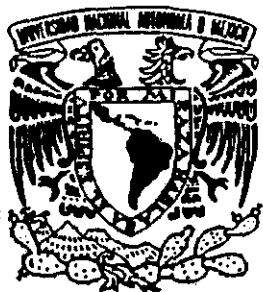


37  
Ley



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

## TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA OPERACION DE CALDERAS.

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

**ROBERTO LABASTIDA YESCAS**

ASESOR: ING. EDUARDO COVARRUBIAS CHAVEZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1999.

270160

**TESIS CON  
FALLA DE CUBREN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTÓNOMA DE  
 MÉXICO

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Tratamiento del agua en la operación de calderas.

que presenta el pasante: Roberto Labastida Yescas  
 con número de cuenta: 8503958 - 4 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.  
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 1 de NOVIEMBRE de 199 9

PRESIDENTE Ing. Jose Guadalupe Ramos Anastacio

VOCAL Ing. Filiberto Leyva Piña

SECRETARIO Ing. Eduardo Covarrubias Chavez

PRIMER SUPLENTE Ing. Jose Antonio Sanchez Gutierrez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Maria Teresa Pacheco Escalona

## **DEDICATORIAS**

**LAS PRESENTES DEDICATORIAS VAN CON TODO EL CARIÑO A LAS PERSONAS QUE ME APOYARON PARA MI FORMACIÓN PROFESIONAL.**

**A mi madre por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado.**

**Mi padre por sus consejos que siempre fueron de gran utilidad en mi formación.**

**Mis hermanos que siempre estuvieron presentes en mis logros.**

**A los Sres. Ismael e Hilario por sus consejos y apoyo para la realización de mis estudios y el trabajo.**

**Al Ing. Eugenio Velazquillo por la confianza que me tuvo para mi desarrollo profesional.**

**Mis primos, primas, tíos y tías por el cariño que me demostraron, que la unión familiar es importante para la realización de mis aspiraciones.**

**A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, mis profesores y compañeros de facultad.**

**Y un apoyo especial que me dedicaron mis compadres Salvador y Natalia, mi ahijado Erick por el compromiso especial que me dieron con la sociedad y con DIOS.**

**A Cristobal Salvatierra.**

# INDICE

## INTRODUCCION

### 1 IMPORTANCIA DEL AGUA

1.1 Procedencia del agua.....	5
1.2 Cantidades de agua.....	6
1.3 Pozos y bombas para pozos.....	6
1.4 Almacenamiento del agua.....	7
1.5 Tipos de sistemas de agua.....	9
1.6 Métodos del tratamiento del agua.....	9

### 2 EQUIPOS Y PROCESOS PARA SEPARACION DE MATERIALES FLOTANTES

2.1 Que es y como funciona un separador.....	10
2.2 Como funciona el proceso de asentamiento o decantación.....	11
2.3 Que es y como funciona el proceso de coagulación.....	11
2.4 Que es y como funciona el proceso de filtración.....	12

### 3 TRATAMIENTO DEL AGUA

3.1 Como funciona el proceso de aereación.....	15
3.2 Como funciona el proceso de cloración.....	16
3.3 Como funciona el proceso de suavización.....	19
3.4 Como funciona el proceso de deaereación.....	33
3.5 Como funciona el proceso de destilación.....	34

### 4 DESMINERALIZACION POR CAMBIADORES CATION - ANION

4.3 Introducción.....	37
4.4 Fase de operación.....	37
4.5 Funcionamiento de la fase de operación.....	40
4.6 Evidencia de operación correcta.....	43
4.7 Control de la operación del agua desmineralizada.....	44
4.8 Procedimiento de operación.....	45
4.9 Detección de fallas y seguridad.....	46
4.10 Diagramas y comentarios.....	47

### 5 TRATAMIENTO DE AGUA Y CONTROL INTERNO EN LAS CALDERAS

5.1 Introducción.....	50
5.2 Purgas.....	51
5.3 Control del tratamiento interno.....	52
5.4 Protección para el sistema de condensado.....	58
5.5 Tratamiento de agua de circulación.....	59
5.6 Tratamiento de agua de servicio.....	63
5.7 Tratamiento del agua de repuesto del evaporador.....	65
5.8 Métodos para muestreo de agua.....	67

5.9 Métodos para muestreo de vapor.....	69
5.10 Pruebas de agua.....	71

## 6 OPERACIÓN DE CALDERAS

6.1 Controles.....	76
6.2 Controles de vapor.....	80
6.3 Controles de agua caliente.....	81
6.4 Controles de la alimentación del gas.....	82
6.5 Controles para quemadores combinados.....	83
6.6 Aire de combustión.....	87
6.7 Ignición automática.....	88
6.8 Flujo de gas combustible y aceite combustible.....	88
6.9 Alimentación modular.....	90
6.10 Recipiente de presión.....	91
6.11 El encendido y la operación.....	95
6.12 Diagnostico de averías.....	100
6.13 Secuencia de operación del modulador.....	103
6.14 Inspección y mantenimiento.....	108

## 7 REGLAMENTOS

7.1 Reglamentos para la inspección de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión.....	116
7.2 Solicitudes y autorizaciones.....	116
7.3 Inspectores e inspecciones.....	118
7.4 Instalaciones.....	121
7.5 Reparaciones.....	124
7.6 Aparatos auxiliares y accesorios.....	124
7.7 Jefes de planta, operadores y fogoneros.....	129
7.8 Obligaciones de los usuarios.....	131
7.9 Sanciones.....	132

<b>APENDICE.....</b>	<b>133A</b>
----------------------	-------------

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>134</b>
--------------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>136</b>
--------------------------	------------

## INTRODUCCIÓN

Hay pocos manantiales para la alimentación de calderas, cuya agua no muestre cierta dureza, incluso la de los lagos naturales. El agua de pozos profundos suele ser mucho más dura que la de río o lago. Debido a las sales disueltas. El agua blanda, como la calificada ordinariamente como potable, es por lo general dura para la alimentación de calderas. Prácticamente todas las aguas naturales son duras y contienen sustancias capaces de formar incrustaciones, generalmente sales solubles de calcio y magnesio, invisibles a simple vista. No se puede quitar por filtrado y a menos que se eliminen se depositarán en forma de lodo o de incrustación, y éste es un punto muy importante por dos razones:

- I. La acumulación de incrustaciones provoca mayor temperatura en la superficie de los tubos y perjudica a las paredes de los mismos.
- II. La disminución de la sección de paso de los tubos para el agua origina pérdidas de carga por rozamiento y circulación defectuosa en la caldera.

El agua de lluvia al caer puede absorber oxígeno,  $\text{CO}_2$ , nitrógeno, polvo y otras impurezas contenidas en el aire, y también disolver sustancias minerales de la tierra. Esta contaminación puede acrecentarse además con ácidos procedentes de la descomposición de materias orgánicas, residuos industriales y aguas sépticas descargadas en lagos y ríos.

Las sustancias contenidas por el agua se clasifican en disueltas y en suspensión. En el grupo de las sustancias disueltas se incluyen los bicarbonatos cálcicos, magnésico y sódico, o sea  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  y  $\text{NaHCO}_3$ ; sulfatos cálcico, magnésico y sódico, esto es,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; nitratos cálcico y magnésico, es decir,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ; cloruros cálcico, magnésico y sódico, o sea  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  y  $\text{NaCl}$ ; óxido de hierro,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; sílice,  $\text{SiO}_2$ ; residuos industriales; y gases, tales como el oxígeno,  $\text{O}_2$ , y anhídrido carbónico,  $\text{CO}_2$ . El grupo de las materias en suspensión comprenden: lodo, arena, materia vegetal y residuos industriales.

Los efectos producidos por las impurezas del agua causa los siguientes efectos perjudiciales para la caldera y para el funcionamiento de las diferentes plantas de proceso: (1) reducción de la cantidad de calor transmitido debida a la formación de incrustaciones sobre las superficies de caldeo; (2) averías en los tubos y planchas, producidas por la disminución de cantidad de calor transmitido a través de ello; (3) corrosión y fragilidad del acero de la caldera; (4) mal funcionamiento, formación de espumas y arrastres de agua en cantidad por el vapor; (5) costos elevados de limpieza, reparaciones, inspección, entretenimiento y equipos de reserva; (6) pérdidas caloríficas debidas a frecuentes purgados; (7) mal rendimiento de los equipos que utilizan el vapor, a causa de que éste sea sucio, y (8) costo adicional en el equipo de condensadores, a causa de los gases que lleva el vapor. La mayor parte de los defectos reseñados pueden atribuirse a una o varios de las siguientes causas: incrustación, corrosión, fragilidad, espumación, proyección de masas de agua y gases ocluidos.

La incrustación es la capa blanda o dura depositada sobre las superficies internas de una caldera, compuesta de sustancias minerales, suciedad o ambas cosas. Su efecto consiste en



hacer disminuir la trasmisión de calor a través de la superficie de caldeo, reduciendo como consecuencia la capacidad y rendimiento de la instalación, y posiblemente, recalentando los tubos y planchas de la caldera.

La corrosión es un desgaste anormal de la caldera con una disminución de su resistencia mecánica. Las causas pueden ser: acción electrolítica, acidez o alcalinidad del agua, o la presencia de oxígeno.

La fragilidad cáustica y fatiga de corrosión es el resultado de una corrosión no uniforme que conduce a la formación acelerada de grietas en los bordes de las planchas remachadas de las calderas, remaches y porción metálica situada alrededor de las aberturas, en donde el material ha sido sometido a grandes esfuerzos de tracción durante los procesos de fabricación y funcionamiento. En las calderas soldadas las superficies principalmente afectadas son las situadas junto a los orificios de los tubos. Las averías debidas a la fragilidad cáustica son resultados de las grietas formadas en el metal siguiendo las zonas limítrofes cristalinas. La fatiga de corrosión, producida por el ataque químico y repetidos alargamientos de las partes metálicas, origina grietas según líneas de esfuerzo independientes de las zonas limítrofes cristalinas del metal.

La formación de espumas ocurre cuando el agua de la caldera contiene álcalis, materia orgánica en suspensión, algunos aceites en presencia de sales sódicas, o aguas conteniendo en cantidad sales sódicas solubles. El resultado es que el espacio destinado al vapor queda ocupado por una masa de burbujas de espuma.

La ebullición irregular consiste en el arrastre de masas de agua con el vapor, debido a la presencia de una película de aceite sobre de superficie del agua de la caldera, a algunas de las causas de la formación de espumas ya mencionadas, o a que la superficie de desprendimiento del vapor sobre el agua sea pequeña.

El oxígeno, especialmente a elevadas temperaturas, pica y corroe todas las partes metálicas con las cuales está en contacto. El anhídrido carbónico sólo tiene tendencias para constituir compuestos formadores de incrustaciones. Los gases oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y otros no condensables a las presiones y temperaturas corrientes del condensador, que pueden contener el vapor, imponen una carga adicional a las bombas y dispositivos destinados a evacuar el aire de los condensadores.

Es por esto de la importancia de tener un proceso de tratamientos de agua en la operación de calderas para evitar los paros innecesarios en las calderas debido a un mal tratamiento del agua. También los costos de mantenimiento se reducen bastante si se tiene un buen control en la operación sobre el tratamiento del agua.

# CAPITULO 1

## IMPORTANCIA DEL AGUA.

El agua es un elemento muy importante en la producción de vapor por esta razón debe tenerse un gran cuidado en el diseño de la planta, construcción, arranque y operación. Los usos más importantes del agua en una planta incluye enfriamiento al condensador, repuesto a la caldera, aire al generador y usos sanitarios, así como para uso personal cada uso requiere ciertas características, pero, en general, entre más pura y fría es mejor.

### 1.1 PROCEDENCIA DEL AGUA.

Dependiendo de la localización de la planta y los suministros disponibles, el agua de los ríos o corrientes, de lagos, del mar o de pozos pueden usarse simple o en combinación para provisionar las necesidades de la planta; la cantidad y características del agua de suministro son factores importantes en la selección de la localización de la planta y en la determinación de las características del equipo. Antes de que se haga la localización final, deberá recabarse toda la información disponible sobre el suministro de agua, incluyendo análisis típicos del agua, así como los costos aproximados del tratamiento de estas y de su operación; Si la planta se localiza en un lago, océano o río, deberá hacerse investigación de los cambios de nivel, formación de hielo, acción del viento y de las olas, posibilidades para recirculación, arrastres de maleza, desechos y peces. Si una corriente o pozo se va a usar, debe considerarse la cantidad de agua disponible durante las épocas de flujo mínimo.

Los cambio de nivel, son usualmente, más intensos en los ríos de temporada y eso significa estructuras altas y caras con pozo de sello en la línea de descarga para evitar un vacío excesivo en la descarga del condensador. Para plantas localizadas en los ríos deberá construirse un sistema de protección para evitar que los arrastres del río lleguen a la estructura, rejillas, etc. Se requiere instalar en la toma rejillas, rejillas móviles, cribas y un sistema para tapar la entrada que permita reparar o inspeccionar los túneles. La línea de descarga es preferible llevarla río abajo a corta distancia, para reducir la posibilidad de recirculación. En climas fríos se instala una línea de descarga a la entrada para permitir recirculación y obtener temperatura adecuada que nos evite el congelamiento en las rejillas de entrada. Si las fluctuaciones en el nivel del río son grandes, el costo de estos dispositivos será alto.

En los lagos y bahías en donde no hay dirección particular del flujo del agua, esta se toma usualmente lo mas profundo posible, para obtener agua lo mas fría posible. La descarga del agua se hará a corta distancia de la planta y en la superficie, para obtener un mínimo de mezcla. Las fluctuaciones de nivel de agua, usualmente, no son tan grandes des que causen dificultades en el diseño, pero deben ponerse atención a las posibilidades de daño por la

acción del hielo a la toma. En los lagos de agua fría, en los lugares de baja temperatura deberá instalarse líneas de recirculación para evitar la formación del hielo en las rejillas de entrada. Suciedad y desperdicios en el agua no son problemas, pero el arrastre de maleza, peces y hielo, pueden causar grandes dificultades.

## 1.2 CANTIDADES DE AGUA.

Los recortes de flujo de los ríos por un periodo de años están disponibles para la mayor parte de los ríos y corrientes en los departamentos hidrográficos.

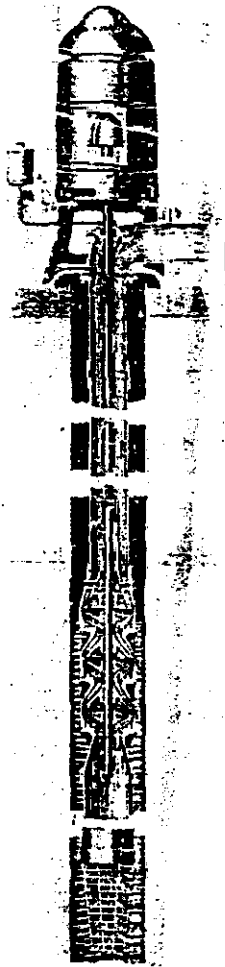
La capacidad de la planta es, a menudo, restringida por la menor cantidad de agua disponible durante el estiaje. Alguna ventaja se obtiene en las épocas de bajo flujo del río y periodos de máxima carga en que seto ocurre en el instante de baja temperatura del agua, lo que permite instalar la capacidad ligeramente arriba de lo calculado. Algunas veces se instalan torres de enfriamiento suplementarias para obtener enfriamiento adicional del agua recirculada. En caso de emergencia la cantidad de agua que pasa a través del condensador puede reducirse considerablemente a la mitad de lo normal y aunque la contrapresión y el consumo de vapor se incrementen la pérdida de capacidad de la planta, probablemente, no exceda a menos que la temperatura del agua este caliente.

En condiciones favorables el agua puede tomarse en un punto del lago y regresarse al otro extremo, esto hace más efectiva la superficie del lago para el enfriamiento. Cuando no se tiene disponible el suministro del agua como lago, océano, río, para obtener agua para condensado, se usa torre de enfriamiento o pila con atomizadores. Debido al incremento de temperaturas y al consumo de energía para bombear, así como operación de los ventiladores, el consumo de vapor de una planta con torre de enfriamiento, tiene un promedio que una planta usando el agua del río para condensar.

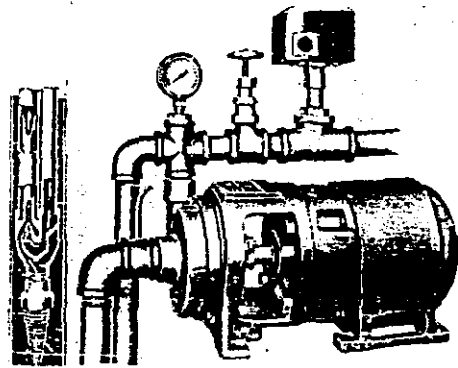
El agua que se pierde por evaporación, purga continua y efecto de viento es aproximadamente al vapor que se condensa, se necesita tener el suficiente suministro de pozos. Por medio de datos obtenidos de los departamentos geológicos o el departamento de estado que lo controla, se puede tener los datos suficientes para saber si los yacimientos acuíferos son suficientes para obtener el agua de repuesto. Las compañías locales perforadoras de pozos con suficiente prestigio, pueden suministrar datos para obtener el tipo y cantidad de agua disponible. Ver figuras 1.2 de paginas 6A y 6B.

## 1.3 POZOS Y BOMBAS PARA POZOS.

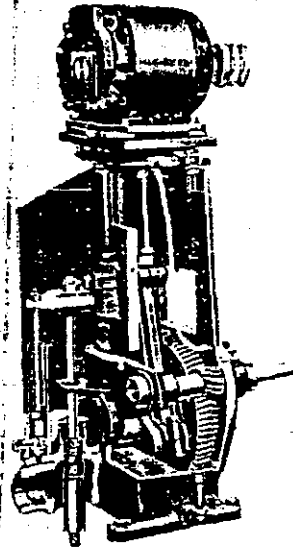
Los pozos de la misma profundidad y dentro de una misma arrea uno del otro, muestran, a menudo, diferencias en capacidades y clase de agua producida. Se recomienda hacer pruebas para determinar el lugar más favorable para localizar los pozos. Los pozos comprendidos dentro de una profundidad de 1000 pies, no son muy afectados por los costos, ya que el volumen de este en equipo de bombeo, motores, suministro de fuerza, alambrado y líneas de conducción son muy poco afectados por la profundidad del pozo. El agua de los pozos de poca profundidad por lo general, es mas fría aproximadamente la temperatura anual promedio atmosférico, y contienen menos solado disueltos que el agua



Bomba centrífuga para pozo profundo con tres etapas (Worthington Corporation)



Bomba con eyector para pozo profundo. (Ingersoll-Rand Company)



Bomba alternativa para pozo profundo. (The Deming Company)

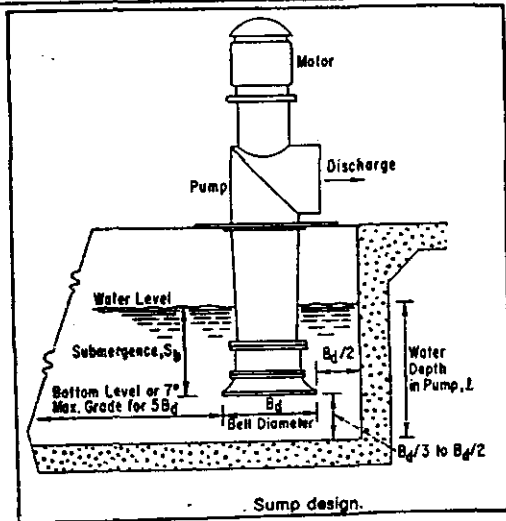
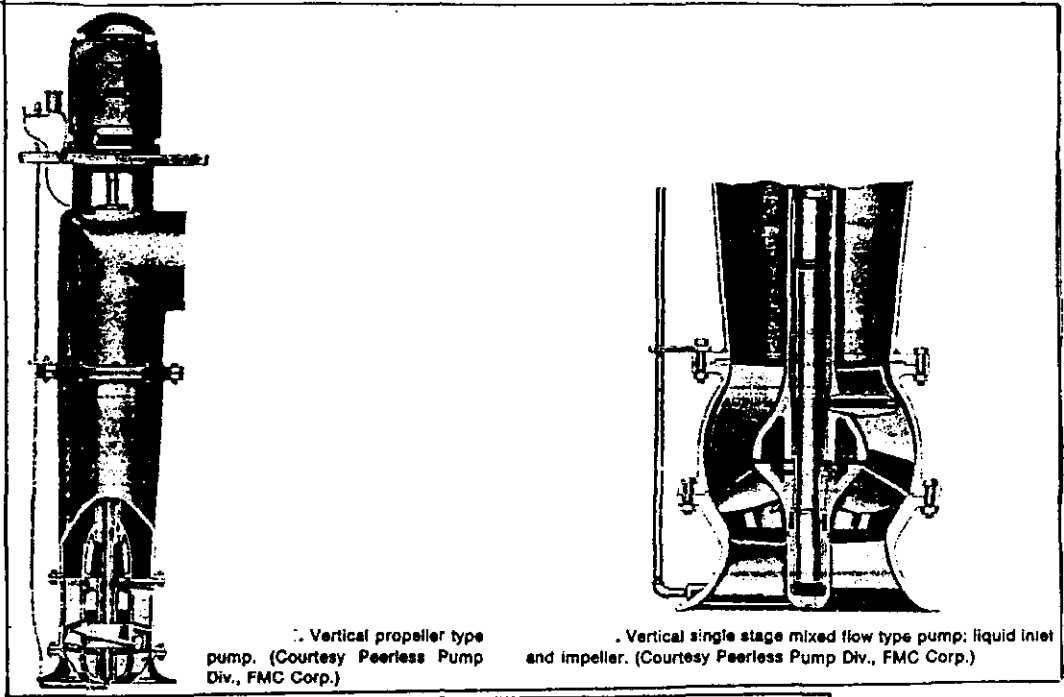


FIG. 1.2 B      PAG. 6B

procedente de pozos profundos. El costo de bombeo es afectado por el nivel de agua en el pozo y la profundidad a que se bombea. Los pozos profundos, algunas veces, puede permitir la salida del agua sin necesidad de bombeo a ligeras cargas, pero la longitud de la columna del pozo que debe atravesar el agua cuando se incrementa la carga se convierte en una perdida comparable con los pozos de poca profundidad, asimismo, el costo del tratamiento es ligeramente superior también. Deben instalarse líneas para manómetros y obtener la profundidad de los pozos, esto es obtener el nivel estático del agua y el abatimiento de las a diferentes cargas periódicamente, también se recomienda tener posibilidades de medir el flujo, se instala para este objeto un orificio para medir el gasto.

Los pozos, por lo común, se descargan para probarlos tirando el agua por un tiempo suficiente para observar su comportamiento y poder, inclusive, aforar el pozo. Se debe tener cuidado de controlar la capacidad de bombeo, pues el exceso de agua que fluye puede dañar el medio filtrante a base de arena que rodea el filtro. La calidad del agua también se estabiliza con esta prueba.

Las bombas para pozos pueden ser de diferentes formas tales como alternativas tipo aspirante, de eyector de agua, y de bomba centrífuga sumergida como se muestran en las siguientes figuras 1.3 que se muestran en la pagina 7<sup>a</sup>, 7B y 7C.

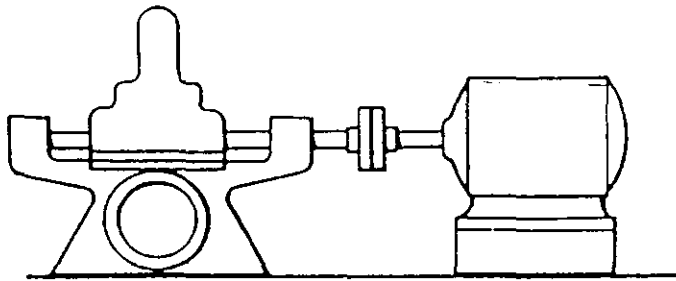
La bomba de tipo centrífugo sumergida es él mas usado para trabajar y el motor puede estar en la parte superior sobre la superficie de la base y mover por medio de una flecha larga a la bomba, o el motor puede estar colocado en un compartimento a prueba de agua que se instala junto a la bomba introduciéndose hasta el lugar de bombeo.

El tipo centrífugo que utiliza una larga flecha hasta la bomba se recomienda tener cuidado para evitar que opere en sentido contrario; cuando ocurre esto los coplees de la flecha pueden desacoplarse. Si esto sucede, las partes internas de la bomba pueden rozar con la caja y pueden romperla, ya que la flecha tendrá longitud mayor comparada con la caja. Si la rotación del motor es en sentido equivocado sucederá lo que ya se explica; si la bomba gira demasiado rápido en dirección contraria cuando se pare la bomba debido a que el agua contenida en la línea al caer la hará girar en sentido contrario, lo que tratara de desacoplar a la flecha. Se recomienda instalar válvula check en la descarga de la bomba para ayudar a que el giro en sentido contrario al parar esta sea lento, y también evitar a que otra bomba instalada en la misma descarga la arrastre en sentido contrario al pararse. Si la línea de descarga es muy larga, se recomienda que la válvula check cierre lentamente o se instale cámara de oscilación para evitar el golpe de ariete resultante de los arranques y paros de la bomba.

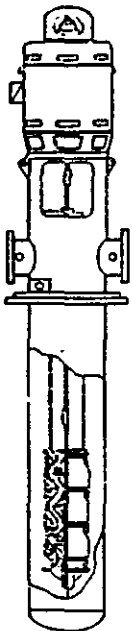
#### **1.4 ALMACENAMIENTO DEL AGUA.**

Se usa un sistema de almacenamiento de agua, para evitar quedarse sin suministro por falla, en el bombeo, tuberías o reparaciones necesarias. La forma de almacenamiento puede ser un tanque de acero o cemento, elevado o al nivel del piso, pila, receptor de tierra o concreto o un lago.

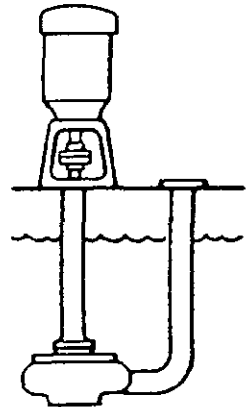
Los tanques de acero deben ser pulidos y libres de irregularidades en su interior para poder cubrirlos con pintura, u otro material que lo proteja, una superficie pulida hace más fácil el mantenimiento del recubrimiento.



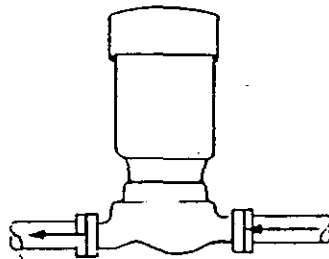
A BOMBA HORIZONTAL



B BOMBA VERTICAL  
TIPO DE POZO SECO



C BOMBA VERTICAL  
TIPO SUMERGIDO



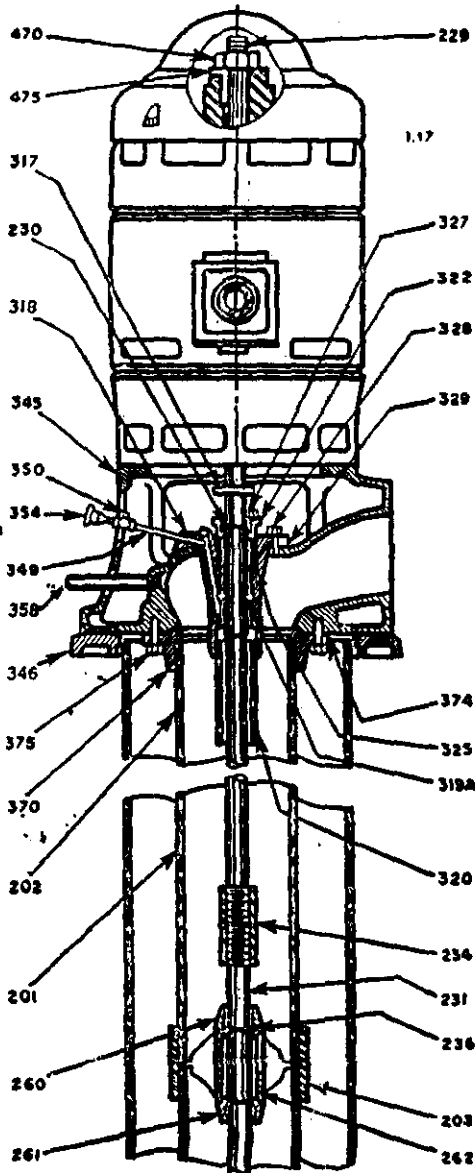
D BOMBA VERTICAL  
TIPO DE LINEA

Tipos de Bombas





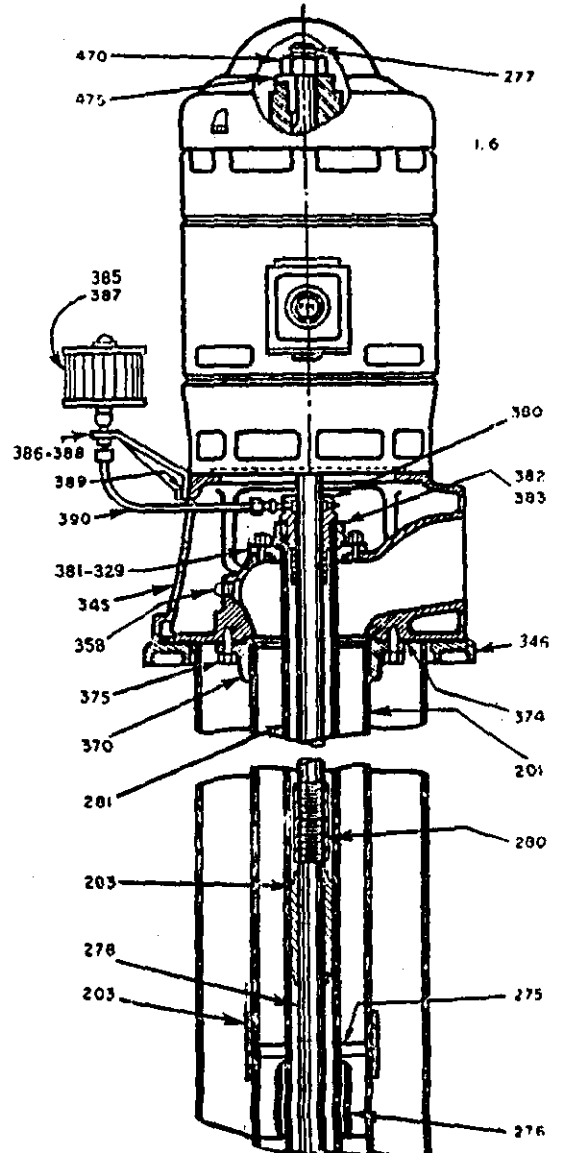
ILUSTRACION No. 1



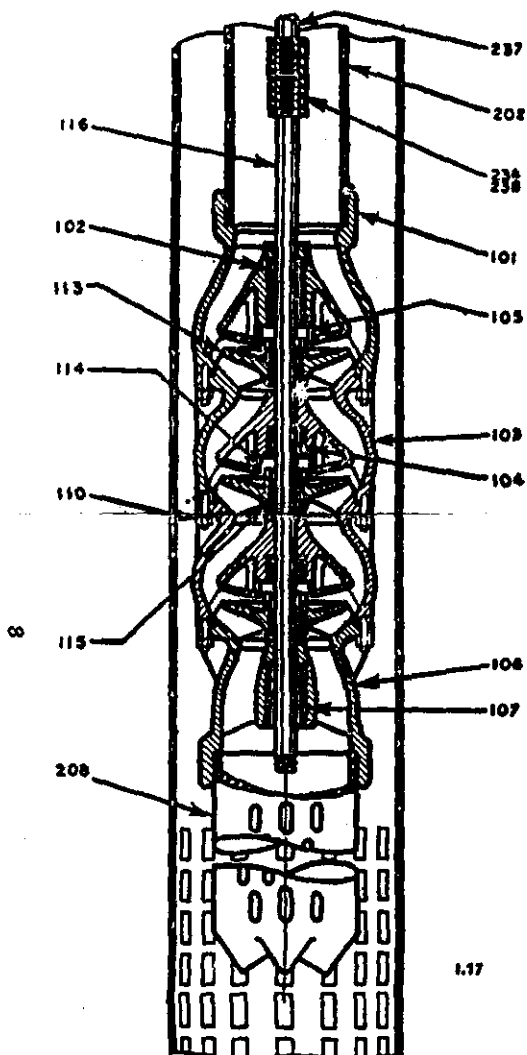
ILUSTRACIONES No. 1 y No. 2  
**MODELO 6977**  
 Lubricación por Agua.  
**MODELO 6972**  
 Lubricación por Aceite.  
**PARTE SUPERIOR**

- |     |   |
|-----|---|
| No. |   |
| 201 | Tubo de Columna Intermedio. (Sección de 10' — 3.05 m.)          |
| 202 | Tubo de Columna, Inferior y Superior. (Sección de 5' — 1.52 m.) |
| 203 | Cople de Columna.   |
| 229 | Flacha Superior.  |
| 230 | Manguito de la Flacha Superior.                                 |
| 231 | Flacha Motriz o Flacha de Impulso.                              |
| 232 | Idem para alta velocidad.                                       |
| 234 | Cople de la Flacha de la Bomba.                                 |
| 236 | Manguito de la Flacha Motriz.                                   |
| 260 | Portachumacera.   |
| 261 | Tapa de la Portachumacera.                                      |
| 262 | Chumacera de hule (Giratoria).                                  |
| 275 | Anillos separadores para Columna.                               |
| 276 | Arañas de hule para el Tubo-Funda.                              |
| 277 | Flacha Superior.  |
| 278 | Flacha Motriz, Flacha impulsora.                                |
| 280 | Cople para la Flacha Motriz.                                    |
| 281 | Tubo-Funda Superior.  |
| 283 | Chumacera Unión.  |
| 317 | Anillo Dispensador de Agua.                                     |
| 318 | Estopero.   |
| 320 | Tubo Aquietador.  |
| 322 | Casquillo del Prensaestopa.                                     |
| 325 | Empaque.  |
| 327 | Tornillo Opressor.  |
| 328 | Tornillos de Cabeza Exagonal.                                   |
| 329 | Empaque del No. 381.  |
| 345 | Cabezal de Descarga a la Superficie.                            |
| 346 | Base del Cabezal.   |
| 349 | Tubo de Conexión de la Graseira.                                |
| 350 | Válvula de Retención y Resorte.                                 |
| 354 | Graseira del Estopero.  |
| 358 | Entrada del agua de prelubricación o Tapón.                     |
| 370 | Brida de la Columna.  |
| 374 | Empaque de Brida de la Columna.                                 |
| 375 | Tornillos de la Brida de la Columna.                            |
| 380 | Chumacera Superior.   |
| 381 | Plato Adaptador del Tubo-Funda.                                 |
| 382 | Empaque.  |
| 383 | Yunque Tensora del Tubo-Funda.                                  |
| 385 | Acetiera Manual.  |
| 386 | Soporte de la Acetiera No. 385.                                 |
| 387 | Acetiera de Solenoide.  |
| 388 | Soporte de la Acetiera No. 387.                                 |
| 389 | Tornillos del Soporte.  |
| 390 | Conexiones de Lubricación.                                      |
| 470 | Tuerca de Ajuste.   |
| 475 | Cuña.   |

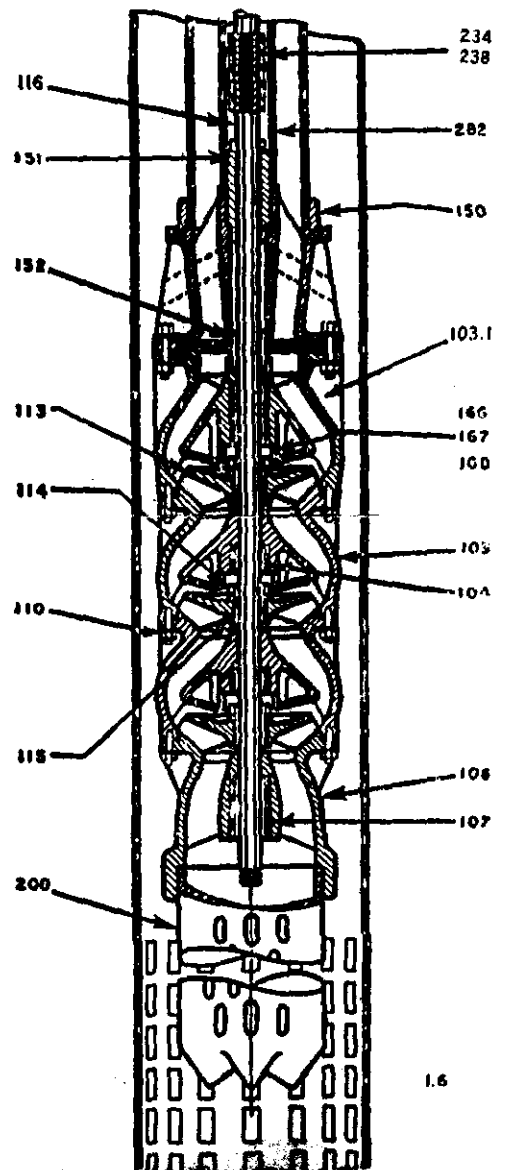
ILUSTRACION No. 2



**PARTE INFERIOR**



- |       |  |
|-------|--|
| No.   |  |
| 101   | Tazón de Descarga.   |
| 102   | Chumacera del Tazón de Descarga.                               |
| 103   | Tazón Intermedio.  |
| 103.1 | Tazón Intermedio Superior.                                     |
| 104   | Chumacera del Tazón Intermedio.                                |
| 105   | Anillo del Tazón.  |
| 106   | Tazón de Succión.  |
| 107   | Chumacera del Tazón de Succión.                                |
| 109   | Perno Prisionero.  |
| 110   | Birlos del Tazón y Tuercas.                                    |
| 113   | Impelente-impulsor.  |
| 114   | Tuerca del Impulsor.   |
| 115   | Buje o Cono del Impulsor.                                      |
| 116   | Flacha de la Bomba.  |
| 150   | Tazón de Descarga.   |
| 151   | Chumacera Superior del Tazón de Descarga.                      |
| 152   | Chumacera Inferior del Tazón de Descarga.                      |
| 166   | Sello de Cuero U.  |
| 167   | Anillo Soporte del Cuero U.                                    |
| 168   | Anillo Expansor del Cuero U.                                   |
| 175   | Cople de la Flacha de la Bomba.                                |
| 202   | Tubo de Columna Inferior y Superior. (Sección de 5' — 1.52 m.) |
| 208   | Colador.   |
| 233   | Flacha Interior.   |
| 234   | Cople de la Flacha de la Bomba. (Sección de 5' — 1.52 m.)      |
| 238   | Cople Reductor de la Flacha de la Bomba.                       |
| 282   | Tubo-Funda Inferior.   |



**NOTA.**—Para detalles de los cabezales de descarga, véanse ilustraciones números 1) y 12; para juegos de Tazones, ilustraciones números 16 y 17.

