes de abrir la válvula principal de gas.

El ventilador del tiro forzado deberá de ser operado durante varias horas, para que en éste tiempo sean checadas la vibración excesiva, chumaceras calientes y estabilidad. Las mamparas del ventilador deberán de inspeccionarse para la operación de apertura y cierre plenos en su rango de carrera, también se inspeccionarán los eslabolamientos situados entre el servomecanismo y las mamparas, asegurándose de que todos los pernos y pasadores estén insertados correctamente.

C.- PRODUCTOS QUÍMICOS RECOMENDADOS PARA EL HERVIDO: Los productos químicos alcalinos tales como las cenizas caústicas y la sosa caústica son los más comunes para el hervido químico de una caldera, puesto que son productos que poseen la --

habilidad de saponificar las grasas y formar compuestos de jabón que son fácilmente solubles y removibles por el purgado a alta presión durante el hervido y después de terminado éste -- por medio de chorro de agua fría a alta presión.

En años recientes el fosfato trisódico y disódico han sido usados como agentes que proporcionan un lavado completo de las paredes internas de la caldera. Ambos fosfatos acompañados por carbonato de sodio (soda ash) y sosa caústica. También un inhibidor para prevenir la "fragilidad caústica" deberá de usarse junto con un "agente humectante" del tipo comercial.

Es conocido que el agrietamiento intercrystalino (fragilidad caústica) ha sido causado por la sosa caústica en un período relativamente corto de tiempo durante el hervido. Las concentraciones alcalinas en el agua de la caldera durante el hervido son muy altas en comparación con la concentración normal de operación de la unidad. Es práctica segura, por consiguiente, agregar un inhibidor contra la fragilidad caústica y el nitrato de sodio es el agente preferido para éste propósito.

Para la remoción más efectiva de las grasas y aceites en las superficies internas de la caldera se recomienda que el "agente humectante" se incorpore a la mezcla del hervido y por lo tanto reducir la adherencia característica de las grasas y aceites al mínimo.

La combinación del "agente humectante" con los productos químicos del hervido reduce la tensión superficial, rompiendo la adherencia lodo - aceite removiéndolos de las superficies metálicas. Las siguientes dosis de productos químicos han --

sido probadas en muchas instalaciones satisfactoriamente. Las proporciones de cada producto químico deberán de ser pesadas con precisión antes de disolverse en el tanque mezclador.

1.- Cuando se desea que un fosfato básico hierva en un generador de vapor, el fosfato trisódico deberá de obtenerse en forma cristalina ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$). Además de la sosa caústica (NaOH) y el carbonato de sodio (Na_2CO_3); también deberán de emplearse el nitrato de sodio (NaNO_3) empleando como inhibidor y el agente humectante usado para auxiliar completamente en la remoción de las grasas y los aceites en las superficies metálicas internas a ser limpiadas.

La carga química consiste en las siguientes proporciones:

Fosfato trisódico.....	5.250 kg/m ³ de agua
Sosa caústica o carbonato de sodio.....	1.000 kg/m ³ de agua
Nitrato de sodio.....	0.150 kg/m ³ de agua
Agente humectante.....	0.100 kg/m ³ de agua

Si el fosfato no es obtenible, está permitido substituirlo por 2.5 kg. de fosfato disódico (Na_2HPO_4) por cada m³ de agua.

Usar en la proporción anterior ya sea sosa caústica o carbonato de sodio pero no ambos.

2.- Cuando se desea un hervido alcalino básico, los mismos productos químicos anteriores deberán de ser usados, sólo que las proporciones de la carga química deberán de ser como sigue:

Fosfato trisódico.....	2.100 kg/m ³ de agua
Sosa caústica o carbonato de sodio.....	2.500 kg/m ³ de agua
Nitrato de sodio.....	0.300 kg/m ³ de agua
Agente humectante.....	0.100 kg/m ³ de agua

El fósforo trisódico puede ser substituído por el fosfato disódico, el peso será de 1.000 kg/m^3 de agua. Sólo se debe de usar sosa caústica o carbonato de sodio en ésta solución pero no ambos.

3.- Si no son fácilmente obtenibles el fosfato trisódico o el disódico para el hervido alcalino, puede ser efectuado -- con los productos químicos básicos; la sosa caústica, el carbonato de sodio en combinación con el nitrato de sodio y el agente humectante. Si éste método es usado, la solución química contendrá lo siguiente:

Carbonato de sodio.....	3.000 kg/m^3	de agua
Sosa caústica.....	3.000 kg/m^3	de agua
Nitrato de sodio.....	0.300 kg/m^3	de agua
Agente humectante.....	0.100 kg/m^3	de agua

4.- El fosfato trisódico puede ser usado en combinación con la sosa caústica y el carbonato de sodio para efectuar un hervido químico satisfactorio, en ésta carga la proporción será como sigue:

Fosfato trisódico.....	2.000 kg/m^3	de agua
Sosa caústica.....	2.000 kg/m^3	de agua
Carbonato de sodio.....	2.000 kg/m^3	de agua
Nitrato de sodio.....	0.250 kg/m^3	de agua
Agente humectante.....	0.100 kg/m^3	de agua

5.- El compuesto químico comercial llamado "Calgonite" -- es muy a menudo usado para el hervido químico en generadores de vapor.

Cuando el "Calgonite" sea usado las siguientes proporciones de productos químicos deberán de constituir la carga:

CALGONITE.....	3.000 kg/m ³ de agua.
Sosa caústica.....	0.600 kg/m ³ de agua.
Nitrato de sodio.....	0.160 kg/m ³ de agua.
Agente humectante.....	0.150 kg/m ³ de agua.

Quando se mezcla el "Calgonite" con las soluciones, éste debe de diluirse con anterioridad con agua caliente a razón de 1/2 kg. de producto por cada 4 lts. de agua.

Hay muchos "agentes humectantes" en el mercado que son usados en relación con el hervido químico. Una lista parcial de éstos son enlistados con su nombre comercial y el fabricante.

Aerosol (OS).....	American Cyanamid Co.
Merpol C.....	E I. Du pont de Nemours.
Tergitol # 4.....	Carbide & Carbón chemicals.
Tergitol # 7.....	Carbine & Carbón chemicals.
Igepon T.....	General Dyestuff Co
Artic Syntex T.....	Colgate-Palmolive-Peet.
Gominol.....	Commonwealth color & Chemical Co.
Nacconal NR.....	National Chemical Co. of los Angeles.
Orvus AB.....	Procter & Gamble Co.
Kreolon.....	"Vyandotte Chemical Co.
Santo Merse D.....	Monsanto Chemical Co.

D.- PROCEDIMIENTO DEL HERVIDO: Después de que el fraguado de la caldera haya sido completado y calentado a una razón específica resumida en el procedimiento de secado, la unidad está lista para hervirse bajo presión.

Cerrar los venteos del domo de vapor, los venteos y las purgas de la entrada del cabezal del sobrecalentador; dejando la salida del cabezal del sobrecalentador con sus purgas y -- venteos completamente abiertos. Aumentar la presión lentamente de la unidad la presión del hervido debe de ser la sufi -- ciente para efectuar el Hervido y saponificar las grasas y -- aceites presentes en las superficies metálicas.

En la figura # 14 se muestra la presión adecuada que debe de usarse en el hervido basada en la presión de diseño de la unidad. Las bombas de condensado y/o alimentación deberán de estar listas para mandar el agua de repuesto necesaria al domo de vapor de la caldera.

Después de que la presión prescrita haya sido obtenida, -- ésta debe de ser mantenida por lo menos 8 horas. Enseguida, -- subir el nivel del agua 2 pulg. (5 cm.) hacia abajo de la parte más alta visible del mismo. Apagar los quemadores, iniciar el purgado de cada una de las líneas de purga situadas en el domo inferior y en los cabezales de las paredes de agua. Regular la razón de purgado de cada una de las válvulas de tal manera que después de un purgado completo de todas las fuentes, permanezca el nivel del agua aproximadamente 5 cm. arriba del punto más bajo visible del nivel.

Recupere el nivel normal de operación y encender la caldera. Repetir el procedimiento anterior cada 4 horas, hasta -

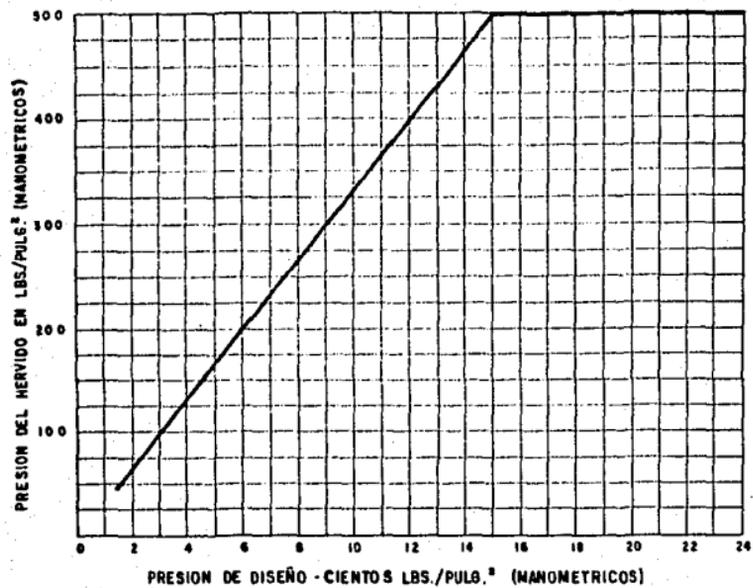


Fig. No. 14 PRESIONES RECOMENDADAS PARA EL HERVIDO PARA DIFERENTES PRESIONES DE DISEÑO

que todos los signos de aceite hayan desaparecido de una muestra de agua fría de la caldera.

Durante cada período de purgado, los sedimentos que han sido formados, pasarán al tanque de purgas o al drenaje químico.

Después de cada período de purgado, se debe de analizar una muestra de agua fría para checar la alcalinidad total y - mantener un registro de éstas deducciones de la concentración química; normalmente el hervido y el procedimiento de purgado duran un período de 60 a 72 horas.

Cuando se ha concluido el período de hervido y la caldera se ha enfriado y drenado el domo superior, domo inferior y los cabezales del sobrecalentador; deben de ser lavados a chorro de agua a alta presión. Inicie la operación de lavado en el domo superior, enseguida los cabezales superiores y tubos descendentes y finalmente los cabezales inferiores y los tubos descendentes inferiores. Cada cabezal debe de ser lavado individualmente. La inspección de los cabezales deberá de ser quitando los tapones de los orificios localizados casi al extremo de cada cabezal, se debe colocar una lámpara y observar a lo largo de éste, usando un espejo en la parte final opuesta. En cabezales de gran tamaño, puede ser quitado un tapón localizado en la parte central y observar en ambas direcciones. - Si un material extraño es encontrado y puede ser removido con la mano, o volver a limpiar con chorro de agua a alta presión con una manguera. Cada cabezal debe de ser inspeccionado para localizar posibles adherencias de aceite en las superficies - metálicas.

Cuando se ha concluido la limpieza de domos y cabezales la unidad puede ser cerrada. Empaques nuevos deberán de ser -
puestos en las entradas - hombre localizadas en los domos su-
perior e inferior y en los tapones de registro que se usaron-
durante la inspección. La unidad debe de ser drenada hasta ob-
tenerse el nivel normal de operación incluyendo los drenes --
del cabezal del sobrecalentador.

TRATAMIENTO DEL AGUA DE ALIMENTACION Y AGUA DE LA CALDERA:

Puesto que la calidad y tratamiento del agua de alimentación y el control de las condiciones del agua de la caldera deben de estar controladas, previniendo el daño causado por la fragilidad caústica, corrosión, espuma, acumulación de incrustaciones y otros depósitos en las superficies internas.

El tratamiento del agua es un campo altamente especializado y es puesto en manos de ingenieros químicos especialistas en tratamiento de aguas para calderas. Las siguientes observaciones son proporcionadas con la intención de ser una guía para los ingenieros encargados de la operación de calderas.

Los límites recomendados proporcionados representan generalmente valores aceptados que lo dictan los años de experiencia acumulada en éste campo.

La concentración del oxígeno en el agua de alimentación estará limitada a 0.03 cm^3 por litro, cuando la presión de operación es de 450 psig (31.7 kg/cm^2) o menos y de 0.005 cm^3 por litro para más altas presiones. Es deseable que la dureza del agua de alimentación se reduzca a cero ppm., con el fin de limitar la cantidad de sedimentos formados en la caldera. Aun cuando la dureza haya sido reducida a cero, un exceso de fosfato deberá oscilar entre 5 a 10 ppm. En el agua de la caldera para prevenir incrustaciones.

Es conveniente que el agua de alimentación contenga un PH entre 9 y 10, y que el agua en la caldera esté controlado en un rango de 10 a 11. El valor de los sólidos totales disueltos no excederá de 100 ppm. como valor máximo.

Las acumulaciones de sedimentos o incrustaciones en los tubos dará como resultado que la transferencia de calor en los mismos sea desigual ocasionando sobrecalentamiento.

Con el fin de prevenir la corrosión debida a la reacción de fierro-vapor y mantener estable una capa protectora de óxido de fierro, el PH del agua de la caldera deberá de ser mantenido entre 10 y 11, esto se hace a través de la adición de sosa caústica o por el uso del fosfato trisódico; sin importar cual sea usada, se deberá de agregar continuamente. La sosa caústica deberá ser ya sea agregada directamente a la caldera, en el tanque de almacenamiento del desareador o en la succión de la bomba del agua de alimentación; adici- nando éste constituyente hacia la caldera reduce la aceleración del óxido de fierro.

El uso del hidróxido de sodio tiene la desventaja que en regiones donde las condiciones contribuyen a la formación de una capa concentrada, concentraciones excesivas de sosa caústica pueden ser producidas, cuando esto ocurre la capa protectora de óxido de fierro es removida y la reacción fierro- vapor procede a una razón de cambio muy rápida.

Cuando el fosfato es usado para el control de la alcali nidad no puede ocurrir concentración de sosa caústica excesi va.

Sin embargo, para obtener el PH cercano al límite superior al rango dado anteriormente, se requiere excesiva concentración de fosfato y esto probar una desventaja definitiva a altas presiones poseyendo solubilidad de este constituyente. Además este método no puede ser aplicado a el agua de

repuesto donde su alcalinidad es muy alta.

La acumulación de óxido de hierro en las calderas presenta un serio problema y mucho esfuerzo ha sido dirigido para la eliminación de este constituyente. Algunas pruebas indican que una mayor cantidad de óxido de hierro es introducido en la caldera con el agua de alimentación.

La corrosión en los tubos de metal también puede ocurrir debido a la alta concentración del agua en la caldera en la interfase incrustación-metal.

Cuando sea posible, el lado agua de la caldera debe de ser inspeccionado y si los depósitos de incrustación en los tubos aparecen excesivos, una muestra debe de ser sometida a análisis químicos.

Generalmente un generador de vapor deberá de ser tratado para prevenir la corrosión, la formación de incrustación y es pura.

Los productos químicos que se requieren deberán de ser agregados a la caldera en forma continua y no por alimentación intermitente, resultando erráticas las condiciones del agua en la caldera y una pérdida en la concentración de productos químicos.

A.- CORROSION: El tema de la corrosión puede ser dividido en dos partes, la debida al alto y bajo PH y la debida al oxígeno, contenidos en el agua de alimentación y agua de la caldera. Para prevenir la corrosión debido al oxígeno se hace el uso de los desareadores externos y estos garantizan una concentración de 0.005 cm^3 por litro. El uso de un agente - -

barredor o reductor de oxígeno no es universal pero varía con las ideas de operadores individuales. El sulfito de sodio es usado para éste propósito y es inyectado en el tanque de almacenamiento del desaerador o en la succión de la bomba del agua de alimentación. Es recomendable que este constituyente sea agregado continuamente y en calderas de alta presión el sulfito residual no deberá de exceder de 8 a 10 ppm.

Cuando se mantienen altas concentraciones de sulfito se conoce que falla la liberación de SO_2 el cual va en solución en el condensado y en el agua de alimentación, baja su PH y causa corrosión en la caldera.

Dos caminos de enfoque están siendo usados para resolver este problema, uno envuelve la adición de sosa caústica en el agua de alimentación como se menciona anteriormente o en la recirculación de una pequeña porción del agua de alimentación, cerca del 1%, al tanque de almacenamiento del desaerador o en la succión de la bomba de alimentación a calderas.

El otro método envuelve el uso de compuestos de amoníaco, tales como el cloruro de amonio o el hidróxido de amonio. Más adelante es agregado en cantidad suficiente y producir una concentración de 0.2 a 0.3 ppm. de amonio en el vapor y este cuando se disuelve en el condensado del agua de alimentación se incrementará el PH hasta cerca del 9. Esto reduce la formación de cobre y también la formación del óxido de fierro. Las aminas estabilizadoras están siendo usadas en algunas plantas para la protección de las partes internas de la caldera y éstas son volatilizadas en el vapor y entonces disueltas en el

condensado para incrementar el PH.

B.- FORMACION DE INCRUSTACIONES: Para la prevención de - formación de incrustaciones en las calderas de alta presión, - la dureza deberá de ser reducida a cero, en donde el agua de - repuesto se evapora o en donde los desmineralizadores son usa - dos para proporcionar el agua de repuesto. Esto puede ser fá - cilmente realizado y la dureza puede ser incrementada arriba - de cero, sólo cuando haya una fuga en el condensador. Sin em - bargo, para dar una protección contra la formación de calcio - y magnesio, un tratamiento adicional del agua es requerido. - Para remover la dureza del calcio, el fosfato de sodio es usa - do. Cuando una alcalinidad apropiada es mantenida, resulta la - formación de un lodo fluido no adherente, el cual puede ser - removido por medio del purgado continuo. El magnesio es usual - mente removido ya sea como hidróxido de magnesio o silicato - de magnesio y ninguno de los dos son adherentes, mientras que - el fosfato de magnesio el cual podría formarse, si la alcali - nidad es demasiado baja, es mucho más adherente.

Es usualmente mantener la concentración de fosfato de 10 a 20 ppm. y en calderas de alta presión, las concentraciones - de fosfato excesivas pueden resultar escondidas de este cons - tituyente, debido a su limitada solubilidad a altas presiones. En años recientes el fosfato de potasio no ha sido usado por - su gran solubilidad en substitución del fosfato de sodio, en - altas presiones. Además, el uso de tales sales de potasio, ha - cen que el lodo de óxido de fierro sea, más fluido y tenga re - sultado en la reducción de depósitos.

Para ser más efectivo, es necesario que la relación de sodio y potasio sea alta y por ésta razón este método de control no es aplicable a calderas las cuales por algún período de tiempo puede estar altas en sales de sodio.

G.- TRATAMIENTO DEL AGUA PARA LA PREVENCIÓN DEL ARRASTRE:

El arrastre puede ser dividido en dos partes: (1) los constituyentes los cuales pueden ser expulsados mecánicamente por el vapor y el agua de la caldera y (2) los constituyentes los cuales tienden a volatilizarse en el vapor. Excepto la posibilidad a altas presiones de la expulsión mecánica de los constituyentes de una mayor porción del arrastre total de sólidos de la caldera.

Manteniendo el total de sólidos entre su límite, para la presión de 1400 Psig; El 1% de sílice en el agua de la caldera puede aparecer en el vapor. Este constituyente puede ser particularmente problemático en los pasos de baja presión de la turbina donde se condensa en los álabes y reduce la capacidad y eficiencia de la turbina.

Se acepta práctica la reducción del arrastre de sílice y el control de su concentración en el agua de la caldera. En presiones cercanas a los 1000 psig. (70.42 kg/cm^2), se debe de mantener una concentración de sílice abajo de las 5 ppm. en el agua de la caldera. Este es controlado por el medio del purgado, pero en algunas instalaciones es controlado por medio de la adición de productos químicos inyectados directamente en la caldera, tales como el óxido de magnesio o

el cloruro de magnesio. Cuando el compuesto de magnesio es -
usado, ningún compuesto de fosfato debe de ser agregado, - -
puesto que la presencia de éste formaría fosfato de magnesio,
el cual es un lodo muy adherente. Mucha atención está siendo
dada al uso de los desmineralizadores en el tratamiento de -
aguas, particularmente al de cama mixta, que produce un tipo
de agua desmineralizada pura de buena calidad.

LIPIEZA ACIDA:

La remoción de incrustaciones y lodos puede ser efectuada por los métodos de limpieza mecánica o química. Esta última - se encuentra a favor en los últimos años debido a su efectividad en la limpieza y ahorros en tiempo y dinero en paros que resultan en este método.

La limpieza química viene a ser una práctica aceptada y en algunas plantas se hace por lo regular cada uno o dos años.

El ácido clorhídrico inhibido es el usado generalmente - para la limpieza química. Su concentración variará de acuerdo a los requerimientos individuales; sin embargo la remoción de incrustaciones originales por la fabricación, anteriores a la operación inicial de la unidad nueva, se usa generalmente una solución al 5 %, los inhibidores tales como aldehídos o mercaptanos son empleados por su composición específica.

En una caldera que es limpiada con ácido y con la adición ácido precalentado con una adecuada concentración a través de la conexión de purgado del domo de vapor.

El ácido es permitido estar en la caldera por un período de cinco a ocho horas y durante ese tiempo las concentraciones de acidez deben de ser constantemente chequeadas.

La caldera es usualmente precalentada por drenado, cuando el agua de la caldera está cerca de los 180°F (82.2°C). Con su primer llenado con agua y encendida por un corto período de tiempo para elevar su temperatura al valor previamente indicado y como norma de seguridad la caldera nunca será encendida mientras contenga ácido.

No es práctico recircular el ácido puesto que una bomba con un gran gasto y de grandes dimensiones podría ser requerida.

Cuando se va a hacer la limpieza ácida para remover incrustaciones de tipo operacional, se acostumbra someter a -- las de los depósitos a análisis químicos, para determinar el tipo de solvente usado para su remoción.

Si las incrustaciones contienen sílice se acostumbra el uso del bifluoruro de amonio (NH_4HF_2), con una concentración de 0.25 a 0.50 % para su remoción.

Después de que la limpieza ácida se concluya y el ácido sea drenado, éste es desplazado por el aire y causará oxidación de la superficie metálica. Normalmente esto debe de prevenirse, desplazando el ácido con un gas inerte tal como el nitrógeno. Si esto no es práctico, el óxido deberá de ser removido con un solvente químico, el cual deberá de estar formulado para acondicionar las superficies metálicas para prevenir la oxidación posterior.

Cuando una limpieza es dificultosa y el problema subsiste o si se han encontrado grandes depósitos, un período de "remojo" con ácido probará que será inadecuado, puesto que el contacto con el ácido en ésta vasta acumulación tiende a gastarse más y más, cesando la reacción; Facilitando un almacenamiento más grande, se probará lo ventajoso de drenar el líquido y restarse la concentración y calentamiento, por medio de la adición de ácido faltante a la concentración de la caldera.

En años recientes algunas calderas han sido limpiadas - por medio del uso del ácido fosfórico (H_3PO_4) al 3 %. Cuando éste método se sigue, la caldera se enciende hasta que la solución ácida alcanza el punto de ebullición. Esta es solamente la excepción para que la caldera sea encendida conteniendo ácido.

El procedimiento debe de hacerse bajo una estricta supervisión de un especialista calificado, siendo éste tipo de limpieza más costosa que las anteriores.

Después de que la caldera ha sido limpiada con ácido, - usualmente se hierve con una solución de sosa caústica al 1 %, para prevenir la oxidación posterior y acondicionar las superficies metálicas internas de la caldera.

PRECAUCIONES DURANTE LA LIMPIEZA ACIDA.

1.- La limpieza ácida de un generador de vapor nunca deberá de intentarse por personal inexpérimentado; éste procedimiento deberá conducirse solamente en manos de aquellos calificados en éste servicio especializado.

2.- Cuando se hace la limpieza ácida en una parte de un generador de vapor, se deberá tomar gran cuidado en aislar - aquellas partes en que no se va a limpiar por éste método. Algunas partes de la unidad son ordinariamente drenables; el diseño de la unidad deberá de ser cuidadosamente estudiado por aquellos que harán posible la limpieza ácida, teniendo en cuenta de que no habrá partes no-drenables, ni bolsas de aire. Si el ácido entrara inadvertidamente en dichas partes, éste deberá de ser removido por medio de chorro de agua o por sifoneo del área afectada.

3.- Una caldera jamás deberá de encenderse mientras contenga ácido, cualquiera que sea su concentración. El encendido el cual podría ser requerido para calentar ácido, no es suficiente para inducir una circulación medible en las paredes de agua y los circuitos de la caldera, resultando puntos calientes que originan fallas en los inhibidores orgánicos y -- causando serios ataques en los tubos de la caldera.

4.- El tipo de solución, así como su concentración en la limpieza ácida, deberán de ser determinadas por un extenso estudio de los depósitos o incrustaciones, una muestra de los mismos deberá de extraerse de varios tubos de las paredes de agua.

5.- Después de la conclusión de la limpieza ácida, la -- unidad debe de ser neutralizada con una solución alcalina, -- chequeándola a fondo para asegurarse de que toda la acidez ha -- sido eliminada antes del encendido.

6.- Mientras se está llenando la unidad con ácido, debe de asegurarse por inspección que no haya fugas en los registros de inspección y pozos-hombre; después de terminada la -- limpieza ácida es recomendable que éstos sean abiertos para -- inspección y que los empaques o juntas sean reemplazados por -- unos nuevos.

C A P I T U L O VI

PROCEDIMIENTO DE OPERACION.

A.- OPERACION DEL GENERADOR: La demanda del vapor al generador o caldera es aquella requerida por las turbinas o máquinas de vapor, por los auxiliares movidos por vapor, y vapor usado por el proceso. Ya que la capacidad de almacenamiento de vapor es muy pequeña o inexistente, la generación debe coincidir dentro de límites estrechos dentro de la demanda. Una producción excesiva de vapor se traduce generalmente en un aumento de presión y la operación eventual de las válvulas de seguridad.

Una generación de vapor menor a la requerida significa una presión gradualmente menor en el vapor, con la eventual pérdida de capacidad en la turbina y equipo auxiliar. La condición más deseable de operación consiste en mantener una presión estable dentro, pero no mayor de un 5 a 10 % de lo normal, aunque una cierta variación en la presión puede admitirse debido a condiciones tales como una demanda variable, a fin de disminuir las variaciones bruscas en el régimen de combustión que de otro modo sería forzoso llevar a cabo.

A fin de mantener una operación normal y alta eficiencia de una caldera o una batería de calderas, se deberá tener en cuenta y seguir con todo cuidado un conjunto de reglas sencillas, pero no por eso carentes de importancia.

B.- AGUA DE ALIMENTACION A CALDERA: Es muy importante que el agua de alimentación a calderas tenga ciertas condiciones de pureza, presión, temperatura, etc., antes de entrar

a la caldera; esto se logra mediante el uso de los equipos-mecánicos cuya función es desairear y calentar el agua de alimentación, adicionarle reactivos químicos para el tratamiento interno del agua de alimentación y el bombeo a una presión mayor a la de generación del vapor hacia la caldera del agua de alimentación.

A continuación se explicará el proceso de agua de alimentación a una caldera.

El agua en el tanque de alimentación (agua desmineralizada) es bombeada a los deareadores en donde la función principal de este equipo es reducir al mínimo el contenido de gases incondensables presentes en el agua de alimentación para evitar que nos ocasionen problemas posteriores en la caldera, líneas de condensado y líneas de vapor. La degasificación del agua de alimentación se efectúa a la mayor temperatura posible (121°C), ya que esto nos dá por resultado un menor contenido de oxígeno residual en el orden de 0.03 partes por millón.

Para eliminar en forma continua los gases del agua, es usado un flujo de vapor a contra-corriente con la caída del agua de tal manera que la presión del deareador sea mantenida dentro del rango de 0.350 a 1.054 kg/cm^2 y los gases incondensables sean expulsados a la atmósfera por medio del venteo, posteriormente el agua deareada se acumula en el tanque de balance cuyo objetivo es almacenar una cantidad de agua tratada en previsión de una falla momentánea en el equipo de tratamiento y sirve como tanque receptor del condensado de retorno para mezclarse en el agua tratada.

A continuación el agua es succionada por una serie de bombas (de agua de alimentación a calderas) cuyas características principales son una capacidad de manejo de flujo a alta temperatura y su alta presión de descarga. Cabe hacer notar que en la línea de succión de éstas bombas se adiciona el reactivo que servirá para eliminar el oxígeno residual -- que no haya sido eliminado por el deareador, dicho reactivo es la hidrazina.

A continuación el agua se suministra por medio de dos cabezales uno para cada batería de calderas, de donde salen las líneas para agua de alimentación a cada caldera.

Por otra parte se aplica fosfato como tratamiento interno en las calderas con el fin de eliminar la dureza residual que pudiera llevar el agua de alimentación, evitando de esta manera las consecuencias por incrustación lo que nos provocaría taponamiento de tubos en el generador de vapor.

A continuación se describe el trayecto del agua en el generador de vapor, ver fig. No.15

El agua es suministrada al domo de vapor y esparcida a todo lo largo por un cabezal de distribución, para ser conducida a la parte inferior de la caldera donde se localiza el domo de lodos que es de un diámetro menor que el domo de vapor. Esta conducción se realiza a través de los tubos de bajada, para de ahí continuar a los cabezales que se encuentran en las partes laterales del piso de la caldera, para posteriormente pasar por la flushería de las paredes laterales a la parte superior, siendo estas paredes las que forman

el hogar de la caldera y pasar a la parte superior en una mezcla de agua-vapor para ser conducida al domo de vapor, ca be hacer mención que en este domo se encontrará un nivel con trolador del agua. Al entrar la mezcla de agua vapor al domo, pasará por unos separadores de niebla y de ahí a unos separa dores ciclónicos los cuales tienen la función de eliminar el agua contenida en el vapor para posteriormente entrar a la - caja seca, en este compartimiento el vapor es considerado - como húmedo, posteriormente pasa al sobrecalentador él consta de dos pasos localizándose el sistema de atemperación a - la salida del primer paso el cual tiene la función de contro - lar la temperatura del vapor a la salida del segundo paso -- siendo éste el vapor de salida de la caldera, el cual es --- transportado a un cabezal que es el de alimentación a las -- turbinas de los generadores eléctricos.

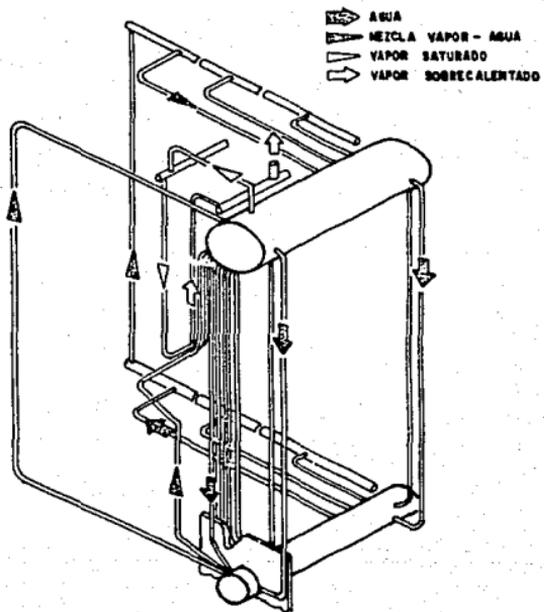


Fig. No. 15

DIAGRAMA DE CIRCULACION DEL AGUA EN LA CALDERA

C.- PREPARATIVOS PARA LA PUESTA EN SERVICIO:

- a).- Revisar que los niveles en los tanques de agua desmineralizada y condensado sean satisfactorios.
- b).- Se arrancará la bomba de agua de repuesto al deaerador - de acuerdo con su sistema de puesta en servicio.
- c).- Se revisará la presión de agua al deaerador así como el control de su nivel y presión de éste.
- d).- Arrancar bomba de agua de alimentación (revisar que la - recirculación se encuentre abierta).
- e).- Llenar la caldera hasta 4" abajo del centro (2 ojillos - en el nivel óptico)
- f).- Checar que se encuentren los venteos del domo y sobrecalentador abiertos.

D.- BARRIDO:

- a).- Arranque del precalentador rotatorio.- consta de dos - accionamientos, uno a base de un motor eléctrico y otro a base de un motor neumático. Al ponerse en servicio debe de chequearse que el nivel de aceite en el reductor es - el adecuado y el tipo de aceite, así como que no existan ruidos ni rozamientos en los sellos.
- b).- Arrancar la bomba de lubricación del balero lado caliente del precalentador rotatorio.
- c).- Poner en servicio el ventilador del tiro forzado, ya sea - el accionado con la turbina o con el motor eléctrico.
- d).- Accionar las mamparas del tiro para suministrar un flujo - de aire mayor de 25% para que se efectuó el barrido de - gases en el hogar.

- e).- Mamparas abiertas a cada uno de los quemadores.
- f).- Revisar que no se encuentre en línea ninguna válvula de gas a quemadores.
- g).- Checar que la red de aire de instrumento se encuentre - presionada.
- h).- Checar que la red de aire de servicios (plantas) se encuentre presionado y listo para alinear y efectuar se - llos en los detectores de flama de los quemadores.

E.- ENCENDIDO:

- a).- Una vez restablecido el disparo maestro la caldera se - encuentra en condiciones de ser encendida.
- b).- Abrir válvula de corte de gas a quemadores y de gas a - pilotos.
- c).- Encender el piloto del quemador 5 y posteriormente el - quemador.
- d).- Efectuar rotación de quemadores a muy baja flama (la me - nor con la que se pueda sostener el quemador). En el ca - so en que no se desee o se tenga problemas con el encen - dido de quemadores, se puede efectuar el calentamiento - de la unidad con el quemador No. 2.
- e).- Revisar expansiones.- al calentarse la caldera tenderá - a crecer por lo que es necesario revisar este crecimien - to y sobre todo ver que nada lo obstruya.
- f).- Aumentar la presión gradualmente, de acuerdo con las re - comendaciones del fabricante. La manera de hacerlo es - estrangulando las purgas de los sobrecalentadores o su - mentando el gas.

- g).- Arrancar la bomba de reactivos y efectuar su dosificación de acuerdo con los análisis.
- h).- Llevar la caldera hasta su presión normal de operación.
- i).- Alinearla al sistema. Encendiendo los quemadores que se encontraban fuera se le suministra un aumento de carga.
- j).- Estabilizar el nivel en el domo para colocar su control en automático.
- k).- Colocar el control de flujo de aire de tiro forzado en automático.
- l).- Colocar el control del flujo de gas en automático.
- m).- Colocar el control de temperatura del vapor a la salida de la caldera en automático.
- n).- Controlar en automático desde el maestro de caldera.
- o).- Dejar en control automático el control de la caldera desde el maestro de planta.
- p).- Hacerle variaciones de carga para tener la seguridad que controla la presión del cabezal de vapor.

F.- SUPERVISION DE UNA CALDERA EN OPERACION: las lecturas de los instrumentos más importantes, deben ser registradas cada hora, así como las horas en que se arranquen y se paren los equipos auxiliares. Las lecturas que indiquen las pérdidas de tiro o depresión, así como los cambios de temperatura en diferentes partes de la unidad, deben ser registrados y estudiados, para detectar cualquier variación anormal. Las gráficas de flujo de vapor-aire deben ser verificados mediante análisis periódicos de los gases de escape. El nivel del agua en el domo debe observarse al principio de cada turno, asegurándose de que el indicado por los varios instrumen

tos y niveles, es el mismo. Las reservas de combustible y de agua de alimentación, deben ser verificadas a varias veces - en cada turno. La lubricación de todos los equipos auxiliares, debe comprobarse, así como que operen con la temperatura de chumaceras correctas y sin vibraciones.

La uniformidad de la distribución de aire y del combustible se observará cuidadosamente junto con la posible acumulación de escoria.

Dichas acumulaciones de cualquier parte de la caldera, deben ser removidas a medida que se requiera, generalmente - esto es una vez por turno. La extracción de purgas de la caldera, así como la adición de las materias químicas requeridas por el tratamiento interno debe efectuarse de acuerdo - con las normas del departamento responsable. En cada turno - debe inspeccionarse la caldera a fin de descubrir fuga de gases o aire, expansiones anormales, puntos recalentados, así como ruidos o vibraciones anormales. En caso de que una condición anormal se encuentre, ésta debe corregirse y reportarse. Además de lo anterior es importante mantener la cantidad de vapor generada en igualdad a la demanda, a fin de llevar una presión lo más constante posible en la caldera. En lo relativo a las temperaturas del vapor es esencial mantener limpias las paredes de los tubos de circulación de agua, los quemadores bien ajustados, así como los atemperadores y compuertas de control usadas en el sistema de control de temperaturas de vapor para que se pueda operar dentro del rango - de seguridad en lo que se refiere a la temperatura de vapor.

Si la capacidad de la caldera se viera limitada por alguna falla o disminución en el suministro de combustible o agua de alimentación, o si la demanda de vapor llegara a ser excesiva, es preferible operar la caldera a una carga menor y no permitir que la presión de vapor disminuya a punto de originar en la caldera esfuerzos térmicos severos y que la operación de los auxiliares se vea afectada. Si la baja presión de gas u otras causas originan que los fuegos no sean estables, será necesario el uso de antorchas a fin de asegurar su operación. Si los fuegos se apagan, la carga debe reducirse con rapidez a fin de evitar que la presión baje repentinamente, es aconsejable mantener el control de combustión en automático siempre y cuando esté equipado con un límite de "carga mínima", y permitir que las válvulas de seguridad escapen hasta tener la seguridad de que la carga no va a ser aplicada de nuevo repentinamente. Después de algunos minutos, será posible estimar la demanda de vapor con más exactitud, apagar quemadores evitando que la caldera siga escapando, a fin de ahorrar agua y calor. Si la caldera está equipada con los medios necesarios para asegurar un flujo de vapor que los safre, puede llegar a ser necesario el apagar los fuegos rápidamente al perder la carga.

G.- PARO DE CALDERA: Si una caldera se va a retirar de servicio para reparación, es muy conveniente tener mucho cuidado con los equipos auxiliares. Al bajar carga, es generalmente satisfactorio permanecer en control automático, hasta que el número de quemadores tenga que ser reducido para mantener una flama estable. El regulador de agua de alimentación puede dejarse en servicio mientras mantenga el nivel satisfactoriamente. También la presión de la caldera puede disminuirse para reducir la cantidad de calor a disipar, después de que la caldera queden sin carga. Si la unidad va a ser enfriada para reparación, la presión de la caldera puede también disminuirse apagando los fuegos algunos minutos antes de que el generador de vapor sea retirado de la línea, sin embargo, esto puede causar una caída considerable en la temperatura del vapor, lo cual puede ser perjudicial si se mantiene por un largo período de tiempo, los esfuerzos causados por la temperatura pueden hacerse mínimos bajando la carga rápidamente manteniendo la temperatura en las tuberías y en la turbina tanto como sea posible.

Una caldera que esté conectada a un cabezal del cual se está tomando vapor, puede dejarse con la válvula de bloqueo abierta hasta que el fuego se haya apagado y no haya generación de vapor. El agua deberá alimentarse periódicamente en la medida necesaria para mantener el nivel del agua. Una vez que los quemadores se han apagado, el flujo de aire deberá ser interrumpido completamente excepto si la caldera está demasiado caliente, o si va a ser enfriada para efectuar repa-

ciones. En el último de los casos, el vapor puede ser descargado a la atmósfera, y las puertas en la unidad se abrirán, ó los tiros mantenerse en operación para ayudar a enfriarlo. La caída en temperaturas, como se muestra por la temperatura de saturación de vapor en el domo o por la temperatura de escape de los gases, se limita, por lo general, a 10°C por hora. Debe tenerse cuidado para evitar que se enfríe muy rápidamente el refractario, ya que esto podría formar desprendimientos o grietas. Los calentadores de aire de tipo regenerativo, se paran cuando las temperaturas de los gases de escape lleguen aproximadamente a 148°C .

Antes de que la presión caiga al nivel de la atmosférica los ventecos se abrirán para evitar la formación de un vacío al enfriarse más la caldera. Las fugas en las juntas principian a veces, por la formación de este vacío que tiende a jalar las tapas de los registros hacia el interior, permitiendo que la junta sea desplazada ligeramente, en caso de que sea necesario acelerar el enfriamiento de la caldera, el agua puede vaciarse después de que la presión haya descendido casi por completo.

Las tapas de los registros deben dejarse en su posición y evitar que cualquier depósito, presente en el interior de la caldera, se seque y endurezca. Por lo general, los registros permanecen cubiertos hasta que la caldera esté lo suficientemente fría, de tal manera que se pueda penetrar en ella.

El uso de agua fría para enfriar la caldera, no se aconseja, a no ser que el agua se alimente de tal manera que evite los cambios rápidos de temperaturas en las partes de la --

caldera que reciben la presión de vapor. Algunas veces se usan rociadores de agua o vapor en los pasajes de gas en las calderas, sobrecalentadores y economizadores, para ablandar o aflojar los depósitos que se hayan formado. Al hacer esto debe tenerse en cuenta el cuidado de no mojarse excesivamente el refractario; si una caldera va a mantenerse en condiciones de volver rápidamente a la línea, la presión debe conservarse, o cerca de la presión del cabezal, ya sea por medio del encendido intermitente, o respaldando un alimentador. Si el volver a servicio no es inminente puede permitirse que la presión caiga mediante un encendido menos frecuente o llevando una menor cantidad de combustible en el alimentador.

Si la caldera va a ser completamente enfriada, pero debe permanecer lista para entrar en servicio de inmediato, se llenará al máximo. Un tanque de expansión colocado arriba — del punto más alto de la caldera puede usarse para mantener una pequeña presión en la caldera y evitar la entrada de aire, que resultaría en la posibilidad de corrosión por oxígeno, o puede mantenerse una pequeña presión mediante el uso de nitrógeno controlado por un regulador de presión. Si la caldera se va a mantener en esa condición mediante un considerable período, se le debe añadir hidróxido de sodio para mantener una reserva de 20 a 30 ppm. y absorber oxígeno.