En algunos casos se protege por electrodos altamente galvánicos o por un sistema de potencial eléctrico. El tanque deberá de ser hermético y construido lo suficientemente fuerte para que resista la presión hidráulica. Se construirán tuberías para agua de entrada, salida y sobreflujo, así como los drenajes necesarios. La descarga deberá estar ligeramente arriba del fondo del tanque, para evitar arrastrar suciedad y sedimentos y que estos se acumulen en el fondo, donde deberán estar instalados los drenes y, de ser posible, instalar un alojamiento donde se acumulen la suciedad para que pueda ser extraída del fondo. Niveles o indicadores de nivel se instalaran para saber el nivel del agua, así como alarmas de alto y bajo nivel para evitar daños por niveles altos y bajos.

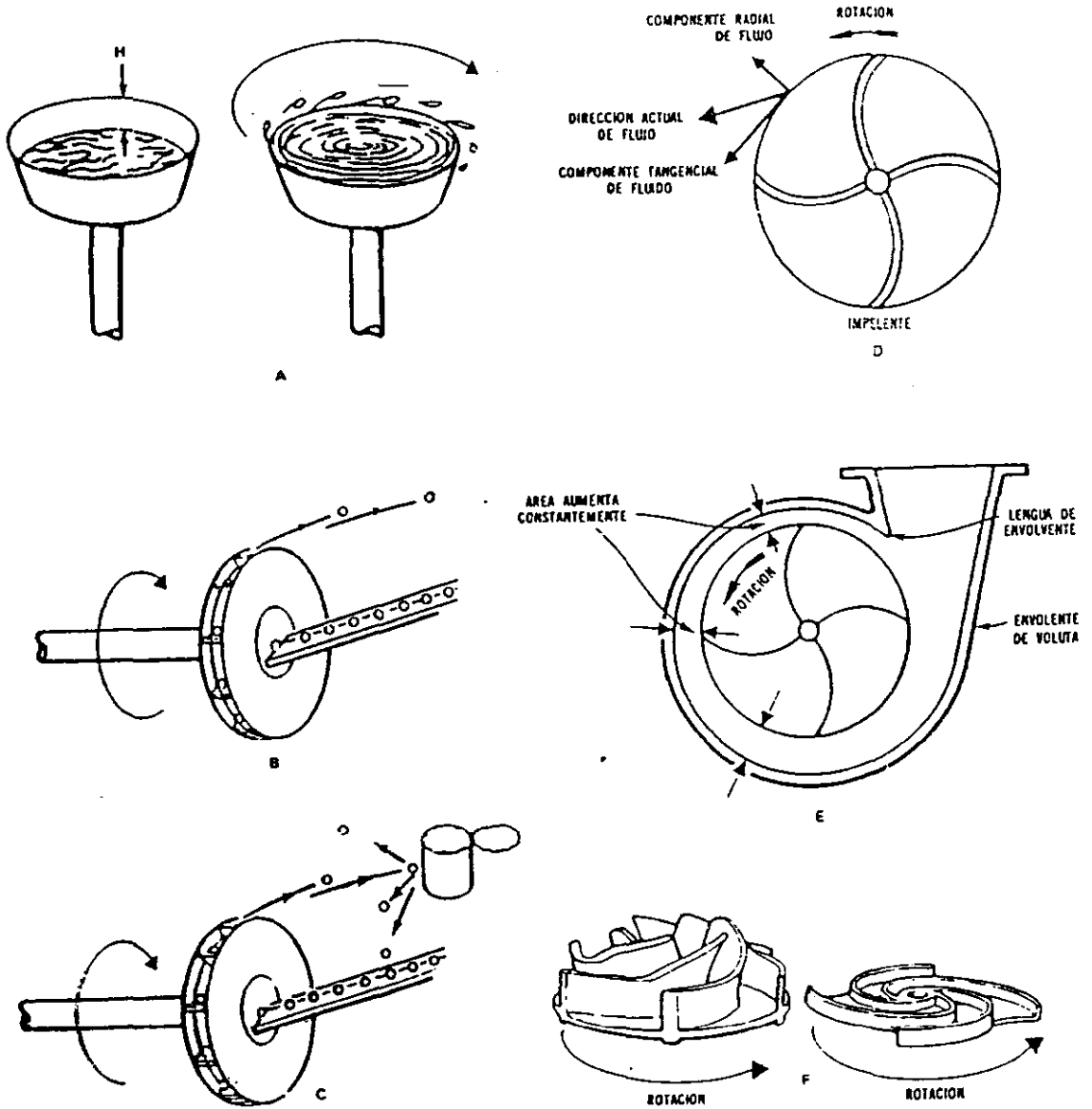
Puede mantenerse el nivel del tanque por medio de control automático, por medio de válvulas operadas por el nivel, o también por bombas operadas de acuerdo con el nivel del tanque o por el uso de válvulas operadas por la columna del agua. El ultimo dispositivo mantiene el nivel del tanque a un nivel constante, tan pronto como la presión del suministro es menor que la del tanque, la válvula de descarga se abre, para que el tanque ayude a elevar la presión del suministro. En estas condiciones podemos decir que el tanque flota con el sistema.

En climas fríos los tanques están expuestos a congelamiento, lo cual es un problema. En la mayor parte de los lugares la temperatura del agua del subsuelo es considerablemente superior al de congelamiento, algo de agua se bombea hasta llenar el tanque y tirar algo por la línea de sobreflujo, en esta forma usualmente se evita el congelamiento. Otra alternativa es drenar parcialmente y rellenar el tanque, esto es efectivo, pero requiere mas atención, puede usarse también elementos de calefacción. Debido a que el hielo se forma en la parte interna del tanque cercano a las paredes, el uso de material aislante en las paredes del tanque en la parte externa, reduce la posibilidad de congelación.

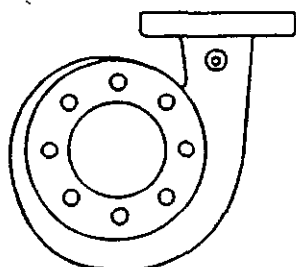
Los tanques de madera no están sujetos a corrosión, pero con el tiempo se pudren y se dañan, lo que produce fugas, antes de que ocurra en un buen tanque de acero. Los tanques de madera tienen mejores condiciones de aislantes que evitan el congelamiento.

Los tanques de concreto no tiene problemas de corrosión, pero producen contaminación en agua muy pura, como la del condensado, la contaminación será por sílice y calcio. Los cambios de temperatura de agua de entrada son, generalmente, responsables de las facturas, las cuales al ser reparadas tienen la tendencia de volverse a abrir.

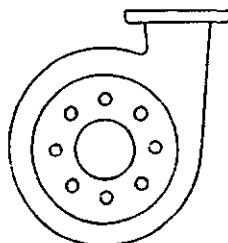
Lagunas y lagos, sean naturales o artificiales, deben tener alguna forma de dique y vertedor. El dique necesita estar firmemente anclado y sellado a las paredes adyacentes. Si esta hecho de tierra, deberá estar relativamente plano y compuesto de material apropiado. El sobreflujo y vertedor deberá ser de tamaño suficiente para darle salida a las máximas avenidas que se esperen, y evitar que se dañen las paredes a la represa de la laguna o lago. Cuando se espera acción importante de oleaje deberán construirse escolleras de protección en la orilla del lago. La formación de maleza y algas puede tener efecto adverso en la calidad proveniente de lagos o lagunas. La formación de casi todas las algas se estimula por la luz, esta es una de las razones por lo que los receptores de agua están comúnmente cubiertos. Menos suciedad y contaminación es otra de las ganancias de los recipientes cubiertos. Ver figuras 1.4 de las paginas 8A al 8E.



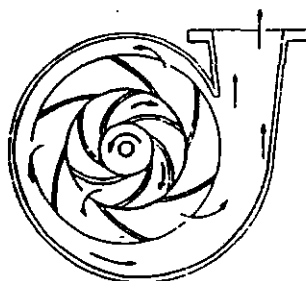
Principios de Operación de la Bomba Centrífuga



BOMBA DE VOLUTA



BOMBA DE ENVOLVENTE CIRCULAR

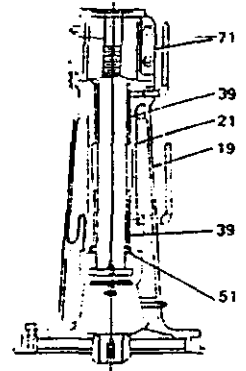
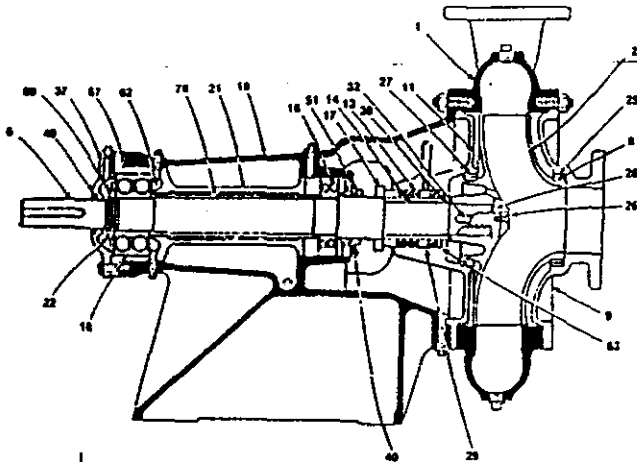


BOMBA DE DIFUSOR

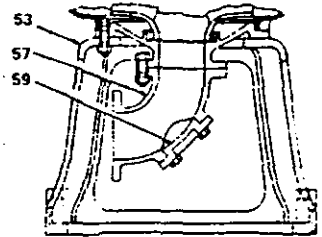
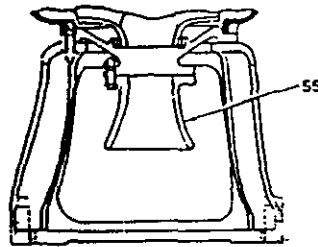
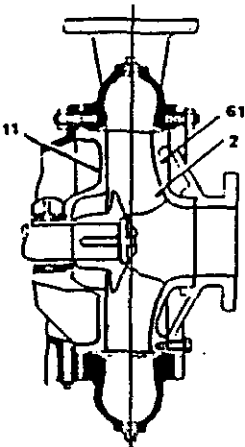
Tipos de Envolventes de Bombas

FIG. 1.4 B

PAG. 8B



BOMBA DE MONTAJE DE CARCAZA VERTICAL  
SUBCONJUNTO DE COLLARIN DE COJINETE

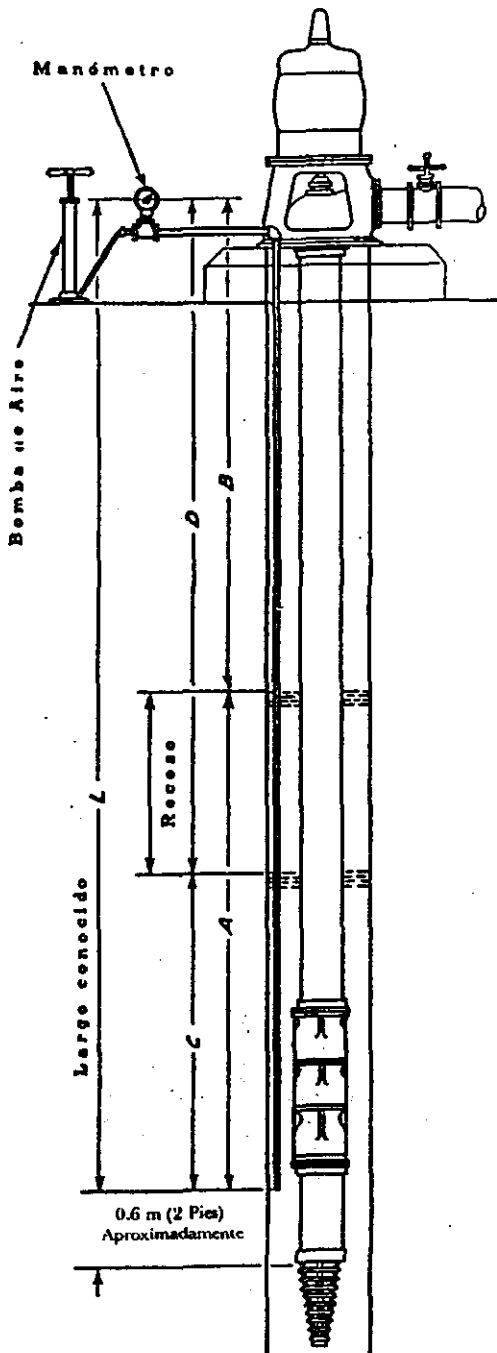


- 1 ENVOLVENTE
- 2 IMPELENTE
- 6 EJE (BOMBA)
- 9 TAPA SUCCION
- 12 TAPA CHUMACERA
- 13 EMPAQUE
- 14 COLLARIN EJE
- 16 COJINETE (INTERIOR)
- 17 PRENSAESTOPAS
- 18 COJINETE (EXTERIOR)
- 19 CARCAZA
- 21 CAMISA CARCAZA

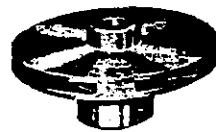
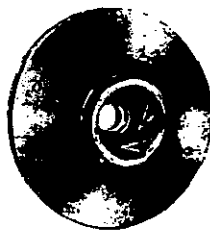
- 22 CONTRATERCIA COJINETE
- 25 ANILLO TAPA SUCCION
- 26 TORNILLO IMPELENTE
- 27 ANILLO TAPA CHUMACERA
- 28 JUNTA TORNILLO IMPELENTE
- 29 ANILLO PRENSAESTOPAS
- 32 CUNA IMPELENTE
- 37 TAPA COJINETE (EXTERIOR)
- 38 JUNTA COLLARIN EJE
- 39 MANGUITO COJINETE
- 40 DEFLECTOR
- 49 SELLO TAPA COJINETE (EXTERIOR)

- 51 RETENEDOR GRASA (INTERIOR)
- 53 BASE
- 55 CAMPANA SUCCION
- 57 CODO SUCCION
- 59 TAPA REGISTRO
- 61 PLANCHA LATERAL
- 62 DISPENSOR (ACEITE O GRASA)
- 63 MANGUITO CHUMACERA
- 67 CUNA CAMISA CARCAZA
- 69 ARANDELA PRESION
- 71 ADAPTOR
- 78 SEPARADOR COJINETE

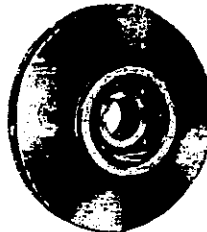
Bomba de Succión en Extremo y Modificaciones



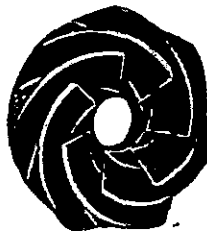
**ILUSTRACION No.**  
**Método de medir nivel de agua.**



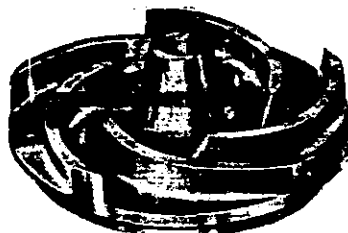
Enclosed single-suction impeller with sealing on suction and back sides. (Courtesy The Deming Co.)



Enclosed double-suction impeller with sealing rings on both sides. (Courtesy The Deming Co.)



Mixed flow semi-enclosed impeller. (Courtesy The Deming Co.)



Semi-open or semi-enclosed impeller. (Courtesy Goulds Pumps Inc.)

Impeller types.

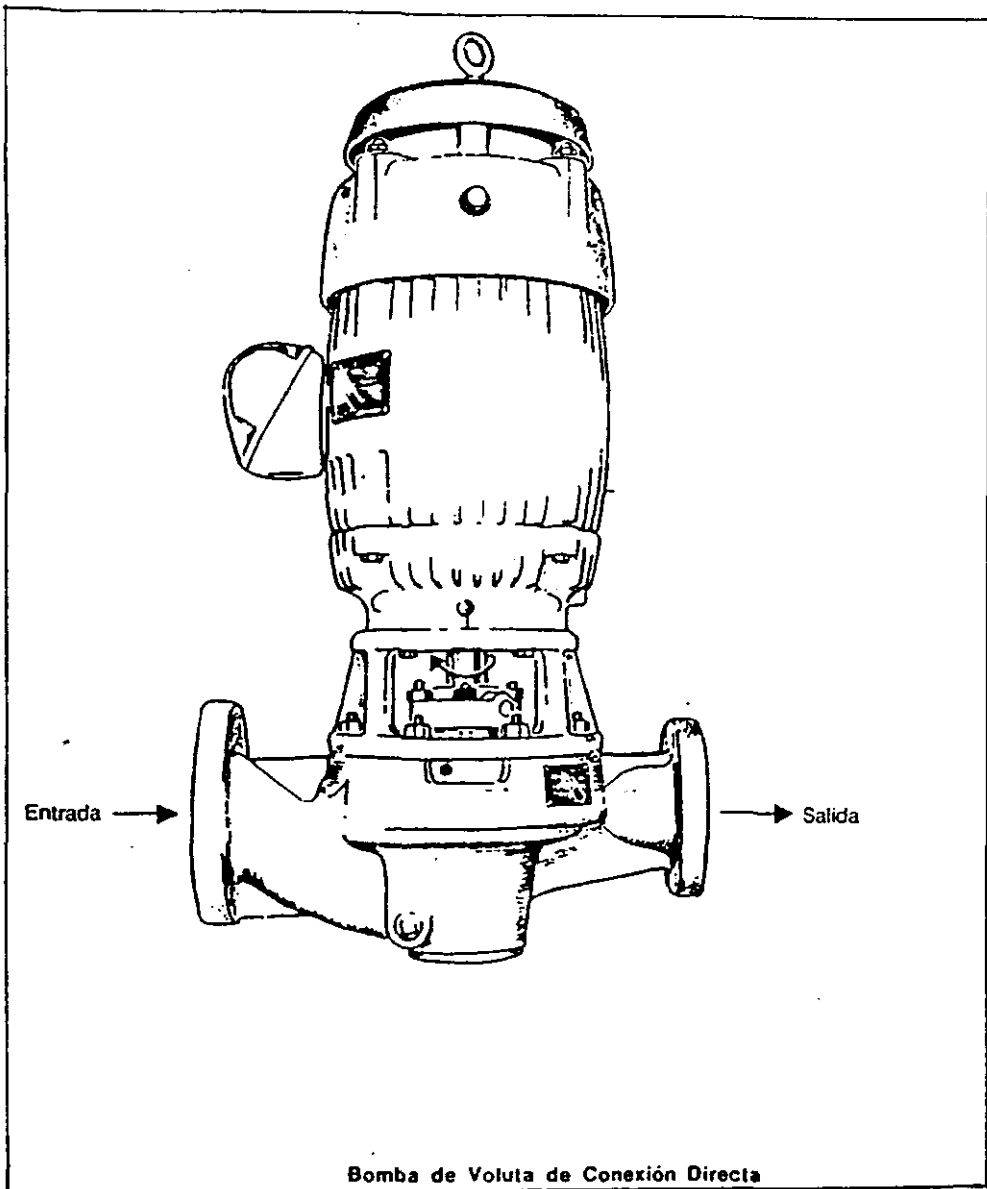
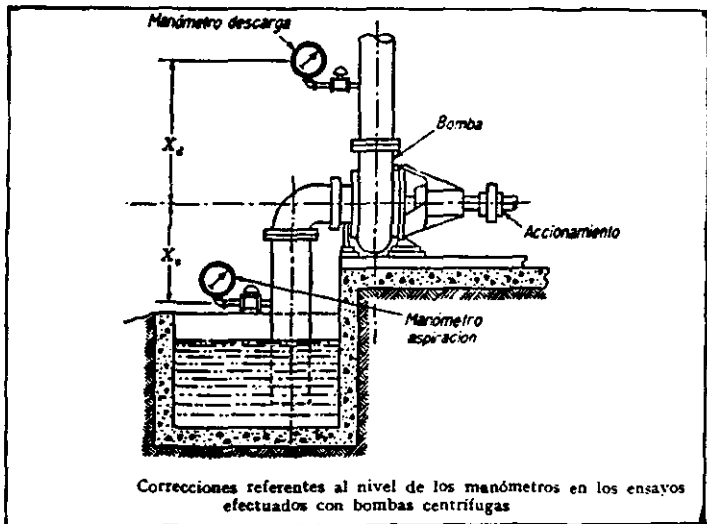


FIG. 1.4 E      PAG. 8E



Correcciones referentes al nivel de los manómetros en los ensayos efectuados con bombas centrifugas

FIG. 1.4 F



## **1.5 TIPO DE SISTEMAS DE AGUA.**

Los sistemas de agua pueden clasificarse: de un solo paso, recirculación en sistema cerrado, enfriamiento por conducción, o recirculación en sistema abierto, enfriamiento por evaporación. Debido a la gran cantidad de agua que debe tratarse, no es económico aplicar mucho tratamiento a los sistemas de un solo paso. Los únicos justificables posiblemente sean separación superficial, filtración y clorinación intermitente. Debido a que no existe concentración del agua la tendencia para formar depósitos o incrustaciones es mínimas. Si el agua tiene tendencias corrosivas, deberá usarse en la construcción de este sistema materiales apropiados, o usar capa protectoras.

En los sistemas de agua de recirculación cerrada, donde el agua no esta expuesta al aire o evaporación, la corrosión es su principal problema. Pueden usarse varios productos químicos para que el agua no sea corrosiva a los materiales de que esta construido el sistema. La clorinación o limpieza ocasional evita los depósitos de algas, las cuales bajan la transferencia de calor, y restringen la circulación del agua.

En los sistemas de circulación abierta donde la operación es la que produce el enfriamiento, tanto la corrosión como la incrustación son problemas inherentes en este sistema. La presencia de oxígeno, acentúa la tendencia a la corrosión, arrastrando hierro en el agua, para formar depósitos en las pilas. Debido a la acción de la evaporación resulta un incremento, en la concentración de sólidos en el agua. Dando por consecuencia la formación de incrustaciones en las superficies de transferencia de calor. Para obtener valores seguros en la operación, deberá usarse agua de repuesto que no contenga demasiados incrustantes, o sólidos que formen lodos, y mantener purga continua suficiente, así como tratamientos químicos para que este sistema opere satisfactoriamente en grandes unidades, aun cuando se tenga relativa escasez de agua.

Es importante conocer las partes que constituyen una bomba por la importancia que se tiene en el bombeo del agua, como complemento de operación ver el apéndice de las pagina 9<sup>a</sup>, 9B, 9C.

## **1.6 METODOS DEL TRATAMIENTO DEL AGUA.**

Existe buen numero de procesos para corregir las características indeseables de agua suministrada. Algunos son simples, baratos de aplicar y requieren poca atención, en cambio otros requieren equipo costoso y productos químicos que requieren alto grado de habilidad en la operación, separamiento, asentamiento o decantación, coagulación, aereación, clorinación, suavización por calentamiento, o tratamiento químico en reactores, destilación, cambiadores de iones; son los procesos usuales. Dependiendo de las características del agua de repuesto se usara uno o algunos de los procesos enumerados en secuencia adecuada.

## CAPITULO 2

### EQUIPOS Y PROCESOS PARA SEPARACION DE MATERIALES FLOTANTES

#### 2.1 QUE ES Y COMO FUNCIONA UN SEPARADOR.

El primer paso es separar el agua de materiales flotantes por medio de un sistema de protección flotantes, de una reja de la boca-toma. La construcción de este aditamento debe de ser fuerte para darle la mayor vida posible. La próxima zona de defensa después de la anterior, es una reja de metal con barras espaciadas a 2 o 3 plg. Esta reja debe colocarse en la entrada de la boca-toma con una inclinación de 15° de la vertical para levantar los materiales indeseables a la superficie. Deberán instalarse plataformas o pasillos para poder hacer la limpieza necesaria de esta reja. Estos pasillos o plataformas deben construirse en tal forma, que puedan utilizarse a diferentes niveles de operación. La siguiente línea de defensa para evitar el paso de residuos al sistema de agua de circulación, es el uso de rejillas móviles con tela de alambre de media a una pulgada por cuadro. El tamaño de la malla deberá ser menor que el diámetro de los tubos del condensador, para evitar su taponamiento. Estas rejillas móviles se mueven lentamente hacia arriba y se les provee con canastas colectoras de desechos o algún sistema que los elimine. Deberá tenerse suficiente superficie de rejilla en inmersión para obtener una buena operación. Los fabricantes dan los límites máximos de velocidad de flujo de agua. Deberá tener un sello adecuado a los lados y en el fondo para evitar que haya bay-pass de agua en la rejilla. Estas rejillas deberán lavarse para evitar la acumulación de desperdicio y para removerse, y ser llevado fuera hacia el lugar donde se colectan, evitándose el arrastre de ellos. Las mallas de la rejilla deberán revisarse frecuentemente, para observar que esta en buena condición. Se recomienda mantenimiento programado para mantener los soportes de la rejilla en buenas condiciones. Debe tenerse un buen mantenimiento programado, para la buena conservación de todas las partes de la rejilla recomendándose que se usen materiales adecuados, así como pinturas según las condiciones del agua. Deben disponerse de medios para levantar las rejillas móviles; también compuertas en las tomas, para cualquier reparación.

Se acostumbra tener rejillas estacionarias de la misma malla o menor, después de las rejillas móviles para dar mayor seguridad al sistema, se instalaran canastas colectores en el fondo de cada rejilla si se desea, se acostumbra, comúnmente, instalar dos rejillas en serie para poder limpiar una sin problemas de que lleguen al sistema materias extrañas mientras se limpian. Cuando el agua no esta muy sucia es suficiente el uso de las dos rejillas estacionarias eliminándose las rejillas móviles.

Deben programarse inspecciones frecuentes para asegurar que la rejilla esta limpia y no esta rota. Si la velocidad del agua es tal, o si el desperdicio acumulado esta tapando el paso del agua, se origina sobre la rejilla una presión tal, que puede dañarla y que haga difícil esta condición al sacarla, es por esto que se recomienda vigilancia en los turnos para evitarlo.

Cuando el agua se usa para otros servicios además del sistema de circulación y enfriamiento, se debe instalar para este nuevo propósito un filtro cerca de la succión de la bomba o al sistema en que se va a emplear. Se recomienda el uso de los filtros en paralelo del tamaño adecuado para que se puedan limpiar uno, mientras el otro esta en servicio; es usual la instalación de manómetros a cada lado del filtro para obtener la caída de presión a través de el y saber cuando deben limpiarse. Los filtros en la succión de las bombas evitan que los desperdicios o pequeñas piedras lleguen a la bomba, y sigan a los aparatos que esta alimenta, evitándose así fallas o daños. Debe tenerse sumo cuidado en mantener limpios los filtros de succión, pues de no hacerlo se corre el grave peligro de dejar a la bomba sin agua y que se dañen las partes en movimiento por la cavitación provocada.

## **2.2 QUE ES Y COMO FUNCIONA EL PROCESO DE DECANTACION.**

Cuando el agua es fangosa o trae arrastres de materiales y, también, cuando hay contaminación de aguas negras, mucho de este material se asentara si se le da tiempo suficiente para que por gravedad las partículas mas pesadas se depositen en el fondo. Este es un procedimiento económico para clarificación de agua, también la bacteria presentes pueden removerse por este procedimiento. Las partículas de las que se hacen mención deben tenerse por lo menos 0.01 mm de diámetro para que sean prácticamente asentadas por este método, a menos que su densidad sea demasiado baja se puede tener una buena decantación por el método que aquí se menciona. Los materiales mas pesado y las partículas mayores deben ser eliminados del fondo lo mas pronto posible para evitar su acumulación.

Si el agua se deposita en pilas la parte superior se clarifica debido a la decantación y a los sólidos que se acumulen en el fondo serán eliminados o removidos por algún procedimiento. Si el agua fluye continuamente a través de la pila debiera diseñarse para que se obtengan muy bajas velocidades y evitar que durante la operación haya arrastres de partículas sedimentadas. Las partículas sedimentadas deberan removerse continuamente por medio de toberas de agua de alta presión o bien usando rastras operadas mecánicamente, el uso de toberas de agua deberan ser correctamente distribuidas para obtener una buena clarificación. Si se usan rastras deberan operarse en tal forma y obtener un mínimo de perturbación.

## **2.3 QUE ES Y COMO FUNCIONA EL PROCESO DE COAGULACION.**

Si las partículas en suspensión o el color que ello provoca son de muy poca densidad, permanecerán en suspensión definitivamente. Estas partículas pueden agruparse para que sea posible su asentamiento usando materiales floculantes, tales como aluminio, sodio, aluminato, sulfato férrico, oxido de magnesio. Las cuatro sustancias antes mencionadas son muy comúnmente usadas como coagulantes. Las características del agua que se va a tratar debe ser cuidadosamente consideradas para escoger el mejor coagulante. El uso de estos materiales requerirá un mínimo de cambio en el pH, así como una acción efectiva

precipitante. A menudo la oxidación de hierro u otros materiales presentes en el agua debido a la aereación o por la adición de cloro da un correcto efecto coagulante.

Las pruebas de laboratorio determina el más efectivo pH del agua para los diferentes coagulantes de esta forma se puede establecer el mejor material para cada caso determinado.

Cuando las características del agua cambian constantemente, debe tenerse un control muy efectivo para tener el mejor tratamiento posible, y obtener continuas muestras de laboratorio cuando el caso lo requiere.

Es esencial que el coagulante sea perfectamente disuelto y después se inyecte al agua que se va a tratar. Debe usarse algún agitador mecánico tal como se muestra en la figura 2.3 de la pagina 12A donde se muestra un clarificador, es de recomendarse que se obtenga una correcta circulación de floculante y el agua debido a que el intimo contacto de los dos es muy útil en la obtención de un mínimo de gastos en productos químicos y las mejores condiciones del agua.

Después de que se ha hecho la solución de floculante varios dispositivos se utilizan para introducirlo, y permitir el asentamiento de lodos, así como la forma de extraer el agua clarificada. Debe hacerse un cuidadoso ajuste de la velocidad de los agitadores.