Si la caldera va a estar fuera de servicio por tiempo largo, debe ser vaciada y meticulosamente lavada internamente. Las acumulaciones de agua en los cabezales y en cualquier otra parte deben secarse, y de ser posible, los elementos del sobrecalentador soplarlos hasta que queden libres de

agua, a menudo, se colocan charolas con cal viva dentro de los domos para absorber el exceso de humedad en el aire del interior de la caldera. Los registros y aberturas de la caldera se mantendrán cerrados, para evitar el flujo de aire a través de la caldera, debido a que, con frecuencia, ocurren condensaciones con los cambios bruscos de temperatura durante el verano, cuando el aire húmedo caliente, se enfría por el contacto con el metal de la caldera.

Todas las partes maquinadas en los auxiliares de la caldera, deberán quedar bien cubiertas con aceite o grasa para evitar la oxidación. Los motores eléctricos, evitando el deterioro del embobinado por la humedad.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

I.- PAROS NORMALES: Para un paro normal seguir el procedimiento siguiente:

- 1.- Operar los sopladores si las circunstancias lo permiten.
- 2.- Poner el control de combustión en manual y proceder a apagar los fuegos.
- 3.- Dejar un flujo de aire a través de la unidad un momento, hasta asegurar que los gases combustibles se han eliminado. Cerrar todas las entradas del hogar y dejar que la unidad se enfríe lentamente.
- 4.- Alimentar agua normalmente, manteniendo alto el nivel.
- 5.- Cuando la unidad ya no dé vapor en la línea, abrir la válvula del drenaje del sobrecalentador lo suficiente para ir bajando la temperatura de saturación del vapor a razón de 100°F (40°C) por hora. Cerrar todas las demás válvulas de vapor.
- 6.- Siempre alimentar agua cuya temperatura no sea inferior o superior en más de 100°F (40°C) a la temperatura de la caldera. Cuando la presión caiga dentro de ese rango con respecto a la temperatura del agua disponible, hacer varias purgas de fondo y en cuanto la presión sea casi cero, llenar poco a poco la caldera hasta tener alto nivel. Tener cuidado de no permitir el paso del agua al sobrecalentador (si la instalación lo tiene).
- 7.- Si se va a vaciar la caldera, purgar de fondo lo más posible para evitar que los lodos se queden adheridos a los tubos y se sequen al vaciar la caldera.

8.- Cuando la presión de vapor baje a 30 psig (2 kg/cm^2), - abrir el venteo del domo (si aún no se ha abierto) y dejar que la caldera se enfríe hasta 150°F (65°C) antes de vaciarla. Abrir el domo y lavar los lodos con una manguera con agua a presión en cuanto se esté vaciando la caldera.

I.- PAROS DE EMERGENCIA: Tal vez la emergencia más seria que puede ocurrir en una caldera sea el bajo nivel de agua. -- El operador responsable del nivel del agua, no debe distraerse y perder el control de nivel en ningún momento. No debe -- confiarse en alarmas o protecciones por bajo nivel. Si se -- pierde de vista el agua en el cristal, por falla del suministro de agua o negligencia del operador (exceptuando casos de fluctuación momentáneas, debido a variaciones muy grandes de evaporación) se deben apagar los fuegos inmediatamente. Cualquier decisión diferente debe ser tomada con conocimientos su ficientes para decidir si las circunstancias lo permitan y -- que no van a resultar daños, que pueden llegar a ser de con sideración, en la caldera.

Si esta decisión no se puede obtener, se hace lo siguien te:

- 1.- Apagar todos los quemadores tan pronto como sea posible.
- 2.- Simultáneamente, si ya se dispone de algún medio para ali mentar agua a la caldera, empezar a hacerlo, controlando manualmente a que se tenga un flujo de agua muy pequeño -- entrando a la caldera. La finalidad de esta maniobra es -- evitar los esfuerzos excesivos debidos a diferencias muy -- marcadas de temperaturas entre las partes a presión de la caldera. Un flujo elevado de aire através de la caldera -- ayuda a enfriar el refractario y aislamiento así como el metal de la caldera.

3.- Reducir la presión de vapor gradualmente, abriendo la válvula de venteo o drenaje de la salida del sobrecalentador (o la de venteo del domo si no hay sobrecalentador).

Disminuir el flujo de aire a través de la unidad conforme vaya bajando la temperatura de la caldera.

4.- No vaciar la caldera hasta que el domo esté lo suficientemente frío para que se pueda entrar en él. Determinar la causa que provocó el bajo nivel y antes de poner la caldera en la línea examinarla para verificar que no ha habido distorsión de las partes a presión o fugas en los tubos por sobrecalentamiento.

Las siguientes recomendaciones referentes a fallas de tubos no pueden cubrir todas las posibilidades y debe hacer se notar que no hay mejor guía que el buen juicio y experiencia de los operadores.

En caso de alguna falla o fuga en un tubo que no provoque una pérdida muy grande de agua, de modo que el nivel de agua pueda mantenerse, sacar la caldera fuera de servicio siguiendo las maniobras normales.

En caso de que la fuga sea tal que no pueda conservarse el nivel de agua, seguir un procedimiento de los siguientes que sea adecuado el caso.

1.- Para una caldera con una cantidad de obra refractaria considerable para quemar algún combustible sólido; las cuales mucho calor en el refractario, escoria y lecho del combustible es necesario alimentar lo más posible -

de agua para proteger las partes a presión de la caldera hasta que el fuego se haya apagado y la escoria y el refractario se enfríen.

- a).- En primer lugar se deben efectuar las maniobras necesarias para apagar el fuego.
 - b).- Reducir elflujo de aire.
 - c).- Disminuir el flujo de agua a lo necesario para mantener el nivel por lo menos hasta el punto de falla.
 - d).- Mantener el suficiente tiro en el horno para eliminar - por la chimenea el vapor producido por el tubo averiado.
 - e).- Dos o tres horas después de que ya -no haya presión en - la caldera, abrir todas las puertas del horno y enfriar la unidad con el ventilador del tiro forzado.
 - f).- Ya que el horno esté lo suficientemente frío para poder entrar, efectuar una inspección para localizar la falla y si no hubo daños en la parte a presión.
 - g).- Después de efectuadas las reparaciones necesarias, efectuar una prueba hidrostática y obtener la aprobación de las autoridades correspondientes antes de poner la unidad en servicio.
- 2.- Para una caldera con horno a presión, o sea ventilador de tiro forzado únicamente y que utilice combustibles gaseosos o líquidos.
- a).- Apagar todos los quemadores y encendedores (si la caldera está equipada con ellos).
 - b).- Para el (los) ventilador (es) de tiro forzado, abrir totalmente la (s) compuerta (s) y mamparas.

- c).- Disminuir la alimentación de agua conforme vaya bajando la presión de la caldera, si el nivel se perdió completamente en el momento de la falla, cortar la entrada de agua y empezar a alimentar muy despacio para evitar que se quede totalmente sin agua la unidad.
- d).- Cuando la presión haya bajado totalmente, enfriar la caldera con el ventilador del tiroforzado, aumentando gradualmente el flujo de aire controlando con las compuertas correspondientes.
- e).- Ya que la unidad esté lo suficientemente fría para poder entrar al horno, localizar la falla y revisar si no hubo más partes dañadas.
- f).- Después de efectuar las reparaciones necesarias efectuar una prueba hidrostática y obtener la autorización de las autoridades correspondientes antes de poner la unidad en servicio.

Y luego también la temperatura:

$$T_f = 1.8^{\circ}\text{C} + 32 = 1.8 \times 110 + 32 = 198 + 32 = 230^{\circ}\text{F}$$

Buscando en las tablas de vapor las entalpías para las presiones cercanas y temperatura de las condiciones anteriores y poder encontrar la entalpía exacta por interpolación se tiene:

Para 230°F y 1200 lb/pulg^2 (abs.), la entalpía $h_f = 200.9\text{ BTU/lb.}$

Para 230°F y 1250 lb/pulg^2 (abs.), la entalpía $h_f = 201.0\text{ Btu/lb.}$

y luego interpolando, se tiene:

$$\frac{h_f - 200.9}{1214.7 - 1200} = \frac{201 - 200.9}{1250 - 1200}$$

Despejando algebraicamente y resolviendo:

$$h_f = \frac{0.1 \times 14.7}{50} + 200.9 = 0.0294 + 200.9 = 200.9294\text{ Btu/lb}$$

$$\underline{h_f = 200.9294\text{ Btu/lb.}}$$

Ahora para la presión y temperatura del vapor sobrecalentado seco a la salida del sobrecalentador de la caldera, de 60 kg/cm^2 (man.) y 482° se tiene:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{man}} + P_{\text{atm}} = 60 + 1.333 = 61.033\text{ kg/cm}^2\text{ (abs.)}$$

Y convirtiendo la presión al sistema inglés, se tiene:

$$P = 61.033 \times 14.2 = 866.67\text{ lb/pulg}^2\text{ (abs.)}$$

Y luego también la temperatura:

$$T_f = 1.8^{\circ}\text{C} + 32 = 1.8 \times 482 + 32 = 900^{\circ}\text{F}$$

Buscando en las tablas de vapor las entalpías para las presiones cercanas y temperatura de las condiciones anteriores y poder encontrar la entalpía exacta por interpolación se

tiene:

Para 900°F y 860 lb/pulg², la entalpía h = 1453.6 Btu/lb.

Para 900°F y 880 lb/pulg², la entalpía h = 1452.9 Btu/lb

Y luego interpolando, se tiene:

$$\frac{h-1452.9}{865 - 860} = \frac{1453.6 - 1452.9}{880 - 860}$$

Despejando algebraicamente, y resolviendo:

$$h = \frac{0.7 \times 5}{20} + 1452.9 = 0.175 + 1452.9 = 1453.075 \text{ Btu/lb}$$

$$h = 1453.075 \text{ Btu/lb.}$$

Convirtiendo las entalpías del líquido y del vapor a - unidades métricas (1 Btu/lb = 0.5555), tenemos:

$$h_f = 0.5555 \times 200.9294 = 111.61628 \text{ kcal/kg}$$

$$h = 0.5555 \times 1453.075 = 807.18316 \text{ kcal/kg.}$$

Ahora ya se conocen los valores de las entalpías del - agua y del vapor, podemos conocer el valor de la potencia - dándole todos los valores ahora conocidos a la fórmula si - guiente:

$$\text{HP de caldera} = \frac{ms(h-h_f)}{543.4 \times 15.66} = \frac{150,000 (807.18316-111.61628)}{8368.704}$$

$$\text{HP de caldera} = \frac{1.04135 \times 108}{8368.704} = 12,467.283$$

$$\text{HP de caldera} = 12,500$$

B).- CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.- Es la relación entre el calor suministrado y la energía suministrada en forma de combusti - ble y viene dada por la siguiente fórmula:

$$eb = \frac{ms(h-hf) \times 100}{mf \times F}$$

de donde:

eb= la eficiencia del generador de vapor en %

mf= el volumen del combustible gaseoso quemado en m³/hr.

F= la potencia calorífica superior del combustible gaseoso en kcal/m³

De los datos tomados de la instrumentación de la caldera y de los datos encontrados en el inciso A, tenemos:

$$ms = 150,000 \text{ kg/hr.}$$

$$h = 111.61628 \text{ kcal/kg.}$$

$$hf = 807.18316 \text{ kcal/kg.}$$

$$mf = 14,250 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$F = 8,900 \text{ kcal/kg.}$$

Y sustituyendo los valores anteriores en la siguiente:

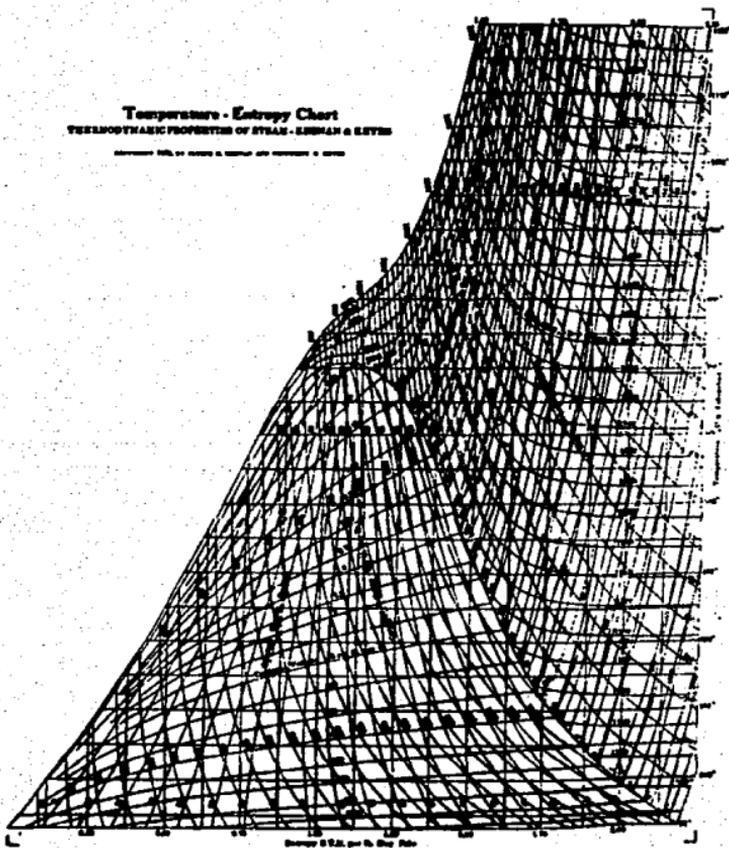
$$eb = \frac{ms(h-hf) \times 100}{mf \times F} = \frac{150,000(807.18316-111.61628) \times 100}{14,250 \times 8,900}$$

$$eb = \frac{1.04335 \times 100}{1.26825} = 0.8226 \times 100 = 82.26 \%$$

$$eb = \text{Eficiencia} = 82.26 \%$$

Temperature - Entropy Chart
THERMODYNAMIC PROPERTIES OF STEEL - LEHMAN & LEVINE

BASED UPON DATA OF LEHMAN & LEVINE AND OTHERS AS SHOWN



H. EL SOBRECALENTADOR Y PROTECCION DE LA CALDERA: El sobrecalentador es de tipo colgante y no drenable, consiste de un banco de tubos suspendidos del cabesal del sobrecalentador. En la figura # 16 se muestra; el vapor fluye proveniente del domo a través de los elementos del primario del sobrecalentador, enseguida el vapor pasa por el cabesal del atomizador -- del atemperador, luego dentro de la entrada del secundario -- del sobrecalentador siguiendo por los elementos secundarios y terminando por la salida del cabesal del sobrecalentador.

En el esquema indicado, los elementos del sobrecalentador no pueden ser drenados del agua o de condensado contenidos antes de ponerse en marcha la unidad. El sobrecalentador puede ser dañado si los procedimientos de operación no son los co rrectos. Por consiguiente, es necesario que el personal se familiarice completamente con los procedimientos para la correcta operación de los sobrecalentadores no drenables.

Es importante proteger al sobrecalentador teniendo siempre un flujo de vapor a través del mismo cuando esté expuesto a las altas temperaturas, como lo es conteniendo agua en la caldera cuando es encendida.

Todo el vapor generado debe pasar a través de la sección del sobrecalentador, el flujo de vapor debe ser el adecuado siempre, para prevenir las altas temperaturas y el sobrecalentamiento de los tubos metálicos del sobrecalentador. La entrada de calor al sobrecalentador debe de ser uniformemente distribuida a todo lancho de la unidad.

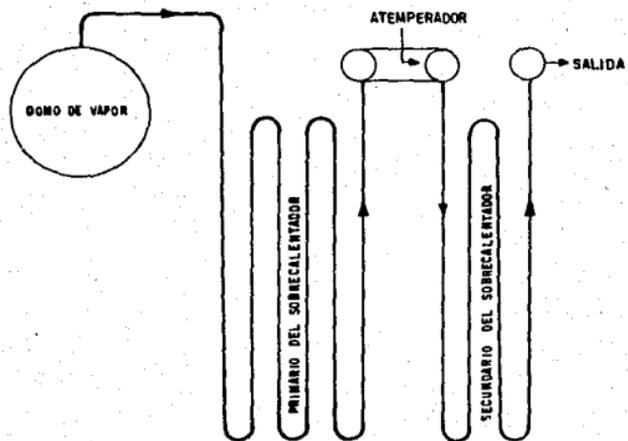


Fig. 16 ARREGLO TÍPICO DEL SOBRECALENTADOR TIPO COLGANTE Y NO DRENABLE

Es recomendable que la temperatura del vapor sobrecalentado a la entrada del secundario del sobrecalentador no exceda de los 1300°F (538°C), mientras se da presión a la unidad y esto debe de ser checado por medio del termocople de prueba durante la puesta en marcha inicial.

El material usado en la tubería de los elementos del sobrecalentador, es seleccionado para condiciones específicas de temperatura y presión. El uso de aleaciones de alta temperatura en las secciones de la salida del sobrecalentador no permite abusar de incrementos de temperatura del metal hasta el máximo permisible.

El arrastre de humedad proveniente del domo de vapor al sobrecalentador incluirá sólidos y otras impurezas. La humedad que es arrastrada al sobrecalentador se evaporará y las impurezas se depositarán en los elementos del sobrecalentador.

Tales depósitos internos en los elementos crean un efecto aislante el cual incrementa grandemente la temperatura de los tubos metálicos del sobrecalentador. Es por lo tanto necesario asegurarse de que el arrastre esté dentro de los límites permisibles evitando así fallas por recalentamiento.

Cuando el agua está presente en los cabezales del sobrecalentador, donde el vapor puede fluir sobre el agua, el vapor puede calentar una parte del cabezal, mientras que otra permanece a otra temperatura. Una distorsión temporal puede ocurrir en el cabezal causando fugas en los orificios de inspección. Las fugas de ésta naturaleza si se permite que continúen, dañarán los asientos de los tapones resultando después reparaciones costosas. La prevención apropiada es drenar

los cabezales del sobrecalentador antes de encender la unidad y dejar las válvulas de purga entreabiertas durante el período de encendido.

El sobrecalentador está diseñado de tal manera que existe una caída de presión entre la entrada y la salida del mismo. Esta caída de presión es la adecuada para dar una distribución equitativa de vapor a lo largo de cada elemento; previniendo así cualquier recalentamiento durante la operación.

ENCENDIDO: A fin de tener una distribución de calor uniforme debida al flujo de vapor a través de todos los elementos, es especialmente importante con los sobrecalentadores del tipo no drenable, en el cual es necesario la evaporación del agua que se ha almacenado por condensación durante un paro o debido a una reciente prueba hidrostática. Si esto sucede, el flujo de vapor a través del sobrecalentador tomará lugar sólo en aquellos elementos que estén completamente libres de agua en su recorrido. La sección seca de tubería por encima de su nivel de agua, en aquellos elementos que contienen agua, pueden ser severamente recalentados hasta el punto de ruptura, puesto que no hay vapor que pase a través de la tubería, no fluyendo el agua en éstos elementos.

Es evidente que un calentamiento bien distribuido y controlado sea requerido con el fin de evaporar toda el agua contenida en los elementos del sobrecalentador del tipo no drenable, durante el período inicial de encendido.

Antes de encender el horno, todas las purgas de los cabezales del sobrecalentador deberán de ser completamente abiertas.

Hasta donde sea posible, los quemadores deberán de ser usados durante el período inicial de encendido, para dar una distribución uniforme de calor en el horno. El encendido deberá de ser puesto a flujo mínimo, sin excederse de la razón de flujo de encendido.

Sin excederse de la razón recomendada de encendido, mostrada en la figura # 17, quemadores adicionales deberán de ser encendidos hasta que la fila inferior de los mismos hayan sido encendidos. Entonces la razón de encendido puede ser incrementada en todos los quemadores para mantener el rango deseado de incremento en la temperatura del agua del domo.

Cuando la presión del domo alcance de 5 a 10 psig., el venteo del domo, la salida del cabezal del primario del sobrecalentador y las purgas del cabezal atomizador o agua de atomización deberán de estar cerradas; las purgas de la entrada y salida del secundario del sobrecalentador deberán de estar abiertas.

Durante el período inicial de encendido, debe de asegurarse que el procedimiento seguido sea satisfactorio y en subsecuentes encendidos la salida de temperatura del sobrecalentador y las indicaciones de temperatura de vapor pueden ser usadas para asegurarse de que no habrá daño en el sobrecalentador.

Las mediciones posteriores de temperatura darán una indicación de la temperatura de vapor distribuida a lo largo y ancho de la unidad, debe tenerse cuidado de que las indicaciones de temperatura sean de instrumentos correctamente calibrados y que haya suficiente flujo de vapor sobre el elemento

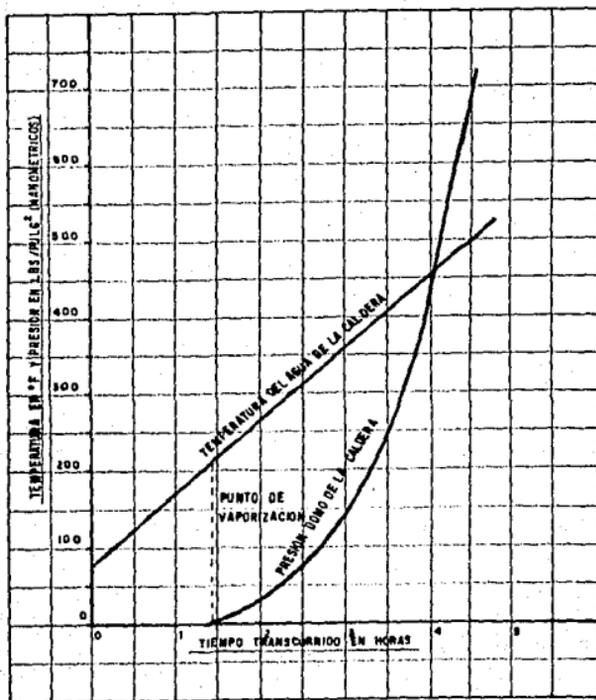


Fig. No. 17 RAZON DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO PARA CALDERAS

de medición durante el período de encendido para dar una indicación precisa de la misma. La temperatura de vapor deberá de incrementarse gradualmente y en general deberá de ser más baja que la temperatura de diseño. Si la temperatura indicada en la salida del sobrecalentador se aproxima a la máxima para la -- cual está diseñada, esto indica que la razón de encendido es -- demasiado alta. En tales condiciones la razón de encendido de -- berá de disminuirse; y si las purgas de la salida del sobrecal -- entador han sido estranguladas, éstas deberán de ser abiertas -- ampliamente para incrementar el flujo de vapor en el sobrecal -- entador.

Durante la puesta en marcha de un generador de vapor es -- particularmente necesario que la razón de encendido sea tan -- uniforme como sea posible a través de lo ancho de la unidad. -- En el encendido se recomienda que un quemador sea puesto en -- servicio en cada mital del horno a razón mínima sin excederse -- del rango recomendado de encendido, los quemadores adicionales -- deberán de encenderse posteriormente.

Cuando una hilera completa de quemadores estén en servi -- cio a través de todo lo ancho del horno, la razón de encendido -- de todos los quemadores debe ser incrementado a lo deseado pa -- ra mantener un rango de incremento de temperatura en el agua -- de la unidad; durante el encendido inicial de la unidad, los -- ingenieros de operación deberán de asegurarse de que el proce -- dimiento de encendido recomendado sea satisfactorio y que no -- haya sobrecalentamiento peligroso en los elementos del sobrecal -- entador. Será necesario instalar termopares donde se crea --

conveniente y en lugares estratégicos, siendo éstos de naturaleza temporal sólo para asegurarse de que el procedimiento de encendido será el correcto.

En grandes unidades generadoras de vapor, con horno que exceda de 40 pies de ancho (12.2 mts.), es recomendable que unos cuantos termopares del tipo permanente sean instalados en los elementos del sobrecalentador situados en el cabezal del primario, para ayudar al operador, asegurándose de que el calor liberado a través de la unidad es uniforme durante los subsecuentes encendidos. Se ha encontrado generalmente que muchos de los daños en los sobrecalentadores ocurren durante de puesta en operación del generador de vapor, cuando poco o nada de vapor fluye a través del sobrecalentador; por lo tanto, es esencial tener cuidado durante este período.

Si los sopladores de hollín son usados, los elementos deberán de ser inspeccionados en su alineamiento, puesto que los impactos entre los inyectores de los sopladores y los elementos del sobrecalentador pueden ocurrir resultando fugas de vapor en los mismos.

Los sopladores de hollín deberán de ser usados tan frecuentemente como sea necesario, para mantener las superficies libres de hollín, cenizas o escorias. La acumulación de éstos depósitos en los elementos del sobrecalentador reducirán seriamente el rendimiento y la acumulación no uniforme de cenizas o taponamiento, incrementándose peligrosamente el flujo de masa a través de otras partes del sobrecalentador, resultando un sobrecalentamiento excesivo y causando falla por ruptura en los tubos. La temperatura del vapor es buena guía --

para saber si los sopladores están operando correctamente y están limpiando los tubos del sobrecalentador.

Las válvulas de seguridad del sobrecalentador son ajustadas para abrir a una presión más baja que las del domo de vapor. Esto es porque las válvulas de seguridad están localizadas a la salida del sobrecalentador, durante la operación normal la presión en el sobrecalentador está más abajo que en el domo de vapor, debido a la caída de presión que existe entre el domo de vapor y la salida del sobrecalentador. Así cuando la temperatura y presión se incrementan debido a la excesiva razón de encendido, la válvula del sobrecalentador se ~~abrirá~~ primero, el flujo de vapor a través del sobrecalentador se reducirá primero, el cual causará sobrecalentamiento de los elementos del sobrecalentador. Si la razón de encendido no es reducida, la válvula de seguridad del sobrecalentador puede liberar excesivo vapor generado, creando pérdida en el nivel de agua de la caldera.

Cuando la presión del domo alcance 150 Psig. (10.5 kg/cm²), cerrar la purga de la entrada del cabezal del secundario del sobrecalentador. La purga de la salida del cabezal del secundario del sobrecalentador debe dejarse en posición completamente abierta hasta que la unidad alcance en servicio, un mínimo de carga del 10 % del rango de capacidad de la caldera.

Puede haber tendencia por parte de los operadores a estrangular la purga de la salida del cabezal del sobrecalentador con el fin de ahorrar condensado durante el período de -

encendido o de aumento de presión, a una razón más rápida sin incrementar la razón de encendido. Esto puede ser permisible - en algunas instalaciones. Es preferible salvaguardar el sobrecalentador dejando abiertas las purgas del cabezal de salida del mismo ampliamente hasta que la unidad esté alineada y con flujo definido de vapor de aproximadamente un 10 % del rango de capacidad de la caldera ya establecido. Dejando intermedia mente abiertas las purgas después de haber alcanzado las 150-Psig., en el cabezal de salida, podría incrementarse el flujo de vapor a través de la sección de entrada del sobrecalentador pero sería disminuído el flujo de vapor en la salida. Es necesario que prácticamente todo el flujo de vapor pase a través de todo el sobrecalentador y no solamente en porciones de éste.

OPERACION NORMAL: En la operación normal del sobrecalentador no se requieren de salvaguardas especiales, más que el mantenimiento de las condiciones para las cuales fue diseñado el equipo. Cualquier ocurrencia de combustión secundaria o de arrastre de flama en el sobrecalentador, dañará los soportes - y causará recalentamiento de los elementos resultando una - - excesiva temperatura del vapor.

Es siempre recomendable encender equitativamente a través de lo ancho del horno para prevenir temperaturas excesivas en los tubos metálicos.

Si los sopladores de hollín son usados, los elementos deberán de ser checados o inspeccionados en su alineamiento, -- puesto que impactos cercanos de los inyectores a los elementos del sobrecalentador pueden resultar dañados ambos. Los -

sopladores de hollín deberán de ser usados tan a menudo como sea posible, para mantener las superficies libres de hollín-cenizas o escoria. La acumulación uniforme de cenizas en los elementos del sobrecalentador reducirá seriamente el rendimiento del mismo y la acumulación no uniforme de cenizas o taponamiento pueden resultar un serio incremento de flujo de masa a través de otras partes del sobrecalentador. Un flujo altamente localizado de masada por resultado un sobrecalentamiento y causará fallas en los tubos. El sobrecalentador está diseñado para una caída en una baja de la pérdida del tiro y utilizar un amplio espacio de los elementos los cuales reducen la probabilidad de taponamiento.

La temperatura del vapor es una buena guía para que los sopladores de hollín deban de ser operados en la sección del sobrecalentador, apreciándose también un incremento en la pérdida del tiro.

Las válvulas de seguridad del sobrecalentador son ajustadas una presión más baja que las válvulas de seguridad del domo de vapor. Esto es porque las válvulas de seguridad están localizadas a la salida del sobrecalentador durante la operación normal, la presión está más abajo que en el domo de vapor de la caldera, debido a la caída de presión proveniente del domo de vapor a la salida del sobrecalentador. Así como cuando se incrementa la razón de encendido o carga y debido a la reducción de carga o disparo de la turbina.

La válvula de seguridad del sobrecalentador liberará primero, el flujo de vapor a través del sobrecalentador se -

reducirá primero y causará sobrecalentamiento en los elementos del sobrecalentador.

PARO: Es justo y necesario mantener un flujo de vapor a través del sobrecalentador durante el período de paro cuando hay que mantener los quemadores en servicio como cuando lo está durante el período de encendido

Como la carga es reducida a un 10 % de la razón de capacidad de la caldera, las purgas de la salida del secundario del sobrecalentador deberán de estar abiertas tanto como el combustible que esté siendo quemado en el horno. Todas las otras purgas del sobrecalentador deberán de permanecer cerradas. Cuando el fuego sea apagado y haya insuficiente calor, ajuste para que la válvula de seguridad desaparezca. Las purgas del sobrecalentador deberán cerrarse. Si es necesario deprimir la unidad, éstas purgas deberán de ser reguladas a lo largo con las otras válvulas de purga del cabezal del sobrecalentador para que salga la presión del domo de vapor a rango deseado. La razón de caída en la presión del domo no deberá de exceder de la razón de encendido. Cuando la presión del domo de vapor sea reducida aproximadamente de 5 a 10 - psig. (0.35 a 0.70 kg/cm²) todas las purgas del sobrecalentador y ventosas deberán de ser abiertos completamente durante etapas de tiempo cortas.

Si la unidad permanecerá fuera de servicio por un período de tiempo extenso, se recomienda que la sección completa del sobrecalentador sea llenada de agua alcalina deareada en la cual hidrazina haya sido agregada como una protección contra la corrosión. Durante un corto período de tiempo, abra -

los venteos y purgas del sobrecalentador mientras permanezca algo de presión en la unidad.

PROTECCION DE LA CALDERA.

Los ingenieros responsables de la operación y mantenimiento de las calderas reconocen la necesidad de operar el equipo apropiadamente y mantener limpia la unidad para evitar sobrecalentamiento, corrosión, ruptura de tubos, etc. A continuación se ofrecen algunas sugerencias que pueden encontrarse útiles.

CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO: Nadie puede calcular con precisión el rango máximo permisible en el cambio de presión y temperatura de una caldera. Sin embargo los operadores de calderas necesitan conocer una práctica de conservación de la misma y que al final ellos pueden evitar métodos inciertos.

Se ha sugerido que el calentamiento y enfriamiento del agua de una caldera no debe de exceder de 100°F (37.7°C) por hora; aún cuando muchas calderas han sido sujetas a rangos mucho mayores de cambio de temperatura, sin que aparentemente los operadores necesiten de ésta práctica, por lo tanto, se recomienda que éste método sea seguido y desarrollado hasta donde sea posible. Se anexa la figura # 17, donde se expone una curva en términos de presión de domo y temperatura del agua de la caldera contra tiempo y puede ser como referencia muy útil.

No es conveniente enfriar la caldera por medio del purgado o el venteo de vapor a la atmósfera, o por el remplazo-

del agua caliente por el agua fría; tal práctica daña las uniones de los tubos rolados y ocasiona fugas en los mismos.

El enfriamiento rápido puede ser más seguro abriendo los venteos del sobrecalentador, para mantener un flujo de vapor a través del sobrecalentador y circulando aire frío a través del conjunto usando el ventilador de tiro forzado con una apertura de sus mamparas o persianas de 25 %.

PURGADO DE LA CALDERA: El agua de la caldera contiene sólidos no solubles en forma de cascarillas o escorias. Estos permanecen en suspensión cuando la caldera está produciendo vapor; pero cuando la caldera se apaga, entonces se precipitan en la parte más baja del sistema de circulación de la caldera en forma horizontal en los tubos y cabezales. Es por lo tanto deseable, que la caldera sea purgada bajo presión después de que la caldera haya sido apagada. Agua caliente de alimentación deberá de ser administrada para reemplazar el agua que ha sido purgada y no debe de permitirse que el nivel caiga a la parte más baja de la pierna de nivel o columna de agua.

La caldera debe de ser drenada después de que la unidad esté depresionada y cuando el conjunto esté enfriado de tal forma que no haya producción de vapor. No drene la caldera cuando ésta esté caliente y no alimente con agua fría una caldera cuando esté caliente.

Cuando se sospecha que hay grandes cantidades de lodo y sedimentos, la caldera debe de ser drenada, luego llenada otra vez y drenada de nuevo, para remover la gran cantidad -

de sedimentos, repitiéndose la operación tantas veces como sea posible. Después del drenado final, las puertas y cubiertas de las entradas-hombre deberán de abrirse, debiéndose lavar todas las superficies internas con agua a alta presión.- Esto debe de hacerse de inmediato para evitar que los depósitos se sequen, previniendo el horneado de los mismos.

Durante el drenado de una caldera, es necesario abrir los venteos del domo de vapor. Esto debe de hacerse cuando haya una presión de vapor de 5 psig. (0.35 kg/cm²) o menos de presión en la unidad; los venteos o purgas de la salida del sobrecalentador deben de estar cerrados para que no se pierda el condensado en el sobrecalentador, como medida preventiva para su cuidado de dicho elemento.

No se deben de cerrar los venteos del sobrecalentador mientras que el horno esté tan caliente que la unidad genere vapor, ya que ésta práctica puede causar recalentamiento de los elementos del sobrecalentador.

Es muy importante hacer notar que nunca debe de drenarse la caldera cuando el aislante y ladrillo refractario esté caliente o si hay cenizas o escorias ardientes en el horno y pasajes de los gases.

PROTECCION DE LA CALDERA FUERA DE SERVICIO.

Cuando una caldera se saca fuera de servicio por un cierto período de tiempo, se hace necesaria la protección del lado agua de los tubos. La selección del método está gobernado por la cantidad de tiempo en que la caldera estará -

fuera de operación y por rapidez en que entre en servicio.

A continuación se describen dos métodos y su procedimiento para la protección y conservación de la unidad.

EL METODO SECO: Se prefiere cuando una caldera estará fuera de servicio por un mes o más tiempo y no hay necesidad de que la caldera esté lista para retorno rápido a operación. La caldera debe de ser drenada, limpiada inmediatamente en los lados fuego y agua; cuidadosamente inspeccionada y reparada si es necesario, asegurándose de que todo esté en buen orden. El interior de la caldera debe de ser secado por medio de un hornillo de aire caliente o por fuego ligero de madera. Después del proceso de secado se deben de cajas conteniendo cal viva con un contenido de 30 lbs. por cada 100 ft². de superficie de calefacción (15 kg. por cada 10 m².), éstas cajas deberán de ser de madera a prueba de agua y puestas inmediatamente en el domo de vapor y domo de lodos de la caldera después de concluido el proceso de secado.

Después de ser colocadas las cajas de cal viva en los domos; las entradas-hombre, mirillas de inspección y todas las aberturas, deberán de ser selladas. Si la caldera está fuera de operación por un considerable período de tiempo, podrá ser abierta cada tres o cuatro meses para su inspección y cambio de cal viva si es necesario.

EL METODO HUMEDO: Se emplea cuando una caldera estará fuera de servicio por más de una semana y también se usa cuando la unidad debe de estar presta para su operación.

La caldera deberá de ser cuidadosamente inspeccionada, para asegurarse de que todo esté en orden. Después de que la caldera ha sido llenada hasta el nivel normal de operación, el agua deberá de ser calentada por un lapso corto, hasta que la unidad ventee vapor a la atmósfera. En este procedimiento es necesario evacuar los gases disueltos y liberarlos del agua por medio del hervido. El agua debe de estar tratada y deberá de aumentarse su alcalinidad con sosa cáustica, manteniendo su concentración hasta 400 ppm. de sosa cáustica, 3 lbs. por cada 1000 gals. de agua de la caldera (0.36 kg. por cada m^3). Suficiente sulfito de sodio debe de ser agregado al agua de la caldera, para producir una concentración mínima residual de sulfito hasta las 100 ppm., 1.5 lbs. por cada 100 gals. de agua de la caldera (1.80 kg. por cada m^3 de agua).

Después de que la caldera ha sido enfriada a 200°F - - (93°C) y antes de que se cree vacío, la caldera debe de ser llenada completamente hasta la parte más alta, cerrándose después todas sus aberturas. Se recomienda que el agua sea muestreada a intervalos semanales, para medir la concentración de sosa cáustica y de sulfito de sodio, agregándose estos productos químicos si es necesario para mantenerlas con concentraciones adecuadas.

Es recomendable mantener la temperatura del agua de la caldera, tan baja como sea posible, sin llegar al punto de congelación.

Además de proteger las partes internas de la caldera o lado de agua; es recomendable que las partes externas o lado

de gases, los domos, pasajes de gases y tubos sean limpiados de los depósitos de cenizas y hollín, debiéndose colocar también cajas conteniendo cal viva para que absorban la humedad contenida en el horno y dichos pasajes. Las mamparas deberán de cerrarse para prevenir la circulación del aire proveniente del exterior. La cal deberá de ser examinada y renovada a intervalos regulares, según se deteriore debido a la absorción de humedad.

CUIDADO DE LOS ELEMENTOS DEL SOBRECALENTADOR.

Los depósitos de escamas de incrustación en los tubos del sobrecalentador, causan arrastre de sólidos en el vapor y espuma que también contiene sólidos en suspensión. Por lo tanto, el mantener a las calderas libres de incrustaciones es un problema que confrontan los operadores de calderas.

No siempre es posible ver los depósitos de incrustaciones en los elementos del sobrecalentador, porque la inspección de los tubos del mismo no permite descubrirlos en el cuerpo del elemento.

Tales depósitos se forman donde la humedad es arrastrada por el vapor, evaporándola y confinados en un área pequeña.

Muchos de los sólidos depositados en los tubos del sobrecalentador son solubles en agua y la presencia de dichos depósitos pueden ser detectados forzando una corriente de agua a gran velocidad a través de los tubos; si el agua es colorada por lodo, es casi seguro que la prueba sea positiva.

Una descarga clara no necesariamente prueba que el tubo está limpio, ya que en algunos casos la incrustación puede ser in soluble en agua; por lo tanto una limpieza ácida puede ser - requerida.

Los químicos a cargo de las condiciones del agua de la caldera pueden determinar si los depósitos de los elementos del sobrecalentador son solubles o insolubles.

Ellos son los que pueden determinar con precisión que - ácido o inhibidor es necesario para eliminar los depósitos - insolubles.

Pueden ocurrir rupturas en los tubos, se debe consultar inmediatamente al químico, dándole la oportunidad de analizar la incrustación. La muestra debe de ser obtenida del tubo roto y recolectarla, cortándola en secciones para su mues treo. Cuando una ruptura grande ocurre, la velocidad resultante del vapor a través de su abertura, puede ser tan grande que los depósitos sean barridos fuera del tubo; en tales casos los tubos adyacentes también estarán dañados y presentan muestras de que también deben de cortarse de éste.

Para el enfriamiento de la unidad, los elementos del so brecalentador se llenarán de condensada quedando el venteo - del sobrecalentador cerrado mientras toma presión de vapor - la caldera. El agua destilada es un solvente efectivo de los depósitos; por lo tanto el condensado en los tubos del sobre calentador libera muchos de los depósitos internos. Casi todos los depósitos solubles o incrustaciones pueden ser elimi nados por medio del lavado individual de los tubos con agua - o condensado a alta presión.

Quando los depósitos son disueltos por medio de condensado, esto se hará en las secciones de tubería más baja del sobrecalentador. Si este lodo no es extraído después de que se termine el lavado, se horeará en los tubos y sus paredes de agua, por lo tanto, debe de tenerse la seguridad de que la limpieza ha sido efectiva.

C A P I T U L O VII.

M A N T E N I M I E N T O .

A.- CONCEPTOS GENERALES DE MANTENIMIENTO.

Mantenimiento:

Mantenimiento es el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para conservar equipos, unidades e instalaciones en condiciones óptimas de servicio, para lograr una operación al máximo nivel de eficiencia.

Mantenimiento preventivo:

La característica principal de este mantenimiento es la de detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

Mantenimiento predictivo:

Este método de trabajo se basa fundamentalmente en detectar fallas antes de que sucedan para dar tiempo a corregirlas sin perjuicios al servicio.

Mantenimiento correctivo:

Se caracteriza por la intervención directa para proporcionar la solución a una falla determinada.

El objetivo inmediato del mantenimiento es conservar en condiciones de funcionamiento seguro; eficiente y confiable los equipos para no interrumpir los servicios de la planta.

El objetivo básico del mantenimiento es contribuir por los medios disponibles a sostener lo más bajo posible el costo de operación de los equipos.

Como se puede ver las finalidades hacia las que se orienta el mantenimiento son:

- 1.- Largas corridas de operación.
- 2.- Operación correcta y eficiente de los equipos
- 3.- Operación segura y confiable con mínimo riesgo
- 4.- Adecuado aprovechamiento de recursos.
- 5.- Almacenamiento realista y económico de partes de recambio.