Debera hacerse un ajuste cuidadoso de la velocidad de agitadores, así como del ajuste de canales y compuertas para asegurar una separación suave del agua y el floculo. Se requieren frecuente contralavados de lodos para evitar que se acumulen en las tuberías y se eviten su solidificación. El uso de tubos de muestreo a varias alturas o de un tubo móvil es útil para determinar la altura y tipo del floculo que se ha formado y la altura del material que se ha asentado.

## **2.4 QUE ES Y COMO FUNCIONA EL PROCESO DE FILTRACION.**

Después de la separación, decantación o coagulación es necesario clarificar el agua pasándola a través de un filtro para remover los sólidos suspendidos que contiene. Poco o ningún efecto sobre los sólidos disueltos o los gases en el agua puede obtenerse normalmente por el filtrado. Los filtros pueden hacerse de una o más clases de materiales porosos de diferentes tamaños, tales como, arena, grava, carbón o carbón vegetal, excelsior, tela de asbestos, esponja etc. El material filtrante más usual para agua fría es la arena y grava; cuando se tiene temperatura sobre 125 °F, el carbón antracita de tamaño adecuado es muy popular, debido a que no contamina de silica cuando el agua es alcalina cuando ocurre con la arena.

La acción de los filtros depende de los espacios pequeños entre particulas. A medida que fluye el agua a través de las particulas deposita los residuos en esos espacios y también el paso del agua a través del material filtrante forma canales. La mayor parte de la acción filtrante tiene lugar a 6 plg de la parte superior de la cama.

Las camas deben incrementarse gradualmente al tamaño del material que se usa, partiendo de la parte inferior hacia arriba, es decir los materiales de mayor tamaño de la cama filtrantes deben de estar en el fondo y los más pequeños en la parte superior.

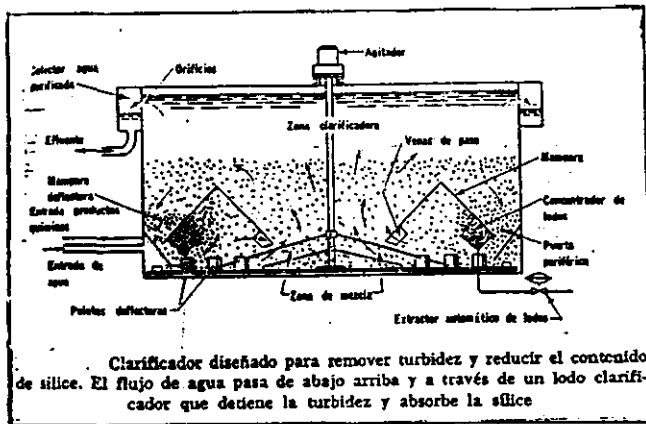


FIG. 2.3 A PAG. 12A

En filtros hechos de material granular, el agua fluye hacia abajo a través de la cama filtrante y es recogida en la parte inferior a través de lumbreras y pequeñas puertas que evitan que el material filtrante pase.

A medida que el material que contiene el agua se va acumulando en el material, la resistencia al flujo de agua se incrementa hasta que es necesario un contralavado del filtro. Si el agua fluye a gran velocidad, esta tiende a formar canales a través de las capas superiores o las más finas y by-passeando parte del agua, restando efectividad filtrante. El contralavado tiende a acomodar nuevamente las partículas finas de las camas y reacomodarlas en su lugar correspondiente. La velocidad del agua cuando fluye hacia arriba debe ser controlada, pues es importante evitar un alto flujo que pueda dar por consecuencia arrastre de partículas en la cama filtrante al exterior. Las condiciones de contralavado son indicadas por los fabricantes, así como el ajuste de orificios, compuertas y válvulas operadas por flotador con objeto de regular correctamente el flujo del agua. Cuando se hace el contralavado debe ajustarse el flujo del agua e irse incrementando lentamente para tener oportunidad de que se lleve un control exacto de ello y regular el flujo de contramatao, que debiera ser a intervalos correctos, pues se desea conservar la cama en buenas condiciones y evitar que se apelmace o se apriete, no obstante que la caída de presión a través del filtro puede posiblemente no delatar que se encuentra sucio. El agua filtrada debe usarse para retrolavar, el filtro, usando aproximadamente de 2 a 3% de la capacidad promedio.

La intensidad del retrolavado cambia bastante, y depende del tipo de material de la cama; una revisión después de una corta operación, es muy importante es muy importante para ver que si se retrolava adecuadamente. Los filtros pueden ser de tipo de gravedad o presión, dependiendo de la columna que existe entre el filtro y la descarga.

Para eliminar la necesidad de instalar una bomba en la salida del filtro, se acostumbra que estos estén herméticamente cerrados en tanque de acero, colocados vertical u horizontalmente, y en estas condiciones, se puede hacer fluir el agua a través de la cama del filtro, con poca caída de presión relativamente. Los filtros de presión vertical como se muestran en la fig. 2.4 en las paginas 13A y 13B. Dan una mejor distribución de flujo, pero su construcción practica, se limita hasta cierta capacidad.

De haber posibilidades de que se pueda conocer la pérdida de presión a través del filtro, así como de medidores de agua y retrolavado.

Deben tenerse limites recomendados para caída de presión. La capacidad filtrante, y capacidad de retrolavado, debe ser cuidadosamente observadas y revisadas; Por inspecciones visuales del filtro. En los filtros de tipo cerrado o de gravedad, deben tenerse medios para eliminar el aire que se acumule y que puede causar formación de canales en las camas.

Los filtros mecánicos se emplean muchísimo para quitar las materias que el agua tiene en suspensión, especialmente cuando se ha tratado químicamente y contiene partículas de precipitados. Los filtros de presión se construyen con las envolventes de acero en la posición horizontal o vertical, dependiendo del espacio disponible para la instalación. Sea cual fuere el tipo, su mejor emplazamiento es en la salida de la bomba de agua tratada. El agua que se ha de filtrar circula en sentido descendente a través de capas de diferentes materiales de varios tamaños. Los materiales filtrantes mas corrientes son: arena, magnetiza, calcita, y antracita. En las aguas de alimentación de calderas la sílice se muy perjudicial, debido a que forma una incrustación densa y muy dura. Esta incrustación de las superficies de caldeo de los generadores de vapor y de los recalentados y alabes de

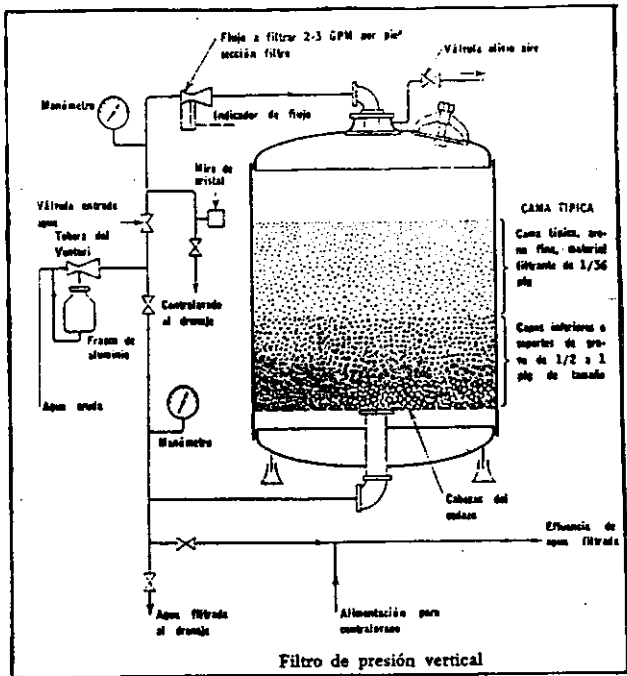
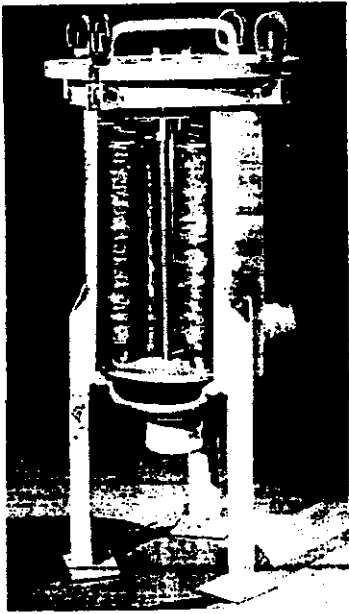
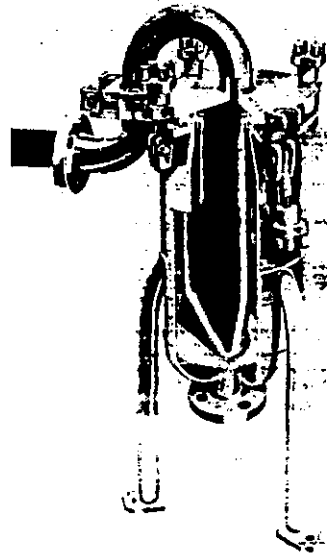


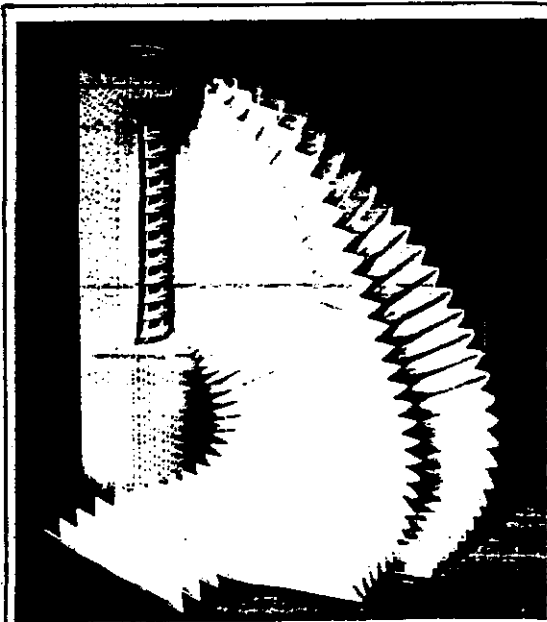
FIG. 2.4 A



Cluster of filter cartridges in a single chamber. (Courtesy Filterite Corp.)



This three-dimensional cutaway drawing illustrates the filtering operation of the GAF® filter-bag pressure filter system, showing the flow patterns of unfiltered liquid through a preselected micronrated felt filter bag which renders the desired quality of filtered product.



Cartridge type filter-pleated membrane. (Courtesy Gelman Instrument Company.)

FIGS. 2.4 B      PAG. 13B



turbinas, que se produce cuando la sílice es arrastrada por el vapor, es muy grave. Es preciso evitar el arrastre de sílice de los lechos filtrantes, lo cual se consigue empleando lechos de antracita, de granulometría apropiada y de transición uniforme, desde el tamaño grueso hasta los finos.

Añadiendo coagulantes al agua durante el filtrado se contribuye intensamente a poder mantener una velocidad de filtración elevada. Los coagulantes mas corrientes son: alumbre, sulfato de aluminio, y sulfato de hierro. Al añadir al agua estos productos reaccionan con las sales alcalinas producidas por los bicarbonatos o carbonatos cálcicos y magnesico, formando precipitados voluminosos: los de hidróxido de aluminio o de hierro. Este hidróxido gelatinoso al depositarse forma una esterilla en el material filtrante, la cual retiene eficazmente las pequeñas partículas de materias en suspensión. Para añadir los coagulantes al agua que se trata de filtrar se emplean dispositivos automáticos.

## CAPITULO 3

### TRATAMIENTO DEL AGUA

#### 3.1 COMO FUNCIONA EL PROCESO DE AERACION.

La aereación puede usarse para remover gases disueltos indeseables en el agua, tales como bióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno o cloro en exceso. Debido a que la concentración de estos gases es muy baja en la atmósfera y la solubilidad del gas en agua es directamente proporcional a la presión parcial de la atmósfera que lo rodea, la cantidad de exceso de gas disuelto del agua, será rápidamente eliminada y llevada hacia el ambiente. Igualmente, para eliminar los malos sabores y olores en el agua se recomienda la aereación cuando las causas son gases volátiles o aceites.

Debido a la naturaleza del proceso de aereación, el agua se satura con nitrógeno y oxígeno debido a la gran proporción que contiene el aire. El nitrógeno es relativamente inerte, pero el oxígeno disuelto puede producir oxidación de hierro y manganeso. El oxígeno también se usa para oxigenar la materia orgánica en los tratamientos de aguas negras.

Para obtener buena aereación, deberá estar suficientemente expuesta el agua en contacto con el aire para que se cambie el equilibrio del gas y pueda proceder una completa estabilidad. Incrementando la superficie de contacto aire-agua, la cantidad de aire disponible, así como el tiempo o temperatura de proceso, se tienen los complementos de una buena aereación.

La aereación se utiliza mucho, en aguas que contienen bióxido de carbono, así como hierro o manganeso. La remoción de bióxido de carbono usualmente se puede llevar a valores inferiores, tan practica como de 10 a 15 ppm lo que eleva el pH del agua considerablemente; y con oxidación del hierro o manganeso se obtiene una precipitación del hierro como hidróxido férrico y de manganeso como hidróxido de manganeso. La adición de algún álcali puede ser necesaria para obtener una completa precipitación del hierro.

Removiendo el bióxido de carbono y elevando el pH del agua, la corrosividad del agua se reduce aun cuando se incremente el oxígeno contenido, lo cual puede ser un factor en contra. Una aplicación similar es la aereación del agua proveniente de suavizadores de zeolita de hidrogeno después del tratamiento ácido.

Los requerimientos de cal en los suavizadores de agua o coagulación se reducen por la cantidad de bióxido de carbono que se detrae; por esta razón debe de hacerse una remoción completa de bióxido de carbono para hacerlo económico, en particular si el agua que esta entrando al sistema tiene un alto contenido de bióxido de carbono. La aereación del agua así como la exposición de la luz y el polvo, son responsables de la acumulación de algas.

Si el agua contiene hierro o manganeso, estos pueden usarse como precipitados para ayudar a la coagulación y clarificación del agua reduciéndose, por consiguiente, las necesidades de coagulantes. Debe considerarse en el diseño, los medios para poder remover periódicamente los precipitados de hierro en la charola del deareador, así como en la pila. También se instalara una toma de agua para que sea mas fácilmente lavable después que los depósitos han sido removidos en su tamaño mayor.

La aereación puede efectuarse en diferentes formas, dependiendo de la cantidad de agua que se va a manejar las impurezas que se van a remover. En un método el aire puede comprimirse y después burbujearse a través del agua. Debe tenerse cuidado en la correcta distribución de las líneas y distribuidores para obtener una correcta e igual saturación del aire en todas partes. Las burbujas de aire tienen por objeto, obtener una buena mezcla con el agua provocando coagulación y clarificación.

El otro método de aereación es por la exposición de grandes superficies del agua en la atmósfera. La exposición se puede hacer en lagunas corrientes, cascadas, represas, o serie de cacerolas de coque. En tuberías rociadoras, cajas receptoras para descargar el agua y aerear, también se pueden construir torres con separadores y pulverizadores de madera e introducir aire por la parte inferior por las paredes con un ventilador, llamándose aereadores de tiro forzado. Con objeto de tener el agua el máximo tiempo expuesta al aire, se le deja caer por una serie de cajas perforadas, que obliga a decrecer la velocidad del agua. Las cajas o separadoras están separadas entre sí de 8 a 18 plg con una caída libre de 3 a 6 plg. Si se usan placas atomizadoras, estas tienen por objeto que el agua golpee y se rompa en gotas, una caída de 2 a 4 pies es aconsejable.

Cuando la velocidad del viento es el procedimiento de suministrar aire fresco y este proviene de los vientos dominantes, la cantidad del aire variará según el tiempo. Cuando se usa un ventilador para forzar el aire a través del agua, se tiene mayor capacidad de aereación, constante, por unidad de volumen. La diferencia de aereación por ventilación, natural y forzada incluye los costos de los ventiladores, estructuras y costos de bombeo.

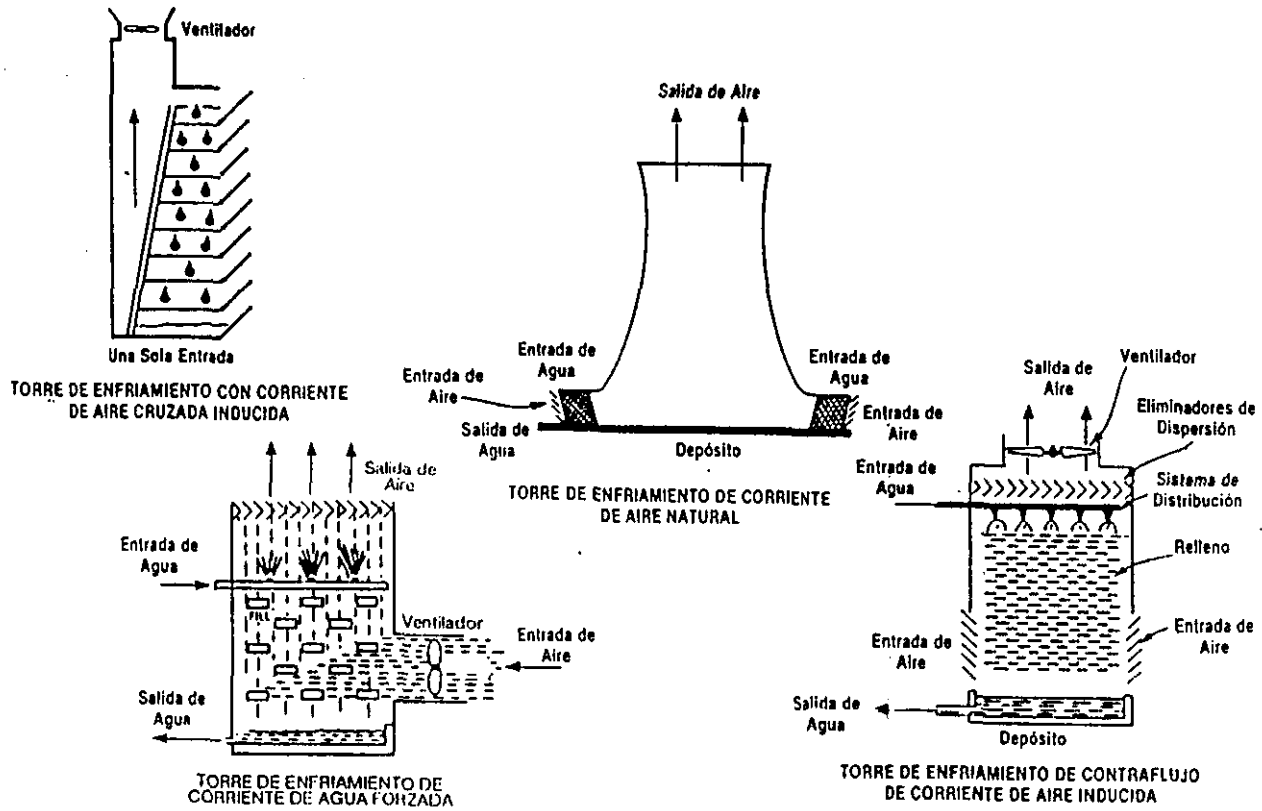
Los aereadores de tiro natural, están sujetos a fuertes pérdidas por viento, en tiempos de vientos fuertes, y los atomizadores en estas condiciones, pueden producir molestia en su alrededor en comparación con los aereadores de tiro forzado que tienen pocas pérdidas por viento si se tiene correcta construcción, de las mamparas internas.

Las toberas que usan agua a presión de 3 a 15 plg tienen una gran superficie de exposición, y se requerirá un gran lugar para una buena operación, lo que da por consecuencia pérdidas por viento. Las torres de enfriamiento pueden usarse para aereación del agua, así como enfriamiento, por tal motivo el agua de repuesto debe introducirse a la torre antes que al sistema. Ver figuras 3.1 de las paginas 16A, 16B y 16C.

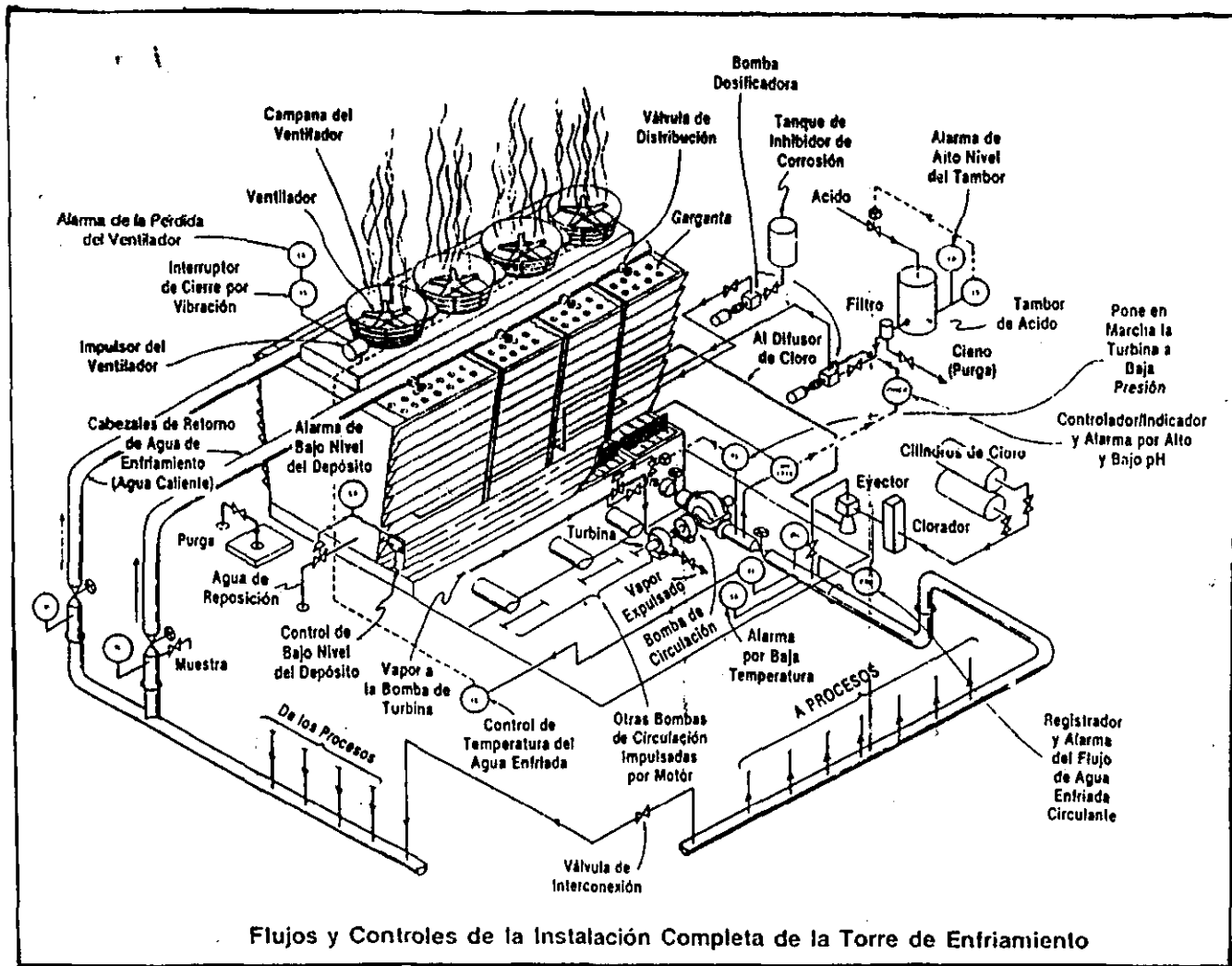
Debera hacerse una revisión inicial y después periódicas para observar la correcta distribución del agua y el aire, limpieza de los distribuidores, correcta colocación de las mamparas y las placas atomizadoras, así como la correcta operación de los atomizadores, y su ajuste si el caso lo requiere. Debe hacerse frecuentes análisis del agua que entra y la que sale del aereador para constatar la efectividad del aparato.

### **3.2 COMO FUNCIONA EL PROCESO DE CLORINACION.**

La clorinación del agua, es el trabajo principal para prevenir la acumulación de algas en las superficies de los cambiadores de calor en los sistemas de condensación y en otros



Otros Tipos de Torres de Enfriamiento



Detalle de la Torre de Enfriamiento

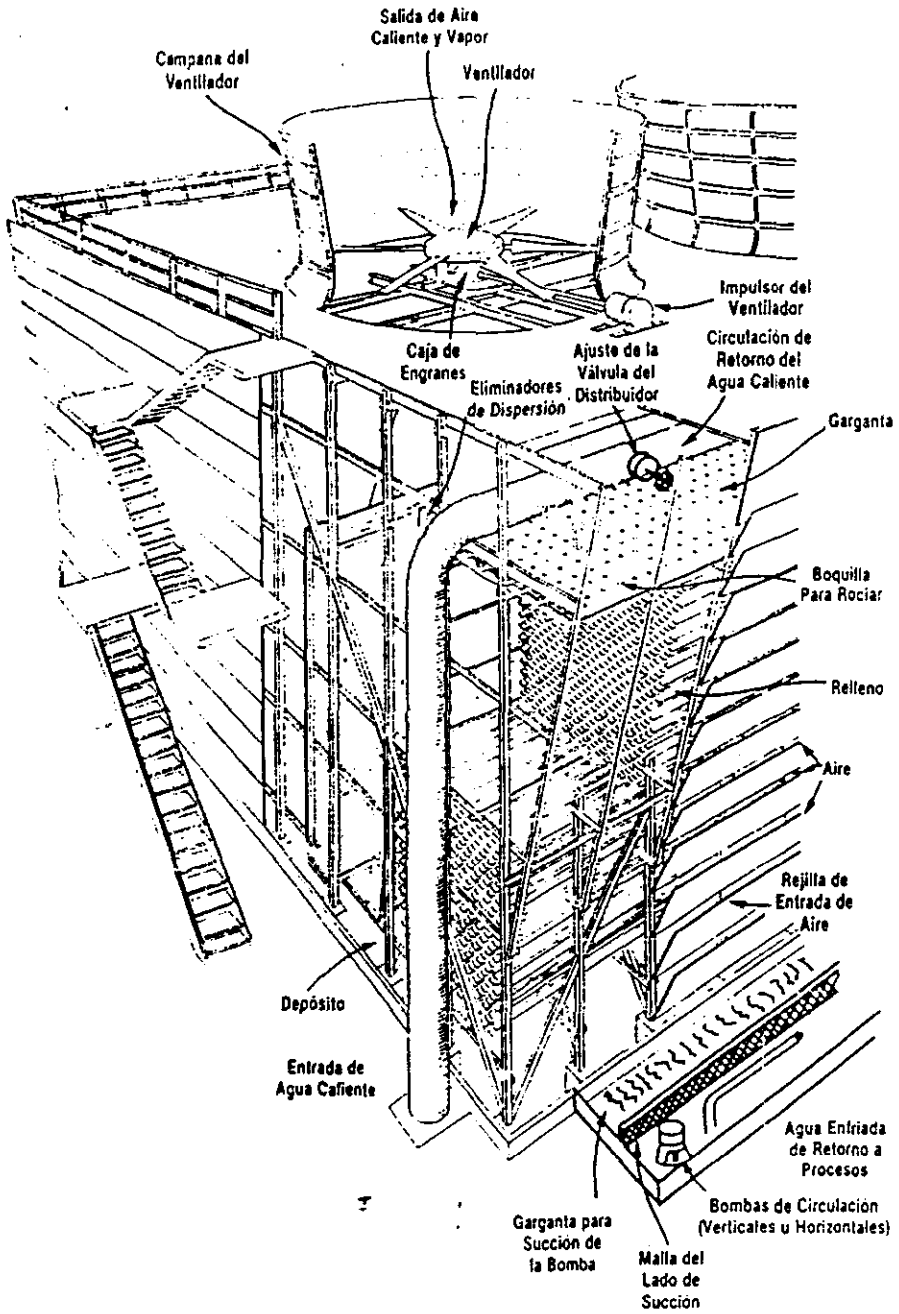


FIG. 3.1 C PAG. 16C

cambiadores de calor en los sistemas de condensación y en otros cambiadores de calor que están en circuitos de enfriamiento. Puede también usarse para esterilizar el agua que se usa para propósitos personales y proveer así también, una completa remoción de hierro disuelto en el agua.

El gas cloro licuado es la forma más barata y más ampliamente usado para este objeto. Se puede usar también hipoclorito de calcio o sodio, que se una forma menos pura en forma de polvo para obtener cloro, esta forma de clorinación esta menos extendida y se usa en pequeños sistemas. El cloro libre se obtiene cuando el hipoclorito se disuelve en agua. Aunque este método es mas caro, el polvo es mas seguro y fácil de manejar.

El cloro es muy peligroso e irritante a los ojos y pulmones, debe tenerse un cuidado apropiado, así como equipo par usarse y manejarse ya sea en forma liquida o gaseosa. Cuando esta libre de agua puede almacenarse en recipientes de acero y pasarse a través de válvulas de acero y tuberías sin ningún problema. Cuando se disuelve en agua forma ácido hipocloroso el cual es muy corrosivo a la mayor parte de los metales. La plata es prácticamente el único metal que resiste satisfactoriamente su acción. El vidrio y el hule son otros materiales que también resisten.

El cloro es usualmente recibido en tanques de acero con un peso neto de 100, 150 o 2000 lb. Deben tenerse a la mano medios para descargar y acomodar los cilindros grandes, así como soportes para colocarlos en su lugar. Los cilindros pequeños, usualmente, se manejan con facilidad vertical, pero los cilindros de 2000 lb, deben colocarse correctamente en su posición para su uso.

La presión del gas en los cilindros depende de la temperatura del cloro liquido. A medida que el gas se va vaporizando, el calor de vaporización del gas es removido del liquido y su temperatura será reducida tan baja que se solidifique él liquido, evitando o haciendo difíciles posteriores vaporizaciones y esos serán a costa del calor que reciba de la parte externa. Para prevenir averías por cilindros congelados, deben proveerse diferentes números de tanques para que se coloquen en paralelo y se tenga el gas que se requiera, y se produzca en tal forma que los cilindros no se congelen.

El uso de 400 a 500 lb/ ida de un tanque de tonelada puede ser fácilmente obtenido o bien una cantidad suficiente de pequeñas unidades para obtenerlos sin congelación. En climas en donde la temperatura ambiente es debajo de 0°C se aconsejan que los cilindros se coloquen dentro de compartimientos. En lugares muy calientes y si los cilindros están expuestos directamente a los rayos del sol, sin que exista una buena ventilación, la temperatura de los cilindros puede elevarse a mas de 140 °F. Esto puede ser suficiente para elevar la presión de cloro a puntos tan altos que pueden romper el disco de seguridad del cilindro. Si existe suficiente circulación de aire puede manejarse los cilindros a la intemperie satisfactoriamente, sin embargo, si todos los cilindros en uso están en un cabezal común, deben conservarse a la misma temperatura, si uno de ellos se enfria mas, recibirá gas de otros cilindros llenándose peligrosamente.

Si los cilindros de cloro se almacenan o se usan dentro de compartimientos, debiera tenerse ventilación por medios mecánicos para remover los gases mas pesados, a través de un ducto que los tome cerca del piso. Si se usan en la intemperie las corrientes de aire naturales serán suficientes para prevenir concentraciones peligrosas de gas.

Debe tenerse a la mano mascararas de gas, convenientemente instaladas para poderlas usar en el caso de una fuga de cloro.

El cloro se combina directamente con algunas materias orgánicas y bacteria. Reacciona con materias inorgánicas tales como, hidróxido ferroso, sulfuro de hidrogeno, después que se

combina con las materias orgánicas e inorgánicas mencionadas, el exceso de cloro ataca a la bacteria presentes en el agua. Las bacterias además de ser un peligro para la salud causa la formación de algas. Las diferentes clases de algas requieren diferentes concentraciones cloro residual, para matarlas efectivamente. La mayor parte de ellas necesitan de 1 a 2 ppm durante pocos minutos para controlarlas. A medida que se aumenta la concentración de cloro, el cloro residual aumenta, al llegar al punto de ruptura se observa que el cloro residual aumenta en mayor proporción que el cloro alimentado. Alcanzando o pasando el punto de ruptura, es un síntoma de que se han verificado las reacciones completas, pero no siempre este punto es suficiente para controlar las molestias de las algas.

La formación de algas depende, principalmente, del tipo de agua, temperatura, exposición a la luz, así como el tipo de bacterias presentes, se ha encontrado que la alimentación intermitente de cloro es tan efectiva como la alimentación continua y aun más, y, por lo tanto, mucho más económico. La alimentación continua, hace a las bacterias resistentes al cloro a menos que se tengan altas concentraciones, por esta razón el cloro, usualmente, se alimenta a los sistemas de circulación de 15 min a 1 hr en periodos de 4 a 24 hrs.

La alimentación del cloro o soluciones hipocloritos, puede hacerse manual o por clorinadores con programación automática. El cloro es usualmente, disuelto en eyectores de agua, donde el gas esta en contacto intimo con el agua y es rápidamente absorbido. La solución de ácido hipoclorico así formada, o solución hipocloritica es alimentada a un punto donde se mezcla perfectamente con el agua que se va a tratar. La adición debe hacerse al agua en tal forma de controlar la formación de algas en el condensador y otros cambiadores de calor. Pues de otra manera, se desaprovechara el cloro si va a partes del sistema que no necesita tratamiento.

En virtud de que la presión del gas disminuye al estarse usando, así como por congelación del cloro liquido, es necesario instalar indicadores de presión para regular la presión al eyector mezclador. Se instala un manómetro con diafragma para evitar que el cloro este en contacto con las partes intimas del diafragma.

El eyector de agua o aspirador, se ajusta para producir vacío en el punto de admisión de cloro, esto evita posibilidad de fuga de cloro al ambiente. Muchos clorinadores incorporan alguna forma de medición, lo cual indica la proporción de la alimentación de cloro y si varia el flujo de agua se variara la alimentación de cloro proporcionalmente.

En la siguiente figura muestra los dispositivos de un clorinador, se hará instalación de líneas y válvulas de tanques de cloro a la admisión de cloro en el aspirador, en donde el gas es absorbido por el agua, por lo que se forma un vacío entre el punto de corte del gas y el punto donde se mezcla el agua y el cloro, formando la solución hidroclososa, debido al vacío y formada la solución iria hacia el punto de corte del gas. El corte simultaneo del agua y solución, corte del gas y subsecuente lavado de líneas, o venteando la linea de gas, son los métodos para resolver este problema. Las tuberías, juntas, empaques de válvulas, conectores de botella, pueden permitir fugas de cloro. Las válvulas de cloro deben moverse diariamente para evitar corrosión y que se peguen.