De los tres tipos de mantenimiento mencionados, el mantenimiento preventivo como procedimiento tiene sus ventajas como son:

- 1.- Mejoras en la producción.
- 2.- Equipo operando correctamente.
- 3.- Confiabilidad que nos permite el conocimiento de las condiciones en las que se encuentran nuestros equipos en todo momento.
- 4.- Programas de trabajo que permiten soluciones adecuadas para su correcta ejecución.

B.- PLANEACION DEL MANTENIMIENTO.

Muchas partes de la planta se deterioran por el uso y - deben limpiarse y renovarse periódicamente. Por esta razón - deben hacerse inspecciones de costos de dejar el arranque en -- forma periódica. Debe determinarse la frecuencia y épocas de hacer revisiones periódicas con objeto de balancear los costos de mantenimiento y pérdidas en el sistema, mientras la - unidad está fuera de servicio, y también determinarse el incremento en capacidad o eficiencia al volver la unidad al -- servicio.

Mensualmente se graficarán las temperaturas más importantes de la caldera, a una capacidad base para indicarnos - el comportamiento de las superficies transmisoras de calor.- Las anotaciones de presión en ventiladores así como la pérdida de presión a través de los precalentadores y colectores de ceniza, indicarán la restricción de los pasajes de gas o deterioro de los abanicos. El incremento de las entradas de - aire a la caldera se deben a fracturas en las paredes del -- horno o ductos, así como los tiros inducidos o por deterioro de los sellos, excesivamente fugas a través de los sellos en los precalentadores de aire tipo regenerativo o debido a agujeros en los tubos o placas de los precalentadores de superficie dan el mismo efecto; el exceso de estas fugas no únicamente reducen la eficiencia en la caldera, sino que tienden a sobrecargar los ventiladores de tiro inducido y chimenea, - lo que limita la capacidad de la caldera.

Una inspección regular del exceso de aire a la salida -

del horno, o en el primer paso a la salida de la caldera, - precalentador de aire o salida del colector de ceniza, indicará la cantidad de aire que se fuga hasta el horno y se -- mezcla con los gases de combustión, ocasionando perjuicio - en la combustión si el aire enfría demasiado los gases. Las fugas de aire al horno pueden ayudar escasamente a la com - bustión, ya que el aire que se fuga al horno no se mezcla - correctamente con el flujo de gases de combustión. Un exce - so de aire cruzando en la salida del horno y poco exceso de bióxido de carbono en las paredes del horno indicarán gran - cantidad de fugas de aire al horno.

Las bombas de agua de alimentación deben inspeccionar - se en altas cargas por lo menos cada mes, para observar la - presión de descarga y energía eléctrica consumida. Cual - - quier cambio observado puede indicar aviso en la disminu - - ción de la eficiencia de la bomba.

C.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Previa rutina e inspección, deberá hacerse de todas las partes de la planta y equipo que esté sujeto a uso, desalineamiento, deterioro o falla en donde periódicamente se hagan pruebas y ajustes necesarios para un trabajo apropiado. Deben prepararse programas en donde se mostrarán cuando deberán hacerse las inspecciones, esto puede hacerse mejor en un cuadro donde se enlisten todas las partes del equipo. Si se usa una forma de diagrama los supervisores de operación pueden emplear la forma en que se hacen las inspecciones y de esta manera evitar un reparto equivocado e inspeccionar que se haga un mantenimiento correcto a través de los canales regulares. Cuando las inspecciones se completan, se revisan y se anotan en el diagrama; si se emplea la forma tabular, se marcan cuando se hace la inspección; reportándose los resultados de dichas inspecciones y anotándose abajo cada unidad particular; otro sistema es llevar un historial del equipo con las fechas y detalles de inspección de todos aquellos datos importantes que se desean. Un apropiado programa de mantenimiento preventivo, evita innecesarios y frecuentes inspecciones que aseguren que cualquier falla se localice a principio para que no pueda causar daños al equipo. La experiencia ha demostrado que los costos totales se realicen llevando un control y records correctos, y la continuidad del servicio es correcta, usando el sistema de mantenimiento preventivo

D.- MANTENIMIENTO REGULAR.

Los equipos modernos en las plantas de vapor son diseñados para trabajar continuamente sin parar, entre revisiones mayores el mejor tratamiento del agua forma un papel importante prolongando los períodos de limpieza. Las calderas se inspeccionan una o dos veces por año, así como la mayor parte auxiliar de calderas.

En estaciones que tienen, como en nuestro caso, más de una caldera alimentando a un cabezal de vapor, es posible hacer inspecciones de caldera y mantenimiento sin excesivo esfuerzo por el tiempo.

Cuando la caldera esté fría; deben abrirse las puertas de inspección y tener a la mano andamios, luces, herramientas y el equipo necesario listo para su uso en cuando se pueda entrar al horno. El enfriamiento de la unidad puede hacerse más rápido dejando en operación el ventilador del tiro forzado ajustándolo para una caída de temperatura de 30 x 50° F/hora; esto se puede saber por la presión del vapor, temperatura del metal del horno o temperatura de los gases saliendo de la caldera. Cuando la presión ha llegado a la atmósfera, el agua de la caldera debe purgarse para aumentar el enfriamiento.

Después de que se hayan etiquetado válvulas y conexiones para que den una completa seguridad en el trabajo de la caldera; se hará una inspección cuidadosa de las partes a presión, tanto internas como externas. El horno de ladrillo refractario, baffles (paredes directrices de los gases) y quemadores, deben ser cuidadosamente revisados y reparados para asegurar-

que la unidad trabajará con seguridad hasta la siguiente revisión. La limpieza debe ser internamente, y tubineada si es necesario. Es buena precaución, cuando se usa turbina de limpieza, tomar muestras de la incrustación. Bajo ciertas condiciones la limpieza de ácido de la caldera es aceptable. Las condiciones de elemento de sobrecalentador y los soportes deben observarse y repararse si es necesario. Las válvulas de seguridad deben inspeccionarse, la descarga de la chimenea y los colectores de hollín y en caso necesario repararse. Los ventiladores de los tiros se limpiarán y se verá que su condición mecánica sea correcta. Las reparaciones deben hacerse y hacer en caso dado el repuesto completo de varias partes. Los manómetros e instrumentos se limpiarán y calibrarán, así como la tubería de conexión de la caldera. Debe elaborarse un programa cuidadoso de trabajo para evitar interferencias entre los hombres que trabajan en las diferentes partes de la caldera y elaborar un plan para el mejor orden y secuencia de los diferentes trabajos, con la caldera bien limpia y una inspección interna. Después de terminada la inspección interna de la caldera, deben cambiarse las juntas y llenarse la caldera con agua para hacer una prueba hidrostática a la presión de operación a fin de detectar las fugas que hubiere. Las válvulas de seguridad deberán observarse en la prueba para estar seguros de que no actúan aunque se eleva la presión, pues de otra manera el agua dañaría la válvula. El inspector de calderas observará la prueba hidrostática, por lo cual se harán los arreglos necesarios para que esté presente a la hora de hacerse.

Cuando se han retirado las etiquetas de licencias y estas estén registradas por las personas adecuadas, la unidad puede encenderse en la forma acostumbrada. Debe disponerse de uno o dos hombres para apretar los registros de la caldera al irse levantando la presión. Si se ha cambiado el ajuste de las válvulas de seguridad, se probarán y ajustarán a su valor correcto. Los instrumentos y controles que se hayan revisado, deben ajustarse adecuadamente en operación.

En realidad son varios los departamentos que intervienen en el mantenimiento de un generador de vapor, entre éstos podemos mencionar los siguientes:

- Mantenimiento de plantas.
- Mantenimiento Civil
- Mantenimiento Mecánico.
- Mantenimiento Eléctrico.
- Mantenimiento de Instrumentos.

A continuación se registran las actividades que realiza cada uno de estos departamentos durante el paro programado de un generador.

RELACION DE ACTIVIDADES DURANTE EL PARO DE UNA CALDERA:

MANTENIMIENTO DE PLANTAS:

- 1.- Colocar juntas ciegas en líneas de gas.
- 2.- Abrir entradas hombre en caja de aire, hogar, ductos de aire y de gases de combustión.
- 3.- Inspección y limpieza al precalentador auxiliar de - aire a vapor.

- 4.- Cambio de junta metálica en brida lado caldera de válvula de 16" ϕ bloques del cabezal general de vapor.
- 5.- Cambios de válvulas de 1" 1500 # venteos de domo y sobrecalentador.
- 6.- Eliminar fugas por pozos en soldadura de las líneas en general.
- 7.- Hacer arreglos para el sistema de aire de sellos a mirillas del hogar.
- 8.- Limpieza a ductos de aire y gases de combustión así como al ventilador del tiro forzado.
- 9.- Cambio de válvula de 4" ϕ del directo de agua de alimentación por una de 2" ϕ , 1500 #.
- 10.- Cambio de espárragos dañados en línea de gas.
- 11.- Inspección de flusería en general.
- 12.- Inspección de domos de vapor y lodos.
- 13.- Eliminar fugas y cambiar válvulas donde se indique.

MANTENIMIENTO CIVIL

- 1.- Retirar refractarios de registro hombre del hogar.
- 2.- Inspección y reparación de refractario en hogar y - caja de aire.
- 3.- Pintura a línea de gas, caja de aire y chimenea.
- 4.- Pintura al ventilador del tiro forzado y ducto de aire.
- 5.- Reparar aislamiento térmico en general (donde sea necesario).

MANTENIMIENTO MECANICO.

- 1.- Engrasar y aflojar válvulas macho en línea de gas.
- 2.- Reempacar estoperos de válvula en general.
- 3.- En ventilador del tiro forzado:
 - a) Inspección, limpieza y cambio de grasa a baleros del ventilador.
 - b) Inspección del acoplamiento motor-ventilador.
 - c) Inspección, mantenimiento y lubricación de mamparas de succión de aire del tiro forzado y sus servo-mecanismo.
- 4.- En precalentador de aire (Ljungstrom)
 - a) Inspección, mantenimiento y cambio de aceite al reductor de velocidad.
 - b) Mantenimiento y cambio de aceite de lubricación a baleros.
 - c) Limpieza de filtro de aceite.
 - d) Verificación de sellos radiales y circunferenciales.
 - e) Engrasar catarina y eslabonamientos.
- 5.- Mantenimiento a mirillas del hogar.
- 6.- Inspección y mantenimiento a mamparas de aire en quemadores.
- 7.- Calibrar válvulas de seguridad de domo y sobrecalentador.

MANTENIMIENTO ELECTRICO

- 1.- Tiro forzado:
 - a) Revisión de contactos.
 - b) Limpieza de cubículo
 - c) Limpieza relevadores del pro-control
 - d) Reponer lámparas de señalización
 - e) Checan encintado de conexiones del motor en la caja.
- 2.- Control del precalentador rotatorio
 - a) Limpieza a relevadores.
 - b) Checar transferencia motor eléctrico a neumático.
 - c) Meggear líneas y motor.
 - d) Limpieza arrancador y estación de botones.
 - e) Checar timer
 - f) Reponer lámparas de señalización.
- 3.- Motobomba auxiliar lubricación turbina.
 - a) Checar control manual y automático.
 - b) Meggear motor y líneas.
 - c) Limpieza arrancador y estación de botones.
- 4.- Motobomba de lubricación precalentador rotatorio.
 - a) Meggear motor y línea.
 - b) Limpieza arrancador y estación de botones
- 5.- Tableros de quemadores No. 1,2,3,4,5 y 6.
 - a) Limpieza de quemadores y carinete
 - b) Checar lámparas de señalización.
 - c) Revisión de clavijas de amplificadores.
 - d) Checar cables a detectores de flama.

- 6.- Tablero maestro:
 - a) Limpieza relevadores y gabinetes.
 - b) Checar disparos
 - c) Checar lámparas de señalización.
- 7.- Checar Panalarm tablero Bailey.
- 8.- Limit Switchs.
 - a) 15-16, 17 y 19
- 9.- Checar alumbrado nivel óptico
- 10.- Mantenimiento tablero de arranadores.
- 11.- Mantenimiento analizador de oxígeno.
- 12.- Mantenimiento al bando de batería.
- 13.- Alarmas nivel de domo
 - a) Checar relevadores y conexiones.
- 14.-Checar luces de señalización de chimenea.
- 15.-Checar alumbrado y tablero de distribución.
- 16.-Instalar extensiones según necesidades.

INSTRUMENTOS:

- 1.- Mantenimiento preventivo a transmisor de nivel del -
domo.
- 2.- Calibración y mantenimiento a la válvula de control-
de gas.
- 3.- Calibración y mantenimiento a la válvula de flujo mí
nimo.
- 4.- Cambiar eslabones y dar mantenimiento a posicionado-
res de válvulas automáticas de control.
- 5.- Mantenimiento a solenoides de válvulas de cortes a -
quemadores.
- 6.- Mantenimiento al transmisor del flujo de agua de ali-
mentación.
- 7.- Mantenimiento al transmisor de flujo de vapor.
- 8.- Recalibración y mantenimiento a interruptores de pre-
sión de disparo y permisivos de arranque.
- 9.- Mantenimiento a amplificadores y detectores de flama.
- 10.- Mantenimiento al panel de alarma.
- 11.- Calibración de Manómetros o sustitución de dañados.
- 12.- Mantenimiento al nivel digital.

E.- REVISION DE FUGAS.-

Diariamente se practica en la planta generadora de vapor una inspección total para observar las fugas que hubiera, ya que éstas son el primer signo de avería, también indican de - sorden y resultan símbolos de desperdicio, siendo un peligro - para el personal; generalmente cuando no son cosa seria, pue - den ser reparadas por el hombre que revise dichas fugas cuan - do hace su recorrido para éste objeto, si el caso es serio y - se requiere herramienta especial de mantenimiento o equipo -- fuera de servicio, deberá prepararse una orden de avería para que sea corregida y en ésta forma la planta se conserve lim - pia, segura y de buena apariencia.

F.- REPORTES DE AVERIA.

Los reportes de fugas, de equipo que opere incorrectamente, de una necesidad de reparación especial o de alguna inspección, se hacen mejor usando reportes de avería o tarjetas. El ingeniero de operación notifica la falla escribiendo brevemente la localización e historia de la avería. Los reportes de avería son recogidos diariamente y entregados a los ingenieros de mantenimiento encargados del sector, quienes asignarán al personal que le corresponda, según sea el tipo particular del trabajo. Los reportes de avería son hechos por duplicidad para que tanto el personal de mantenimiento tiene su copia donde anota los hombres que son asignados para la reparación, esto da una secuencia adecuada y ayuda a repartir el trabajo correctamente. Las notas del operario que lleva a cabo el trabajo las entregará a su jefe de sector cuando esté terminado. Los reportes de falla que se han terminado se mantienen a la mano como referencia en la lista de revisión, o bien algunas veces son descartados tan pronto como se reporta que la reparación ha terminado.

G.- REPORTES DE MANTENIMIENTO.

Se lleva un récord histórico por cada parte de equipo - dando breves datos de fechas de trabajos hechos durante reparaciones o revisiones, así como ajustes; esto es muy importante para el mantenimiento y operación futura de la planta. Para poder llevar éste record es necesario preparar reportes de cada trabajo de mantenimiento programado; la información inicial es copiada en la hoja de control de orden cronológico. Es muy valioso un record histórico de la información pertinente del equipo; los datos de los fabricantes, número de serie y tamaño, deben anotarse en la parte superior de la -- tarjeta de control.

C A P I T U L O VIII.

INSTRUCCIONES PARA EQUIPO AUXILIAR.

El equipo auxiliar de las calderas son aparatos o dispositivos que están íntimamente ligados, ya sea con la calderamisma o con su control, operación y mantenimiento, siendo todos estos indispensables para la seguridad, economía y comodidad. Ver figura No. 18.

Tiro forzado:

El trabajo del tiro forzado básicamente se reduce a suministrar el aire necesario para la combustión, siendo la presión de éste positiva terminando en la caja de aire. En su recorrido a ésta, el aire descargado por el ventilador es pasado por el precalentador de aire de la unidad generadora con el fin de cambiar calor con los gases calientes producto de la combustión, llegando de esta manera con precalentamiento a los quemadores. En dichas unidades, además del precalentador antes mencionado, posee unos precalentadores con vapor que no son otra cosa que una serie de tubos en forma de horquillas y aletados, por los que pasa interiormente una corriente de vapor y por el exterior el aire de la combustión. La finalidad de lo anterior es la de evitar que baje la temperatura de los gases de escape a la de rocío, ocasionando con ello condensación y la consiguiente corrosión de los tubos del precalentador.

Como hemos mencionado que el ventilador del tiro forzado, la presión en el horno es superior a la atmosférica. En este caso existe el peligro de que los gases de combustión puedan escapar del horno por rajaduras en la pared del mismo.

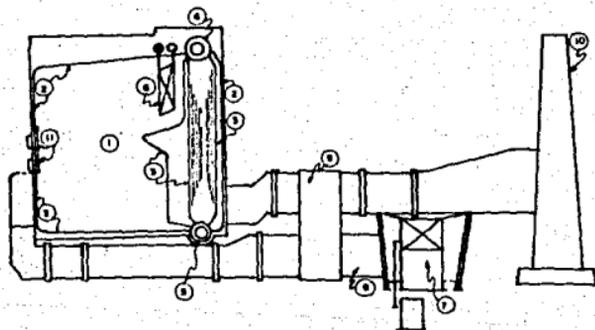


Fig. No. 18

COMPONENTES DEL GENERADOR DE VAPOR

COMPONENTES

PRINCIPALES

- 1.- HOGAR
- 2.- PAREDES DE AGUA
- 3.- TUBOS
- 4.- DOMO DE VAPOR
- 5.- DOMO DE Lodos
- 6.- SOBRECALENTADOR

AUXILIARES

- 7.- TIRO FORZADO
- 8.- PRECALENTADOR R. AUXILIAR
- 9.- PRECALENTADOR ROTATORIO
- 10.- CHIMENEA
- 11.- QUEMADORES

Aunque es posible regular el tiro de estos ventiladores satisfactoriamente operándolos a mano. Con el objeto de aliviar el trabajo del operador, existen controles automáticos de tiro. Estos controles automáticos regulan las compuertas para que aumenten o disminuyan la corriente de aire y mantengan así una presión de vapor constante aunque la demanda de vapor cambie. Por otro lado, también mantienen condiciones ideales para la combustión.

Estos controles automáticos de tiro trabajan generalmente basándose en diafragmas. Los cambios de presión de aire o del vapor actúan sobre diafragmas muy sensibles, los cuales abren o cierran válvulas, que a su vez actúan sobre las compuertas.

Antes de operar por primera vez el tiro forzado, debe inspeccionarse en su interior muy cuidadosamente, así como su alineamiento tomando en cuenta las probables diferencias en temperaturas que se tendrán en operación; del mismo modo se verificará que el tipo y cantidad del lubricante son los correctos, y que el sentido de rotación es el indicado.

El sistema de control de flujo, debe inspeccionarse para asegurar que su movimiento se haga sin dificultad, las posiciones extremas de cierre y apertura se marcarán claramente. La colocación de rejillas de alambre en la succión del ventilador es aconsejable a fin de evitar que algún desperdicio o basura sea arrastrado dentro del ventilador con el daño consiguiente.

Chimenea:

La chimenea tiene por objeto descargar los productos de la combustión a una elevación suficiente a fin de evitar, en lo posible, las molestias inherentes. Mientras más alta sea la chimenea más efecto de tiro disponible para la extracción de los gases del horno. El tiro debe ser el suficiente para mantener una ligera succión en el horno cuando la caldera opere a pleno régimen. El diámetro de la chimenea y las dimensiones de los ductos que la conectan al horno, deben ser tales, que aseguren el flujo de los gases pero sin incurrir en velocidades excesivas; deben estar bien soportadas y ancladas, para resistir vientos fuertes.

La mayoría de los gases de la combustión forman depósitos que al enfriarse son corrosivos a los metales, por esta razón, en caso de usar una chimenea metélica será indispensable dotarla con un revestimiento que evite la corrosión en la parte superior de la chimenea y el sobrecalentamiento en la porción inferior. La acción corrosiva de los gases depende de la cantidad de vapor de agua y bióxido de azufre, así como de la temperatura a la cual los gases son enfriados a su paso por la caldera, economizador, calentador de aire, -- así como por la radiación de los ductos y la chimenea.

Es también necesario que la chimenea y los ductos se diseñen tomando en cuenta la dilatación y contracción debido a los cambios de temperatura. En caso de que los gases contengan cenizas deberá suministrarse el medio adecuado para remover las cenizas acumuladas en la base de la chimenea aún con la planta en operación.

Antes de poner la chimenea en operación por primera vez debe ser cuidadosamente inspeccionada asegurándose que esté libre de obstrucciones y que ha sido terminada sin grietas ni defectos. Las tolvas colectoras de polvo, válvulas y tuberías deben también inspeccionarse de su correcto funcionamiento.