El uso de una pequeña botella de amoniaco destapara nos detectara las fugas de cloro, por la formación de pesado humo blanco. El cloro se detecta por el olfato cuando existe concentración suficiente. Las fugas deben repararse inmediatamente. El amoniaco detectara si un cuarto esta libre de cloro y también como un contrairritante si se ha aspirado a los pulmones, esto se hará con precaución, pues la cura puede ser peor. Deben usarse mascarar del tipo apropiado si existe contaminación del cloro. En caso de fuerte exposición de cloro,



las persona afectada debera acostarse boca arriba en un ambiente de aire puro hasta que llegue un medico. Ver figuras 3.2 de las paginas 19 A.

### 3.3 COMO FUNCIONA EL PROCESO DE SUAIVIZACION.

**Dureza del agua.** El concepto de dureza tal como se aplica al agua significa la propension a formar incrustaciones y a su poder precipitante en las soluciones de jabón empleadas para determinarlas. Según sea la naturaleza de las impurezas contenidas la dureza de las aguas puede ser temporal (carbonatos) y permanente. La cantidad de cualquier substancia productora de incrustaciones puede expresarse en partes por millón(p.p.m.) de carbonato cálcico equivalente( $\text{CaCO}_3$ ) contenido en el agua. En el caso de interesar expresarla en grains por galón, la conversión se efectúa dividiendo las partes por millón por 17.1. en aguas naturales la dureza puede ser desde menos de 10 p.p.m. la cual es baja, hasta mas de 1800 p.p.m., la cual hacen inutilizables las aguas que la poseen para fines industriales. El contenido equivalente en p.p.m. correspondientes a las substancias productoras de incrustaciones no basta para definir la calidad de un agua destinada a la alimentación de calderas, toda vez que todas las impurezas no son igualmente perjudiciales.

Las aguas con dureza temporal pueden ablandarse hirviéndolas o calentandolas suficientemente. Con este método de purificación el  $\text{CO}_2$  es liberado, formándose precipitados relativamente insolubles de calcio y magnesio, ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ). Puede escribirse la reacción siguiente:

Sulfato cálcico mas calor es igual carbonato cálcico mas agua mas bióxido de carbono  
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{calor} = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Y también

Sulfato magnesico mas calor es igual a magnesio cálcico mas agua mas bióxido de carbono  
 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 + \text{calor} = \text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Los lodos formados se sacan de la caldera con el agua de purgado, o bien se retiran del calentador de agua de alimentación. Las incrustaciones formadas por aguas con dureza temporal son más blandas y porosas que las que poseen dureza permanente. En estas ultimas no basta solamente calentarlas para eliminar los sulfatos cálcicos y magnesico. Las sales sodicas en disolución se evacuan purgando las calderas cuando su concentración es excesiva; este es el único procedimiento. Por la acción del calor y la presión los cloruros y nitratos tienen tendencia a descomponerse para formar ácidos corrosivos.

La dureza en el agua esta asociada con la presencia de varios iones metálicos, calcio y magnesio en ella. Suavización, es el proceso de remover o alterar los caracteres de estos iones. Si el calcio o magnesio se combinan con el ion bicarbonato como  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  o  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  calentando el agua al punto de ebullición, desprenderá bióxido de carbono cambiando, los elementos carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  y carbonato de magnesio  $\text{MgCO}_3$  estos compuestos son muy insolubles por lo que se precipitan formando lodos e incrustaciones. El carbonato de magnesio no se precipita por calor, pero el hidróxido de magnesio es muy insoluble, esto es, que el magnesio puede removerse con el hidróxido por la aplicación de calor mas la adición de algún álcali químico. Si el agua dura no es tratada previamente, esta acción ocurrira en la caldera misma formando incrustación.

La mayor parte de los suavizadores se hace por reacción química, usualmente incluye el uso de cal y carbonato de sodio, el proceso puede hacerse en frío, o en caliente, este ultimo

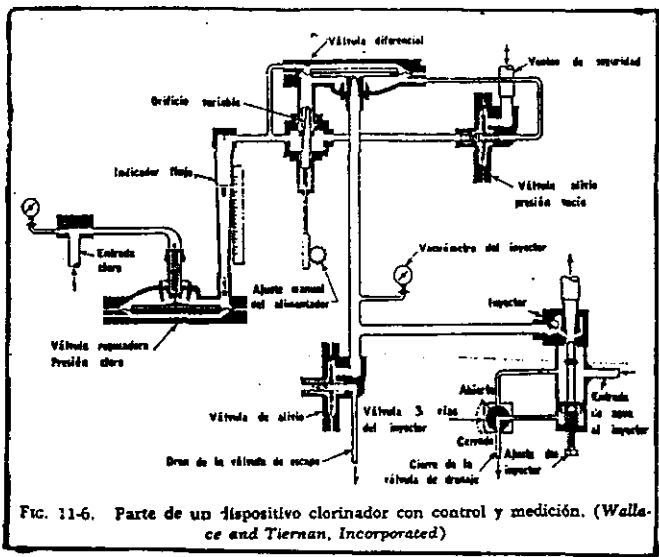


FIG. 11-6. Parte de un dispositivo clorinador con control y medición. (Wallace and Tiernan, Incorporated)

se hace más rápido y con reacciones mas completas, pero posiblemente en algunas situaciones tengamos perdidas de calor en ciertas condiciones. La cal en cualquiera de sus formas, viva o apagada  $\text{CaO}$   $\text{Ca(OH)}_2$  reacciona con el bicarbonato de calcio y magnesio para formar hidróxido insoluble de magnesio y carbonato de calcio. La cal reacciona otras formas de dureza de magnesio no carbonatados. Como sulfato de magnesio  $\text{MgSO}_4$ , y cloruro de magnesio  $\text{MgCl}_2$ , que pueden disolverse en el agua. Si se usa el carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para eliminar la dureza del calcio no carbonatado, esto reacciona con la impureza no carbonatada, con sulfato de calcio  $\text{CaSO}_4$ , o cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$ , para formar sulfato de calcio insoluble y sulfato de sodio o cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$ , para formar carbonato de calcio, sulfato de sodio o cloruro de calcio nace, ambos son altamente solubles y no depositan incrustación. Debe notarse que la dureza removida por el uso de cal, resulta un decremento en los sólidos totales en el agua, en cambio el uso del carbonato de sodio (soda ash) únicamente convierte los sólidos de calcio o magnesio o compuesto de sodio.

En alguna agua que tiene una relación de dureza por carbonato y no carbonatado puede usarse sosa cáustica en vez de cal y carbonato de sodio. Ver figuras 3.3 de las paginas 20 A, y 20B.

El agua que tiene considerable contenido de sodio, es por que su alcalinidad es mayor que su dureza total, puede requerir el uso de sulfato de calcio  $\text{CaCO}_3$  para remover el carbonato de sodio que se forma por la reacción de bicarbonato de sodio y la cal.

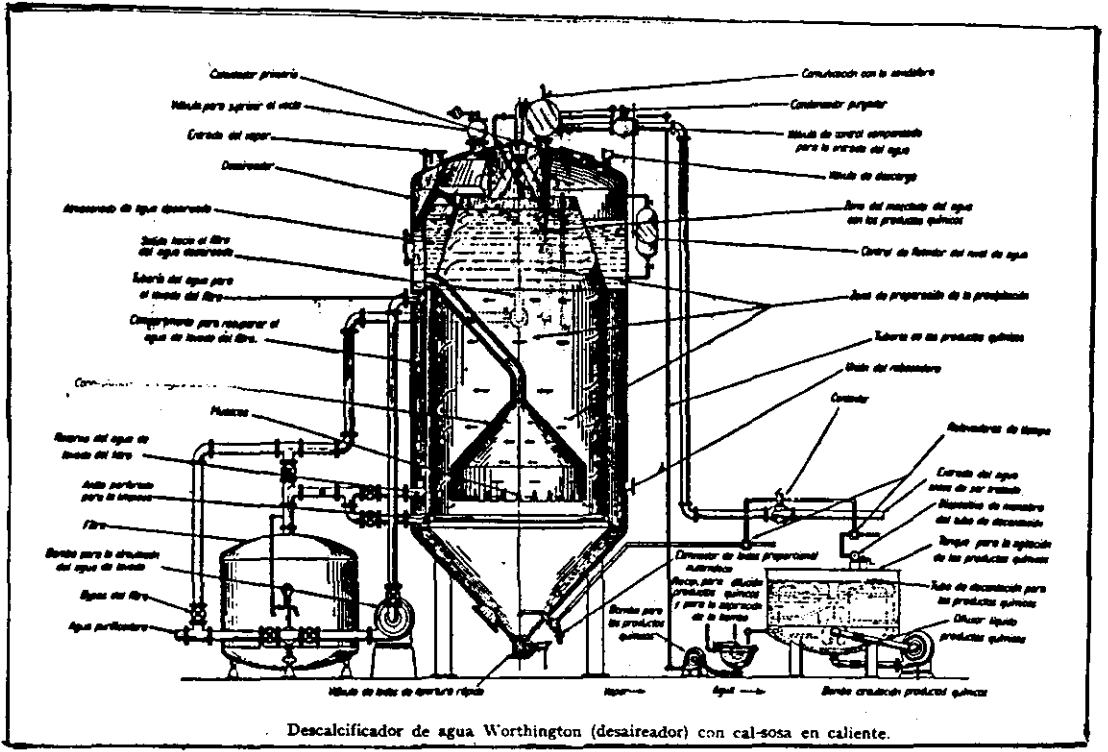
Debe preverse el asentamiento, coagulación y filtrado de los sólidos precipitados. El carbonato de calcio es pesado y de naturaleza cristalina, el hidróxido de magnesio es gelatinoso por lo natural y ayuda a coagular las particulas más finas precipitándolas, esto ayuda a remover bacterias en el agua. Si existe suficiente magnesio, el hierro y magnesio se precipitan cuando existe oxido de carbono en solución, el cual se remueve por el ion hidróxido de la cal, el que actúa como coagulante. La recirculación del lodo en el suavizador es útil y en ciertas causas la adición de oxido de magnesio, aluminato de sodio o alguna sal de hierro, ayuda a la coagulación si se hace necesario.

Los suavizadores pueden ser de tipo intermitente o continuo y pueden de diferentes formas usualmente el agua se mezcla bien con productos quimicos y coagulantes, y se agitan; se hace parar de abajo arriba pasando a través de una cama de lodos que opera como un filtro. La cama de lodos permanece constante a base de purgas intermitentes. Un suavizador de proceso caliente típico se muestra en la siguiente figura. Se emplean filtros de presión tanto en los suavizadores intermitentes o continuos, con recirculación de lodos y estos últimos dan agua con baja turbidez.

Si el agua que se trata cambia en calidad y cantidad, deben hacerse pruebas periódicas para obtener buena suavización, sin desaprovechar los productos quimicos. En los suavizadores con recirculación de lodos, debe ajustarse la velocidad de agitación, y alturas de lodos, para compensar los cambios en características del agua, temperatura y flujo.

Son necesarios algunos idas para obtener una buena condición y altura de lodos. En el arranque de una planta para ahorrar tiempo, productos quimicos particularmente coagulantes, se usaran varias proporciones para obtener una buena dosis para que se asiente.

Antes de llenar un suavizador debe revisarse cuidadosamente, evitándose fugas, que sea correcta su instalación en su interior, correcta instalación de tubos de muestra, alineamiento correcto de sus partes mecánicas móviles. Usualmente s un buen trabajo llenar y desaguar el suavizador, limpiarlo, reparar fugas y que todo opere correcto antes de ponerlo en servicio por primera vez. Bombas para substancias quimicas, alimentadores y controles



Descalcificador de agua Worthington (desaireador) con cal-sosa en caliente.

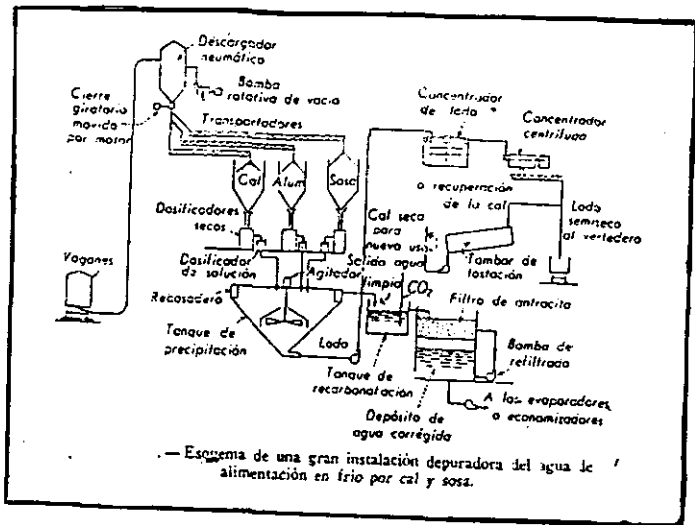


FIG. 3.3 B

deben ajustarse y lubricarse. Suficiente cantidad de sustancias químicas necesarias debe estar a mano antes de ponerlo en servicio. Los operadores deben entrenarse en pruebas rutinarias procedimientos preliminares de operación.

Los procesos en frío usualmente no bajan la dureza debajo de 80 a 100 ppm, mientras que el tipo de lodos en frío trabajara a una dureza residual debajo de 50 a 70 ppm y usan pequeñas cantidades de productos químicos. Los procesos cal-carbonato en caliente, reaccionan en valores tan bajos como de 10 a 20 ppm de dureza y a menudo incorporan efectos de deareación y remoción de sílice obteniéndose un efluente completamente satisfactorio para repuesto de agua de calderas y aun en aquellos lugares donde el porcentaje de repuesto es alto. Debido a que los suavizadores en caliente tienden a elevar la sílice cuando pasan a través de filtros de arena, se recomienda el uso de antracita como elemento filtrante en los procesos en caliente. El uso de pequeños excesos de cal y carbonato ayudan a dar una completa reducción de dureza.

Si se desea obtener una completa remoción de la dureza, el uso de algún compuesto de fosfato en los suavizadores en caliente, darán prácticamente cero dureza en el efluente. La reacción será completa si se tiene un pH de aproximadamente 9.7 con 5 o 10 ppm de exceso de fosfato presente. Dependiendo de la alcalinidad y tipo de agua que se va a tratar varios compuestos del tipo de fosfato pueden usarse ya sea desde los mas alcalinos como el fosfato trisodico a los mas ácidos como el monofosfato o ácido fosfórico. Debido al mayor costo de los productos químicos del grupo de los fosfatos, este proceso debe usarse cuando la dureza inicial no es mayor de 50 ppm o donde se ha usado un proceso en frío cal-carbonato como etapa preliminar.

En el tratamiento a base de fosfato especialmente en este caso y algo en los de cal-carbonato, en efluente es supersaturado y puede tener tendencia a formar incrustación en tuberías, precalentadores, o economizadores, donde existen incrementos de temperatura. Esta incrustación requiere un postratamiento con pequeñas cantidades de ácido o bióxido de carbono para estabilizar el agua; puede usarse también materiales orgánicos especiales como inhibidor contra la incrustación.

Otro método para suavizar el agua, es el uso de material de zeolita. Esta puede ser zeolita de sodio o zeolita de hidrogeno o una combinación de ambas. La zeolita de sodio tiene la propiedad de cambiar los iones de sodio por calcio magnesio que se encuentran en el agua, esto forma compuesto de sodio no incrustantes en el agua que se esta tratando. El material cuando se agota después de cierto tiempo que ha removido cierta cantidad de dureza es entonces regenerada mediante lavado con una solución fuerte de sal. Esto reemplaza los iones de calcio y magnesio con iones de sodio después que ha actuado la salmuera resultando cloruros de calcio y magnesio debidos a la reacción en la zeolita, el suavizador después queda listo para volver al trabajo otra vez. Ver figuras 3.3 de las paginas 21 A.

El suavizador de zeolita de sodio como el de la siguiente figura, da agua de 0 pureza, si no se ha agotado demasiado. Es simple de operar, y puede hacerse en tamaños pequeños. Por otra parte esto no reduce los sólidos totales disueltos o alcalinidad total en el agua, por lo que tendera a concentrarse en la caldera. A menos que el agua sé dearee puede ser francamente corrosiva. Debido a que no tiene compuestos de calcio para formar una capa protectora.

Existen diferentes materiales de zeolita tanto natural como sintéticos para poder seleccionar en los diferentes requerimientos. El pH del agua de entrada generalmente debe de estar entre 7 y 8.3, y las limitaciones de la temperatura del agua, de 100 a 140 °F. debe revisarse con los fabricantes de zeolita para asegurar que el suministro de esta es la adecuada para la

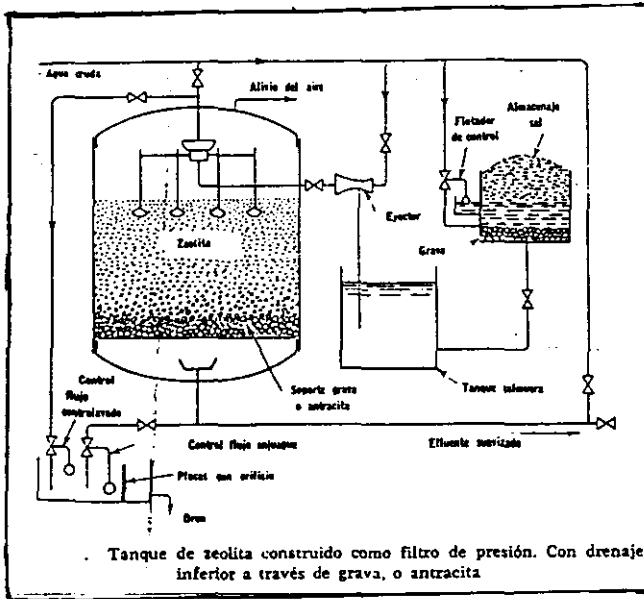


FIG. 3.3

condición que se requiera. La sílice no es removida en los suavizadores de zeolita de sodio, y en ciertos tipos de zeolita la sílice puede aumentar.

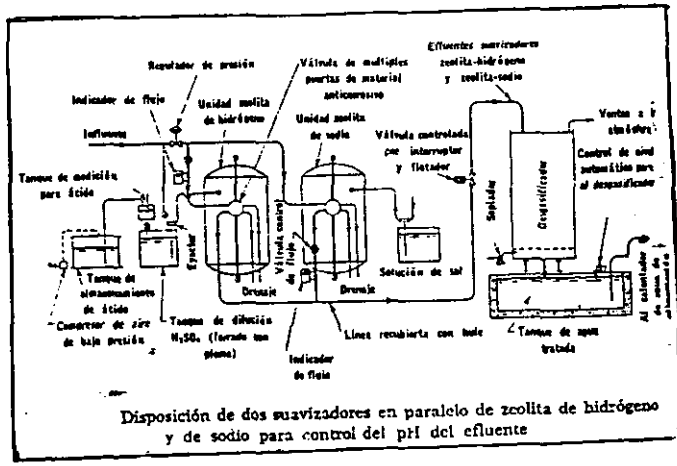
Existen zeolitas especiales para usarse con agua de 200 a 250 °F de temperatura. Deben usarse después de que el agua tenga un tratamiento previo de suavización por cal o cal-carbonato en caliente con objeto de reducir la dureza al mínimo. Los procesos de cal son más económicos por costos de sustancias químicas y también porque reducen los sólidos totales en el agua. Por esta razón se usan primero para que la zeolita en caliente, den una compleja suavización, esto es que el agua tratada finalmente es recomendable para usarse en calderas que operen arriba de 900 psi los filtros deben instalarse antes del suavizador de zeolita en caliente para evitar la formación de película que cubra al material de zeolita, debido a los arrastres provenientes del suavizador cal-carbonato.

Los suavizadores de zeolita de hidrogeno son similares a los suavizadores de zeolita de sodio, únicamente varían en que cambian iones de hidrogeno por iones de calcio o magnesio del agua, formándose ácidos en esta y calcio o compuestos de zeolita magnesio. Cuando la cama se agota debiera lavarse con ácido. El ácido sulfúrico es el usualmente usado por su bajo costo, par la regeneración. El exceso de ácidos y los sulfatos de calcio o magnesio que se forman en la regeneración, son eliminados de las camas en el lavado quedando listo el suavizador para usarse nuevamente.

El ácido carbónico  $H_2CO_3$  que se forma en los suavizadores de zeolita de hidrogeno por la dureza en el agua, debido a que este ácido es inestable puede eliminarse del agua por aereación o desgasificación, permitiendo alguna reducción en los sólidos totales. El efluente del suavizador de zeolita de hidrogeno, es ordinariamente demasiado ácido para usarse y debe neutralizarse por un álcali o por agua alcalina. Si se usan en paralelo suavizadores de zeolita de sodio e hidrogeno la relación de las descargas puede ajustarse para obtener el pH deseado, este es el método mas usado en las grandes plantas. Tal dispositivo se muestra en la siguiente figura 3.3 D pagina 22<sup>a</sup>. Si el agua de entrada es alcalina y una pequeña dureza es permitida, puede mezclarse algo de agua cruda al efluente y este puede ser en esta forma satisfactorio. La necesidad para la instalación de un suavizador de sodio será eliminada. Con frecuencia se usa en pequeñas instalaciones, agregar un álcali tal como sosa cáustica NaOH o soda ash  $Na_2CO_3$  para neutralizar la acidez en el agua. La aereación en el efluente que proviene de zeolita de hidrogeno, asegura un mínimo de bióxido de carbono residual en el agua, y esto requiere menos material alcalino.

Antes de poner en servicio los tanques de zeolita así como tuberías, deben inspeccionarse, para ver que estén limpios, nivelados y correctamente instalados. Usualmente se instala un cabezal colector o cabezales en los concretos en el fondo del tanque suavizador. El cabezal debiera estar revisado, con el objeto de ver que las toberas estén niveladas y limpias. Varias capas de grava de varios tamaños así como arena, se colocara primero antes que la zeolita se vacíe y esto se hará en capas metiéndola por la parte superior del tanque. Dejando la mayor abajo y lo fino arriba; la zeolita de mayor tamaño se colocara en el fondo, deben seguirse las instrucciones para mantener la altura de la zeolita así como la secuencia en que se instalen los diferentes tamaños, estas indicaciones se obtendrán de los fabricantes y se seguirán al pie de la letra. Otro cabezal para distribuir el agua que se va a tratar se colocara en la parte superior del suavizador. Se debe mantener un control de la distancia que guarda la cama a la parte superior del tanque, con el objeto de controlar las pérdidas de material de zeolita y darse cuenta de las condiciones de operación. La pérdida de pequeñas cantidades





Disposición de dos suavizadores en paralelo de zeolita de hidrógeno y de sodio para control del pH del efluente

de zeolita de tamaño pequeño, se espera durante los primeros días de operación, pero esto no puede continuar por largo tiempo.

Los tanques de ácido o de salmuera así como la tubería que los conecta, son necesariamente parte importante del suavizador. Los materiales deben resistir la acción corrosiva tanto del ácido como de la sal que se use. La disposición de tuberías, así como de las válvulas deben ser cuidadosamente revisados, antes de que se pongan en servicio los productos químicos, esto es, que se pueda hacer cualquier cambio de conexiones tanto para llenar tanques como par el uso del suavizador, ya en esta forma se evita el problema que representa el manejo de los productos químicos. Deben tenerse procedimientos seguros para manejo y descarga de los productos químicos antes de principiar la operación.

Deben tenerse medios para controlar los lavados, alimentación de salmuera o ácido y el agua de enjuagado por medio de compuertas o válvulas de control de flujo u orificios. Estos controles deben ajustarse según el flujo de recomendado por el fabricante del suavizador, esto se hará al instalarse pero debe hacerse una revisión final después de que termine. Después de una semana o dos de operación, una inspección de la cama de zeolita puede mostrar si el flujo empleado ha causado una innecesaria pérdida de material. Algún medio de alimentar una cantidad especificada de salmuera o ácido, es usualmente suministrada, y sé ajustar para obtener la alimentación requerida de los productos químicos para la correcta regeneración de la zeolita agotada.

Dos o tres ciclos de regeneración deben hacerse antes que el suavizador se ponga en operación. Dependiendo esto de la dureza en el agua, capacidad del suavizador y volumen del material de zeolita, así como la cantidad de agua que puede suavizarse entre regeneraciones. El retrasar la regeneración después que aparece dureza en el efluente suavizado, disminuye la capacidad de la zeolita. Una frecuente inspección tanto del efluente para observar la dureza así como el uso de alarmas que indiquen cuando se llevo al limite de seguridad del agua tratada es muy recomendable. Los cambios del agua dura que llega al suavizador o la capacidad de la zeolita, puede alterar la cantidad de agua que se suaviza entre regeneraciones. Los depósitos de hierro u otros materiales en la zeolita, algunas veces hacen disminuir la capacidad de suavización. Se necesita tener a la mano ácido u otros materiales necesarios para regeneración. Debe consultarse a los fabricantes sobre las características de estos, debido a que ellos deben saber mejor las características de su producto.

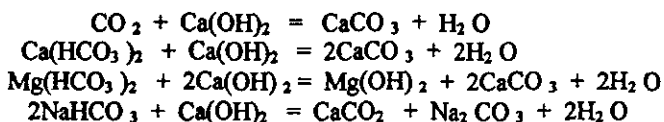
En la mayor parte de las grandes instalaciones de zeolita se instalan válvulas de múltiples puertas, esto simplifica la manipulación de ellas para lavar, regenerar y enjuagar. Se recomienda muy ampliamente se instale una válvula check en la descarga del suavizador para evitar el posible regreso del flujo, particularmente si esta agua se calienta y pueda regresarse a la válvula de múltiples puertas y entrar al suavizador. Esto ocasiona graves perjuicios, si la válvula tiene hule o si el material de zeolita no es el apropiado para trabajar con agua caliente lo que produciría daño en ella.

**Tratamiento químico del agua:** El tratamiento químico del agua, una vez que esta dentro de la caldera, es de aplicación muy limitada. No hay ningún método simple de tratamiento químico apropiado para toda clase de agua. El tratamiento químico del agua de alimentación puede ser en frío o en caliente. En general, calentando el agua de alimentación se acelera la precipitación de las sustancias disueltas, se obtienen aguas más blandas y se requieren cantidades más pequeñas de productos químicos y equipos de dimensiones mas

reducidas que tratando las aguas en frío. A continuación se exponen unas cuantas de las reacciones químicas más corrientes que intervienen en el tratamiento químico del agua.

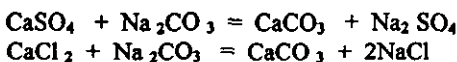
La cal en forma de hidrato  $\text{Ca(OH)}_2$  está indicada para la corrección de la dureza temporal. El anhídrido carbónico  $\text{CO}_2$  contenido en el agua, ya sea en estado libre o en el de bicarbonato, es absorbido, formándose precipitados relativamente insolubles de carbonato cálcico e hidróxido magnesico.

Respectivamente las reacciones son:

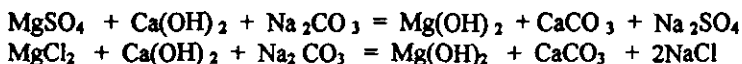


El proceso se lleva mejor a cabo en grandes tanques, de los cuales se decanta el agua ablandada y se evacúan los lodos formados.

El procedimiento de la sosa está indicado para el tratamiento químico de aguas con dureza permanente, empleándose comúnmente para ello el carbonato sódico  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Como resultado del tratamiento a la sosa se produce la descomposición de los sulfatos, la precipitación de carbonato cálcico insoluble y la formación de sulfato sódico soluble. Las reacciones son las siguientes:



Un método muy empleado es el procedimiento a la cal y sosa, que se aplica cuando el agua tiene simultáneamente dureza temporal y permanente. La cal absorbe el  $\text{CO}_2$ , el cual no es afectado por la sosa empleada para corregir la dureza permanente. Las principales reacciones de este procedimiento mixto son:



La siguiente figura 3.3 E de la página 24<sup>a</sup>. Representa una instalación para el tratamiento en caliente propia para el proceso a la cal o a la sosa o para una combinación de ambos. La solución química se saca de un depósito y en proporciones apropiadas se mezcla con el agua cruda a medida que entra en el aparato rectificador por su parte alta, desde donde se distribuye y se mezcla con vapor a baja presión, el cual ocupa la posición superior de la envolvente y calienta el agua por contacto directo con ella. El agua se desplaza en sentido descendente y los precipitados se depositan en el fondo del aparato rectificador y se saca por un orificio para este fin. El agua purificada sale a un nivel más alto alcanzando por el lodo y, normalmente, se hace pasar a través de un filtro.

**Tratamiento a la zeolita:** Se conocen por zeolitas  $\text{Na}_2\text{Z}$  a los silicatos hidratados de sodio y aluminio, bien sean naturales o artificiales; Su fórmula general es:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ . Esta sustancia tiene la propiedad de absorber el calcio y magnesio de las aguas que la atraviesan, debido a que sus bases son permutables. De esta manera, en el proceso del ablandamiento o rectificación, el sodio de la zeolita pasa a la solución en forma de

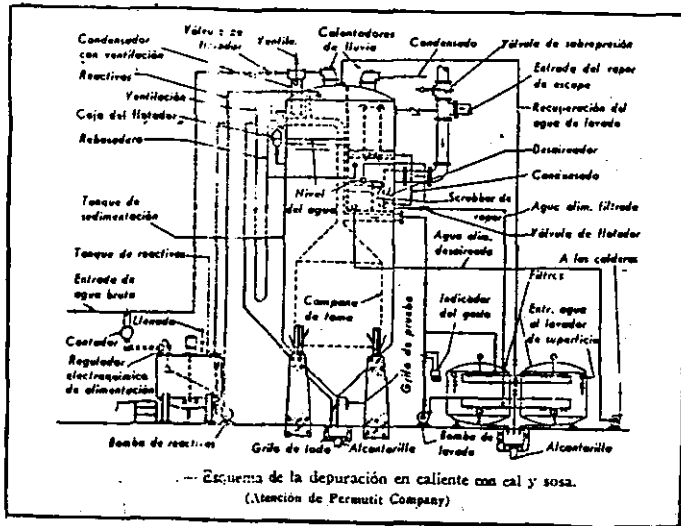
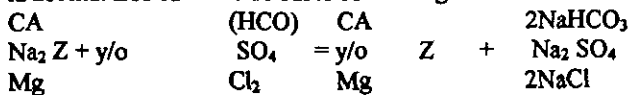


FIG. 3.3 E

carbonato, sulfato o cloruro, debido a que el calcio y magnesio del agua son absorbidos por la zeolita. Los cambios de bases son los siguientes:



No formandose precipitado. El tratamiento con zeolita produce aguas con contenidos muy bajos de calcio y magnesio. Cuando la zeolita se vuelve inerte se regenera mediante un lavado con salmuera (solución de NaCl) para restituir el sodio por intercambio.

Las zeolitas naturales (arenas verdes) están indicadas para tratar agua fría exenta de ácidos y se utilizan con éxito en ciertos casos, pero en muchos otros han sido desplazados por productos resinosos artificiales especiales (también denominados zeolitas) fabricadas para el rectificado de aguas. Estos productos pueden soportar altas temperaturas, ácidos y álcalis, y en determinadas condiciones pueden cambiar los aniones y cationes de las impurezas contenidas en el agua. En cualquier caso el agua que atraviesa el lecho de zeolita debe estar libre de detritus, lodo, cieno y precipitados finamente divididos, los cuales recubren y tapan las partículas de los materiales empleados para la rectificación, haciéndolos menos eficientes. Ver figuras 3.3 de la pagina 25 A.

**Rectificado con zeolita sódica:** En la siguiente figura aparece una vista en corte de un rectificador de agua a base de zeolita y corriente descendente. El agua entra por un distribuidor de tubos situados en la parte alta del aparato. La circulación es de arriba abajo a través de un lecho de zeolita y de gránulos de cuarzo de tamaño creciente, que sirve de soporte al medio cambiador de iones. Este lecho de zeolita sirve para quitar las materias contenidas en suspensión en el agua, si bien no es esta su misión, ya que dichas materias deben quitarse del agua antes de entrar en el rectificador de zeolita. El agua rectificada se saca por el haz de tubos situado en la parte inferior del aparato.

Durante su regeneración el lecho de zeolita se lava para quitarle las materias sedimentadas en él mediante el agua de lavado, la cual atraviesa el lecho en sentido contrario al de funcionamiento, quedando de esta forma acondicionado. A continuación la solución de cloruro sódico (NaCl) procedente del deposito de salmuera se distribuye mediante un inyector o bomba sobre la zeolita. Circulando a su través para efectuar el cambio de base. La etapa final de la regeneración consiste en el enjuague con agua para quitar el exceso de sal junto con los cloruros de calcio y de magnesio formados. Los caudales de agua a traves del rectificador se controla mediante una sola llave de varios pasos.

**Rectificador con zeolita hidrogenada:** Las aguas tratadas solamente con zeolita sódica quedan con una considerable cantidad de sales sodicas disueltas, las cuales pueden producir espumas y ebullición irregular en las calderas. Par evitar este inconveniente pueden emplearse zeolitas hidrogenadas, que son resinas artificiales especialmente preparadas para fines específicos y que se regeneran con ácido sulfúrico,  $\text{H}_2 \text{SO}_4$ . al reaccionar  $\text{H}_2 \text{Z}$  con  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , y  $2\text{NaHCO}_3$ , produce  $\text{CaZ}$ ,  $\text{MgZ}$  y  $\text{Na}_2 \text{Z}$  junto co  $2\text{H}_2 \text{O}$  y  $2 \text{CO}_2$ . Cuando la  $\text{H}_2 \text{Z}$  se pone en contacto con sulfatos cálcico magnesico y sódico, respectivamente se produce ácido sulfúrico ( $\text{H}_2 \text{SO}_4$ ) y  $\text{CaZ}$ ,  $\text{MgZ}$  o  $\text{Na}_2 \text{Z}$ , según sea el caso. Cuando existen cloruros cálcicos, magnesico y sódico se produce  $2\text{HCl}$  y  $\text{CaZ}$ ,  $\text{MgZ}$  o  $\text{Na}_2 \text{Z}$ . La regeneración con  $\text{H}_2 \text{SO}_4$  produce  $\text{H}_2 \text{Z}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  y  $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ . Ver figura 3.3 H de la pagina 26 A.

**Tratamiento combinado con zeolitas hidrogenada y sódica:** En el método de rectificado de agua con zeolita hidrogenada el agua tratada, con todos sus cuerpos disueltos, tiene un carácter ácido. Para controlar un agua con respecto a su dureza, alcalinidad, cuerpos

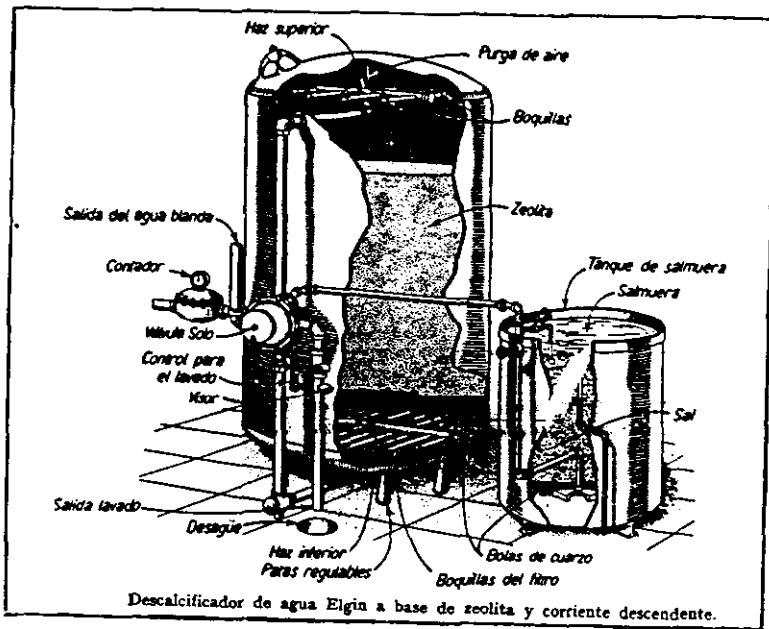


FIG. 3.3

disueltos en total, y  $\text{CO}_2$  el cual es corrosivo, se emplean aparatos rectificadores de zeolita hidrogenada en combinación con otros de zeolita sódica. Las principales etapas de su funcionamiento son cambio de iones, neutralización y desgasificación. En el equipo mostrado mezcla en partes proporcionales las aguas procedentes de los rectificadores. Tal como aparece en la figura el agua que sale del rectificador sódico se mezcla con el que proceda del rectificador de zeolita hidrogenada. Otro constructor de rectificadores envía una parte del agua saliente del rectificador sódico al rectificador hidrogenado y a continuación la que sale de este último la mezcla con agua procedente directamente del rectificador de zeolita sódica. El agua destinada a la alimentación de calderas ha de ser siempre ligeramente alcalina. En el desgasificador el agua se subdivide en gotas al pasar por bandejas de madera en forma escalonada, las cuales se ponen en contacto con una corriente de aire producida por un ventilador. Este proceso tiene como fin transformar en  $\text{CO}_2$  el CO que puede existir, y eliminar el primero del agua tratada. Es preciso instalar dispositivo de control para impedir que el agua procedente del aparato de zeolita hidrogenada pase por la red en el caso de que cese de pasar agua a través del rectificador sódico. Las proporciones del mezclado se regulan mediante una válvula regable dispuesta en el tubo de salida del rectificador hidrogenado. En algunos casos se obtienen resultados satisfactorios mezclando agua del rectificador de zeolita hidrogenada con pequeñas cantidades de agua cruda; en otros casos el agua ácida se neutraliza con productos químicos antes de desgasificación.

**Tratamiento con zeolita en caliente:** La tubería de salida de un rectificador de agua del método caliente puede conectarse a un rectificador de zeolita de tipo apropiado para trabajar en caliente. Es conveniente intercalar un filtro de presión. Para el grupo así formado se requieren dos productos químicos; hidróxido cálcico para el rectificador y desgasificador en caliente; y cloruro sódico para regenerar la zeolita. El agua así obtenida contiene una baja cantidad de minerales disueltos, sin exceso de alcalinidad, con pequeña concentración de oxígeno y sílice, baja alcalinidad, elevado pH, reducidas cantidades de  $\text{CO}_2$  en el vapor producido y precipitación mínima de fosfatos en el equipo del generador de vapor.

**Disminución de fragilidad cáustica:** El diseño y construcción de los cilindros de caldera soldados reduce el número de puntos focales en las costuras y agujeros de los roblones para emplazamiento de fragilidad cáustica. Es preciso recordar que hay que evitar con el máximo cuidado que el metal no quede sobrefatigado en las proximidades y extremos de los tubos embutidos en la placa portatubos. Un tratamiento del agua apropiado reduce considerablemente los agentes de ataques localizados, tales como la sílice e hidróxido sódico que pueden resultar en las sales sódicas en disolución. Añadiendo suficiente cantidad de nitrato sódico se consigue obtener una buena protección cuando existen álcalis libres. Las materias orgánicas, tales como el quebracho, tanino y sulfito residual, resultan eficaces en algunos casos.

## **SUAVIZACIÓN QUÍMICA.**

### **1.- concepto de dureza.**

La dureza en el agua se debe a compuestos de calcio, magnesio, bario, aluminio, manganeso y hierro.

Debido a que la mayor cantidad de dureza se debe al calcio y al magnesio es ordinario referirse a la dureza total, como la suma de calcio más el magnesio.

La dureza en el agua originariamente se clasifica como:

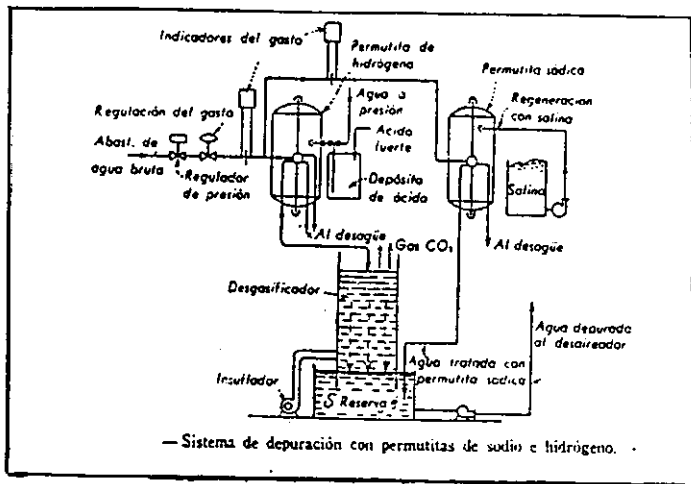


FIG. 3.3



a).- dureza temporal.(Carbonatada). Esta se debe a las sales de calcio y magnesio que están combinadas con carbonato y bicarbonatos.

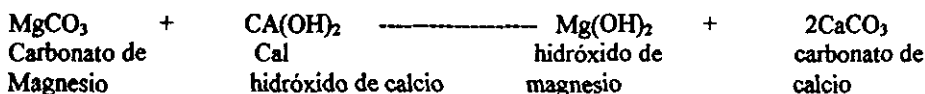
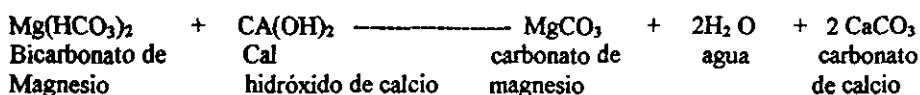
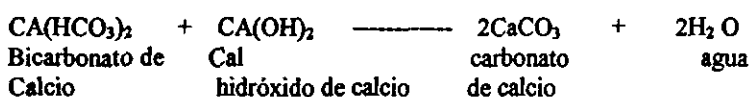
b).- dureza permanente.(no-carbonatada). Esta se debe a las sales de calcio y magnesio combinadas con los cloruros, sulfatos y nitratos.

## 2.- Remoción de dureza.

La reducción de la dureza de calcio y magnesio se logra con la adición de compuestos como la cal, yeso, carbonato de sodio. Las reacciones básicas para suavizar el agua son las que desglosamos a continuación.

a) .- Dureza carbonatada.

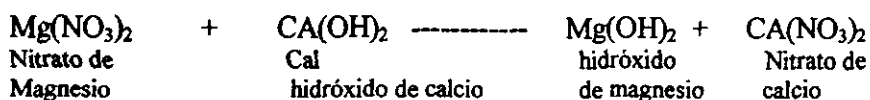
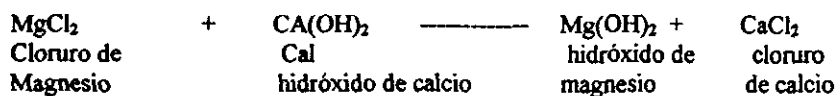
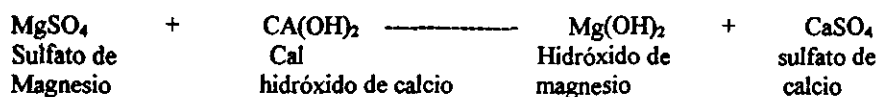
Normalmente se adiciona cal – hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para precipitar la dureza de calcio y magnesio.



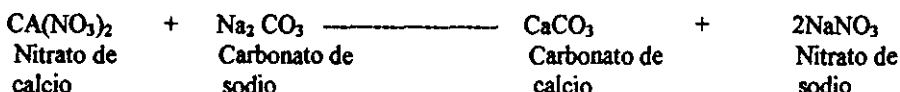
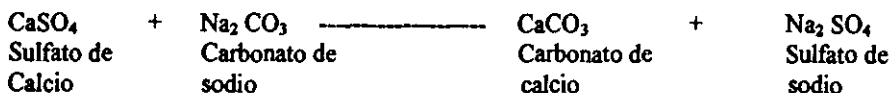
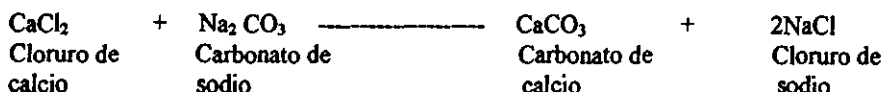
Los compuestos de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  e hidróxido de magnesio  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  son insolubles y precipitan como lodos en el reactor.

b).- Dureza no carbonatada.

Después de que la cal ha reaccionado con la dureza anterior se llevan a cabo las siguientes reacciones con la dureza no-carbonatada.



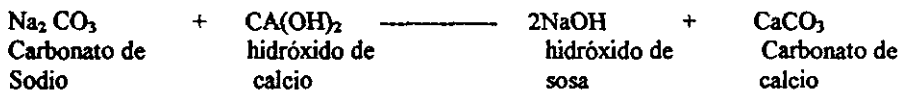
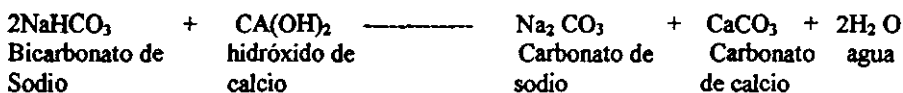
Los compuestos de hidróxido de magnesio  $Mg(OH)_2$  forman lodos que precipitan los compuestos de sulfatos de calcio  $CaSO_4$ , nitrato de calcio  $Ca(NO_3)_2$ , cloruro de calcio  $CaCl_2$  no precipitan con la cal  $Ca(OH)_2$ . para fin de remover estos, se usa el carbonato de sodio  $Na_2 CO_3$  y las reacciones se presentan como sigue:



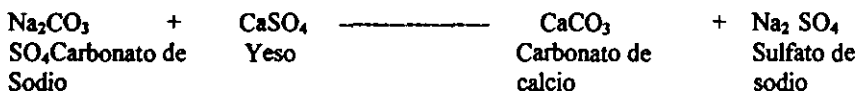
En estas reacciones precipita el carbonato de calcio y permanecen solubles los cloruros, sulfatos y nitratos de sodio que no afectan como incrustaciones a las calderas.

### c) Control de alcalinidad.-

En ciertas aguas, la cantidad de dureza permanente es muy poca y además el contenido de bicarbonato de sodio  $NaHCO_3$  es muy alto. Se hace necesario remover el bicarbonato de sodio ya que, aunque no es incrustante, si puede elevar mucho la alcalinidad en las calderas. Para remover el bicarbonato de sodio, se emplea ordinariamente el sulfato de calcio  $CaSO_4$  comúnmente llamado yeso. La secuencia de reacciones es como sigue:



El hidróxido de sodio  $NaOH$  puede incrementar demasiado la alcalinidad en las calderas. Para evitar esto, se adiciona el yeso ( $CaSO_4$ ) que reacciona de la siguiente manera.



El carbonato de calcio precipita como lodo y el carbonato de sodio se transforma en sulfato de sodio soluble y no peligroso para las calderas.

### 3.- Remoción de sílice.

La reducción de la sílice se logra por la absorción que hace el hidróxido de magnesio precipitando como lodo insoluble la sílice.

Debido a que el proceso es de absorción es muy importante que él óxido de magnesio tenga las siguientes condiciones:

- a) - Alcalinidad suficiente, que favorezca la precipitación de sílice.
- b) - Mantener buen tiempo de contacto para favorecer la reacción. Esto se logra con la recirculación de los lodos en el reactor.
- c) - La temperatura debe de ser lo más cercana a 200 °C.
- d) - Se requiere una buena cama de lodos, para que aumente las colisiones de la sílice con el óxido de magnesio.

### Procesos de clarificación en el reactor cal-carbonato en caliente.

Después que los lodos se han formado por las reacciones químicas, es necesario separar el agua de los precipitados. La clarificación del agua, se lleva a cabo en la parte baja del reactor, donde se tiene la zona de concentración de lodos y la zona de sedimentación. La separación de los lodos del agua, se ve favorecida por la alta temperatura que se maneja, así como la aglomeración de las partículas y el incremento de su densidad.

Por otra parte la altura de lodos es muy importante debido a que las veces de un medio filtrante, donde las partículas más pequeñas se retienen en esta zona.

El incremento del tamaño de partículas, así como de la densidad, se logran mediante:

- Recirculación de lodos del fondo del reactor a la parte superior. Esto favorece porque las partículas de lodo formadas en la parte superior se hagan más grandes y más pesadas.
- La adición de un polímero de alto peso molecular, ayuda para tener una coagulación mejor, esto es, que el polímero une, unas partículas con otra formando cadenas pesadas y de mayor tamaño. Ver figura 3.3 de las páginas 30 A y 30B.

### Factores que afectan la calidad del agua tratada.

1.- Si es muy rápida la velocidad del agua en el flujo ascendente, hay mayor posibilidad de arrastrar finos de la zona donde se separa el agua de los lodos.

2.- La altura del agua clara que hay entre el colector de agua, y la parte más alta del colchón de lodos debe ser más grande. Entre más alto este el colchón de lodos más posibilidades hay de que lleguen los finos a donde está la salida del agua.

3.- Si el manto de lodos es muy alto, la velocidad del agua puede levantar el lecho de lodos y disminuir el tiempo de retención del agua. Si el manto de lodos es muy bajo, este no actúa como filtro de finos, incrementándose la turbiedad y posiblemente no se disminuya la sílice.

4.- Floculación de las partículas.

Las partículas de lodos durante su asentamiento chocan con otras partículas finamente divididas y forman con estas, coágulos más grandes con mayor velocidad de asentamiento. En otras palabras entre mayor número de choques se tengan entre partículas, mayor floc se tendrá.

Los factores que influyen para tener mayor numero de choques y por consiguiente mayor floc, son:

- a).- La altura del liquido claro que hay del tope de lodos al colector de agua tratada debe ser grande. Entre mayor es la altura de agua clara, mayor es el tiempo de contacto con las particulas.
- b).- Velocidad de asentamiento. Con la ayuda del polímero se consigue que algunas particulas sean mas pesadas que otras, coaccionando que las particulas que caen, choquen mayor numero de veces con las que están suspendidas.
- c).- La concentración de particulas favorece mayor numero de choques esto se controla con el porcentaje de lodos en cada muestreador. A mayor concentración de lodos, mayor es el numero de choques.
- d).-Tamaño de las particulas. Cuanto mayor es el tamaño, caen más rápido y pueden chocar mas numero de veces.
- e).- Viscosidad del agua. Cuando se incrementa la temperatura, la viscosidad del agua es menor y es por ello que las particulas caen más rápido. Mantener temperaturas cercanas o superiores a 100 °C favorece el asentamiento de los lodos.

### Operación.

#### a. Deaeración.

1. Puede reemplazar al deaerador calentador particularmente con deaeración integral de condensado.
2. Es obligatorio una remoción de oxígeno en la cal-zeolita caliente, debido a que la susceptibilidad de descomposición química de la resina de intercambio por él oxígeno a temperatura caliente.

#### b. Se necesita el control de la temperatura para:

1. Buena deaeración.
2. Asegurar que sean completas las reacciones de suavización.

#### c. Control de purga de lodo.

1. Determinar el porcentaje de sólidos sedimentables en 3 minutos.
2. Comprobar cuantas veces sea necesario el colchón de lodos, para mantener un control de cama de lodo estable aislado si la purga de lodo es automática.

#### d. Alimentación de las sustancias químicas.

1. Con tanque de químicos único.
  - a. Cal-numero fijado de libras/pulgada – ajustar sincronizador timer.
  - b. Sosa, yeso o MgO – variar libras/pulgadas según sea necesario.
  - c. Con tanque individual de sustancias químicas. Ajustar sincronizador timer.

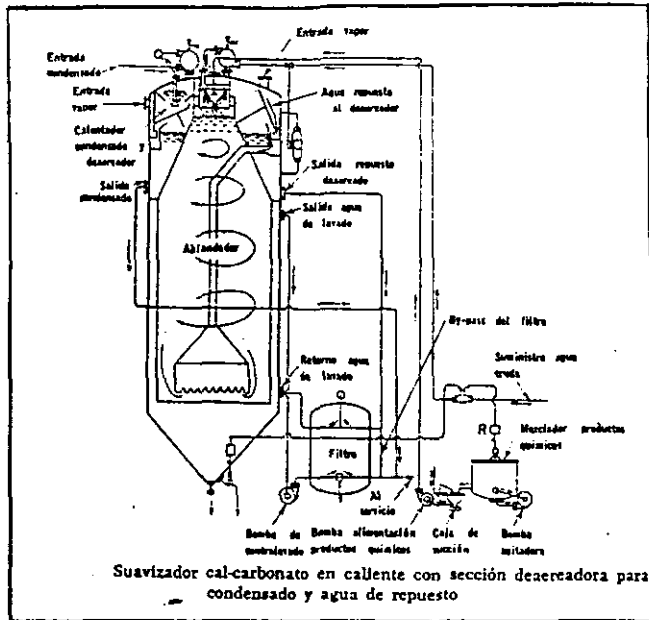


FIG. 3.3 PAG. 30 A

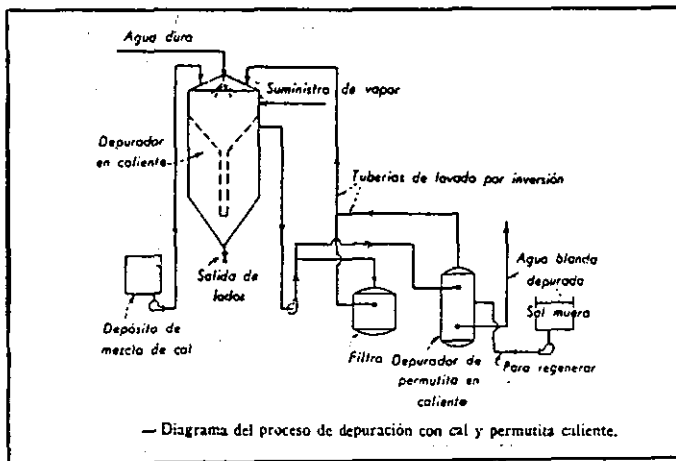


FIG. 3.3

PAG.

30 B

**Los aditivos y la química.**

- a. Cal, hidratada (alto calcio)  $\text{Ca(OH)}_2$
- b. Carbonato de sodio
- c. MgO solamente caliente  
 $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \text{ ----- } \text{Mg(OH)}$   
 $\text{Mg(OH)}_2 + \text{SiO}_2 \text{ ----- } \text{silicatos de magnesio}$
- d. Cal dolomítica  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgO}$  65:35 solamente caliente  
 Reacción igual a cal + MgO.
- e. Yeso -  $\text{CaSO}_4$  - cuando haya mucha alcalinidad  
 $\text{CaSO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCO}_3 \text{ ----- } 2\text{CaCO}_3 + \text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- f. Silicato de sodio  
 reduce Mg y da mayor  $\text{SiO}_2$  en efluente.
- g. Coagulantes - sales de hierro
  - 1. sulfato férrico  
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4) + 6\text{OH} \text{ ----- } 2\text{Fe(OH)}_3 + 3\text{SO}_4$
  - 2. Sulfato ferroso(normalmente solo en frío).  
 $4\text{FeSO}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 8\text{OH} \text{ ----- } 4\text{Fe(OH)}_3 + 4\text{SO}_4$
- h. Sosa cáustica  $\text{NaOH}$ (rara)  
 $\text{NaOH} + \text{Ca(HCO}_3)_2 \text{ ----- } \text{CaCO}_3 + \text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$   
 $2\text{NaOH} + \text{Mg} \text{ ----- } \text{Mg(OH)}_2 + 2\text{Na}$
- i. Fosfato trisódico  $\text{Na PO}$
- j. Auxilios coagulantes.

**Aditivos que no se recomiendan.**

- a. Alumbre - no es buen coagulante y demasiado aluminio soluble.
- b. Aluminato de sodio ( $\text{NaAlO}_2$ ) - pudiera ser un coagulante aceptable y puede reducir Mg pero frecuentemente demasiado Al soluble.

**Efecto del ablandado químico sobre la composición del agua.**

Reduce Ca	
Reduce Mg	reduce sólidos
Reduce $\text{SiO}_2$ (solo caliente)	disueltos cuando sé
Reduce alcalinidad	usa cal

**Muestreo y pruebas del efluente.**

- a. El lodo en la muestra no es aceptable - debiera muestrearse a la salida del filtro.
- b. Pruebas de rutina:
  - 1. A, MO dureza - todas las unidades.
  - 2.  $\text{SiO}_2$  donde es importante la remoción del silice pero esto pudiera no ser necesario mientras que se pruebe con regularidad.
  - 3.  $\text{PO}_4$  en ablandadores calientes de fosfato.

### Objetivos del control de ablandado químico.

- a. Alcanzar un pH aproximado de 10.0 a 10.2
  1. Se controla con alimentación de cal.
  2. Remoción optima de  $\text{CaCO}_3$  a estos niveles de pH, sin exceso de alcalinidad.
  3. La remoción de Mg se incrementa a valores mayores de pH, pero una alcalinidad total, normalmente sería demasiado alta y poco funcional.
  
- b. Proveer una prueba de control sencilla pero sensible.
  1. Usar titulaciones de A y MO en vez de medición directa de pH.
  2. Basada en las premisas:  
A =  $\frac{1}{2}$   $\text{CO}_3$  y todo OH  
MO = todo  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$  y OH  
Tomar por hecho que OH y  $\text{HCO}_3$  no existen juntos.  
Luego el control de cal se basa en:  
 $2A - MO = \text{numero de control de cal} = N$   
Normalmente se mantiene en rango de  $-0.3$  a  $+0.3$  ; o tal vez 0.0 a 0.6

### Resina de intercambio ionico(regeneración con sal).

La resina intercambiadora de iones tiene forma de esferas pequeñas.

La resina funciona como un ablandador del agua ya que atrapa los cationes de calcio, magnesio, hierro y manganeso contenidos en el agua, y los intercambia por el sodio. Este sodio es el que esta contenido en la sal (cloruro de sodio), que se usa como regenerante.

La resina suavizadora tiene un ciclo de servicio que opera en varias etapas y cuya función se describe así:

1.- Servicio. Durante esta etapa, el agua fluye de arriba hacia abajo en el recipiente de la resina. En esta etapa la resina atrapa la dureza(calcio y magnesio) contenida en el agua y durante en tiempo, el agua de salida contiene una dureza menor a 5 ppm. Puesto que la resina esta reduciendo la dureza de valores superiores a 150 ppm, hasta valores menores de 5 ppm. Es lógico que la resina se agote y no pueda atrapar mas dureza, a este intervalo de tiempo se le llama etapa de agotamiento

2.- Retrolavado. Una vez que la resina sufre agotamiento, se requiere iniciar una regeneración y esta comienza con el retrolavado.

En esta etapa el agua fluye de arriba hacia abajo y se tira al drenaje. La función del retrolavado, es de eliminar lodos, basura, que se depositaron en la superficie y a la vez permitir a la resina se expanda y este limpia para inyectarle la sal regenerante.

Los puntos que hay que controlar para que el retrolavado sea eficiente son:

a) flujo- se requiere un mínimo de flujo para expandir la resina, si no se tiene el mínimo de 6 gpm/ft.

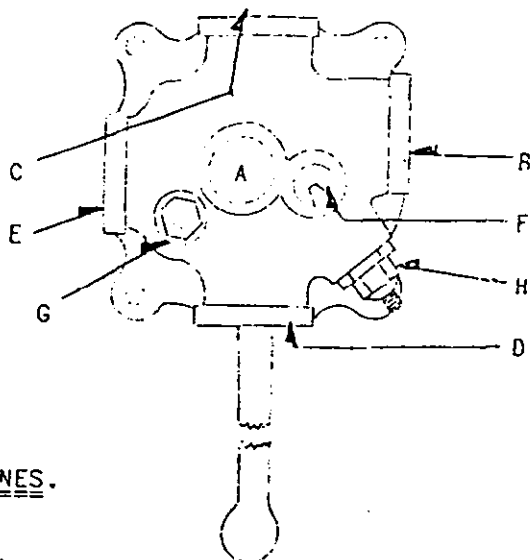
En las siguientes figuras se muestra el proceso de suavización, en las ilustraciones de las paginas 32A, 32B y 32C se muestra el proceso tradicional en manual en el cual se muestra las diferentes posiciones de la válvula para ejecutar cada etapa para tener el suavizador en operación normal. En el apéndice de las figuras 32D a la 32L se muestra las etapas de un suavizador con control automático.



VISTA POSTERIOR DE LA  
SOLOVALVE.

DE

19 mm (3/4)



LOCALIZACION DE CONEXIONES.

- A- AGUA CRUDA (entrada)
- B- AGUA SUAVIZADA (salida)
- C- A LA ZONA SUPERIOR DE LA COLUMNA.
- D- A LA ZONA INFERIOR DE LA COLUMNA.
- E- AL DRENAJE (salida)
- F- LINEA DE SALMUERA (entrada)

AJUSTES.

- G- AJUSTE PARA EL RETROLAVADO.
- H- AJUSTE DEL FLUJO DE ENJUAGUE

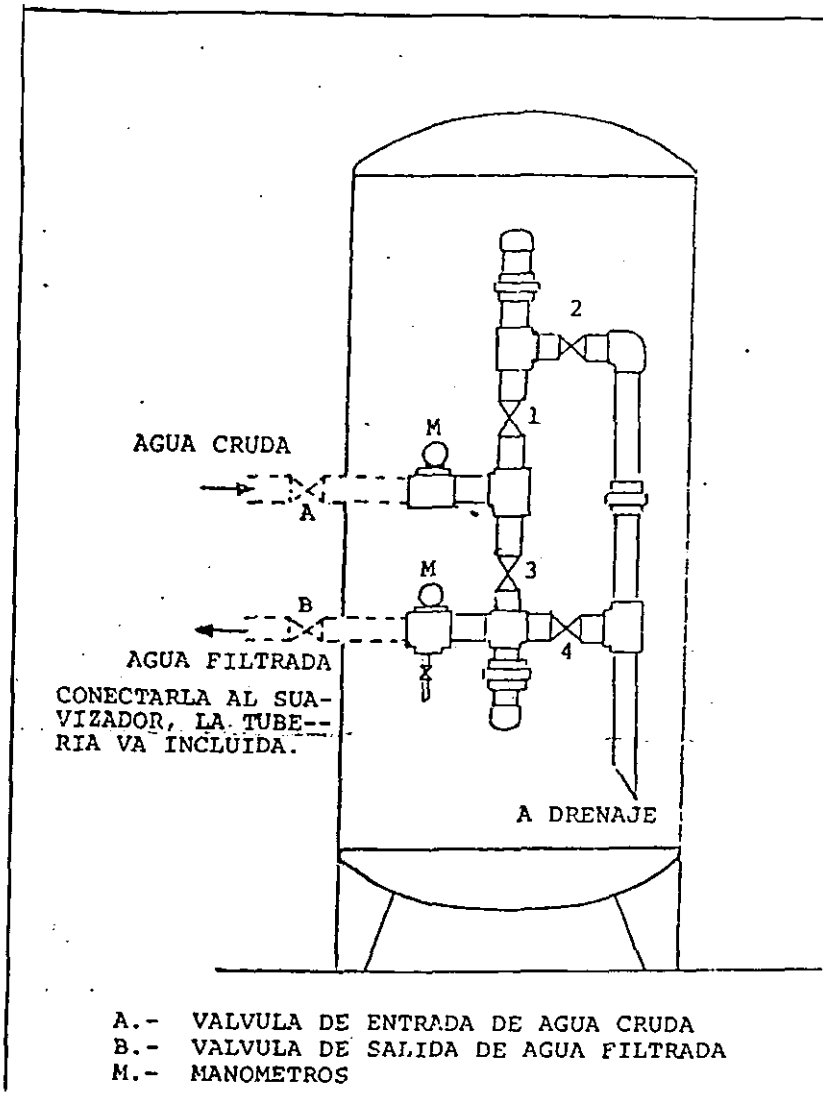


FIG. 3.3

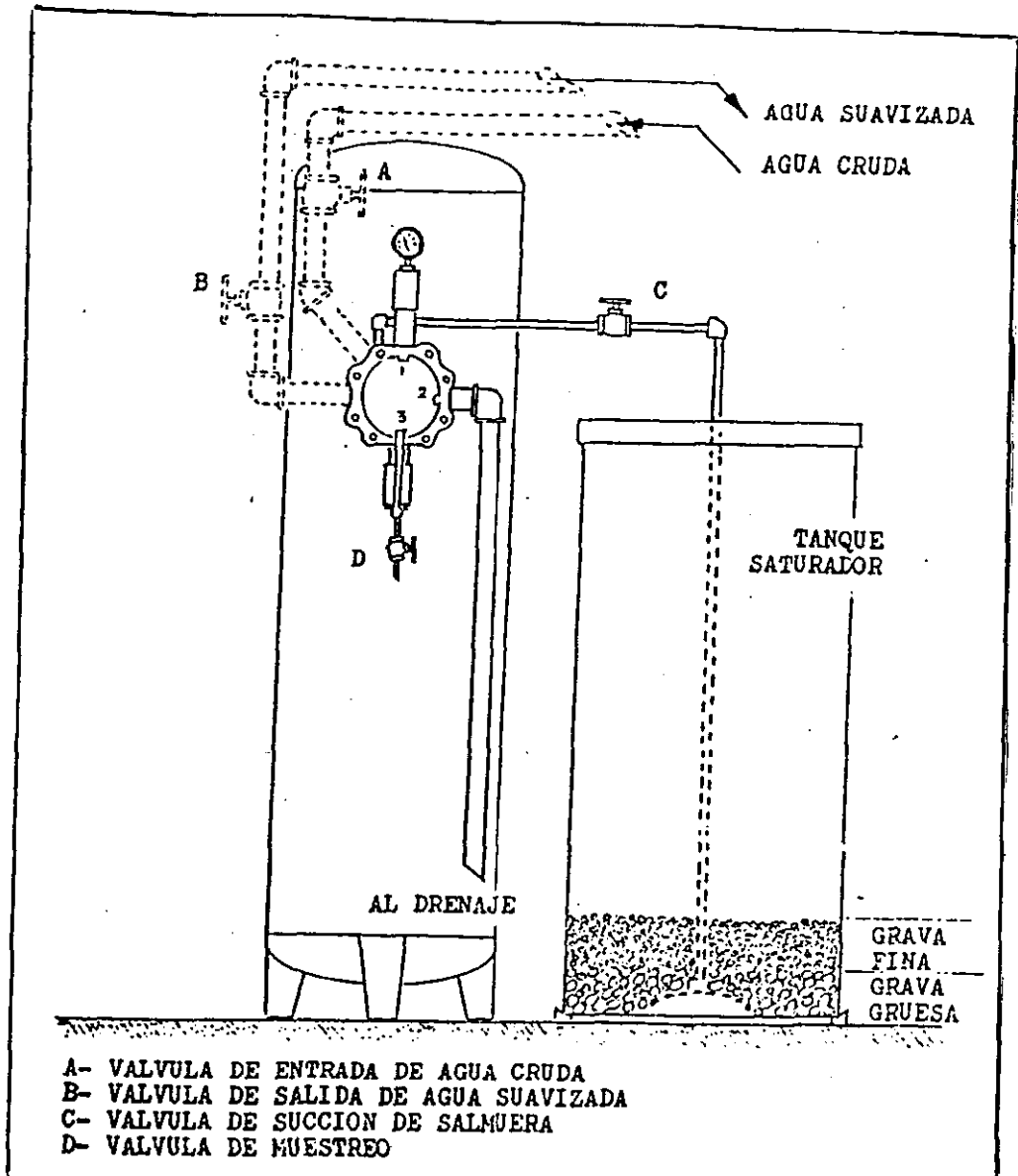


FIG. 3.3 PAG. 32 C

### 3.4 COMO FUNCIONA EL PROCESO DE DEAREACION.

Gases tales como el oxígeno, dióxido de carbono y amoníaco que a menudo se encuentran disueltos en el agua, pueden removerse considerablemente, por medio del proceso de deaeración. Esto da por resultado que el agua sea menos corrosiva a las superficies del metal con que este en contacto. En el tratamiento del agua de alimentación a las calderas, debe calentarse a una temperatura de 215° a 300°F y se atomiza o se hace fluir en charolas distribuidoras del deaerador, con el objeto de tener una gran área de superficie del agua. Al mismo tiempo algún otro gas, usualmente vapor se obliga a fluir a través de la superficie del agua, esto es disminuyendo la presión parcial de los gases no condensables en el aire y medio ambiente y ayudando a la mas completa remoción de gases que están disueltos en el agua.