En el caso de que la chimenea esté construída de mampostería en alguna proporción, debe secarse lentamente ya sea por medio de fuego de leña en la base de la chimenea u operando la caldera a bajo régimen durante uno o más días. Es práctico común instalar una puerta en la base de la chimenea, dicha puerta debe estar herméticamente cerrada al poner la chimenea en operación. Después de que la chimenea se ha secado se inspeccionará con unos prismáticos y todas las grietas y defectos visibles se anotarán para suministrar bases de comparación en futuras inspecciones.

Pre calentador de aire:

En este tipo de calderas se tiene un pre calentador de aire por medio de un serpentín a base de vapor de baja presión, conocido como pre calentador, obteniéndose una temperatura de 80°C a la salida, pasando después al pre calentador rotatorio, siendo accionado éste por un motor neumático y acoplado a un reductor de velocidad, obteniéndose una velocidad de 3.5 rpm y alcanzando el aire una temperatura a la salida de 330°C . Este calentamiento se logra con los gases que provienen del hogar y van hacia la chimenea. (fig. # 19)

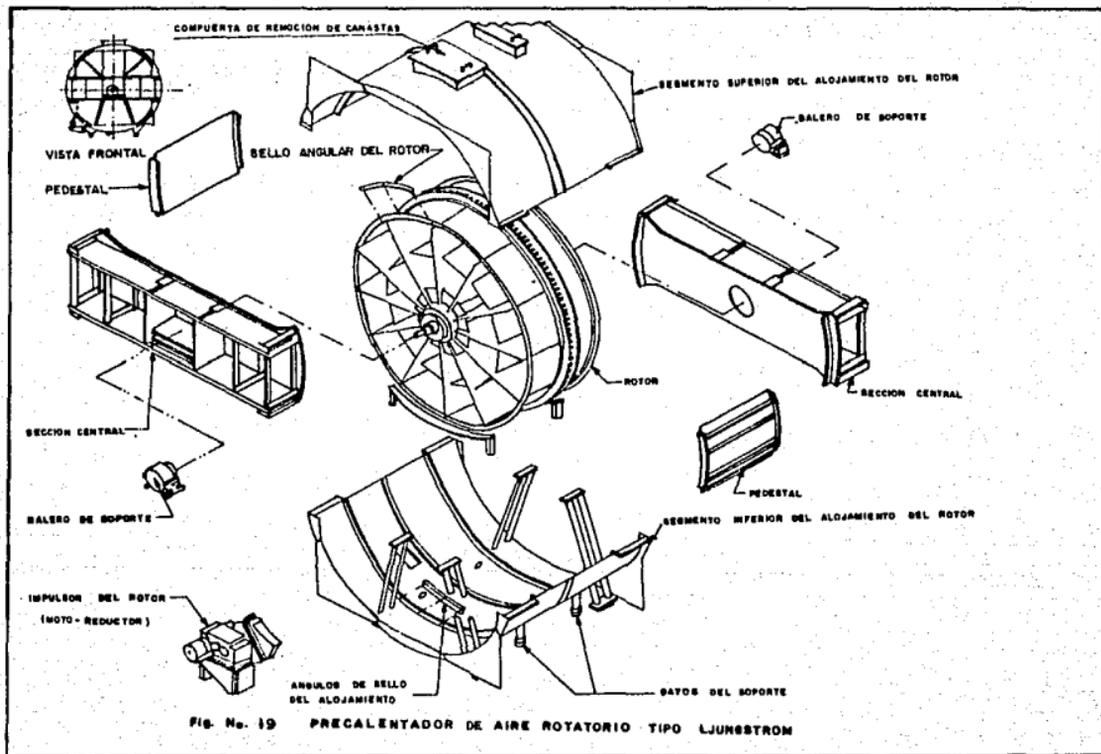


FIG. No. 19 PRECALENTADOR DE AIRE ROTATORIO TIPO LJUNGSTROM

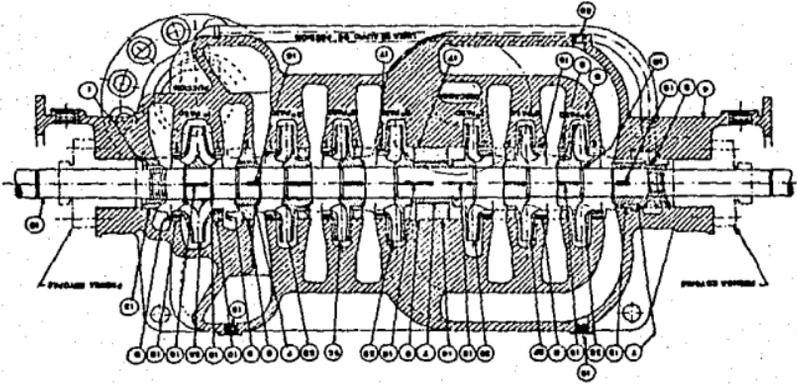
Bomba de agua de alimentación:

Es de importancia observar las siguientes instrucciones para el arranque de las bombas de agua de alimentación a calderas, ya que el conocimiento y aplicación de éstas, depende el buen funcionamiento y operación de las mismas, redundando en ahorro de dinero y tiempo por reparaciones, optimizando así el funcionamiento de toda la planta generadora de vapor. Ver fig. # 20.

Instrucciones de prearranque:

- 1.- Se debe inspeccionar que la tubería auxiliar esté correctamente instalada y limpiar la unidad en sus partes internas. Además debe de instalarse un filtro o cedazo de acero inoxidable en la succión de la bomba.
- 2.- Hacer una inspección general de la tubería, alojamiento del filtro, tubería auxiliar de los sellos de líquido, válvulas y cerciorarse de que no haya fugas de agua en las mismas.
- 3.- Limpiar el depósito de aceite y chumaceras, asegurándose de que estén libres de polvo y material extraño, humedecer con aceite las partes sujetas a fricción y que se encuentren en el circuito de lubricación y llenar el depósito de aceite.
- 4.- Checar la rotación de la máquina impulsora antes de acoplarla a la bomba, ésta debe de corresponder a la de la flecha impresa en la bomba.

Fig. N.º 20 BOMBA CENTRIFUGA DE SIETE PASOS, DOBLE VOLUTA EN LA SUCCION MARCA BINGHAM TIPO "MSD-D"



- | | | | | | | | |
|----|--------------------|----|--------------------------|----|--------------------------|----|--------------------------|
| 1 | VALVULA DE SUCCION | 23 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 31 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 34 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 2 | VALVULA DE SUCCION | 24 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 32 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 35 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 3 | VALVULA DE SUCCION | 25 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 33 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 36 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 4 | VALVULA DE SUCCION | 26 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 34 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 37 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 5 | VALVULA DE SUCCION | 27 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 35 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 38 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 6 | VALVULA DE SUCCION | 28 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 36 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 39 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 7 | VALVULA DE SUCCION | 29 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 37 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 40 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 8 | VALVULA DE SUCCION | 30 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 38 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 41 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 9 | VALVULA DE SUCCION | 31 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 39 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 42 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 10 | VALVULA DE SUCCION | 32 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 40 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 43 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 11 | VALVULA DE SUCCION | 33 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 41 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 44 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 12 | VALVULA DE SUCCION | 34 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 42 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 45 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 13 | VALVULA DE SUCCION | 35 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 43 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 46 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 14 | VALVULA DE SUCCION | 36 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 44 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 47 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 15 | VALVULA DE SUCCION | 37 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 45 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 48 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 16 | VALVULA DE SUCCION | 38 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 46 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 49 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 17 | VALVULA DE SUCCION | 39 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 47 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 50 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 18 | VALVULA DE SUCCION | 40 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 48 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 51 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 19 | VALVULA DE SUCCION | 41 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 49 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 52 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 20 | VALVULA DE SUCCION | 42 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 50 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 53 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 21 | VALVULA DE SUCCION | 43 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 51 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 54 | VALVULA DE SUCCION DE LA |
| 22 | VALVULA DE SUCCION | 44 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 52 | VALVULA DE SUCCION DE LA | 55 | VALVULA DE SUCCION DE LA |

- 5.- Acoplar y alinear la bomba con la máquina impulsora según las indicaciones del fabricante, ya sea para alineamiento en frío o en caliente según se especifique.
- 6.- Verificar los sellos mecánicos en su funcionamiento.

Arranque de la bomba:

- 1.- Abrir la válvula de succión lentamente hasta que quede completamente abierta.
- 2.- Abrir las válvulas de purga y de venteo para eliminar el aire existente y calentar a la vez la unidad hasta los 100°C .
- 3.- Alinear el agua de enfriamiento, tanto el suministro como el retorno, de manera que exista enfriamiento para el aceite de lubricación y para los sellos mecánicos. La presión requerida en el suministro de agua debe ser de 3.5 kg/cm^2 o 50 Psig.
- 4.- El nivel de aceite deberá de estar hasta donde lo marca el nivel óptico o a $3/4$ de la altura del tanque.
- 5.- Poner a funcionar la bomba de prelubricación de aceite y que la presión de lubricación sea de 7 Psig o 0.5 Kg/cm^2 aproximadamente.
- 6.- Alinear la descarga:
 - a).- Cuando la bomba se va a operar en forma aislada (ninguna bomba en operación) es necesario arrancar con la válvula de la descarga estrangulada.
 - b).- Si se encuentra alguna otra bomba operando, abrir totalmente la válvula de descarga de la bomba.
- 7.- Alinear la válvula de recirculación, ésta debe de estar abierta completamente y descargar el agua en el tanque del desaerador.

8.- Poner a operar la máquina impulsora (ya sea motor eléctrico o turbina de vapor) por medio de un sistema de arranque, tan rápido como haya alcanzado su velocidad de trabajo, abrir la válvula de descarga lentamente para evitar cambios bruscos de velocidad y pulsación de la línea de succión.

NOTA: No operar la bomba con la válvula de descarga cerrada por largo tiempo, ya que el líquido de la bomba se vaporizará por calentamiento, esto causará que la bomba se amarre por corrido en seco.

9.- Checar el nivel de aceite y la temperatura de las chumaceras ésta no debe exceder de 82°C o 180°F .

10.- Detectar cualquier vibración anormal, la vibración excesiva indica desalineamiento y la unidad debe de ser puesta fuera de operación para su realineamiento, en caso de que esta falla se presente.

11.- Checar cualquier caída de presión en la succión de la bomba, esto indica un filtro obstruido y debe de ser limpiado si tal caída se presenta. Es conveniente dejar el filtro operando por un lapso de 24 hs. si no ocurre ninguna anomalía en periodos iniciales de arranque y después limpiarlos.

12.- Cerrar las válvulas de los venteos y purgas de la unidad y poner en posición de automático el interruptor de la bomba de prelubricación de aceite si la presión de la bomba principal de aceite se mantiene normal.

Paro de la bomba:

- 1.- Antes de parar la bomba es correcto cerrar la válvula de descarga, especialmente si otra bomba está trabajando en paralelo con ella, con el fin de evitar el impacto del agua en la válvula de retención.
- 2.- Parar la máquina impulsora, si es de motor eléctrico - - oprimir el botón de paro de la estación de botones; si es turbina de vapor y el tiempo lo amerita, bajar la velocidad por medio de la carátula del gobernador de velocidad hasta el mínimo y luego cerrar la válvula de descarga de vapor. Si se trata de un paro de emergencia, accionar el mecanismo de disparo de emergencia de la turbina, que actuará en válvula de corte rápido de la entrada de vapor, cerrando inmediatamente ésta.
- 3.- Es de importancia observar que al irse parando la bomba, entre a funcionar automáticamente la bomba de prelubricación de aceite, para evitar un enfriamiento brusco en las chumaceras; Si falla el interruptor automático, colócarlo éste en posición manual.
- 4.- Dejar la bomba de prelubricación de aceite por lo menos 20 min. en servicio.
- 5.- Si se va a dejar disponible la bomba, abrir nuevamente la válvula de descarga, la válvula de succión también debe estar abierta así como las válvulas de purga y venteo, con el fin de que la unidad esté caliente y purgada.
- 6.- Si se va a dar mantenimiento, cerrar las válvulas de la succión y la descarga, poner fuera de operación la bomba de prelubricación de aceite y en caso de que la unidad -

esté impulsada por motor eléctrico dejar abierto el interruptor principal.

Reguladores de agua de alimentación:

La mayoría de las calderas están equipadas con alguna forma de válvula para regular el agua de alimentación, diseñada para mantener el nivel de agua de la caldera regulando el flujo de agua de alimentación.

La instalación de válvulas antes y después del regulador para aislarlo, así como de un by-pass manual debe considerarse como forzosa. Estas válvulas deben localizarse en el centro de control, operadas a control remoto desde ese punto. A menudo se instala en paralelo con el by-pass principal uno más pequeño con su válvula que se usa al llenar la caldera y durante períodos de encendidos. Una de las columnas de agua o espejos del sistema debe ser visible desde este punto de control manual para facilitar el control del nivel. Los reguladores de agua de alimentación operan básicamente manteniendo un nivel dado de agua en el domo de vapor en la caldera. Sin embargo, debido al efecto de expansión sobre el agua en la caldera, el flujo de vapor se aumenta repentinamente; el nivel de agua puede subir algunas pulgadas aún cuando el flujo de agua esté interrumpido por completo. Se ha encontrado que por medio de la alimentación de una cantidad de agua fría cuando la caldera pasa por la situación mencionada, es posible mantener el nivel de agua bajo, al reducir las burbujas de vapor aún cuando la cantidad de agua en la caldera realmente se incrementa por el flujo extra de agua. Por lo tanto, un elemento de control que tiende a aumentar la alimentación de agua -

al aumentar el flujo de vapor, se usa con frecuencia a fin -- de obtener una mejor acción y relacionar el flujo de agua más íntimamente con el flujo de vapor. Un tercer impulso se usa, -- originado por el flujo de agua, el cual tiende a mantenerse -- de acuerdo con el flujo de vapor.

El nivel de la caldera es el factor preponderante de control en condiciones de flujo constante. Si la carga se reduce repentinamente, el flujo de agua se reduce muy rápido de -- acuerdo con el flujo de vapor y una sobrealimentación de agua fría que tendería a contraer el volumen de agua en la caldera, se evita de ese modo.

Para mantener un flujo de agua constante sería necesario variar en un amplio rango los niveles en la caldera, mientras que el mantener un nivel constante demanda excesivas variaciones en el régimen de flujo de agua.

Los reguladores de agua de alimentación más sencillos -- operan por un impulso directo desde un flotador colocado en -- una cámara conectada al domo de la caldera y calibrado al nivel normal de agua. Una excesiva caída de presión a través de la válvula reguladora, puede causar fuerzas desbalanceadas -- tan grandes que impiden al flotador accionar correctamente. A menudo se acostumbra instalar una válvula reguladora de presión, antes de la válvula de control de nivel, para mantener una presión diferencial razonable y constante a través de la válvula reguladora.

En altas cargas el control puede ser errático y el nivel descenderá cuando la válvula reguladora de presión o una bomba de alimentación falta de energía, produzca una diferencia-

tan pequeña que la válvula reguladora de nivel tenga que -- abrir excesivamente para poder alimentar el agua necesaria-- a la caldera.

Las válvulas reguladoras de cualquier tipo no operan co rrectamente si existe una fricción excesiva debido a un empa que demasiado apretado, vástagos de válvula torcidos, o vari llaje doblado. Del mismo modo un juego demasiado holgado en el varillaje del regulador, causará mal funcionamiento del - regulador.

En lugar de una válvula reguladora en la línea de ali - mentación de la caldera, puede controlarse el nivel de agua- variando la velocidad de la bomba o bombas, alimentando una- caldera en particular de tal modo que mantengan exactamente- la presión y flujo de agua necesarios para mantener el nivel deseado. Por medio de esto se puede ahorrar parte de la ener gía requerida para bombear el agua, aunque el control pueda ser ligeramente más lento en un grado mayor o menor depen -- diendo del sistema de control que se usa para variar la velo cidad, tal como de vapor, eléctrico o hidráulico.

A fin de mantener el nivel de agua dentro de los lími - tes deseados y conseguir del sistema de control un grado ra zonable de reacción, será necesario ajustar el sistema hasta obtener un funcionamiento correcto. Cuando se tiene una difi cultad con un sistema de velocidad variable, una bomba de re - levo debe de arrancarse desde luego quitando de la línea la - bomba defectuosa, esto es debido a válvulas suplementarias - de control que no se instalan generalmente. Frecuentemente - en el caso de regulación por control de velocidad, es tam -

bién aconsejable practicar el cambio de "automático" a "ma - nual" y viceversa.

La mayoría de las calderas que necesitan de poca agua de repuesto no requieren que se purguen a menudo las líneas de - control de los reguladores de nivel, pero en calderas que re - quieran de cantidades considerables de agua de repuesto será necesario soplar las líneas frecuentemente para evitar laponi bilidad de que se taponeen los reguladores deben ponerse en - control "manual" al soplar las líneas y mantenerse en esa po - sición hasta que las líneas se hayan enfriado y las condicio - nes sean las normales. Antes de regresar el regulador a servi - cio automático es conveniente tener el nivel en el punto nor - mal de control.

Válvulas de purga:

El tratamiento químico al cual se somete el agua de la - caldera hace que las impurezas se depositen en los colectores de lodos.

Para evitar que las impurezas lleguen a concentrarse de - tal forma que disminuyan el rendimiento de la caldera, es ne - cesario eliminar estos fangos periódicamente, para ello los co - lectores de lodos tienen válvulas de purga o de extracción.

La finalidad de las válvulas de purga es la eliminación - de los sedimentos, producto del tratamiento de agua, los cua - les son necesarios eliminar. Las válvulas están colocadas en - el domo inferior de la caldera, en líneas soldadas al cuerpo - del mismo y colocadas a sus extremos. Dentro del domo y para - lograr una purga lo más completa posible, tiene una línea de - 6" de diámetro colocada a su lado, que cubre casi toda la -

longitud de éste, separado del fondo aproximadamente 3/4 de pulgada, con lo cual se evita que al momento de extraccionar la caldera, se eliminará lodo de una zona cercana a la línea de purga, que sería el caso cuando no lo tuviera; además de lo anterior no permite el paso de materia, los extraños que hubieran quedado durante el montaje o mantenimiento de la caldera que pudieran obstruir la línea o dañar las válvulas correspondientes. Al hacer una extracción, el nivel de agua baja considerablemente por ello es conveniente tener un exceso de nivel antes de abrir la válvula de extracción.

La manera indicada por la experiencia para la operación de la válvula de extracción de fondo se puede resumir en la siguiente forma, tomando en cuenta que para una buena purga el tiempo requerido para ello deberá de ser de 30 segundos aproximadamente.

Al hacer una extracción debe de abrirse primero la válvula más cercana y luego la más alejada al cabezal o domo, calculando que el tiempo requerido para abrirla y cerrarla sea de los 30 segundos anotados anteriormente. Al terminar la extracción debe cerrarse primero la válvula más lejana y luego la más próxima al cabezal.

El objeto de efectuar la operación en el orden indicado es con el fin de conservar la válvula más cercana en buen estado y capaz de impedir escapes y garantizar siempre un sellado, aunque la válvula exterior quede fuera de servicio pudiendo de ésta manera hacer reparaciones en operación de dicha válvula, que es la que está sujeta a condiciones más desfavorables.

Las válvulas de purga deben mantenerse en buenas condiciones de trabajo, deben repararse aquellas que tengan fugas tan pronto como sea posible, si el extremo de la descarga de la línea de purga es visible, debe ser vigilada con el propósito de detectar válvulas de purga con fugas. Si la línea de purga después de la válvula está caliente, indica posibles fugas.

Desaeradores:

Al desaerador se le conoce también con el nombre de -- desgasificador y es un equipo mecánico empleado para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación tales como -- el oxígeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y otros gases.

Su funcionamiento consiste en dividir el agua desmineralizada en finas gotitas, calentándolas a continuación para -- transformarlas en vapor dentro del desaerador y separar así los gases no condensables.

El tipo de desaerador que se encuentra en ésta planta es del tipo rociador calentador y los beneficios que se obtienen es que se eliminan los gases corrosivos, liberándolos del agua a la temperatura de saturación del vapor a la presión mantenida dentro del desaerador, conjuntamente con una vigorosa acción de la mezcla del agua con vapor, de manera -- que hasta las últimas trazas de gases no condensables son removidos. Ver figura # 21.

El objetivo del uso de los desaeradores es proteger -- las líneas de agua de alimentación, los tubos de la caldera y en general las líneas de vapor contra la corrosión.

Principio de operación.— El agua fría entra primeramente en el compartimiento de las válvulas rociadoras de acero inoxidable. El rocío pasa por los compartimientos de recuperación de calor hacia una atmósfera saturada de vapor en la sección de precalentamiento, donde la mayor parte de los gases no condensables son eliminados antes de que el agua choque contra las paredes laterales del compartimiento. Esta — agua caliente y parcialmente desareada para entonces desde la sección de precalentamiento a la sección de desareación final ó sección de lavado de gases.

En ésta sección se lleva a cabo la desareación final — por medio del contacto íntimo y violento del agua con un considerable exceso de vapor libre de oxígeno.

El agua ya desareada se derrama en el compartimiento de almacenaje situado en la parte inferior del tanque.

Circulación del vapor.