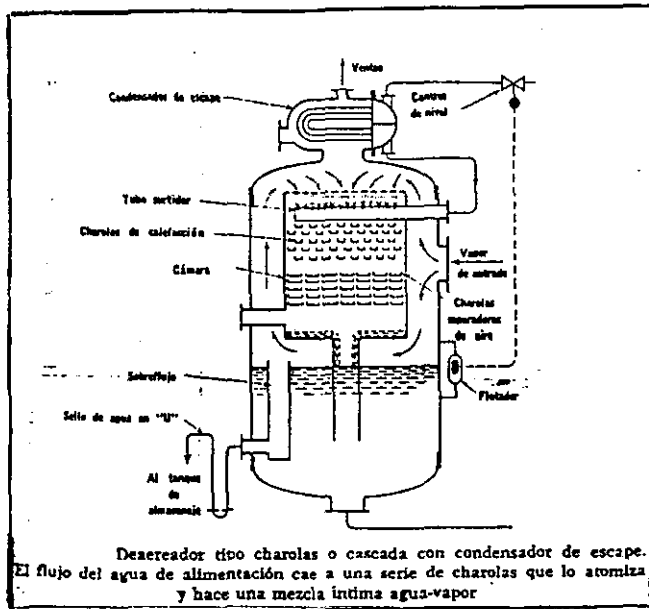
Un condensador de venteo, es un auxiliar muy útil del deaerador que sean descargados a la atmósfera, también absorben calor de ellos, lo que mejora la economía de este tratamiento. El vapor se condensa y se calienta el agua que entra a deaerarse a una temperatura cercana a la saturación lo cual ayuda a que esta agua elimine fácilmente los gases en el deaerador. En virtud de que el condensado que proviene del condensador de escape o de venteo puede tener alta concentración de gases disueltos, los tubos del condensador se hacen de acero inoxidable para resistir la corrosión. El condensado usualmente se descarga a la parte baja del deaerador a través de un sello de agua por medio de un tubo en U.

El vapor que se usa en el deaerador, puede provenir de un evaporador, de la extracción de la extracción de la turbina o bien de vapor a presión reducida. Usualmente entra por un lado del deaerador y calienta el agua expuesta en las charolas o atomizadores a una temperatura de saturación. Al mismo tiempo el vapor adicional arrastra el vapor que se esta formando por el calentamiento y lo lleva junto con los gases hacia el condensador de venteo donde estos se separan. Se obtiene en esta forma una completa deaeración del agua.

El oxígeno puede removerse rápidamente y completamente por el calentamiento, obteniéndose deaeración por la mezcla intima con el vapor y el venteo continuo que se practica. Este gas es el más corrosivo al hierro y al acero, por lo que al eliminarse se obtiene un ahorro considerable en mantenimiento. El dióxido de carbono y amoníaco no son fácilmente removibles, pues tienden a reaccionar químicamente. La remoción del dióxido de carbono es más efectiva a bajos valores de pH principiando su eliminación a 8.3 de pH y alcanzando un 100% a 4.5 de pH. El amoníaco puede removerse bajo condiciones de alcalinidad del agua principiando esta a 7.0 de pH y alcanzando 100% a 11.0 de pH.

Los deaeradores del tipo de charolas como el que se muestra en la siguiente figura 3.4 de la pagina 33 A se usan en grandes instalaciones con relativo suministro de agua pura. Los deaeradores tipo espuma son recomendables cuando se tienen turbidez en el agua o alto contenido de carbonato los que tienden a precipitar y formar lodos en las charolas. Se usan mucho en los barcos en donde no les afecta el balance del barco, pues causaría mala distribución en los deaeradores de tipo de charola. Están sujetos a pérdidas de presión en las toberas, si estas están sucias o tapadas.

Una pobre atomización trae por consecuencia mala deaeración. Debe tenerse un tanque de almacenaje que realmente se instala en la parte baja del deaerador o bien un tanque inmediato a el. Esto conserva el agua fuera de la contaminación del aire y también da una cámara de oscilación para absorber las variaciones de flujo de entrada y en la demanda de



Desaerador tipo charolas o cascada con condensador de escape.  
 El flujo del agua de alimentación cae a una serie de charolas que lo atomiza  
 y hace una mezcla íntima agua-vapor

en la salida. La capacidad del tanque debiera ser de 5 a 10 min, para máxima demanda de la planta. La deaireación también puede hacerse a bajas temperaturas del agua exponiéndola a un vacío correspondiente a la temperatura a que se encuentre.

Esto se hace comúnmente en los condensadores principales de superficie, obligando a que el condensado fluya sobre una serie de represas o charolas en su camino hacia el pozo caliente. Se tiene así una gran superficie de exposición, para que el vapor que esta entrando al condensador, pase a través de esta superficie en su paso por los tubos del condensador.

También se conocen los desaireadores(desgasificadores) aquellos dispositivos mecánicos empleados para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación (aire, oxígeno, anhídrido carbónico, y otros gases). Su funcionamiento consiste en dividir el agua de alimentación en finas gólicas, calentándolas a continuación para transformarlas en vapor dentro del desaireador, y separar el aire, anhídrido carbónico y otros gases del vapor a medida que este se va condensando. En los desaireadores el fluido calorífico acostumbra a ser el vapor, a presiones comprendidas entre valores altos hasta otros inferiores a la presión atmosférica.

Un calentador de agua de alimentación del tipo abierto o de contacto directo puede desempeñar la función del desaireador con tal que el agua se caliente a una temperatura suficientemente alta para que se desprendan los gases contenidos en ella, los cuales se hacen salir por el purgador del calentador. Los desaireadores más modernos son calentadores de agua de alimentación del tipo de contacto directo, semejantes en principio a los representados en las siguientes figura 3.4 de la pagina 34B Estos aparatos pueden construirse para producir agua en contenidos muy bajos de oxígeno y otros gases. La distinción entre un desaireador propiamente dicho y un calentador de agua de alimentación de tipo de contacto directo, que actúe de desaireador, estriba en el bajo contenido de oxígeno del agua producida por aquel.

Los equipos desaireadores del agua de alimentación de las centrales térmicas pueden ser del tipo de bandeja(artesa) y del tipo de atomización. Algunas veces se desgasifican aguas muy corrosivas sometiéndolas en frío a presiones absolutas muy bajas. Para el servicio de agua caliente de los edificios la desgasificación puede llevarse a cabo por el calentamiento sin que el agua y el vapor entren en contacto.

### **3.5 COMO FUNCIONA EL PROCESO DE DESTILACION.**

Cuando el agua se hierve a una razonable presión, el vapor producido esta libre de sólidos, si el vapor arrastra agua puede evitarse la contaminación haciendo pasar el vapor por zonas separadoras o zonas de lavado para evitar impurezas al vapor que sale. El evaporador que se muestra en la siguiente figura 3.5 de la pagina 34A las charolas separadoras para complementar el efecto que se explica. Cuando el vapor se condensa, se obtiene un destilado puro para usarse agua de repuesto en calderas o para otros usos. Las impurezas remanentes en el tanque de destilación, deben ser teóricas o continuamente removidas por efecto de rotura de la incrustación que se adhiere a la superficie de calefacción o también controlando la purga en el cuerpo para evitar una alta concentración de lo que pueda en el evaporador. Usualmente el vapor se alimenta a serpentines o tubos en el evaporador y el calor se transmite al agua que se va a tratar, la cual hierve produciendo vapor puro. En la

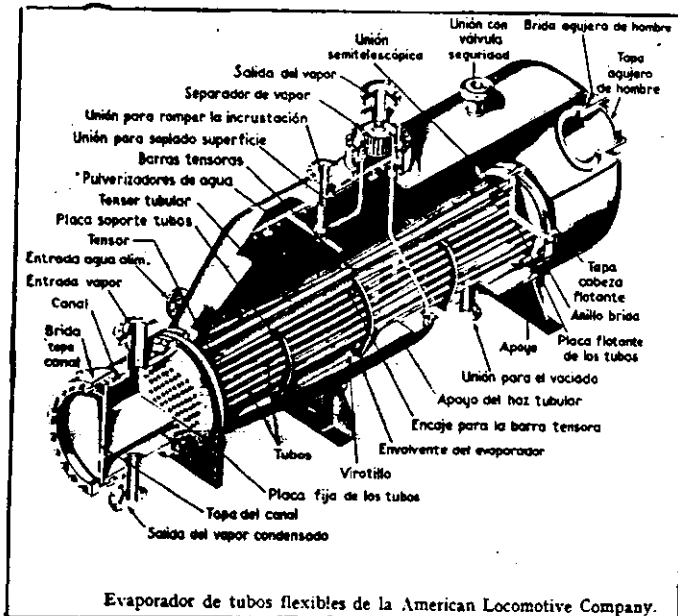


FIG. 3.5 A

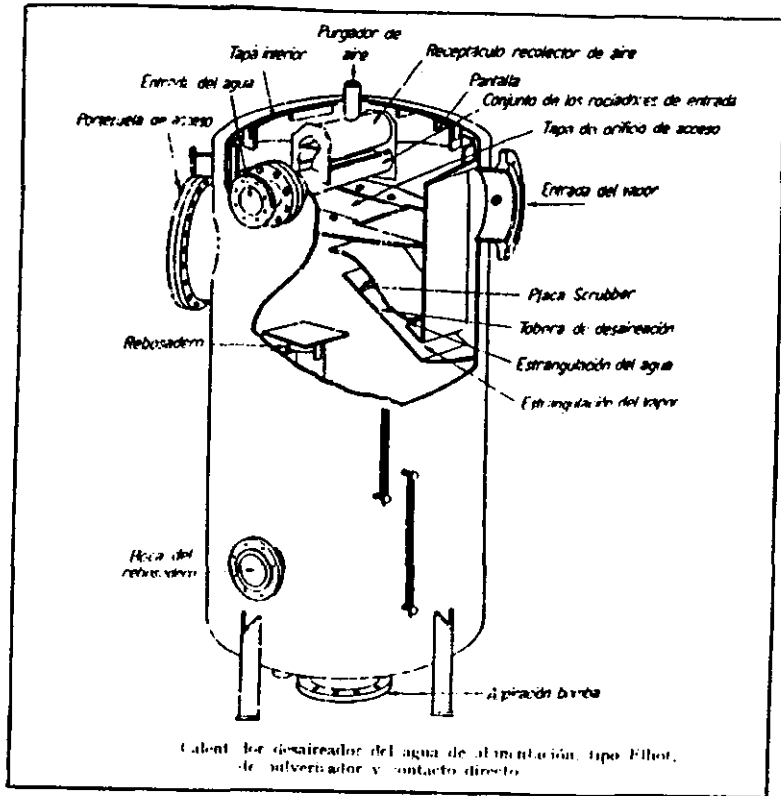


FIG. 3.4



mayor parte de las plantas de vapor, el agua de alimentación que va a las calderas absorbe el calor del vapor en el evaporador, condensándose después y produciendo un agua de repuesto de alta calidad con poca cantidad de pérdida de calor.

La destilación elimina únicamente sólidos disueltos: amoníaco, oxígeno. Bióxido de carbono o bióxido de azufre pasaran en el vapor. De ahí que se hace necesario la deaeración del destilado para evitarlo. Si el agua de alimentación tiene carbonatos o bicarbonatos, deben ser parcialmente descompuestos por el calor, produciéndose grandes cantidades de dióxido de carbono.

Los destiladores o evaporadores, pueden ser de efecto múltiple o simple, el múltiple usa el vapor de la primera o la más alta presión en el envolvente de menos presión. El vapor de esta envolvente puede llevarse a otros serpentines del siguiente paso y así sucesivamente.

El efecto múltiple usado reduce la cantidad de vapor vivo y del agua requerida para obtener el destilado necesario, pero resulta necesario mas equipo y procedimiento de operación mas complicado.

Si los sólidos se concentran en el cuerpo del evaporador, se formaran depósitos de incrustación en las superficies de los serpentines, lo que reducida la capacidad del vapor, así como arrastres y formación de espuma que da por consecuencia agua de mala calidad. Los serpentines del evaporador se hacen en tal forma que puedan producir desprendimiento de la incrustación. Esta tendencia se estimula por enfriamientos periódicos bruscos en la carcaza y serpentines, lo que da por consecuencia desprendimiento de la incrustación en los serpentines. Si el agua de alimentación se suaviza no se formara incrustación, pero los sólidos totales en el cuerpo deben limitarse de 3000 a 5000 ppm para evitar espumas y arrastres. El agua de alimentación es usualmente precalentada y aereada para remover los gases disueltos y descomponer parcialmente los bicarbonatos y carbonatos.

Donde no se tiene o se tiene poco calor disponible, los destiladores por compresión como se ve en la siguiente figura 3.5 de la pagina 35B pueden usarse. Pero puesto que se tiene presión de vapor intermedia en las plantas termoeléctricas, este tipo no se aplica en ellas.

Destilando el agua de alimentación puede obtenerse agua casi pura. En las centrales térmicas donde se emplean condensadores del tipo de superficie y el vapor condensado vuelve a las calderas, el agua que es preciso destilar es únicamente requerida para compensar la cantidad de agua que desaparece por fugas o por pérdidas inevitables. La destilación del agua de compensación solamente es factible comercialmente. Empleando agua destilada se elimina casi completamente la formación de incrustaciones, así como las otras dificultades que se presentan en el funcionamiento de las calderas, atribuibles al agua de alimentación. Sin embargo. Aun empleando agua destilada pueden llegar a las calderas pequeñas cantidades de materias productoras de incrustación de fugas de los condensadores y por impurezas arrastradas del equipo de destilación.

Los vaporizadores se emplean para producir agua destilada destinada a la alimentación de calderas. Se construyen varios tipos, los cuales emplean el vapor de agua a baja, media o alta presión, como fluido calefactor. El vapor producido por el vaporizador se puede condensar en los calentadores del agua de alimentación, o bien en condensadores independientes en los que el fluido refrigerante es el agua de alimentación que se trata de calentar. El tipo de vaporizador mas corriente esta formado por tubos, por los que circula vapor, y que se hallan sumergidos en el agua que hay que vaporizar.

Los vaporizadores pueden ser de simple o múltiple efecto, según sea el numero de escalonamientos de vaporización a través de los cuales pasa el agua. Por ejemplo, un vaporizador de simple efecto es aquel en el cual se completa la vaporización en un único

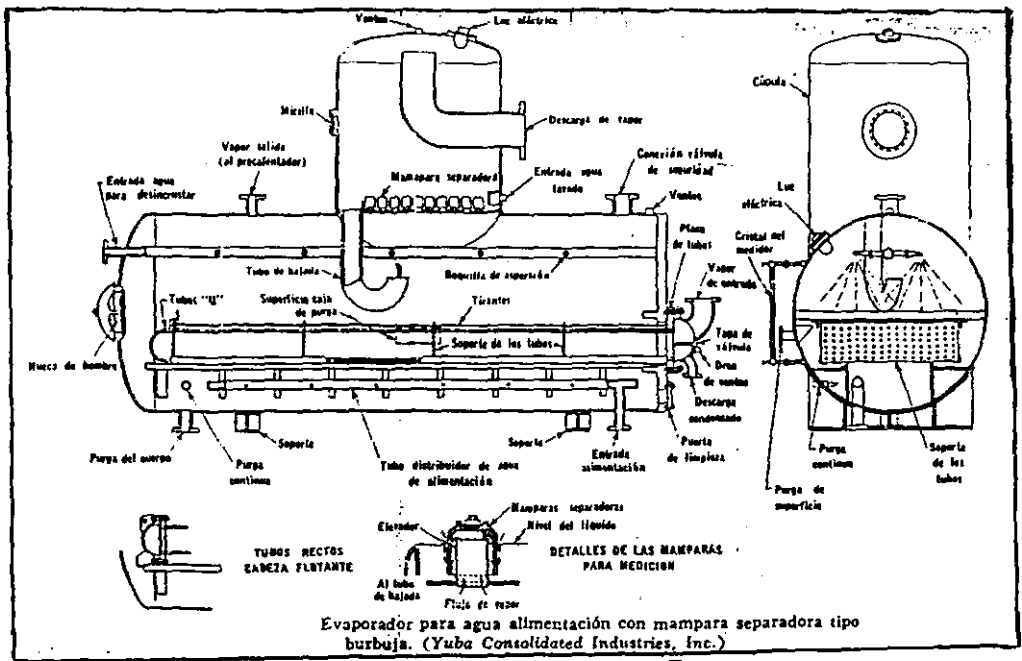


FIG. 3.5

Evaporador para agua alimentación con mampara separadora tipo burbuja. (Yuba Consolidated Industries, Inc.)

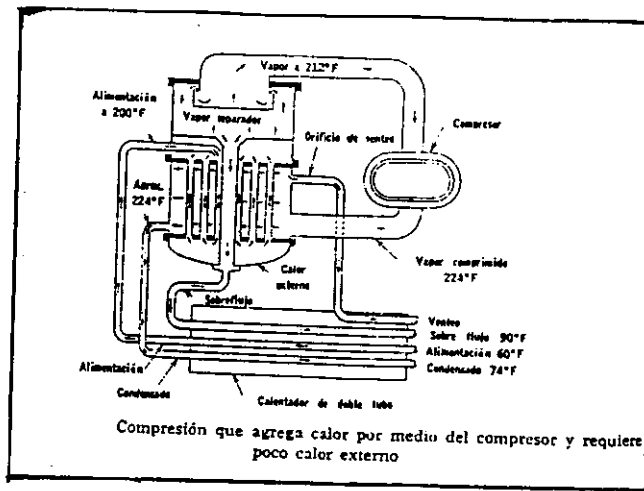


FIG. 3.5 B

serpentin o escalonamiento. Cuando el calor procedente de un vaporizador de simple efecto se condensa en los serpentines de un segundo vaporizador, el conjunto forma un vaporizador de doble efecto. El segundo vaporizador trabaja a una temperatura mas baja, y desde el, el vapor pasa al calentador del agua de alimentación, o al condensador-vaporizador. Los vaporizadores de múltiple efecto aprovechan mas el calor que se les suministra, pero no tienen mas poder vaporizante por unidad de superficie de caldeo que los vaporizadores de simple efecto. Los vaporizadores de baja presión suelen descargar en calentadores de agua de alimentación, de tipo abierto, a una presión aproximada igual a la atmosférica; los de alta presión descargan en condensadores vaporizadores especiales.

El vaporizador representado en la siguiente figura 3.5 de la pagina 36 A es de haz natural y envolvente de plancha, que es la forma de construcción más corriente. El haz de tubos rectos, por cuyo interior pasa el vapor, esta sumergido en el agua se trata de vaporizar, cuyo nivel se mantiene a la mitad del diámetro de la envolvente del vaporizador. La entrada de agua de alimentación un nivel algo inferior al del tubo mas alto al del haz. El vapor de agua y demás gases desprendidos ascienden y ocupan la parte superior de la envolvente del vaporizador. Al salir de este el vapor atraviesa un separador, el cual devuelve las particulas del agua a la parte más baja de la envolvente. Por lo regular para transformar el vapor en liquido se emplean condensadores en superficie, así como también para evacuar los gases desprendidos. El aparato puede instalarse bien para funcionar en vacío y simple efecto, bien a baja presión y simple efecto. Acoplando dos vaporizadores puede formarse otro doble efecto funcionando con presión. Si son tres resulta otro de triple efecto.

Los miembros de cada par inicialmente curvados uno hacia el otro. Entre estas hay otras intermedias partidas y espaciadas a distancias iguales, que hacen de soporte; un par de tensores tubulares completa el conjunto. En condiciones de montaje los tubos están rectos; pero cuando por su interior circula vapor, al dilatarse por el calor entre los topos situados sobre ellos, una mitad se tuerce en sentido horizontal hacia la derecha y la otra mitad hacia la izquierda. Este movimiento de los tubos se utiliza para hacer saltar las incrustaciones. Ciertas incrustaciones formadas sobre los tubos pueden quitarse sacando el agua del vaporizador y rociando los tubos calientes con agua fría. Al contraerse los tubos por enfriarse súbitamente, hacen que las incrustaciones se desprendan. Cuando este procedimiento no resulta eficaz, se saca, del vaporizador del haz de tubular y las incrustaciones se quitan a mano.

## CAPITULO 4

### DESMINERALIZACION POR CAMBIADORES CATION – ANION

#### 4.1 INTRODUCCION.

La desionización del agua, en este proceso un solo tanque puede contener una mezcla de resinas para aniones y cationes. El agente para los cationes es un intercambiador de iones hidrogeno resinoso de poliestireno sulfonado. Para la sustitución de los aniones se utiliza una resina tipo amina fuertemente básica. El intercambiador de cationes quita los iones cargados positivamente, tales como el calcio, el magnesio, el hierro, el sodio y el potasio, y los reemplaza por iones H. La resina para los aniones elimina los iones negativos tales como sulfatos, cloruros, nitratos, carbonatos, anhídrido carbónico y sílice, de la solución, y los sustituye por iones OH. Cuando se neutralizan entre si los iones hidrogeno con los iones hidroxilo se forma agua. Las operaciones combinadas eliminan los minerales, sílice y anhídrido carbónico para dar agua aproximadamente neutra. Maniobrando adecuadamente el lavado a contracorriente se separan en dos zonas las resinas intermezcladas correspondiente a los cationes y aniones. Para regenerar las resinas destinadas a los aniones se utiliza una solución diluida de hidróxido sódico; esta operación va seguida de un corto lavado con agua blanda. Para reactivar la resina de los cationes se emplea ácido sulfúrico diluido. Finalmente se introducen por el fondo del desionizador agua y aire para entremezclar las resinas y dejar el aparato a punto de funcionar.

#### 4.2 FASE DE OPERACIÓN.

Existen ciertos materiales que pueden cambiar los aniones o iones negativos de solución que se encuentran presentes en forma de ácidos tales como, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico. En las plantas termoelectricas y en otros lugares donde se haga necesario en que el agua se suavice, los cationes o iones positivos como calcio y magnesio, pueden removerse con un cambiador de cationes operando en el ciclo de hidrogeno, abandonando los aniones en solución en forma de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  ácido clorhídrico HCL, etc., si se hacen pasar estas soluciones a través de un deareador en vacío se vera libre de oxigeno y de bióxido de carbono y en esas condiciones se le puede hacer pasar a través del cambiador de

aniones, cambiando estos por hidróxidos y obteniéndose agua pura, calidad que se aproxima y aun excede al agua destilada. Una solución de hidróxido de sodio o de carbonato de sodio se usara para regeneración de este material cambiador de aniones. El agua destilada o tratada será la indicada para el enjuague, pues en otra forma se obtendrían precipitaciones en las camas y aun acumulación de ellas debido a reacciones de calcio o magnesio del agua de enjuague con los carbonatos o hidróxido remanente productos de la regeneración química.

Los tanques y tapas se hacen de materiales que resistan a las soluciones ácidas o alcalinas usadas en la regeneración.

Los materiales cambiadores para remover aniones varían considerablemente en su capacidad, dependiendo del anión que se remueve o del tamaño del material, así como de la concentración del agua que se recibe. Ellos son más ligeros que los materiales usuales de zeolita, y debe tenerse especial cuidado en los lavados pues debe bajarse proporcionalmente para evitar pérdidas de material. La regeneración se hace cuando la conductividad o el contenido de sílice en el efluente se incrementa.

El proceso de desmineralización se recomienda para la reducción de altas concentraciones de sales disueltas, como se encuentran en el mar o en aguas salitrosas para bajarlas a un nivel aceptable para tomar o agua de servicio. Los minerales disueltos en el agua, están en forma de cationes positivamente cargados y aniones con carga negativa. Si se colocan placas con carga negativa y positiva en la solución, los cationes serán atraídos por la placa negativa (cátodo) y los aniones hacia la placa positiva (ánodo).

La colocación de laminas delgadas compuesta de cambiadores de iones en forma de resina se colocan alternativamente entre las placas eléctricas. Un tipo de lámina dejara pasar los cationes y la otra los aniones. Un colector apropiado tomara el agua en los espacios comprendidos entre cada par de membranas cambiadoras de iones. Un flujo de agua al perder cationes y aniones es desmineralizada y se saca por el cabezal, el resto del agua que no cambio sus iones, continua en el flujo o se desecha. Se puede obtener una reducción en el nivel de sales disueltas de 40 a 50 % en cada paso a través de la unidad desmineralizadora. Recirculando o pasando a través de un numero sucesivo de unidades el nivel de sales disueltas, puede bajarse a un limite razonable. La cantidad de energia usada, esta en proporción a la cantidad de sólidos disueltos que se remueven en el tratamiento.

El cambiador de cationes regenerados por ácido cuando trabaja basándose en el intercambio total de hidrogeno, cambia el hidrogeno por calcio, magnesio y sodio, presentes en el agua que la atraviesa. Como resultado el agua saliente contiene ácido carbónico, equivalente en cantidad a los carbonatos o bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio que quedan libres al airearse y se forma ácido sulfúrico y clorhídrico aproximadamente en la cantidad a los sulfatos o cloruros de calcio, magnesio y sodio que originalmente se hallaban presentes en el agua en la siguiente figura 4.2 de la pagina 39 se muestra un diagrama de dicho sistema.

El anexer o absorbedor de aniones regenerados por sosa cáustica absorbe los ácidos sulfúricos y clorhídricos en el agua saliente del catexer, produciendo un agua neutra prácticamente libre de sólidos disueltos. Con un material adecuado para el cambio de aniones, la sílice también puede reducirse a una pequeñísima fracción. El agua suministrada a este aparato debe estar libre de suciedad o de materias en suspensión y la capacidad de la instalación se basa en el tratamiento de agua de determinadas características.

La instalación catexer- anexer comprende uno o más depósitos soldados a presión para el material catex y uno o más depósitos similares para el material anex. Estos depósitos están

revestidos de un recubrimiento resistente al ácido y llevan las tuberías interiores adecuadas, el catex y anex necesarios y bases de apoyo; todas las tuberías contiguas, válvulas y tubuladuras y contadores para la regulación de la circulación del agua durante la operación y ciclo de regeneración; equipo para diluir el ácido y manejarlo, junto con la tubería necesaria para utilizarla en el proceso de regeneración del catexer, y un equipo para la solución de sosa cáustica y su manejo junto con las tuberías necesarias para utilizarlas en la regeneración del anexer.

Catex es la designación genérica para materiales de cambio de cationes que cuando se regeneran con suficiente ácido sulfúrico para obtener un cambio completo de hidrogeno, cambian el hidrogeno por el calcio, magnesio y sodio presentes en el agua que la atraviesa. El Anex es una designación similar para el cambio de aniones o resinas absorbentes que eliminan los ácidos y cuando es necesario la sílice del agua que sale del catexer, produciendo un agua neutra prácticamente libre de sólidos disueltos.

Se emplean eyectores para regenerar el catexer con ácido diluido y para regenerar el anexer con sosa cáustica diluida. Se emplean ventiladores en el aireador para eliminar el oxido de carbono y un dispositivo conductor con un relé y válvula accionada por electroimán para el cierre automático, cuando el total de sólidos disueltos sobrepasa el máximo para el cual se halla regulado. Además el relé también descarga el agua sucia al sobrante hasta que la pureza requerida es obtenida consecuencia de la regeneración. Este sistema puede funcionar automáticamente por la acción de controles.

Con el fin de obtener una apreciación de los resultados por lo que se refiere a la calidad del agua y coste por 1000 litros se muestra el tipo de tratamiento del agua que debe adoptarse en una central cualquiera, es naturalmente necesario tener una clara idea del objeto para el cual se ha de tratar el agua y su calidad requerida. En las centrales térmicas el agua necesaria se divide en:

Agua para refrigeración de cojinetes, cilindros etc.

Agua de uso general en la planta, por ejemplo limpieza.

Agua para reposición de perdidas en las torres de refrigeración

Agua para reposición de perdidas en las unidades generadoras de vapor.

El agua de uso general en la planta es casi siempre agua de pozo, río o lago es decir agua no tratada ni filtrada y como máximo con decantación de sólidos. Puede ser necesario que el agua para la refrigeración de cojinetes y cambiadores de calor tenga que ser clarificada y depurada para evitar que se formen incrustaciones en las superficies calientes del cambiador de calor. El agua para reponer las perdidas de la caldera requiere casi siempre el mejor tratamiento disponible, especialmente a presiones elevadas de trabajo. Se tiende a la supresión de los servicios auxiliarse a vapor para eliminar la puesta en marcha. La desmineralización de sílice esta justificada cuando las perdidas son reducidas.

La desmineralización con eliminación de sílice da los mejores resultados; le sigue la desmineralización, a continuación el tratamiento por sodio y permutita de hidrogeno. Pero a la misma altura que el proceso en caliente en dos escalones por lo que se refiere al tratamiento.

El ingeniero usa de ciertos análisis para comprobar las condiciones del vapor y del condensado durante el ciclo; estos son:

1. colector de muestra en el grifo de vaciado o grifo mas bajo de agua para sólidos.
2. colector de muestra en el conducto de vapor saturado al recalentador para los arrastres.
3. colector de muestra en la tubería de vapor del evaporador para los arrastres.
4. colector de muestra o medidor de la conductividad de la tubería.

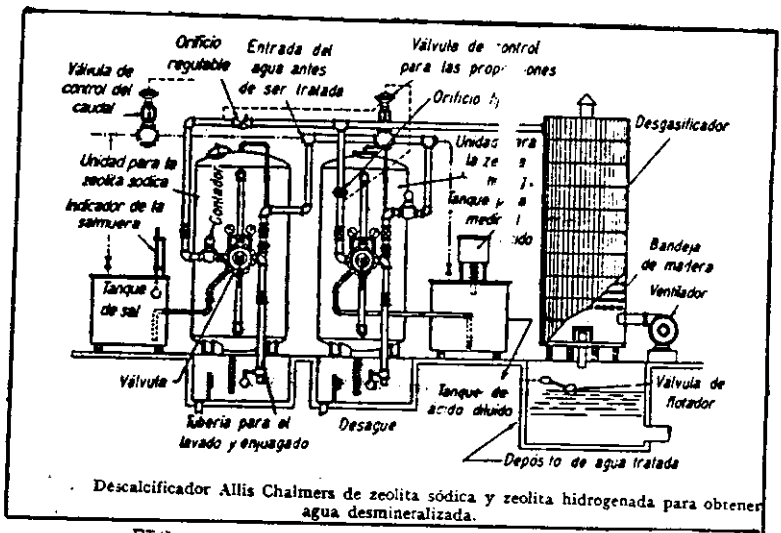


FIG. 4.2



5. medidor de conductividad en el pozo del condensador comprobación de la hermeticidad del condensador.

Se admite que es necesaria la vigilancia del pH en la caldera y en la bomba de alimentación. La elección del material constitutivo de la bomba dependerá enteramente de las condiciones del agua al entrar. Los colectores de muestra como serpentines refrigeradas en agua, los medidores de conductividad, los calorímetros y los indicadores eléctricos del pH, son indispensables, y el análisis completo del agua es indispensable para la debida vigilancia.

#### 4.3 FUNCIONAMIENTO DE LA FASE DE OPERACIÓN.

Se requiere tomar en cuenta cierto numero de factores para evaluar la regeneración de la resina cationica mediante ácido sulfúrico. En regeneración normal, es posible la formación de sulfato de calcio, que puede incrustar la resina.

Es pues necesario conocer el análisis del agua en cuanto a la concentración de calcio, sodio, magnesio y alcalinidad. Las concentraciones de estas sales, así como, el nivel de regeneración y la forma de adicionar el ácido, influye en los resultados obtenidos.

1.- incrustación por sulfato de calcio.

Cuando hay una cantidad de calcio muy alta en el agua, es necesario tomar las siguientes precauciones para evitar incrustación de sulfato de calcio:

a) Modificación al flujo del regenerante.

% calcio en agua	flujo de regenerante GPM/pie. Cu.
100	2
75	1.5
50	1.0
25	0.5
0	0.5

b) Concentración del regenerante ácido sulfúrico 66° Be.

Nivel regenerante Lb/pie. Cu.	Lb	Lb	Lb	Lb
3	3			
4	2	2		
5	2	3		
6	2	2	2	
7	2	2	3	
8	2	3	3	
9	2	2	2	3
10	2	2	3	3

Adicionando el ácido sulfúrico diluido (regenerante), al flujo de la tabla 1 y a la concentración de la tabla 2, no tiene porque haber saturación de sulfato de calcio cuando hay mucho calcio.

## 2.- Retrolavado.

a) Esta operación se realiza, antes de inyectar el ácido sulfúrico como regenerante y el sentido del flujo es de abajo hacia arriba.

El objetivo de esta operación es la siguiente:  
Expandir la resina, para evitar se formen grumos que puedan evitar el paso de al ácido.  
Limpiar la resina de lodos y cuerpos extraños.

b) los cuidados que se deben tener son:

Mantener el flujo requerido.  
A mayor flujo la resina se rompe.  
A mayor flujo la resina no se limpia.  
Mantener un tiempo de retrolavado.  
A mayor tiempo se gasta agua.  
A menor tiempo no hay buen retrolavado.

## 3. - Inyección del regenerante.

En esta operación, el ácido actúa como regenerante de la resina desplazando las sales que agotaron la resina.

$R - M + H \longrightarrow R - H + M$

R = resina

H = ácido

M = sodio, calcio, magnesio.

Una vez desplazadas las sales de calcio, magnesio y sodio por el ácido, la resina queda útil para hacer la operación contraria; es decir, desplazar el ácido (H) por la sales.

Cuidados necesarios:

-mantener un nivel de regeneración de ácido sulfúrico por pie cubico de resina.

-inyectar el ácido a una concentración de 2 a 4%. Si hay mucho calcio se requiere 2 y si no, se inyecta al 4%.

-el flujo del regenerante debe ser de 0.5 a 0.75 gal/pie cubico.

## 4.- Enjuague lento.

El modo de esta operación, es para desplazar el ácido adicionado y permitir que la concentración disminuya poco a poco, con esto, el ácido aun sigue trabajando. El flujo necesario, es el mismo que el usado al inyectar el regenerante.

## 5.- Enjuague rápido.

El objetivo de esta operación, es determinar el desplazamiento del ácido, junto con todas las sales que fueron removidas.

El flujo necesario es de aproximadamente 1.5 gal/ pie cubico por minuto el enjuague se termina, cuando la acidez mineral libre, es de 20% arriba de la acidez mineral total.

En las unidades desmineralizadoras, la parte que corresponde a los aniones esta compuesta normalmente de una resina débilmente básica, y la fuertemente básica. La resina débilmente básica tiene como función el atrapar los iones anionicos tales como sulfatos, cloruros y nitratos. La resina fuertemente básica atrapa los aniones sulfatos, cloruros, nitratos, bicarbonatos y sílice; sin embargo, cuando esta estratificada la resina fuertemente básica atrapa los bicarbonatos y la sílice preferentemente.

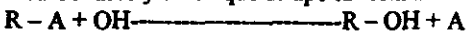
## Proceso de regeneración.

### 1.- Retrolavado.

En este paso se remueven lodos y materiales insolubles que atrapo la resina. También permite la mezcla de resina preparándola para la inyección de regenerante. Los cuidados que deben tenerse son: un flujo adecuado y un tiempo para el retrolavado,

### 2. - Regeneración.

Para tener un nuevo útil la resina, se regenera inyectándole sosa (NaOH) diluida a un 4%. Al inyectar la sosa, los hidróxidos (OH), desplazan los iones de sulfatos, cloruros, nitratos, bicarbonatos y sílice que atrapo la resina.



R = resina

Oh = hidróxidos

A = sulfatos, cloruros, nitratos, bicarbonatos, sílice.

Con el propósito de tener una buena regeneración deben tomarse los siguientes cuidados: adicionar la cantidad de sosa necesaria, la concentración de la sosa debera estar en 4% al inyectarse, el flujo del regenerante necesario y la temperatura optima es de 48°C.

### 3.- Enjuague lento.

Para lograr un buen desplazamiento de la sosa y permitir que trabaje un poco mas, se deja de inyectar sosa y en un corto tiempo se permite pasar el agua, a la misma temperatura y flujo.

### 4.- Retrolavado.

Una vez regenerada la resina, ya no tiene la misma densidad y por tanto es posible separar, quedando la resina débilmente básica arriba y la resina fuertemente básica abajo. Para tener un buen retrolavado se necesita de un tiempo de flujo suficiente para expandir la resina un 100%.

#### 5.- Enjuague rápido.

Una vez estratificada la resina, se realiza un enjuague con un flujo y una temperatura baja el enjuague rápido termina cuando la sílice es menor a 0.5 ppm y la conductividad cercana a los 80 micromhos.

#### 4.4 EVIDENCIA DE OPERACIÓN CORRECTA.

El agua cruda proveniente de un pozo o cisterna pasa por las unidades de filtración cuya función es de eliminar los sólidos en suspensión que trae el agua. Al cabo de un cierto tiempo la acumulación de estos sólidos forma una capa que ofrece cierta resistencia al paso del agua. Al detectar una caída de presión entre el manómetro de entrada y de salida de una unidad se deberá de hacer un ciclo de regeneración para así desechar todos los sólidos en suspensión acumuladas. Para los filtros pueden ser de 3 pasos y son retrolavados, enjuague y servicio también cuentan con un control eléctrico que consta de un motorcito y un disco este último nos da el tiempo de retrolavado enjuague y servicio. Para retener los sólidos en suspensión las unidades cuentan con material de grava gruesa, mediana y fina y arena sílica en tres grados de grano.

Una vez haber quitado los sólidos en suspensión en los filtros de lodos en el agua se inicia la regeneración de la unidad que consta de 13 pasos y son: servicio, retrolavado del anion, retrolavado del cation, regeneración anion, enjuague lento del anion, enjuague rápido de la anion, regeneración del cation, enjuague lento del cation, enjuague rápido del cation, enjuague general y por último el enjuague doble.

**SERVICIO;** El agua entra por la parte de arriba de la unidad cation que consiste en eliminar los cationes que lleva el agua y posteriormente esta agua pasa a la unidad anion y esta unidad tiene la finalidad de quitar los aniones para así obtener agua desmineralizada.

**RETROLAVADO ANION;** El agua entra por la parte de abajo y su función es de limpiar la resina de materias extrañas insolubles que pudieran traer el agua filtrada y que la resina débilmente básica retuviera al actuar como filtro, al mismo tiempo sirve para reacomodar las partículas de resina de acuerdo con el tamaño.

**RETROLAVADO DEL CATION;** El agua entra por la parte de abajo y su función es de limpiar la resina de materias extrañas insolubles que pudiera traer el agua filtrada y que la resina fuertemente básica retuviera al actuar como filtro al mismo tiempo sirve para reacomodar las partículas de resina de acuerdo con el tamaño.

**REGENERACION DEL ANION;** Introducción de la sosa, consiste en pasar la solución de la sosa cautiva (agua y sosa) esta mezcla se hace con la presión de un dosificador y la presión del agua que nos la regula un rotámetro y así pasa a través de un lecho de resina anionica débilmente básica.

**ENJUAGUE LENTO DEL ANION;** Consiste en hacer pasar agua por la unidad cationica, es agua cruda y para el anion es agua efluente y a través de la cama de resina al mismo flujo y al mismo sentido que el paso de regeneración, con el fin de desplazar el regenerante que aun se encuentra dentro de la unidad.

**ENJUAGUE RAPIDO DEL ANION;** En este paso el agua pasa a través del lecho de resina en el mismo sentido que en los dos pasos anteriores.

**REGENERACION DEL CATION;** Es la introducción de ácido sulfúrico, y consiste en pasar la solución de ácido sulfúrico (agua y ácido sulfúrico) esta mezcla se hace con la presión de un dosificador y la presión del agua la regula un rotámetro y así pasa a través de un lecho de resina catiónica.

**ENJUAGUE LENTO DEL CATION;** Consiste en hacer pasar agua por la unidad para así distribuirlo en la cama de resina con el fin de desplazar el regenerante que aun se encuentra dentro de la unidad.

**ENJUAGUE RAPIDO DEL CATION;** En este paso el agua pasa a través del lecho de resina en el mismo sentido que los dos pasos anteriores.

**ENJUAGUE GENERAL;** Este paso es repetitivo como el paso anterior.

**ENJUAGUE DOBLE;** De las dos unidades anion y cation, este es el último paso en que el agua fluye por las dos unidades a través de los lechos de resinas para así eliminar los últimos residuales del regenerante que aun puede haber en la resina.

El agua ya desmineralizada una parte se envía directamente a los tanques de almacenamiento y otra parte puede ir a las torres de enfriamiento, intercambiadores de calor etc.

La evidencia de operación correcta es cuando se esta desmineralizando el agua es haciendo los analisis correspondientes al agua ya salida de estas unidades y tomando nota de los resultados y mantenerlos en los parámetros estipulados.

#### **4.5 CONTROL DE LA OPERACIÓN DE AGUA DESMINERALIZADA.**

En esta sección cubre todos los aspectos del control de esta fase de operación desde los siguientes puntos de vista: que se controla, como se controla, método de control, resumen de control de proceso.

**QUE SE CONTROLA.** En esta fase se controla el pH los sólidos totales disueltos y la temperatura.

**COMO SE CONTROLA.** El pH se controla de 4.0 a 7.0 por medio de ácido sulfúrico cuando se hace una regeneración de la resina.

Los sólidos totales disueltos se controlan dentro de las siguientes lecturas que nos proporciona un aparato de conductividad de 10 a 40 ppm. Cuando nos da lecturas de 40 ppm es necesario hacer una regeneración para así tener lecturas dentro de los parámetros estipulados.

La temperatura se controla a 80° C por medio de una válvula reguladora de vapor que alimenta a un cambiador de calor que por medio de la pasa el agua y nos da la temperatura deseada.

**INSTRUMENTOS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL.** La operación de las tres subfases de la fase de agua desmineralizada se controla con la ayuda de circuitos de control.

Filtros de arenas con el diagrama de flujo y control de filtros de arena, la presión de agua es controlada por medio de una válvula reguladora, el flujo del agua que pasa por medio de las unidades filtrantes es controlado por un rotámetro.

Unidad cation, el blanco de solenoides nos controla las válvulas de diafragma para abrir o cerrarlas de acuerdo al paso de su regeneración. El flujo de agua en regeneración y la introducción de ácido sulfúrico es controlado por un rotámetro, una válvula de alivio por si hubiera una presión mayor.

Unidad anion, el blanco de solenoides nos controla las válvulas de diafragmas para abrir o cerrarlas de acuerdo al paso de su regeneración, el flujo de agua en regeneración y la introducción de sosa es controlada por un rotámetro, y una válvula de alivio por si hubiera una presión mayor.

Se tiene un dispositivo de paro en automático que al detectar por medio de la celda mas de 40 ppm manda la señal al cuarto de control de calderas sonando alarma y prendiendo foco piloto para así indicarnos que es necesario regenerar la unidad.

La operación de marcha de esta fase muestra la relación en que se controla las variables de proceso y como se controla los factores de cambio. Si hubiera un aumento de flujo de agua pueden romperse los distribuidores y así se hace una mezcla de agua desmineralizada y agua de pozo el cual nos da un pH fuera de las especificaciones estipuladas en los parámetros. Para no tener este tipo de problemas debemos mantener la presión de operación por lo tanto siempre debemos de tener en buenas condiciones la válvula reguladora de alimentación.

El ciclo de regeneración cation si se aumenta la velocidad de los pistones del dosificador no se haría una buena regeneración en toda la resina cationica y si se disminuye la velocidad del dosificador pasaría lo mismo por lo tanto para hacer lo correcto se ajusta el dosificador a un 90% con un volumen de 20 cm del tanque de almacenamiento.

El ciclo de regeneración anion si se aumenta la velocidad de los pistones del dosificador no se haría una buena regeneración en toda la resina anionica y si se disminuye la velocidad de dosificador pasaría lo mismo por lo tanto para hacer lo correcto se ajustara el dosificador a un 60% con un volumen de 10 cm del tanque de almacenamiento.

Una vez haber obtenido agua desmineralizada pasa por un cambiador de calor el cual el agua se calienta a una temperatura de 80°C una parte y la otra va directamente a los tanques de almacenamiento.

#### **4.6 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.**

Este procedimiento se divide en seis subprocedimientos: preparación para el arranque, arranque, seguimiento, operación normal, paro normal, paro de emergencia.

**PREPARACION PARA EL ARRANQUE.** Alimentar el tablero de control, verificar la presión del aire, si no fuera así revisar la falla, checar la presión después de la reguladora de agua, alinear válvulas del rotámetro y ajustar el flujo, verificar los controles de los filtros deben estar en posición ON, abrir válvula de entrada de agua de la unidad, verificar en tablero de control que este encendido o en servicio.

**ARRANQUE.** Para arrancar a la fase de operación de agua desmineralizada se hace lo siguiente se abre la válvula de cadena de agua, verificar la presión del agua después de válvula reguladora si no hubiera esta presión revisar la válvula reguladora y seguir arranque abriendo la válvula de by-pass, verificar si esta trabajando el medidor de agua, abrir las válvulas de descarga de la unidad, ajustar el sensor de conductividad a 40 ppm.

**SEGUIMIENTO.** Se ajustaran presiones, nivel y temperatura. Se verifican presiones de entrada y salida, se ajusta el nivel de agua caliente del tanque de almacenamiento de agua desmineralizada por medio del controlador, se ajustara temperatura a 80°C de agua caliente del tanque de almacenamiento de agua desmineralizada por medio del controlador, se verifica fugas en todo el sistema, se asegura que la bomba de recirculación este en funcionamiento, verificar que la válvula de recirculación este abierta.

**OPERACIÓN NORMAL.** Durante la operación normal se verificara la calidad del agua pH y sólidos totales disueltos. Una vez por turno se analizara el agua pH y sólidos totales disueltos del agua fría y caliente, si cualquiera de las dos muestras esta fuera de las especificaciones en los parámetros esto significa que la unidad desmineralizadora esta por agotarse.

**PARO NORMAL.** El paro ordenado en esta fase de operación se lleva a cabo de la siguiente manera. Cerrando la válvula de alimentación de agua, cerrando válvula de alimentación de aire, cerrando válvula de alimentación de vapor y quitando la energía eléctrica a tablero de control.

**PARO DE EMERGENCIA.** Esto es en caso de emergencia. Quitar la energía eléctrica del tablero de control, cerrar la válvula de alimentación del agua y cerrar la válvula de alimentación de vapor.

#### **4.7 DETECCIÓN DE FALLAS Y SEGURIDAD.**

En esta sección tenemos que localizar e identificar la causa de la dificultad, a esto se le llama detección de fallas.

Una falla es un algo que provoca que no se haga lo que se debe de hacer. Ese algo puede ser un equipo mecánico, como una bomba, un cambiador de calor, una válvula de control o tal vez una persona como un operador. Es decir la detención de fallas tiene que ver con el detectar exactamente que o quien no esta haciendo lo que debe de hacer. La clave para la detención de fallas es la normalidad conocemos lo que es normal en la operación de un proceso o de un equipo, podemos decir que tenemos una falla cuando hay una desviación de las condiciones normales de operación. Con esto podemos decir que la detención de fallas tiene que ver con descubrir las causas o causa de una desviación de las condiciones normales de operación de un sistema, de un subsistema o de un componente. Ahora bien como detectamos fallas en una fase de operación. Nosotros usamos un enfoque sistematico a la detención de fallas mirando la cantidad y calidad de las entradas a una fase y alas condiciones normales del proceso y equipo. Este enfoque se aplica a tres áreas de detención de fallas en la secuencia lógica siguiente: observando las alimentaciones y los servicios a las fases, verificando las salidas de las fases y detectando fallas en el equipo, es decir, localizando lo que el equipo no esta haciendo como debiera. Ahora veamos como detectar fallas en la fase de desmineralización de agua.

Para localizar una falla algunas veces podemos utilizar el llamado método histórico este método de detección de fallas esta basado en experiencias pasadas. Algunas veces sabemos por una experiencia pasada lo que puede ser la causa de una falla particular. Si las entradas a las fases están correctas, la falla podrá ser que usted no esta operando el equipo correctamente. Si usted lo esta operando de acuerdo a los procedimientos la clave para

localizar un problema de operación es la información respecto a dicha operación y se utiliza para verificar que tan bien esta usted operando la fase. Antes de hacer cualquier ajuste, asegúrese de revisar dicha información si el tiempo lo permite ya que la información puede ser la lectura de un instrumento o un análisis de laboratorio. Tome en cuenta que tanto los instrumentos como los análisis de laboratorio pueden reportar errores por lo que deben de tomarse en consideración otro tipo de indicadores.

El primer paso para la detección analítica es delimitar o ubicar el problema. Primeramente se debe determinar si el problema esta aquí o ahí, en caso de una falla esta puede estar dentro o fuera del arrea a la cual estamos analizando. Si la calidad o cantidad de entradas a la fase ya sean de alimentación de aire, agua, etc., no esta dentro de lo normal puede ser muy difícil o tal vez imposible para la fase de producir productos o subproductos dentro de las especificaciones. Si se encuentra una de las fases de las alimentaciones o en los servicios auxiliares, la falla no puede corregirse dentro de la fase puesto que la falla esta fuera de ella. En este caso se tiene que resolver el problema localizando la falla en otra fase. Por otro lado si las alimentaciones y los servicios auxiliares a las fases están correctos y las salidas no lo están entonces podemos decir que la falla esta dentro de la fase y que esta en la operación o en el equipo.

La detección de las fallas en las alimentaciones y en los servicios, por fallas históricas comúnmente es por que no se tiene suficiente presión de aire o agua. Verificando que las alimentaciones y servicios auxiliares estén correctos tales como aire, alimentación de agua, energía eléctrica y desechos de regeneración.

La detección de las fallas de la operación de la fase se basa en fallas de operación históricas que pueden ser si se tiene una presión mayor de agua tiende a romperse los distribuidores y pasar agua de mala calidad al proceso.

**SEGURIDAD.** Todos los procedimientos de seguridad de una planta son aplicables en la operación usar casco, lentes y zapatos de seguridad. Además debiera de usar equipo adicional para la regeneración de la unidad desmineralizadora.

La sosa cáustica y el ácido sulfúrico son líquidos altamente corrosivos. Cualquier fuga de estos líquidos se debiera reportar, solamente podrán usarse extintores de tipo B para polvos químicos es muy importante que el operador conozca el sitio exacto de dichos extintores.

Si por alguna razón llegara a salpicarse sosa cáustica o ácido sulfúrico lave con abundante agua la parte afectada e inmediatamente repórtese al departamento medico en idas hábiles.

Y en idas no hábiles o turnos oscuros repórtese con el superintendente de planta para que así se le dé atención por parte del departamento de primeros auxilios.

Si se está realizando un trabajo de reparación u operación debiera usar su equipo para materiales corrosivos que es chamarra, guantes, pantalón de neopreno y además goggles de adherencia.

#### **4.8 DIAGRAMAS Y COMENTARIOS.**

Básicamente se vera el análisis de operación del diagrama mas complicado, puesto que el otro más sencillo se analizo en los temas anteriores.

Primero el ciclo comienza con las bombas del pozo que estarán sacando el agua cruda sin tratamiento todavía y pasara por unos filtros de carbón para eliminar color y sabor si tuviera



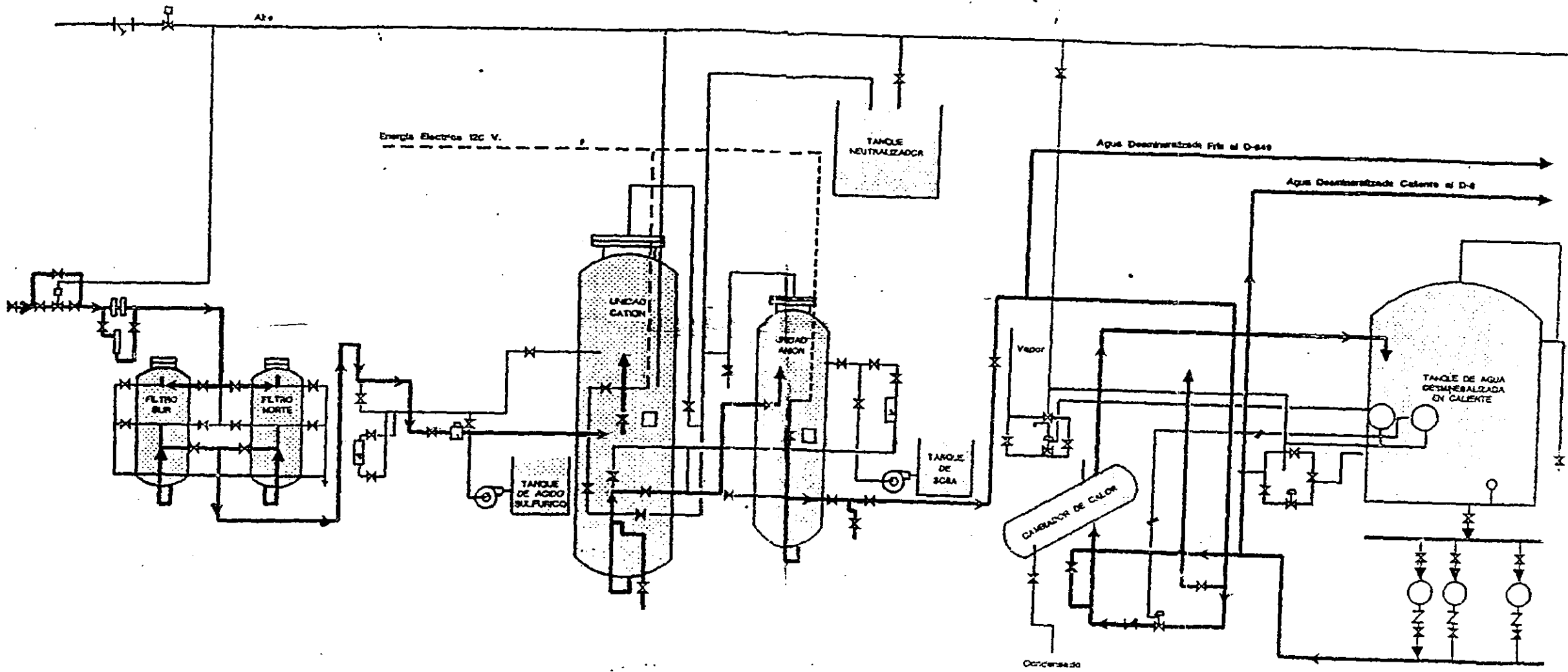


Fig. 3 Diagrama de Flujo y Control de la Fase de Desmineralización de Agua

el agua, en estos filtros de carbón se cuenta con un autolavado y retrolavado para cuando se tengan saturados los carbones interiores. El retrolavado y enjuagues que hace el automático se van hacia los efluentes. Después de estos filtros de carbón el agua pasa hacia un tanque de recepción para mantener el nivel de agua ya tratada con carbón a la salida de este tanque empieza a bombear el agua a través de unos filtros para eliminar partículas que pudieran haber arrastrado en el transcurso que lleva hasta este momento, saliendo de estos filtros entran a la primera fase de desmineralización conocido como la primera etapa en la cual en las celdas de la unidad desmineralizadora catiónica eliminara del agua las partículas con iones negativos, en este paso entran por 7 celdas con camas de resina y la alimentación es de arriba hacia abajo saliendo de estas 7 celdas el agua sigue su curso hacia una torre descarbonatadora, en donde se estará eliminando residuos de carbón que todavía pudiera traer consigo el agua saliendo de esta torre el Agua sigue su curso hacia la primera fase de la unidad desmineralizadora aniónica en la cual entra en conjunto en 5 celdas de cama de resinas en esta etapa se eliminarán las partículas con iones de carga positiva. Saliendo de esta primera etapa de desmineralización aniónica pasa el agua a la segunda etapa de desmineralización catiónica en el cual entrada en conjunto en 7 celdas consecutivas, saliendo de estas celdas pasa a la segunda etapa de desmineralización aniónica que entrara en conjunto en 6 celdas, el agua saliendo de estas celdas llega a un tanque de recepción en donde en este tanque se tiene ya el agua desmineralizada en donde a partir de este tanque el agua se utiliza para los servicios ya sea para el tanque de condensados, torres de enfriamiento, intercambiadores de calor etc.

Pero el ciclo no termina con la salida de agua desmineralizada, el equipo sigue en funcionamiento continuo en donde las celdas que se usaron para desmineralizar giraran para pasar a las etapas de regeneración para cada unidad desmineralizadora.

Para la unidad desmineralizadora catiónica se tiene que contar con agua desmineralizada del tanque de recepción de agua desmineralizada en donde se empieza a bombear y pasa por unos filtros, saliendo de estos filtros sigue el agua su curso para pasar por una serie de celdas en la cual entrada en contra flujo y seguirán pasando las celdas conforme vaya girando la unidad desmineralizadora catiónica, este contra flujo es para remover la resina y cenizas que están en la cama de resina y para evitar que la resina se apelmace. En el sentido de contra flujo es una serie de tres celdas consecutivas, el agua que sale de la última celda pasa por un mezclador estático en el cual se estará mezclando con ácido clorhídrico.

El ácido clorhídrico es bombeado desde otro nivel de la unidad desmineralizadora catiónica en donde este ácido clorhídrico pasa por un by-pass de filtros para eliminar partículas extrañas existentes en el ácido clorhídrico entonces este flujo pasa por el mezclador estático y se mezcla con el agua que sale de las celdas que se les hizo contra flujo, una vez mezclado el agua y el ácido clorhídrico para la etapa de regeneración pasa por una serie de celdas en serie que consta de tres celdas y el fluido regenerante pasa en serie por estas tres celdas, ahora el agua mezclada con el ácido clorhídrico se va hacia el tratamiento de efluentes. Las celdas que van saliendo de esta etapa de regeneración estarán listas para pasar por un enjuague y un contra flujo para enjuague para eliminar residuos del regenerante de ácido clorhídrico y para mover la cama de resina para evitar que se apelmace saliendo de esta etapa de enjuague las celdas ya estarán listas para recibir agua cruda para desmineralizar y así seguirá el curso de esta unidad desmineralizadora catiónica. Con la unidad desmineralizadora aniónica pasa algo similar en el cual empieza desde el tanque de recepción de agua desmineralizada la cual pasa por unos filtros para eliminar impurezas que pudieran existir, saliendo de estos filtros pasa por un intercambiador de calor

para atrapar una determinada temperatura y pasa por una serie de cinco celdas para un enjuague y un enjuague en contra flujo para eliminar las cenizas existentes en las camas de resina y para mover la resina para evitar que se apelmace la cama de resina, saliendo de esta serie de celdas pasa por un segundo intercambiador de calor para calentar mas el agua, saliendo de este intercambiador de calor llega a un tanque de recepción para que apartir de este tanque se bombea el agua para pasar por un mezclador estático en donde se mezclara con sosa cáustica.

La sosa cáustica se bombea desde un nivel superior a la unidad desmineralizadora anionica en donde la sosa cáustica pasa por un by-pass de filtros para eliminar particulas existentes en la sosa cáustica, después sigue el flujo para llegar al mezclador estático y se mezcla con el agua caliente que ayudara a diluir la sosa cáustica, después pasara por una grupo de cuatro celdas en el cual entrada una etapa de contra flujo para que quede bien regenerado la cama de resina y el agua mezclada con la sosa cáustica sale de esta serie de celdas y se ira hacia la linea de efluentes para su tratamiento.

Saliendo de esta etapa las celdas pasan por un enjuague y enjuague en contra flujo para eliminar residuos de sosa que llegara a quedarse en la cama de la resina y para mover las camas de resina para evitar que se apelmace las camas de resina, y saliendo de este enjuague las celdas quedaran regeneradas para recibir agua cruda para seguir desmineralizando el agua.

Concluyendo en las dos unidades desmineralizadoras de agua tanto la cationica como la anionica el ciclo es de pasar la primera etapa de desmineralización por la unidad cation después pasa por la torre descarbonatadora y de ahí pasara al primera etapa de desmineralización de la unidad anion, de ahí pasa a ala segunda etapa de desmineralización de la unidad cation y para terminar de desmineralizar pasa por la segunda etapa de desmineralización de la unidad anion una vez terminado esta etapa en las dos unidades pasaran a la etapa de regeneración en donde para la unidad cation se utiliza ácido clorhídrico para regenerar y para la unidad anion se utiliza sosa cáustica para regenerar terminando esta etapa en las dos unidades sigue la etapa de lavado, enjuagado y retrolavado para eliminar los regenerantes que se utilizaron y para mover la resina para evitar se Apelmace la cama de resinas de todas las celdas.

Como datos técnicos en cada unidad desmineralizadora se cuenta con 30 celdas cada una en el cual se calcula un flujo para desmineralizar 340 GPM el sentido de flujo es en el sentido a las manecillas del reloj por lo que el proceso es continuo es decir se tendrá las unidades desmineralizadoras trabajando y siempre sacando agua desmineralizada y siempre se estará regenerando. Se cuenta con un cabezal o válvula con las alimentaciones para las entradas en cada celda o mejor conocida esta unida como valvula estacionaria y sus puertos fijos esta válvula gira a las mismas rpm que las unidades desmineralizadoras, esta válvula distribuidora cuenta con un sistema planetario de engranes para su movimiento y para aislar la transmisión de los flujos existentes en la operación se cuenta con una membrana alimentada con aire a presión por lo que estas unidades desmineralizadoras cuenta con un compresor solo para su alimentación de estas válvulas.

Cada unidad desmineralizadora cuenta con sus plc para controlar flujos y velocidades en los rpm de cada motor y bomba según sea la demanda de consumo, se cuenta con sensores de pH y conductividad para tener controlado la desmineralización del agua.



## CAPITULO 5

### TRATAMIENTO DE AGUA Y CONTROL INTERNO EN LAS CALDERAS

#### 5.1 INTRODUCCION.

Las partes a presión de una caldera que está expuestas a radiación por la alta temperatura del horno o por el paso de un flujo de gases calientes que salen del horno, debe ser continuo y perfectamente enfriado en su parte interna por el movimiento rápido del agua para evitar fallas. Si el metal de la caldera se sobrealimenta, su resistencia será reducida y la rotura puede ocurrir debido al esfuerzo en que se encuentra sometida. Si existe acumulación de incrustaciones en las superficies internas del metal, esto actúa como un aislante, y el agua o vapor no pueden llevar el calor que están recibiendo por las superficies externas de los tubos de la caldera o domos. El incremento de temperatura produce falla en el metal lo que ocurrirá más pronto o más tarde. Aun si la caldera no falla en el metal al aislante, el efecto aislante de la incrustación en la superficie de la caldera da como consecuencia menos calor absorbido a los gases de escape, y da como consecuencia pérdida a la eficiencia en la caldera en varias partes por ciento. El agua de la caldera por consiguiente debe estar acondicionada para que no deje depósitos en la superficie. Los requerimientos son que el tratamiento deba proteger contra la corrosión a la caldera en sus partes internas y también evitar la cristalización del metal de ella. A medida que la presión de las calderas se incrementa, la necesidad para obtener un buen tratamiento es imprescindible.

La principal razón de la formación de incrustaciones en las calderas. Se debe a que la solubilidad del calcio y magnesio disueltos, decrecen a medida que la temperatura se incrementa. Cuando una solución de estas sales en el agua es sobresaturada. Debido a un incremento en la concentración de ellas o al aumento de temperaturas del agua, la precipitación de las sales ocurre. Las sales precipitadas forman sedimentos que se adhieren en las superficies de calefacción, formando incrustaciones. La incrustación puede también formarse en otra forma cuando la concentración de sales en el cuerpo principal del agua en la caldera está abajo del nivel de saturación. Las áreas de alto calor de absorción en combinación con mala circulación de agua, puede causar formación de burbujas de vapor que temporalmente evitan que el agua enfríe la superficie del tubo, debido a la formación de estas burbujas de vapor la película del agua en la superficie del metal se seca rápidamente aumentando la concentración y por consecuencia formando incrustaciones directamente en las superficies calientes del tubo. Una buena circulación del agua en los lugares que están sujetos a mayor temperatura es muy importante para evitar este tipo de

circulación. Sin embargo, una caldera se diseña y construye para las condiciones correctas de operación. Deben mantenerse concentraciones razonables de sólidos disueltos en el agua de la caldera, para evitar la formación de incrustación debido a la supersaturación. Los depósitos en la caldera o puntos calientes son menos comunes (hot spots) cuando se usa agua en la caldera de buena calidad.

## 5.2 PURGAS.

La práctica usual en el tratamiento interno de calderas, es agregar sales a base de sodio o potasio las que reaccionaran con el material incrustante, formando precipitados de calcio o magnesio. Estos precipitados deben de ser de la naturaleza que no se adhieran a la superficie de la caldera, pero que pueden aglutinarse y caer en la parte inferior en la región mas fría de la caldera o de las paredes de agua para removerse por purga de fondo, y aun permanecer en suspensión, para ser removidos por purga continua en el domo de la caldera. Debe mantenerse un exceso en el tratamiento químico para suavizar el agua cuando esta venga en tal forma por mala operación del tratamiento externo o por contaminación del condensado.

Si el vapor que abandona la caldera es puro, todos los sólidos disueltos o suspendidos en el agua de alimentación, mas las sustancias químicas agregadas en el tratamiento interno se acumularan en la caldera y gradualmente se concentraran, por lo que deben removerse por purga continua. La purga continua de una caldera es, por consiguiente, una parte esencial para el control y tratamiento interno, pues además de remover los precipitados de la formación de sales incrustantes, también removerán las sales solubles o minerales que no forman incrustaciones a bajas concentraciones, pero que pueden causar averías si se concentran.

La purga de la caldera puede ser intermitente o continua, pero debe ser de suficiente cantidad para mantener la concentración de sólidos del agua a un nivel bajo, en tal forma que se evite arrastres de agua, espuma o depósitos de incrustación. La concentración de los sólidos disueltos en el agua de la caldera, pueden variar en diferentes partes de la misma. Usualmente es mayor en el domo donde recibe el retorno de las paredes de agua y mucho vapor es liberado, dando gran cantidad de sólidos disueltos en relativamente poca cantidad de agua. Forzosamente se recomienda que la purga debe de ser en la parte de mayor concentración, con objeto de evitar pérdidas de calor por purgas, es decir, que las pérdidas de calor por causa, sean mínimas en cantidad y la cantidad de agua de repuesto se mantenga a su mínimo valor. Es usual y de muy buena práctica, instalar línea de purga continua en el domo superior donde se libera el vapor, esta línea debiera estar colocada de 3 a 4 plg. Abajo del nivel normal de agua. Esta línea se perfora relativamente con gran cantidad de pequeños orificios a todo lo largo para que toda el agua sea recogida a través de todo lo ancho de la caldera.

Debe instalarse válvula de control de flujo o similar, para poder controlar la purga continua, lo cual debiera hacerse en tal forma que la válvula se pueda regular correctamente para poder conocer y estar al tanto del control de ella. Esta debiera estar respaldada con una o más válvulas de corte. Las válvulas para purga en calderas o paredes de agua deben de

estar una tras otra, se recomienda que la válvula que se encuentre hacia el exterior es la que se use para estrangular y regular el flujo y la válvula que esta cerca del domo son los de abrir y cerrar, esto es, que la válvula exterior es la que sufre por el efecto de estrangulación y puede repararse cuantas veces sea necesario, mientras la caldera esta en servicio. Usualmente las válvulas de purga en el domo se pueden operar en cualquier momento sin que ocurra perturbación en la circulación del agua en la caldera. Las válvulas de purga en las paredes de agua nunca deben abrirse a plena carga cuando hay gran vaporización debido a que la circulación de las paredes puede ser pobre y causar sobrecalentamiento y aun quemar la sección de los tubos expuestos a altas temperaturas.

### 5.3 CONTROL DEL TRATAMIENTO INTERNO.

Alguna persona usualmente la que es responsable del tratamiento del agua de calderas, debe dar las instrucciones para cantidad y tiempo en la purga a los operadores. Estas ordenes serán por escrito a todos los turnos para que sea de su conocimiento.

Una alternativa seria que el control de las purgas en las calderas lo haga la persona encargada del tratamiento; Pero esto puede dar lugar a confusiones. Similarmente la admisión de substancias quimicas para el tratamiento interno, debe ser hecho por los operadores en el tiempo y cantidades especificadas y que se den por escrito, firmado por la persona responsable del tratamiento.

En calderas industriales que operen con agua de repuesto desde 3 hasta 100% no es económico usar agua destilada para ello, y las grandes cantidades de sólidos que están entrando en la caldera con el agua de alimentación, aun cuando esta sea tratada quimicamente. Bajo ciertos métodos y tratamientos, hay bastante lodo que debe eliminarse en las partes inferiores de los cabezales y en las paredes del agua por medio de purgas.

Si es posible las purgas deben de hacerse en carga baja o cuando la caldera esta respaldada. De no ser posible se instalara una pequeña válvula en forma de By-pass a las válvulas de purga para que se pueda purgar sin ocasionar trastornos en la circulación de la caldera. Cuando la cantidad de purga es alta, se instalara un cambiador de calor o tanque de vaporización instantáneo, para recuperar el vapor formado y eliminar los sólidos, en esta forma se ahorra calor.

El arrastre de agua, y la espuma dependen de la concentración de los sólidos disueltos en el agua de calderas. La industria americana de calderas y afiliadas limita como concentración máxima del agua en calderas según se muestra abajo.