El vapor es introducido a través de un distribuidor de vapor al compartimiento de desareación final o de lavado de gases, allí el vapor entrante choca a alta velocidad con el agua caliente y parcialmente desareada, que entra al mismo compartimiento, desde la sección de precalentamiento. Como resultado, se produce una violenta fricción y mezcla entre — ambos, aún con caudales bajos, de tal manera que las trasas que pudieran quedar, son completamente removidos mecánicamente del agua. Como consecuencia, el agua que se descarga en — ésta sección se encuentra casi libre de gases no condensables.

El vapor se separa del agua desaerada a la salida de esta sección y es conducido hasta la sección de precalentamiento para ser utilizado en el calentamiento inicial del agua que está siendo rociada a través de las válvulas rociadoras.

El vapor eliminado es luego condensado en la sección de recuperación de calor por contacto directo y sólo una cantidad muy pequeña de vapor se deja escapar a la atmósfera para arrastrar los gases que se separan de la sección de precalentamiento y que se encuentran allí para luego ser descargados a la atmósfera.

EQUIPO ADICIONAL DEL DESAERADOR.

El equipo adicional con que cuenta un desaerador se puede dividir en tres partes a saber:

- a).- Equipo de control
- b).- Equipo de indicación.
- c).- Equipo de seguridad.

- e).- Equipo de control.-

Se cuenta con un indicador de nivel; el cual va a controlar la entrada de condensado y la entrada de agua desmineralizada, opera de tal manera que la válvula del agua desmineralizada empieza a abrir cuando la válvula de agua de condensado está completamente abierta, ya que el agua desmineralizada se utiliza como agua de repuesto; si por alguna razón falla el aire de instrumentos o se descontrola la válvula de control, las válvulas permanecen abiertas y el nivel se elevará a consecuencia de ésta falla, para evitar esto se cuenta con una válvula de control de derrame que es accionada por otro controlador

de nivel. La entrada de vapor es regulada en función de la -- presión que se logre tener en el desaerador, ya que dependiendo de ésta, será la temperatura que se necesite obtener en el agua desaerada.

b).- Equipo de indicación.-

Se cuenta con el equipo para la inspección visual de la -- unidad; tal como el nivel óptico que sirve para ver el nivel -- real del tanque; también se cuenta con un indicador de presión para poner el punto de ajuste de la presión interna requerida -- del tanque y finalmente con un indicador de temperatura del -- agua del desaerador.

c).- Equipo de seguridad.-

Este constata una válvula de relevo localizada en la lí -- nea de entrada del vapor al desaerador; cuenta además con -- otra válvula de relevo en la sección de desaeración y desfoga por la elevación de la presión del vapor y ambas se encuentran calibradas para que revelen a 50 Psig. o 3.5 kg/cm^2 , finalmente se cuenta con una válvula rompedora de vacío que se abre -- cuando hay presión negativa dentro del desaerador y éste no -- colapse.

OPERACION DE DESAERADORES.

(Para plantas con una caldera de vapor no disponible inicialmente)

- 1.- Inspeccionar todas las tuberías en sus conexiones y estar -- con la seguridad de que están correcta y seguramente coneg -- tadas. Si el circuito cerrado está completamente terminado

llene con agua desmineralizada hasta que se inicie el -- sobre flujo. Tener la seguridad de que las cajas de los-- controladores de nivel y las válvulas estén correctamente empacadas y las partes de deslizamiento lubricadas donde sea necesario.

- 2.- Abra la válvula de compuerta de la línea de venteo situada en la parte alta del desaerador.
- 3.- Admitir gradualmente agua fría desmineralizada por medio del estrangulamiento de la válvula de compuerta de la línea de entrada de agua, llenar la sección de almacenamiento hasta recobrar el nivel de operación, 96 Pulg.(2.44) m. en éste caso en particular.
- 4.- Abrir la válvula de salida de agua del desaerador y la - válvula de succión de la bomba de agua de alimentación a la caldera.
- 5.- Encender la bomba de agua de alimentación de la caldera, - no sin estrangular la descarga de la bomba, llenar la caldera con agua desmineralizada fría.
- 6.- Cerrar la válvula en la línea de entrada de agua del de - saerador.
- 7.- Drenar la sección de lavado de gases por medio de la apertura de la válvula de lavado de gases.
- 8.- Encender la caldera, admitiendo lentamente el vapor al desaerador hasta que la presión de operación sea alcanzada (de 0.35 a 1 kg/cm² ó de 5 a 14.2 Psig.). Esto se logra - abriendo despacio la válvula de entrada de vapor a fin de mantener una presión positiva en el desaerador, esto se nota por un continuo escape de vapor a través del venteo-

localizado en la parte superior del desaerador. El agua debe ser controlada manualmente hasta que el nivel de agua esté lo suficientemente alto para que el flotador del control automático controle automáticamente la entrada de agua y aumentar y mantener un nivel adecuado del agua el desaerador.

- 9.- Cerrar la válvula del flotador del control automático -- hasta que el nivel sea recobrado.
- 10.- Cierre la válvula de venteo, la perforación situada en el disco de la válvula, permite de un rango apropiado de venteo en la operación del desaerador.
- 11.- Después de que todas las líneas de agua y de condensado y el desaerador esté generado, checar todas las válvulas automáticas tales como la entrada de vapor, entrada de agua demineralizada y de condensado, de derrame de agua y los controladores automáticos de nivel máximo y mínimo; en su correcto funcionamiento y que se mantenga un nivel de agua estable.
- 12.- Checar la temperatura del agua en la sección de almacenamiento y mantener estable a 108°C ó 226°F , ya que ésta es la temperatura normal de operación del desaerador.
- 13.- Es muy importante evitar el remolino ó vibración en el desaerador y es debido a la diferencial térmica entre el agua fría y el exceso de presión de vapor ó también se debe a las bolsas de aire que se forman dentro de la unidad provenientes de las líneas de agua, provocando el choque térmico y poniendo en peligro la estabilidad-

de la unidad; la forma de evitar ésto es no excederse mucho en la presión de vapor y evitando la entrada de demasiado flujo de agua fría (generalmente agua desmineralizada de repuesto); además para expeler el aire, se debe de abrir completamente la válvula de venteo, ya que el orificio situado en ella no es éstas condiciones.

- 14.- Checar el nivel del desaerador, después de que la unidad esté caliente y bajo presión, asegurándose de que éste permanezca estable; además que no haya fugas en -- bridas, pozos hombre, agujeros de registro y sistema -- neumático de control y si las hay eliminarlas.

PUESTA EN MARCHA EN CALIENTE.

(Para plantas con vapor disponible).

- 1.- Abrir la válvula de compuerta de la línea de venteo si -- tuada en la parte alta del desaerador.
- 2.- Abrir despacio la válvula de la línea de vapor y gradualmente presionar hasta que la presión de operación del desaerador sea alcanzada. Si la presión de launidad se reduce y está pulsando ó penduleando el desaerador, ajustar la presión del vapor hasta que se establezca el sistema. El ajuste de la presión de vapor en la válvula automática reguladora de presión debe de hacerse en forma lenta y escalonada.
- 3.- Gradualmente admitir agua al desaerador por medio del -- estrangulamiento de la válvula de compuerta situada en -- la línea de entrada de agua; esta puede ser condensada, -- agua desmineralizada ó ambas. La razón de flujo de agua-

y de vapor puede ser controlada de tal manera que la presión de vapor sea continuamente mantenida en el desaerador. Esto es notorio por el continuo escape de vapor a través del venteo. El flujo de agua puede ser controlado manualmente hasta que el nivel del agua esté lo suficientemente alto para que el control automático de nivel controle la entrada de agua y mantenga un nivel adecuado.

- 4.- Cerrar la válvula del control automático de nivel.
- 5.- Abrir la válvula de salida de agua del desaerador y la válvula de succión de la boca de agua de agua de alimentación a la caldera.
- 6.- Estrangular la válvula de venteo hasta que una cantidad pequeña de vapor descargue continuamente a través del venteo y cerrarla después, el vapor escapará por el orificio situado en la válvula.
- 7.- Encender la bomba de agua de alimentación a calderas con la válvula de descargue de la bomba estrangulada y después abrirla completamente.
- 8.- Seguir los pasos 11, 12, 13 y 14 de la puesta en marcha en frío.

P A R O

Para paro temporal, el procedimiento a seguir es permitir que el agua permanezca almacenada en el desaerador, manteniendo la presión de vapor en la unidad.

Para períodos largos de paro, se deben de cerrar las -
válvulas de entrada y salida de agua, el desareador puede-
ser parado completamente sin presión de vapor, el agua de -
sareada debe de permanecer en la sección de almacenaje.

Puesta en marcha después de un paro temporal.- Cuando-
se pone en marcha un desareador después de un paro tempo -
ral, donde la presión de vapor ha sido mantenida dentro de-
la unidad, todo lo que se requiere es abrir gradualmente la
válvula de entrada de agua y dar flujo a la capacidad reque
rida, también se debe de abrir la válvula de salida del - -
agua desareada.

Puesta en marcha después de un paro largo.- Cuando se-
pone en marcha después de un largo período donde no hay pre-
sión de vapor en el desareador, se debe de abrir la válvu-
la de drenado de la sección de lavado de gases. No es neces-
sario abrir la válvula de drenaje del tanque. Luego, se de-
be cerrar la válvula de drenaje anteriormente abierta y se-
guir los procedimientos para la puesta en marcha resumidos-
anteriormente, según sea el caso.

Precaución:- Los procedimientos anteriores descritos -
deberán de ser cuidadosamente seguidos para prevenir el mar-
tilleo y meneco de la sección de lavado de gases de desarea
dor.

SITUACIONES INDESEABLES EN LA OPERACION.

Aceite en el desareador.- Se deben de inspeccionar -
los niveles ópticos periódicamente para detectar aceite en-
el desareador, ya que éste es dañino en gran escala en la-

caldera, formando puntos calientes en los mismos ocasionando ruptura por falla mecánica.

Si se detecta la presencia de aceite en el desaireador, se deben de tomar acciones inmediatas para encontrar la razón y corregirla, una de las siguientes irregularidades puede ser la causa:

- 1.- Condensado contaminado de aceite debido a una fuga en el intercambiador de calor de la turbina.
- 2.- El grado de aceite en el equipo impulsador de condensado no es el adecuado.
- 3.- El separador de aceite y condensado no está funcionando correctamente.

Cuando la causa ha sido encontrada y corregida en desaireador debe de ser drenado y limpiado antes de ponerlo en operación con el método antes descrito.

Baja temperatura del agua de alimentación: Es importante mantener una alta temperatura de operación para remover completamente el oxígeno del agua, si el desaireador no mantiene la temperatura y la presión de operación, medidas inmediatas se deben de tomar para encontrar la causa y las más comunes son:

- 1.- Inexactitud en los termómetros de presión.
- 2.- Insuficiente alimentación de vapor, una presión de vapor debe de ser mantenida siempre, checar todos los dispositivos de control del vapor para una operación adecuada.

3.- Insuficiente venteo, si los gases no condensables no son removidos, el desaerador se cargará de - aire, por lo tanto se debe de abrir la válvula de venteo por un corto período y luego cerrarla.

Fluctación del nivel de agua.- Las grandes fluctaciones en el nivel de agua deben de evitarse, ésto puede ser - la causa de variaciones de temperatura y presión produciendo un coleo ó meneo en el desgasador que puede poner en peligro la estabilidad de la estructura y la de la unidad, se deben de observar las siguientes precauciones para prevenir ésto.

- 1.- Checar el funcionamiento adecuado de la válvula automática de entrada de agua.
- 2.- Checar si hay flujo inestable en las bombas de alimentación de condensado en el desgasador.
- 3.- Checar si hay mal funcionamiento de los controladores de nivel y de la válvula de derrame.

VALVULAS DE SEGURIDAD.

Es absolutamente necesario dotar a la caldera de un dispositivo de protección que prevenga el aumento de presión más allá de la diseñada, con lo cual no solamente se protege la caldera sino todo el equipo al que está alimentado.

Este dispositivo no es otra cosa que la válvula de seguridad de la caldera, dependiendo de la capacidad de la misma, es el número de éstas que necesita.

Las válvulas de seguridad son dispositivos instalados en el colector de vapor, para proteger la caldera de presiones excesivas que podrían dañarlas y hasta hacerlas explotar, protegen también tuberías e instalaciones en general.

En el colector de vapor se instalan para mayor seguridad tres válvulas, las cuales van colocadas dos en el domo superior y una en el sobrecalentador, siendo la operación de estas escalonadas, iniciándose con la válvula del sobrecalentador para garantizar que siempre haya un flujo a través de los elementos que la forman, estas válvulas operan automáticamente cuando la presión llega al límite a la cual están ajustadas.

Básicamente están compuestas por un disco que obstruye la salida del vapor el cual se mantiene apretado por un resorte espiral el cual se le dá menor o mayor tensión.

Cuando la presión de vapor exceda a la del resorte, el disco se separa permitiendo el escape del vapor.

Estas válvulas tienen también una palanca, para poder ser abiertas manualmente con el fin de verificar su funcionamiento.

Una válvula de seguridad debe de llenar las siguientes condiciones:

- 1.- Que se abra completamente a una presión determinada.
- 2.- Que se mantenga abierta mientras la presión sobrepase la presión a que está ajustada.
- 3.- Que cuando esté cerrada, lo haga herméticamente, sin vibraciones ni fugas.
- 4.- Ser capaz de aliviar 1.5 veces la capacidad de generación de vapor de la caldera.

Las válvulas de seguridad son generalmente ajustadas al terminar el período de hervido. En cualquier caso las válvulas se ajustarán cuando la caldera alcance su máxima presión. Para probar manualmente o probar la operación de la válvula cuando la caldera esté operando a su presión de diseño hay que llevar la palanca elevadora a la oposición de completamente abierta y se suelta entonces para permitir que la válvula regrese bruscamente a la posición de cerrado, como su apertura hubiera sido automático. Las válvulas de seguridad no deberán abrirse con la palanca de elevación manual, cuando la presión de vapor sea menor de 75 % de la presión normal de escape de la válvula de más bajo ajuste en la caldera. En el sobrecalentador se instala una válvula de seguridad y ajustada de tal forma, para que escapen antes de las válvulas del domo si la carga se pierde intempestivamente. El sobrecalentador en estas condiciones se enfriará por el vapor -

que está escapando hasta que los fuegos puedan contarse. Si la carga es únicamente pérdida parcial, la válvula de más bajo ajuste del domo escapará primero pero el sobrecalentador aún estará pasando vapor a través de él., si toda la carga se pierde, la válvula del sobrecalentador soplará primero.

La potencia para el control de una válvula para que opere satisfactoriamente será de 1 % de contrapresión. Si la capacidad de descarga de la válvula de seguridad es mayor de 20 % de la capacidad de la caldera se tendrán dificultades por martilleo debido a la caída de presión por martilleo a través del sobrecalentador.

Cuando una válvula de seguridad falla al operar a la presión estipulada de escape, no se debe intentar liberarla golpeando el cuerpo o alguna parte de la válvula. Esta puede abrirse con la palanca de elevación y permitir que cierre, después de lo cual la presión, a la cual la válvula debe dispararse.

En válvulas de sobrecalentadores las cuales se están ajustando, la contrapresión generalmente se necesita que sea mayor ligeramente a la deseada debido al fuerte flujo de vapor frío escapado, lo cual tiende a mantener la válvula más tiempo que cuando pasa vapor de mayor temperatura como cuando la caldera opera bajocarga.

Para el ajuste de las válvulas de seguridad, deben usarse manómetros colocados en algún punto conveniente y cerca del domo de la caldera donde puedan ser fácilmente observados.

La presión del manómetro en el piso de operación debe -- ser revisada y ajustada, si es necesario, para que muestre la presión correcta del domo. El nivel del agua de la caldera -- permanecerá normal cuando las válvulas de seguridad escapen.

COLUENA E INDICADOR DE NIVEL DEL AGUA.

La medición de nivel de los líquidos en las calderas y -- tanques de una planta es esencial, especialmente en el caso -- de las calderas.

Todas las calderas de vapor están equipadas con un indi-- cador de nivel de agua que permite la observación visual de -- la cantidad de agua que contiene la caldera. Estos accesorios están colocados en el domo colector de vapor; teniendo su en-- trada en la parte superior e inferior del colector de vapor.

En calderas sometidas a altas presiones se usa un tubo -- de cristal plano de considerable espesor, este tipo de cris-- tal tiene una capa de mica en la parte inmediata al agua para evitar la erosión, estos cristales dejan ver la altura a que-- se mantiene el agua.

Los cristales de la caldera deben ser probados cuando -- ésta esté en servicio y cuando se tengan problemas de trata-- miento químico, espumeos, arrastres o cualquier otro problema-- con el agua de alimentación que puedan causar obstrucciones -- en las conexiones. Cuando se ponga una caldera en servicio -- hay que purgar las columnas de agua a diversos intervalos de-- presión para asegurar que el agua de baja temperatura de tuba-- ría y columnas sean reemplazadas con agua caliente de la cal-- dera para obtener una indicación precisa en la caldera del --

nivel, también de asegurar que las líneas de tapones y que el instrumento muestre el nivel correcto.

Los tubos de cristal indicadores de nivel de agua deben estar bien iluminados y deben mantenerse limpios. La suciedad fuera o dentro de un tubo indicador de nivel puede originar un error en la lectura del nivel de agua. No es aconsejable limpiar los cristales cuando estén en servicio, puesto que puede ocurrir rotura de los mismos u obstrucciones por suciedad del material que emplee para su limpieza, no se deben permitir que el vapor o agua se fugue por el tubo de cristal indicador de nivel, columna de agua o sus conexiones, porque esto puede afectar la exactitud de la indicación de nivel.

La limpieza cuidadosa donde se instalan los empaques y el apriete uniforme de los pernos del marco de la columna, son precauciones indispensables que deben tomarse para evitar que se produzcan fugas o se rompa el cristal tan pronto como la columna sea puesta en operación. Al indicar la operación de la columna se debe abrir únicamente la línea de vapor hasta que el cristal se ha calentado uniformemente después de lo cual se podrá abrir la válvula inferior.

A fin de poder observar en mejores condiciones el nivel del agua desde el punto de operación situado a alguna distancia de la columna de agua, se utilizan reflectores especiales que hacen resaltar el nivel de agua más claramente. Una vez que se hayan ajustado los espejos en la posición deseada será necesario el asegurarlos en ella para poderlos limpiar-

sin que se muevan; se recomienda también el proteger de la luz el trayecto óptico de la imagen de la columna de agua para conseguir una mejor visibilidad.

REGISTROS Y PUERTAS DE ACCESO.

Todas las calderas deben tener un número suficiente de registros y puertas de acceso, lo suficientemente bien localizados para inspección y limpieza de los diferentes pasos de éstas.

Los registros o mirillas de las calderas deberán permitir la observación del fuego en el hogar para determinar la operación correcta de los quemadores, así como poder localizar alguna fuga en la misma. El diseño de estos registros está regido por las características de la caldera, ya sea de tiro balanceado o de hogar a presión, puesto que en el primer caso pueden abrirse sin peligro de sufrir daño, no así en el segundo, en que al tener presión positiva en el hogar (ligeramente mayor a la atmosférica), es necesario un diseño especial para poder abrir las mirillas para limpieza de los cristales, consistiendo éste de la entrada de aire de tal forma que al abrirse haga succión de fuera hacia adentro.

Con el fin de no tener gasto excesivo de aire, en posición de cerrado, la mirilla toma aire, del ventilador (alta presión) para el enfriamiento de la misma.

En el caso de las puertas de acceso, deberán ser de la dimensión para que por él o ellos puedan pasar para su limpieza y mantenimiento, el personal con el equipo correspondiente. Generalmente estas puertas son de sección rectangular

o cuadrada y entre éstas y la caldera se coloca un muro de ladrillo refractario para su protección.

QUEMADORES.

La función principal de los sistemas de combustible y en especial los quemadores, en la generación de vapor es la de suministrar en forma controlada, la conversión de la energía química contenida en el combustible, el calor dentro de la caldera.

Los quemadores son de varios tipos diferentes, pero existen ciertos principios generales aplicables a su operación, al encenderlos la velocidad del aire debe mantenerse baja y la mezcla aire-combustible debe mantenerse rica a fin de asegurar una rápida ignición, si un quemador no enciende dentro de un período de 10 a 20 segundos, la alimentación de combustible, debe interrumpirse y el horno deberá purgarse (barrido) durante 2-3 minutos antes de intentar encender de nuevo.

Tan pronto como un quemador es encendido, debe ajustarse el aire a fin de dar una combustión completa, pero sin uso excesivo de aire. La apariencia de la flama así como la distancia a que se encuentran del quemador ayudan a ajustarlo. El quemador de tipo turbulento debe ajustarse para dar una flama constante y corta sin que golpee las paredes del hogar. El ángulo al cual se colocan las compuertas de aire y la presión de éste alterarán la forma de la flama. Los quemadores que se enciendan por el centro, pueden ajustarse aún más moviendo la tobera de admisión hacia adentro o hacia

afuera del quemador. Con frecuencia una tercera fuente de suministro de aire que altera la proporción de aire-combustible en el quemador se puede usar para modificar la longitud de la flama y la distancia a la cual se extingue desde el quemador.

Una distribución uniforme de combustible y aire al quemador, es importante y puede ser difícil de conseguir. Por medio de una colocación simétrica de quemadores, tubería de alimentación de aire, y evitando velocidades excesivas en la caja de aire mediante el uso de difusores, así como ajuste en el sistema de aire auxiliar secundario; son algunos de los factores más importantes que tienen que considerarse a fin de obtener un ajuste uniforme de quemadores. La experiencia de los quemadores así como el análisis en varios puntos transversales de la caldera para encontrar contenido de bióxido de carbono a temperaturas en los mismos puntos son muy útiles para asegurar que una cantidad adecuada de aire esté llegando a cada quemador sin que los otros reciban una cantidad excesiva.

Al efectuarse cambios en la carga, tanto el combustible como el aire deben variarse de acuerdo al requerido, y que la flama no sea ahogada por un flujo de aire excesivo. Es conveniente tener una relación en forma de diagrama de presiones de combustible contra presiones de aire a fin de permitir una aproximación de la relación correcta aire-combustible en el caso de que el medidor de flujo de vapor y aire o el sistema de control de combustión se descompusieran.

INSTRUMENTOS.

Los instrumentos son una parte esencial de una planta - fuerza, en todos los sistemas de control, son necesarios varios tipos de mediciones, tales como presión, temperatura, - flujo, nivel, etc., para lo cual son usados diferentes tipos de instrumentos, que deben estar en conocimiento del opera - dor a fin de operar la planta segura y económicamente. Mu - chas de estas variables son imposibles de determinar por me - dios visuales o por observación física sin el uso de instru - mentos y aún con ellos es difícil el medir algunas de ellas - con exactitud.

Los instrumentos pueden estar localizados en los puntos donde tiene lugar la medición, pero con más frecuencia se en - cuentran localizados o colocados en sitios alejados de medi - ción. A menudo se agrupan en algún punto central de opera - ción a fin de lograr la máxima comodidad. Además de indicar - el valor que se mide, muchos instrumentos también registran - de una manera continua o intermitente, sus lecturas en una - gráfica que puede ser de forma circular o de una tira enro - llada. Es de gran importancia el tener el número adecuado de instrumentos, para poder, en un momento dado, saber el esta - do de la o las unidades de operación y poder determinar fá - cilmente cualquier cambio que se presente en su funcionamien - to y de esta manera corregirlo, siempre que sea posible.

La necesidad en la operación de instrumentos y contro - les manuales o automáticos varía con el tamaño y tipo del - equipo, método de quemado y eficiencia del personal de opera - ción. Para una operación segura y eficiente de una caldera - se requiere indicación de:

1).- Nivel de agua en el domo de vapor, 2).- funcionamiento de los quemadores, 3).- presión de vapor y agua de alimentación, 4).- temperatura del vapor sobrecalentado, 5).- tiros de presiones de los gases y del aire a la entrada y salida de los principales componentes, 6).- condiciones químicas del agua de alimentación y agua de la caldera, 7).- cantidad de arrastre, 8).- operación de bombas de agua de alimentación, 9).- ventiladores y equipos para el quemado de combustible, 10).- temperatura del agua, combustible, aire y gases de combustión a la entrada y salida de los principales componentes y 11).- flujos de agua de alimentación, vapor combustible y aire.

CONCLUSIONES

Dentro de las instalaciones del complejo petroquímico la Cangrejera, la planta generadora de vapor cobra relevancia importante al convertirse en una planta cuyo producto se suministra a las turbinas de vapor que son las máquinas motrices de los generadores eléctricos así como a las diferentes plantas que la integran utilizándolo para la elaboración de sus productos.

Por esta razón es muy importante que esta planta opere en forma continua, segura y confiable y además que tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo se lleven a cabo en una forma periódica, adecuada y breve ya que una falla de esta planta causará un paro total del complejo.

Debido a las características en cuanto a la constitución y funcionamiento de las unidades generadoras de vapor, se hace imperiosa la necesidad de que el personal que tendrá a su cargo la operación de las mismas deberá contar con las bases adecuadas para una comprensión más completa de éstas.

El contenido de este trabajo es apenas una modesta aportación a los conocimientos que se requieren para la puesta en marcha y operación de los generadores de vapor.

En ella se tratan algunas de las prácticas y precauciones de seguridad y se hace ver de la necesidad de un eficiente tratamiento de agua de alimentación a calderas tanto externo como interno, como una práctica fundamental a prolongar su vida útil; también se tratan temas previos a la operación como son el secado del refractario, el hervido químico y la prueba hidrostática. Como parte fundamental de una caldera se hace incapie en la protección del sobrecalentador, así como de los cuidados de la caldera durante su operación y almacenaje.

Como parte auxiliar, los desecradores y las bombas de agua de alimentación, se hace notar la necesidad de operarlos eficientemente.

Es importante hacer notar que en el arranque y operación -- de plantas, los manuales de operación constituyen la columna vertebral para lograr una óptima producción e incrementar la vida útil de los equipos y son la base para la formación de profesionistas -- de gran experiencia que además de los conceptos anteriores logren reducir y en su caso eliminar los riesgos involucrados.

A P E N D I C E

CONDICIONES DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE LA CALDERA

No. Económico	CB-1,2,3,4,5
Marca	Foster Wheeler
Tipo	Acuotubulares
Capacidad	495,000 lbs/hr (normal) 544,500 lbs/hr (pico)
Presión de diseño	850 lbs/pulg ²
Presión de prueba	975 lbs/pulg ²
Presión de trabajo	650 lbs/pulg ²
Temperatura de agua de alim.	210°F
Temperatura de salida de vapor	750°F
Potencia	3,395 h.p.

**CARACTERISTICAS GENERALES Y ANALISIS DE "FLUSERIA"
DE
GENERADORES DE VAPORES**

- 1) **TECHO**
- 2) **PARED FRONTAL**
- 3) **PISO**

P A R E D F R O N T A L

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPEJOR
C-755-311	350	24	36'-0"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	351	6	36'-0"	3"	"	"
"	352	6	36'-0"	3"	"	"
"	353	6	36'-0"	3"	"	"
"	354	6	36'-0"	3"	"	"
"	355	6	36'-0"	3"	"	"
"	356	6	36'-0"	3"	"	"
"	357	3	36'-0"	3"	"	"
"	358	3	36'-0"	3"	"	"
"	359	3	36'-0"	3"	"	"
"	360	3	36'-0"	3"	"	"
"	361	3	36'-0"	3"	"	"
"	362	3	36'-0"	3"	"	"
"	363	3	36'-0"	3"	"	"
"	364	3	36'-0"	3"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglo del techo
 Arreglo de tubos del piso
 Cuadro de alineación de aletas
 Detalles de tubos
 Barras de sello
 Alineado del ensamble
 Tubos de techo del horno
 Detalles de tubos
 Techo de acero
 Envoltente del techo del horno

PAREDES LATERALES

LADO ORIENTE

- 1) FRONTAL**
- 2) INTERMEDIO**
- 3) POSTERIOR**

LADO PONIENTE

- 4) FRONTAL**
- 5) INTERMEDIO**
- 6) POSTERIOR**

**L A D O O R I E N T E
P O S T E R I O R**

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-316	110	1	40'-6"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	111	26	40'-6"	3"	"	"
"	112	1	40'-6"	3"	"	"
"	113	1	40'-6"	3"	"	"
"	150	1	40'-6"	3"	"	"
"	151	1	40'-6"	3"	"	"
"	114	1	40'-6"	3"	"	"
"	115	1	40'-6"	3"	"	"
"	116	1	40'-6"	3"	"	"
"	117	1	40'-6"	3"	"	"
"	118	1	40'-6"	3"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Detalles de tubería
 Barras de sello
 Tapa ondulada
 Cabezal lado pared de agua, posterior
 Cabezal lado pared de agua, frontal y posterior
 Paredes laterales frontales
 Pared lateral intermedia
 Mirillas de 4" Ø
 Soporte de aletas
 Detalles de tubos No. 150 y 151
 Arreglo del sobrecalentador
 Pared lateral posterior lado poniente
 Soldadura de las aletas
 Soldadura de aletas de tubería

**L A D O P O N I E N T E
F R O N T A L**

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-314	100	27	41'-6"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	101	1	41'-6"	3"	"	"
"	102	1	41'-6"	3"	"	"
"	103	1	41'-6"	3"	"	"
"	150	1	41'-6"	3"	"	"
"	151	1	41'-6"	3"	"	"
"	104	1	41'-6"	3"	"	"
"	105	1	41'-6"	3"	"	"
"	106	1	41'-6"	3"	"	"
"	107	1	41'-6"	3"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales
 Detalles finales de tubería
 Barras de sello
 Tapa ondulada
 Cabezal lado pared de agua, frontal
 Cabezal lado pared de agua, frontal y posterior
 Paredes laterales intermedias
 Paredes laterales posteriores
 Mirillas de 4" ø
 Soporte de aletas
 Detalles de tuberías No. 150 y 151
 Puerta de 16" ø
 Pared lateral frontal lado oriente
 Detalles de conexión de ácido puro
 Soldadura en aletas
 Soldadura en aletas de tubería

L A D O P O N I E N T E

I N T E R M E D I O

DIBUJO No. TUBO No. CANTIDAD LONGITUD O.D. ESPECIFICACION ESPESOR

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-315	108	64	40'-6"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	109	4	40'-6"	3"	"	"
"	150	4	41'-6"	3"	"	"
"	151	4	41'-6"	3"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales
Detalles finales de tubería
Barras de sello
Tapa ondulada
Colector superior de pared lateral (Int.)
Colector inferior de pared (Int.)
Paredes laterales frontales
Paredes laterales posteriores
Soporte de aletas
Detalles de tubería No. 150 y 151
Conexiones de instrumentos de 2"
Soldadura de aletas
Soldadura de las aletas de tubería

**L A D O P O N I E N T E
P O S T E R I O R**

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-317	110	1	40'6"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	111	21	40'6"	3"	"	"
"	116	1	40'6"	3"	"	"
"	117	1	40'6"	3"	"	"
"	118	1	40'6"	3"	"	"
"	119	1	41'6"	3"	"	"
"	120	1	41'6"	3"	"	"
"	121	1	41'6"	3"	"	"
"	122	1	41'6"	3"	"	"
"	123	1	41'6"	3"	"	"
"	124	1	41'6"	3"	"	"
"	125	1	41'6"	3"	"	"
"	126	1	41'6"	3"	"	"
"	150	1	41'6"	3"	"	"
"	151	1	41'6"	3"	"	"
"	127	1	41'6"	3"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales
 Detalles finales de tubería
 Barras de sello
 Tapa ondulada
 Cabezal lado pared de agua frontal
 Cabezal lado pared de agua frontal y posterior
 Paredes laterales y frontales
 Paredes laterales intermedias
 Pared lateral lado poniente, posterior
 Mirillas de 4" ø.

COLECTORES SUPERIORES

LADO ORIENTE

- 1) **FRONTAL**
- 2) **INTERMEDIO**
- 3) **POSTERIOR**

LADO PONIENTE

- 4) **FRONTAL**
- 5) **INTERMEDIO**
- 6) **POSTERIOR**

L A D O P O N I E N T E
F R O N T A L

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-320	1126	1	31'- 5 ⁵ / ₈ "	4"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.200"
"	1128	1	33'- 9 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1130	1	36'- 3 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1132	1	39'- 6 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1134	1	42'- 8 ¹ / ₈ "	4"	"	"
"	1136	1	44'- 10 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1138	1	47'- 7 ⁵ / ₈ "	4"	"	"

L A D O P O N I E N T E
I N T E R M E D I O

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-320	1112	1	19'-10 ⁷ / ₈ "	4"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.200"
"	1114	1	22'- 2 ⁷ / ₈ "	4"	"	"
"	1116	1	24'- 8 ⁷ / ₈ "	4"	"	"
"	1118	1	27'-11 ⁷ / ₈ "	4"	"	"
"	1120	1	31'- 1 ³ / ₈ "	4"	"	"
"	1122	1	33'- 6 ⁷ / ₈ "	4"	"	"
"	1124	1	36'- ⁷ / ₈ "	4"	"	"

L A D O P O N I E N T E
P O S T E R I O R

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPEJOR
G-755-320	1100	1	6'- 6 ⁷ / ₁₆ "	4"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.200"
"	1102	1	10'- 1 ¹ / ₄ "	4"	"	"
"	1104	1	10'- 9 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1106	1	13'- 10 ¹⁵ / ₁₆ "	4"	"	"
"	1108	1	15'- 8 ⁵ / ₈ "	4"	"	"
"	1110	1	17'- 6 ⁷ / ₈ "	4"	"	"

DISTRIBUIDORES INFERIORES

LADO ORIENTE:

- 1) **FRONTAL**
- 2) **INTERMEDIO**
- 3) **POSTERIOR**

LADO PONIENTE:

- 4) **FRONTAL**
- 5) **INTERMEDIO**
- 6) **POSTERIOR**

L A D O O R I E N T E
F R O N T A L

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-754-216	1501	1	46'-5 ⁹ / ₁₆ "	4"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.200"
"	1503	1	42'-3 ⁹ / ₁₆ "	4"	"	"
"	1505	1	37'-4 ⁹ / ₁₆ "	4"	"	"
"	1507	1	33'-2 ⁹ / ₁₆ "	4"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales

Tambor de lodo

Parte baja del colector de la pared

**A L I M E N T A D O R E S
D E
S O B R E C A L E N T A D O R**

DIBUJO No.	TUBO No.	C. ANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPEJOR
G-754-220	3601	1	10'-6"	4"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.200"
"	3602	1	10'-6"	4"	"	"
"	3603	1	10'-6"	4"	"	"
"	3604	1	10'-6"	4"	"	"
"	3605	1	10'-6"	4"	"	"
"	3606	1	10'-6"	4"	"	"
"	3607	1	10'-6"	4"	"	"
"	3608	1	10'-6"	4"	"	"
"	3609	1	10'-6"	4"	"	"
"	3610	1	10'-6"	4"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA
 Arreglos generales, perfil transversal
 Entrada y salida del sobrecalentador primario
 Arreglos del sobrecalentador
 Tambor de vapor
 Interior del tambor de vapor

S O B R E C A L E N T A D O R
P R I M A R I O

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-754-221	4601	20	15'-3" 47'-7 3/4"	1 3/4"	S.A. 213-T22 S.A. 210-C	0.165" 0.150"
"	4602	20	15'-3" 46'-10 3/8"	"	S.A. 213-T22 S.A. 210-C	0.165" 0.150"
"	4603	20	13'-9" 47'-7 5/8"	"	S.A. 213-T22 S.A. 210-C	0.165" 0.150"
"	4604	20	13'-9" 47'-9 3/4"	"	S.A. 213-T22 S.A. 210-C	0.165" 0.150"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales
Soportes y detalles del sobrecalentador
Vista de planta del sobrecalentador
Entrada y salida del sobrecalentador primario
Tambor de vapor
Tubos sueltos de pantalla

**S O B R E C A L E N T A D O R
S E C U N D A R I O**

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPEJOR
C-754-222	4605	21	15'-3" 27'-8 17/32"	1 3/4"	S.A. 213-T11 S.A. 213-T2	0.150"
"	4606	21	15'-3" 27'-8 17/32"	"	S.A. 213-T11 S.A. 213-T2	0.150"
"	4607	21	13'-9" 28'-2"	"	S.A. 213-T11 S.A. 213-T2	0.150"
"	4608	21	13'-9" 28'-2"	"	S.A. 213-T11 S.A. 213-T2	0.150"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA.

Arreglos generales
 Soporte y detalle del sobrecalentador
 Vista de planta del sobrecalentador
 Entrada y salida del sobrecalentador secundario
 Tambor de vapor
 Tubos sueltos de pantalla
 Arreglo general

P A N T A L L A

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-312	600	42	11'-0"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"

"	601	42	11'-0"	3"	"	"
---	-----	----	--------	----	---	---

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales

Tambor de vapor

Parte superior de la pared frontal y techo

B A N C A D A

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPEJOR
G-755-174	10	2	32-4 1/4"	3"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	11	2	32-5 1/2"	3"	"	"
"	11A	2	32-5 1/2"	3"	"	"
"	12R	2	32-8 1/2"	3"	"	"
"	12L	2	32-8 1/2"	3"	"	"
"	13	4	33-1"	3"	"	"
"	14	4	33-6 3/8"	3"	"	"
"	15R	2	34-1 1/4"	3"	"	"
"	15L	2	34-1 1/4"	3"	"	"
"	16	2	34-11"	3"	"	"
"	17	2	35-9 3/4"	3"	"	"
"	18	2	36-10 1/4"	3"	"	"
"	19R	1	32-4 1/4"	3"	"	"
"	19L	1	32-4 1/4"	3"	"	"
"	20R	1	34-11"	3"	"	"
"	20L	1	34-11"	3"	"	"
"	1	84	36-3"	2"	"	"
"	2	1	33-0"	2"	"	"
"	3	1	33-0"	2"	"	"
"	4	82	33-0"	2"	"	"
"	B-1	70	32-1 3/16"	2"	"	"
"	B-1A	12	32-1 3/16"	2"	"	"
"	B-2	146	32-2 5/8"	2"	"	"
"	B-2A	18	32-2 5/8"	2"	"	"

DIBUJO No.	TUBO No.	CANTIDAD	LONGITUD	O.D.	ESPECIFICACION	ESPESOR
C-755-174	B-3	164	32-5 7/16"	2"	ASME SPEC S.A. 210 Gr. C	0.150"
"	B-4	164	32-9 3/4"	2"	"	"
"	B-5	164	33-3 1/2"	2"	"	"
"	B-6	164	33-10 5/16"	2"	"	"
"	B-7	164	34-8 1/16"	2"	"	"
"	B-8	82	35-7 3/16"	2"	"	"
"	B-9	82	36-8 7/16"	2"	"	"

NOTA: DIBUJOS DE REFERENCIA

Arreglos generales
 Soportes de aletas
 Arreglo de tirantes
 Tambor de vapor
 Tambor de lodos
 Paneles pared posterior
 Detalles finales de tubería
 Detalles de tubos 19 y 20
 Sello de vapor a tambor

DEFINICIONES USADAS EN EL CONTROL QUIMICO DEL AGUA DE LA CALDERA

FH. Quiere decir Potencial del Hidrógeno y sirve para determinar que tan ácida o alcalina es el agua. El FH se expresa en unidades de 0 al 14. La escala de 0 a 7 se considera ácida, el 7 en la escala se considera neutro y en la escala del 7 al 14 - se considera alcalino. El mayor grado de acidez es 0 y el mayor grado de alcalinidad es 14.

Turbidez. Le imparte un aspecto lechoso y desagradable al agua - siendo causado por los sólidos en suspensión.

Sílice. Es el óxido de silicio en forma de partículas microscópicas de arena. La sílice (SiO_2) tiene el inconveniente de provocar erosión ó desgaste en las superficies - metálicas y en el caso de alta presión y temperatura, - forma incrustaciones de tipo vítreo muy duras.

Alcalinidad Total. Es la suma de la alcalinidad a la (F) y la - alcalinidad a la (M) para determinar qué tanto de sales de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos tenemos.

Alcalinidad a la F. (Fenolftaleína) Nos va a dar la mitad del - contenido de carbonato y todos los hidróxidos.

Alcalinidad a la M. (Naranja de Metilo) Nos va a determinar la - otra mitad de los carbonatos y bicarbonatos.

Dureza total. Es la suma de la dureza de calcio y la dureza de - magnesio. $DT = D \text{ Ca} + D \text{ Mg}$.

Sólidos disueltos totales. (STD) Es la medida de la cantidad total de los sólidos en solución.

Conductividad. Es la conducción de la corriente eléctrica en el - agua, dicha conducción la llevan a cabo los sólidos totales disueltos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual de Operación de Calderas
" Instituto Mexicano del Petróleo "
" La Cangrejera " Veracruz México-
- 2.- Boletín Informativo
Complejo Petroquímico La Cangrejera
Subdirección de Proyectos, Construcciones y Obras
Petróleos Mexicanos
1981
- 3.- Tratamiento de aguas
Subdirección de Capacitación
Instituto Mexicano del Petróleo
1982
- 4.- Plantas de Vapor: Arranque, Pruebas Y Operación
Charles Donald Swift
Compañía Editorial Continental, S.A.
- 5.- Manual de Operación de Estaciones Selectoras
y Mantenimiento de Calderas.
Foster Wheeler Limited
St. Catharines, Ontario, Canada.
1978
- 6.- Energía Mediante Vapor, Aire o Gas
H.W. Severns, H.E. Degler y J.C. Miles
Editorial Reverté, S.A.
Barcelona. - Buenos Aires - Caracas - México
1973

7.- Reglamento de Seguridad e Higiene

Oficina de Servicios Internos

Gerencia de Personal

Petróleos Mexicanos

1984

8.- Tablas de Vapor

The Electrical Research Association

Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.

1970