Presión de las Unidades generadoras En lb/plg <sup>2</sup>	sólidos totales ppm	alcalinidad total ppm	sólidos suspendido ppm
0 - 300	3500	700	300
301 - 450	3000	600	250
451 - 600	2500	500	150
601 - 750	2000	400	100
751 - 900	1500	300	60
901 - 1000	1250	250	40
1001 - 1500	1000	200	20
1501 - 2000	750	150	10
2001 o mayor	500	100	5

De lo anterior se deduce que entre mayor sea la presión de la caldera, la concentración de sólidos debe ser menor. Esto también se aplica sobre la sílice. En calderas de alta presión, debe mantenerse al mínimo el agua el agua de repuesto de 5 ppm. Si la sílice o los sólidos totales alcanzan los límites deseados, debiera reducirse a base de purga a la caldera reponiendo el nivel con agua de buena calidad.

Las sustancias químicas que se usan para el tratamiento interno dependen de las impurezas que contenga el agua y la presión a que opera la caldera. En las centrales termoeléctricas que usan agua destilada para repuesto, se usa alguna forma de fosfato para remover la dureza remanente y como protección a una posible contaminación del condensado, la mejor reacción y la formación del floculo ocurre a 9.5 de pH. Si los constituyentes del agua desarrollan alta alcalinidad deben usarse monofosfatos de sodio, esto ayuda a disminuir la alcalinidad y mantener el pH en el valor deseado. El fosfato disodico es neutro en su reacción y es la forma más económica de usar el fosfato. Si se necesita incrementar la alcalinidad se usara el fosfato trisodico, o algún otro material como el carbonato de sodio o sosa cáustica, las que se usaran en combinación del fosfato disodico. Para la mejor protección contra la corrosión debe mantenerse un pH arriba de 10.5 si la alcalinidad es muy alta existe la tendencia de arrastres de agua en el vapor y la formación de espumas puede considerarse como zona de operación de 10.00 a 11.0 de pH. Las sales de potasio se pueden utilizar en la misma forma que el fosfato de sodio para tratar el agua, ella son teóricamente mejores para la reacción y para la precipitación de los lodos que las de sodio, pero de mayor precio. Si se mantiene la alcalinidad para obtener un pH arriba de 10.0 la concentración de fosfatos arriba de 15 ppm se obtiene una completa remoción de la dureza, por lo tanto, para obtener un margen que compense la sustancia química en la reacción, la concentración de iones de fosfatos debiera ser de 30 a 40 ppm.

A menudo se usa el carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  para eliminar la dureza en calderas que trabajan de 300 lb/plg<sup>2</sup>. A presiones superiores se descomponen rápidamente formando bióxido de carbono que se mezcla con el vapor lo que origina corrosión en las líneas de retorno de condensado, ya que el vapor se condensa y reabsorbe el bióxido de carbono. Los lodos que se forman por la reacción del ion carbonato con la dureza de calcio o magnesio son más densos y menos adherentes que los lodos que forman los fosfatos. Cuando se necesita eliminar gran parte de dureza por alto repuesto, o condición del agua, el



tratamiento del carbonato deberá combinarse con un compuesto orgánico como tanino o mannanato de sodio ayudan a mantener el lodo fluido para que pueda removerse en las purgas. Algunas veces se usa en el tratamiento, la combinación de carbonato y fosfato. La concentración del carbonato depende de la presión de la caldera con presiones arriba de 400 psia el punto de ruptura es tan rápido que la alcalinidad se eleva a valores indeseables arriba de 11.5 pH si el carbonato tiene una concentración arriba de 20 o 30 ppm.

Otro producto químico que se usa normalmente en el tratamiento interno es el sulfito de sodio  $\text{Na}_2 \text{SO}_3$ , el cual reacciona con el oxígeno disuelto en el agua de alimentación para formar sulfatos  $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ , la cantidad de sulfito necesario dependen del oxígeno disuelto en el agua de alimentación y también del oxígeno liberado en la caldera. Este fenómeno depende aparentemente de la presión de la caldera y circulación del agua. Con alta presión y con alto calor absorbido se incrementa al desprendimiento de oxígeno. Debe llenarse una concentración de 10 a 30 ppm de sulfito de sodio. El sulfito de sodio que reacciona con el oxígeno disuelto o el formado por la disociación del agua en las zonas calientes, afecta la concentración de sulfato de sodio en las calderas. Ordinariamente la concentración de esta sal es baja y no causa averías.

En calderas antiguas que están remachadas deben tenerse precaución en el agua de alimentación para evitar cristalización cáustica al metal de alta resistencia en la caldera, remaches y ajuste de los tubos en las placas en el expansionado, se ha establecido guardar la relación entre el sulfato de sodio y la alcalinidad total con 3 a 1 esto evita la cristalización cáustica esto se conoce como relación ASME. Con calderas operando a presiones debajo de 200 psia. Esta relación puede reducir a 2:1 otras investigaciones han demostrado que la relación entre nitrato de sodio o hidróxido de sodio también controla la tendencia a la cristalización cáustica.

A menudo se instala celda detectora para determinar la tendencia a la cristalización cáustica. Una muestra del metal de la caldera o metal de característica similar se corta a un tamaño predeterminado y se coloca con fuerte esfuerzo como se muestra en la figura 5.3 A de la página 56 A. El agua de la caldera a temperatura de la caldera se circula continuamente a través de la celda. La muestra del metal se inspecciona frecuentemente para observar síntomas de falla, una falla inmediatamente se detecta o indica que el agua no es satisfactoria para la prevención de la cristalización cáustica, deben hacerse las correcciones inmediatamente.

Una determinación de la concentración de cloruros en el agua de la caldera debe hacerse de rutina. Como el cloruro de sodio es muy soluble hay poco peligro de incrustación, pero si la concentración de sales disueltas es alta, existe el peligro de arrastre de agua y espuma y la cantidad de sólidos en el agua que arrastra el vapor, es mayor. En el caso de plantas que usan el agua del mar para condensar el vapor, existe la posibilidad de rápida acumulación de cloruros en el agua de la caldera por fugas en los tubos del condensador. Una falla similar ocurre cuando el agua de repuesto en las torres de enfriamiento y evaporados, tiene alto porcentaje de cloruros. El conocimiento de la concentración de cloruros y su control por medio de purgas es muy necesario en el control del agua de la caldera.

La concentración total de sólidos es de gran significación, este valor se puede obtener rápidamente por medio de la conductividad del agua de calderas. Una constante aproximada es de 0.5 veces la conductividad del agua expresado en micromhos/cm<sup>3</sup> nos dará aproximadamente los sólidos disueltos en el agua. Cada ion disuelto en el agua tiene diferente constante de conductividad, de aquí que la conductividad del agua nos expresa los sólidos totales disueltos aproximados. La suma de la dureza, alcalinidad total, cloruros.

Silice. Fosfatos, sulfitos y fosfatos expresados como compuestos de sodio da un valor muy exacto de los solidos totales en el agua de la caldera y nos dará una constante muy aproximada para usarla en la conductividad y obtener los sólidos totales. Para una determinación exacta debe tenerse una cantidad de agua, evaporarse hasta quedar seco el recipiente y pesarse el residuo.

La determinación de la dureza en el agua es muy importante para conocer la presencia de compuesto de calcio o magnesio que producen efectos incrustantes. La determinación de dureza se hace usando solución estándar de jabón o la prueba colorimetrica de versenato. El ultimo es él más exacto. Cuando se usa fosfato para tratamiento interno no es posible obtener fosfato y dureza al mismo tiempo. La remoción de dureza no es tan completa con carbonato de sodio como agente suavizador puede tenerse una dureza de 10 ppm con un exceso de carbonato e hidróxido. La prueba de la dureza por lo tanto sirve para saber si se ha acompletado la reacción química en la caldera y el mantenimiento de un exceso de reserva suavizante química en el agua de la caldera.

La silice contenida en agua de calderas es particularmente importante a presiones arriba de 600 psia debido a que es arrastrada por vaporización debido a las altas temperaturas asociadas a altas presiones. Si la silice se limita a 5 ppm o menos, la cantidad arrastrada por vaporización o por arrastre físico del agua en suspensión en el vapor no será suficiente para provocar problemas por la acumulación de silice. La silice puede provocar problemas por la formación de incrustación que es muy difícil de remover. Sin embargo, si el control del tratamiento del agua es cuidadoso se evita este problema.

Para las calderas actualmente en uso, con estanqueidad en los condensadores, y con bajo porcentaje de agua de repuesto, y con una concentración total de 4 ppm de sólido total de agua proveniente de evaporadores o equipo ionizante deberan mantenerse los siguientes valores aproximados:

	PPM
Fosfato como $PO_4$ .....	30 - 40
Dureza como $CaCO_3$ .....	0
Sulfito como $Na_2SO_3$ .....	10 - 30
Sulfato como $Na_2SO_4$ .....	100 - 200
Cloruros como $NaCl$ .....	0 - 100
Silice .....	0 - 5
PH .....	10.0 - 11.0
Alcalinidad al anaranjado de metilo .....	20 - 100

Los fosfatos se pueden elevar agregando mono-dio o fosfato trisodico según sea necesario para controlar el pH y la alcalinidad al anaranjado de metilo. Si se tiene concentración normal de fosfato no existirá dureza. Si se apreciara dureza y fosfato al mismo tiempo, es de suponerse errores de técnica en las pruebas.

La concentración de sulfito puede elevarse por la adición de sulfito de sodio. La entrada de oxigeno disuelto con el agua de alimentación o por descomposición del sulfito puede ser la causa de que la concentración disminuya. Si existe oxidación, aumentara la concentración de sulfato de sodio. Si el agua de alimentación no tiene oxigeno disuelto y no existe sulfato de sodio, es de presumir la liberación de oxigeno en el agua por descomposición de ella debido a zonas de alta temperatura y pobre circulación del agua. Si no existe aumento del sulfato de sodio y si existe disminución del sulfito de sodio presente en el agua es de suponer que existe descomposición del sulfito de sodio en bióxido de azufre e hidróxido de

sodio. El uso de sulfito de sodio debe conservarse dentro de ciertos límites. Un nivel de 10 ppm es el apropiado para proteger la corrosión, el aumento de concentración da lugar a pérdidas de sulfito, puede significar una mayor protección a más altos niveles en beneficios del gasto excesivo de sulfito. La concentración de sulfatos debe mantenerse dentro de límites adecuados; la relación ASME de una relación de sulfato-alcalinidad de 1:1, 2:1 o 3:1 para calderas que operan a 100, 200 y 300 lb o más, deben observarse estas relaciones para evitar la cristalización cáustica y, por lo tanto debe mantenerse adecuada concentración de sulfatos.

La estimación de los productos químicos para el tratamiento interno necesitan del conocimiento del agua en la caldera en condiciones normales de operación. Esto puede calcularse del volumen interno de las cámaras de agua o por los datos del fabricante. Dividiendo el peso del agua entre un millón dará el incremento en ppm obtenido por una libra de producto químico agregado. Si los productos químicos se alimentan en tanques dosificadores descargando en la succión o descarga de la bomba de alimentación, la concentración de los productos se obtendrá fácil e inmediatamente. Un rápido incremento de los productos químicos por este método se les supone causante de arrastres de agua en el vapor. Usando bombas alimentadoras de los productos químicos, la cantidad necesaria se disolverá en un tanque alimentador con un volumen constante de agua y después bombeando a la caldera en un tiempo dado, puede mantenerse bombeo constante durante 24 hrs para mantener condiciones del agua en calderas constante.

El agua puede disolver el tratamiento químico debiera ser tan pura como sea posible, preferible condensada y en cantidad suficiente para que los productos químicos sean totalmente disueltos. Si existen materiales sin disolver, estos tapan líneas, válvulas y producirá averías en la bomba. Si el agua contiene calcio o magnesio, y si se usa solución de fosfato, la solución causará taponamiento en líneas por el lodo que forma la dureza al precipitarse.

Se usa la purga de la caldera para bajar la concentración de sílice, cloruros y otros sólidos disueltos cuando tienen valores mayores que los deseados. Por lo tanto, al hacer esta, bajaran todos los compuestos del tratamiento por lo que se hace necesario agregar, fosfato, sulfito y mantener la alcalinidad a los valores necesarios.

Donde es posible, la mejor práctica es tratar de controlar las impurezas que entran en la caldera, en lugar de tratar de eliminarlas por la purga.

Cuando los productos químicos se agregan al agua de alimentación en lugar de bombearse directamente en las calderas, una concentración indebida de productos químicos ocurren en una caldera con una correspondiente disminución de otras. Esto resulta de una distribución desigual en el agua de alimentación de unas calderas que llevan mayor carga que las otras mientras se continua con el mismo régimen de purga en todas. Esta condición puede corregirse variando la relación de purga individualmente en las calderas, o dar una inyección a baja concentración de productos químicos a las calderas que operen en mayor proporción de carga para obtener su correcto tratamiento.

La línea de fosfatos se lleva directamente a los domos de cada caldera individualmente, para evitar la posibilidad de que se formen depósitos de fosfato en las bombas de alimentación o válvulas de control de alimentación. Es posible obtener el mismo efecto por medio del uso de tanques de alimentación a presión localizados arriba del nivel del domo. Por otra parte el sulfito se alimenta mejor en el lado de succión de la bomba de alimentación para obtener una mejor protección contra la corrosión del oxígeno, lo que

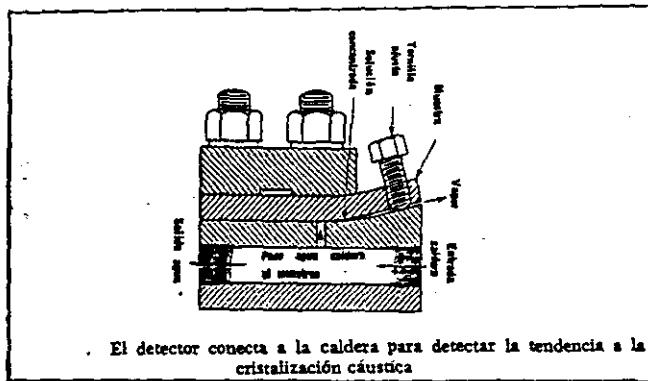


FIG. 5.3

protegerá la línea de alimentación y economizadores. La solución de sulfito debe alimentarse continuamente para obtener una completa protección.

Puede instalarse sistemas de alimentación de productos químicos automáticos para alimentarlos, variando la proporción o los intermitentes, si así se desea. La concentración de la solución que se alimenta, deberá calcularse y hacerse la mezcla correspondiente para obtener la solución de alimentación deseada. Deben instalarse alarmas de bajo nivel en los tanques de solución.

Existen varios dispositivos para mezclar las sustancias químicas, pero deben tratarse de que estas sean completamente disueltas y que no existan partículas que pueden tapan tubos o interfieran la acción de las válvulas. Se instalara un cedazo en el fondo del tanque de alimentación para recibir las sustancias químicas que no se han disuelto, así como las materias extrañas. Las bombas de alimentación de los productos químicos son usualmente del tipo alternativo de embolo buzo con doble válvula tipo bala cargada con resorte en la succión y en la descarga. Estas válvulas usualmente deben hacerse para que sean fácilmente desmontables para su limpieza e inspección. Una válvula check y una válvula de corte, se debe instalar cerca de cada caldera o en el punto de descarga de alta presión. Una válvula de alivio se instalara en la descarga de la bomba con objeto de que si la descarga esta cerrada, la bomba no se dañe. Las líneas en solución de los tanques deben instalarse en tal forma que puedan ser fácilmente desarmables para su limpieza y revisión. Deben tenerse usualmente dos bombas por lo menos, con objeto de asegurar una correcta alimentación de fosfatos y tener de reserva una bomba en caso de falla o rotura. Se instalara una conexión de agua pura a los tanques de solución con objeto de lavarlos tanto a ellos como a las bombas, líneas de descarga a las calderas, después que se han alimentado el fosfato. Esto se usa especialmente, cuando la inyección de productos químicos es intermitente.

Las calderas que tienen muy bajo repuesto, agua muy pura, son fáciles de controlar con un apropiado tratamiento interno. Sin embargo, los arrastres que producen los evaporadores, mal funcionamiento de las plantas desmineralizadoras, o las fugas en los condensadores pueden incrementar la concentración, lo cual debe evitarse y tomar todos los pasos necesarios para corregirlos. Es por consiguiente recomendable, revisar el agua de calderas diariamente una vez por lo menos y tener todas las provisiones necesarias para llevar un récord continuo de la pureza de condensado, del agua de repuesto y del vapor producido.

A medida que el agua de repuesto se incrementa, las dificultades para el control del tratamiento también aumentan, y en aquellos en que se obtiene un repuesto arriba del 5%, los evaporadores serán excesivamente grandes y deberán tenerse algún otro método de pretratamiento del agua tales como la zeolita, cal-carbonato, o suavizadores de zeolita en caliente. La gran cantidad de impurezas en esta agua de repuesto, fuerza a un incremento en la concentración total de sólidos en la caldera, lo que da por consecuencia grandes cantidades de purga, por otra parte esto aumenta las pérdidas de calor a grandes valores y, también, es un factor que incrementara los requerimientos del agua de repuesto. La presión de vapor debe seleccionarse en razón inversa a los sólidos probables de ella, para evitar averías en la caldera. La concentración de sólidos totales de 4000 a 5000 ppm, es aceptable si la caldera es diseñada liberalmente de modo que no se tengan puntos calientes y además un amplio espacio para la separación agua-vapor. Un control cuidadoso debe tenerse del sistema del pretratamiento del agua de repuesto, con objeto de evitar la entrada de dureza y otras impurezas a la caldera.

Cada situación individual en que se presenta un alto porcentaje de repuesto, es diferente uno al otro, sin embargo, y solo como posible excepción de pequeñas calderas industriales

que están fuera de servicio en la noche y a fin de semana y que pueden drenarse, deben buscarse las recomendaciones apropiadas de un consultor de tratamiento de agua, o por lo menos, de una firma recomendable sobre tratamiento de agua a calderas. Si el repuesto de agua no tiene malas características, las purgas nocturnas para mantener la caldera embotellada después de quedar fuera de servicio, mas un completo relleno cada fin de semana, sirve para eliminar la incrustación apreciable en la superficie de la caldera. Sin embargo esta es la excepción cuando se tiene la fortuna de tener esa situación, se debe mantener perfecto cuidado sobre la superficie de la caldera y en caso de observarse corrosión o incrustación, debiera aplicarse inmediatamente alguna forma de tratamiento interno.

#### 5.4 PROTECCION PARA EL SISTEMA DE CONDENSADO.

El condensado de vapor de una caldera es de un pH bajo y es corrosivo por naturaleza, particularmente, si existe descomposición de carbonatos o bicarbonatos en el agua de la caldera con el desprendimiento de bióxido de carbono que sale de la caldera con el vapor. Si existe oxígeno en el condensado hay tendencias corrosivas acentuadas y considerable cantidad de metal será disuelto en tubos y superficies de los calentadores.

Una pequeña cantidad de sulfito de sodio algunas veces se alimenta continuamente a la bomba de alimentación o a la succión de la bomba de condensado para que reaccione con el oxígeno remanente del condensado después de la deaireación, esto lo protegerá de la corrosión al sistema de agua de alimentación.

Otro método que da amplia protección, es alimentar continuamente una solución de hidracina  $N_2 H_4$  lo que eleva el pH del condensado. Este compuesto también tiene la habilidad de absorber oxígeno, formando nitrógeno y agua, esto es, que el agua de la caldera no aumenta los sólidos por su uso. Elevando el pH, así como eliminando el oxígeno, toda la parte húmeda del ciclo se protege contra la corrosión, y se evita el ataque al hierro parcial o totalmente. Este producto evita la formación de depósitos ferrosos o férricos en los calentadores de baja temperatura y también reduce los depósitos de óxido de hierro en la caldera.

La hidracina tiende a descomponerse en amoníaco cuando se alimenta en concentración arriba de 1.0 ppm. Como resultado el sulfito de sodio algunas veces se usa en combinación con la hidracina, con objeto de tener mayor protección contra el oxígeno en el sistema por fugas que no se esperen en los sistemas de vacío.

Otro producto como la morfolina también se usa para controlar el pH en el sistema de condensado. Esta amina se agrega en el sistema de condensado y eleva su pH. Cuando llega a la caldera se va junto con el vapor cuando se condensa el vapor, también se condensa la amina manteniendo en él líquido el nivel de pH deseado.

En calderas que operan a una presión cercana o arriba de la presión crítica de 3206 psia, a prácticamente toda el agua de alimentación se transforma en vapor al pasar por los tubos de la caldera. Esto es, si existieran sólidos disueltos en el agua de la caldera se depositarían en la superficie de los tubos. Se requiere agua de alimentación ultrapura para evitar averías. Los tubos del condensador deben soldarse para evitar la contaminación y el condensado debiera pasara a través de un desmineralizador para obtener un alto grado de pureza, esta

agua debiera deraarse antes de entrar a la caldera. En estas condiciones no se hace tratamiento químico o es muy simple.

## 5.5 TRATAMIENTO DEL AGUA DE CIRCULACIÓN.

El tratamiento químico del agua usada para condensar el vapor y que se use solo una vez en el condensador, no es, por lo general, practico debido a su alto costo. Si el agua usada para estos fines bajo las condiciones anteriores es corrosiva o tiene otras características desfavorables, generalmente es muy económico el usar materiales resistentes a la corrosión en los tubos y aplicar capas de material resistente en las tuberías y partes del condensador tocadas por el agua. La clorinación intermitente del agua, puede usarse para prevenir o hacer mas lento la formación de algas e incrustaciones de agua salada.

En aquellas instalaciones en donde el agua de circulación se hace pasar en forma continua por el ciclo de enfriamiento para ser luego usada de nuevo, puede ser conveniente tratarla, especialmente si al adquirir concentraciones mas altas comienza a formar depósitos e incrustaciones. Al enfriar el agua, parte del calor es transmitido al aire por conducción y radiación, pero la mayor parte del enfriamiento se debe a la evaporación a una pequeña parte del agua de enfriamiento.

En una planta que utilice el ciclo de condensación, la evaporación es aproximadamente igual en cantidad a las libras de vapor condensado en el condensador. En el caso de que el agua se tome de un lago o presa, el flujo de las aguas hacia adentro y hacia fuera, evitan que la concentración de sólidos se incremente en una proporción considerable como resultado de la evaporación; en el caso de estanques de enfriamiento equipados con rociadores, la cantidad de rocío o agua atomizada arrastrada por el aire, es generalmente lo bastante grande en cantidad para evitar el aumento de la concentración. Sin embargo en las torres de enfriamiento se usan eliminadores de rocío y poco agua es perdida al ambiente probablemente no más de 0.1 a 0.2 %, por lo que las concentraciones tienden a ser mayores hasta alcanzar valores inconvenientes, a medida que el agua de reemplazo que contiene impurezas en desolución, entra al circuito de condensado reemplazando el vapor puro que ha sido evaporado por la torre de enfriamiento, dejando las impurezas que estaban disueltas en el agua de repuesto.

Las aguas de ríos, lagos o presas, a no ser que estén muy contaminadas. Están estabilizadas y, por lo general no dejan depósitos en la superficie del condensador, a no ser que el agua se concentre varias veces. En el caso de que se dispusiera de la cantidad suficiente de agua de repuesto que permitiera una extracción igual o mayor a la evaporación de la torre, se podría eliminar estas dificultades. Las aguas provenientes de pozos, tienden una tendencia mayor a causar dificultades, cuando se usan como reemplazo en el sistema de condensado debido, probablemente, a su mayor concentración de sólidos. El tratamiento mínimo, cuando se use agua de pozo para reemplazo en el sistema de condensado, consistirá en aereación preliminar y permitir un periodo de reposo para que los gases en disolución se desprendan y los sólidos en suspensión se asienten, así como los compuestos de hierro y magnesio disueltos en el agua, los cuales son precipitados por el oxígeno absorbido durante la aereación. Atendiendo a las características del agua, se hará necesario suavizarla o

ionizarla. Debido a las grandes cantidades, requeridas para el agua de repuesto, el tratamiento, así como el equipo necesario deberá ser lo más bajo posible en precio. Mientras mejor y más completo sea el tratamiento, será menor la cantidad de extracción, que se puede tolerar en la torre. A fin de encontrar el término medio más económico, será necesario balancear los costos entre el tratamiento y el del agua de reemplazo.

En función del análisis del agua y su temperatura, una agua puede ser de condición corrosiva o que propicie la condición de depósitos e incrustaciones, y si se mantiene en un valor intermedio puede en teoría conservar una condición neutral. La tendencia de una agua determinada hacia la acción corrosiva o hacia la formación de depósitos puede ser calculada, partiendo del análisis del agua, por medio del índice de Langelier o algunas de sus variaciones. La tendencia corrosiva se considera balanceada por la tendencia a formar depósitos de carbonato de calcio. Entrando a las curvas de Langelier con la temperatura, pH, sólidos totales, dureza y alcalinidad total del agua en el sistema de condensado como argumentos, se obtiene un valor positivo para una agua con tendencia a formar depósitos o negativo para una agua con tendencia corrosiva. Mientras más grande sea el valor obtenido, más acentuada será la tendencia indicada. Mientras más alta sea la temperatura, se hará mayor la tendencia a formar incrustaciones. En el caso de que el agua sea considerada tenga una proporción de sólidos totales o contenido de calcio muy bajo, el margen de seguridad calculado por el índice de Langelier, puede no ser suficiente, lo que ha dado lugar a las diferentes variaciones del citado método para cubrir aquellas áreas donde la protección, usando el sistema de Langelier puede considerarse incompleta en determinadas condiciones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el índice de Langelier es un método muy útil cuando se usa inteligentemente. Una representación gráfica del citado índice, se muestra en la figura 5.5 A de la página 62 A. Por medio de la alcalinidad se analizan los sólidos totales, y el valor del calcio del agua y por medio de la temperatura, promedio del agua al pasar por el cambiador de calor, se obtiene un valor teórico del pH para la saturación. Si el pH real es mayor que el obtenido el agua tendrá la tendencia a formar depósitos; en caso de ser menor, será de tendencia corrosiva. Debido a que es necesario contar con una definida protección contra la formación de depósitos e incrustaciones, se recomienda generalmente el mantener un índice positivo de 0.5 a 1.0; esto es el valor real del pH es de 0.5 a 1.0 más alto que el pH determinado por las curvas de Langelier tanto los análisis del agua como la medición del pH deben ser hechos o corregidos para una temperatura de 20°C. La fórmula de Langelier toma en cuenta la variación del valor de pH, a medida que aumenta la temperatura. Aplicando el índice de Langelier a las temperaturas del agua en la entrada y en la salida del cambiador de calor, es posible darse cuenta si el incremento de temperatura es demasiado alto y puede indicar si el uso de la temperatura promedio, no ofrece una protección completa. Como regla general cuando se usa el índice de Langelier, para controlar el tratamiento del agua, es conveniente recordar que si se llegan a formar depósitos a consecuencia de un índice muy alto, dichos depósitos pueden ser eliminados por métodos químicos o mecánicos; pero que si llegaran a manifestarse por efecto corrosivo, el daño es difícil de reparar excepto mediante el reemplazo del equipo lo cual es costoso.

Por supuesto, los materiales usados en el sistema de agua de circulación tienen que ver mucho en el tratamiento del agua, ya que estando los tubos del condensador fabricados generalmente de materiales no corrosivos, será necesario vigilar las cajas de agua, tubería de agua de circulación en caso de que sean de acero, pues serán los lugares en donde se pueden iniciar los ataques corrosivos. Si la tubería es de concreto o hierro fundido, las cajas



de agua y las placas de los tubos pueden protegerse con mayor margen en la protección anticorrosiva por medio del tratamiento del agua, lo que permite a su vez llevar el control hacia una condición que forme menos depósitos asegurando que los tubos permanezcan libres. Si la torre de enfriamiento es de madera, puede verse sujeta a un proceso de delignificación o podrirse, no se puede asegurar con certeza que tipo de tratamiento de agua pueda evitar este efecto, pero es generalmente recomendado que el pH del agua sobre la torre se mantenga inferior a 8.3 de ser posible.

Debido a que es difícil mantener una condición de agua exacta y también que el índice positivo no se conoce con seguridad, deberán inspeccionarse con frecuencia las condiciones de las partes metálicas en sistema de agua de circulación. En aquellos lugares protegidos mediante aplicaciones de capas protectoras, estas deberán mantenerse en buena condición debido a que la corrosión sobre áreas relativamente pequeñas expuestas al ataque, se produce con mayor rapidez que si la totalidad de la superficie estuviera expuesta al ataque.

Por medio de la inspección física de los tubos del condensador es posible darse cuenta de la formación de una capa de depósitos que estorben el intercambio de calor a través del metal. Una manera de verificar este efecto consiste en calcular la transmisión de calor en el condensador y comparar este valor con el valor de garantía original, lo cual nos dará una idea de la condición de limpieza de los tubos. Un valor rápido del valor promedio de la transmisión de calor consiste en restar de la temperatura del pozo caliente la temperatura de salida del agua de circulación. Este valor es conocido como diferencia terminal y si es entre 5 a 7 °F, se puede considerar que las superficies del condensador están en buenas condiciones. Sin embargo este método de comprobación debe ser usado con precaución porque si el condensador es del tipo antiguo, se puede estar experimentando una cierta cantidad de refrigeración por el condensado que daría una falsa indicación de una buena transferencia de calor. El efecto contrario se tendría cuando la temperatura de salida del agua de circulación fuera bastante baja, es decir, inferior a 70°F y una diferencia terminal de hasta 10°F corresponde aun a una buena transmisión de calor.

Es común el uso en sistemas cerrados de agua de condensación de ciertos inhibidores que ofrecen un cierto grado de protección en caso que el índice de langelier no se mantenga en su nivel más conveniente. De hecho, es por lo general, imposible el tener la correcta protección para dos condiciones diferentes de temperatura. Dichos inhibidores tales como el hexametáfosfato de sodio o alguno de los compuestos de tipo orgánico, actúan de modo que la variación de unos pocos puntos del índice de langelier no cause ni la formación de depósitos ni el ataque corrosivo, pero si el índice llegara a alejarse radicalmente del valor neutral los inhibidores no ofrecerán ninguna protección contra la tendencia corrosiva o incrustante. El control de la concentración del inhibidor no es por lo general muy crítico ni muy difícil y es posible obtener una buena protección mediante la concentración de unas pocas partes por millón, pudiéndose alimentar los inhibidores una vez a la ida en cantidades fijas en forma intermitente para mantener el valor mínimo especificado; Al tratar una agua con inhibidor deberán seguirse las instrucciones del fabricante.

Algunas aguas usadas para el repuesto del sistema de enfriamiento producen un pH perjudicialmente alto a medida que el agua se concentra esto debe controlarse por medio de la adición de un elemento ácido. Un método consiste en la alimentación del ácido sulfúrico, otro es de quemar azufre en bruto para formar bióxido de azufre que es combinado con agua produciendo ácido sulfuroso  $H_2SO_3$  oxidándose para formar ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ . Aun otro método consiste en soplar una parte de los gases de escape de la caldera dentro del sistema de agua de circulación; el agua absorbe el bióxido y el carbono y el bióxido de

azufre contenido en los gases y el ácido así formado neutraliza la excesiva alcalinidad del agua. El control por medio del análisis del agua por lo menos una vez al día se recomienda, especialmente si la carga de la planta varía a diario debido a que esto afecta la proporción en la que el agua se concentra. El alimentar el ácido sulfúrico o bióxido de azufre, significa la consideración de serios problemas de corrosión y estratificación de la calidad del agua y debe considerarse cuidadosamente el punto y el método que se usará para la inyección del ácido a fin de evitar los efectos corrosivos de la mezcla ácida antes de que se disperse por completo en el agua.

Las partes donde tiene lugar el mezclado en los aparatos que queman azufre o inyectan gases de escape de la caldera, pueden verse también sujetos a ataques corrosivos al originarse una condición de pH bajo en alguna parte del circuito de mezcla antes de que esta pueda diluirse. Casi la única manera de evitar esto es asegurar del que el flujo de agua en el punto de mezclado sea lo suficientemente abundante y el uso de materiales resistentes a la corrosión en aquellas partes del circuito donde se puedan encontrar bajos pH. Las instalaciones para quemar azufre cuestan, por lo general, menos tanto en instalación como en operación como las instalaciones para ácido siendo además menos riesgosas para los operadores. Del punto de vista inverso, requieren de mayor cuidado en su operación y de más mantenimiento, del mismo modo, no es muy conveniente el tener fuego cerca de una torre de enfriamiento construida de madera, existiendo además la posibilidad de que el proceso de deslignificación se acelere bajo la influencia del sulfito. Las instalaciones para inyectar gases de escape pueden ser muy económicas en su instalación si las conexiones necesarias para su manejo del gas no son muy largas. Los costos de operación son, por supuesto, muy bajos ya que no se debe comprar ácido ni azufres. El polvo arrastrado en los gases de escape puede llegar a depositarse en las secciones de baja velocidad del circuito de agua para enfriamiento, pero además de tener que limpiar estos depósitos durante periodos de revisión o limpieza no causaran ninguna otra dificultad. En algunas plantas equipadas con chimeneas cortas y en donde las torres de enfriamiento están instaladas cerca de las chimeneas, se han observado reducciones considerables en el pH del agua de la torre durante aquellos periodos cuando los gases de escape son arrastrados por el viento sobre la torre de enfriamiento. Con frecuencia efectos difíciles de predecir como este, hacen necesario el verificar la condición del agua de la torre o de un estanque.

Las torres de enfriamiento fabricadas con madera están construidas generalmente de madera roja o de ciprés que ofrecen una resistencia máxima a la podredumbre y deslignificación. Sin embargo en algunos casos en los que se han observado un deterioro grave y acelerado de la madera, se ha deducido que este ha sido causado por lo menos en parte, por el tipo de agua que fluye en la torre. Se piensa por lo general que el mantener un pH inferior a 8.3 es beneficioso, pero evidentemente existen otros factores que considerar. Se cree que la existencia de una cantidad considerable de sulfitos cáustico tiene una influencia sobre la lignina de la madera, disolviéndola y dejando las fibras de celulosa expuestas al proceso de descomposición.

En la construcción de torres de madera se usan generalmente clavos, pernos y accesorios de cobre y bronce, debido a que no se oxidan; sin embargo, a menudo se usan también el acero y el hierro fundido para conexiones de mayor tamaño y que requieren mayor resistencia.

Es común hallar bajo las laminas de refuerzo hechas de hierro, formaciones de descomposición de color café, que son aparentemente causadas por bacteria del hierro. También se encuentran formaciones similares en aquellos puntos donde el agua fuerza su paso entre la madera y el metal; por supuesto, la madera es debilitada en estos puntos y la

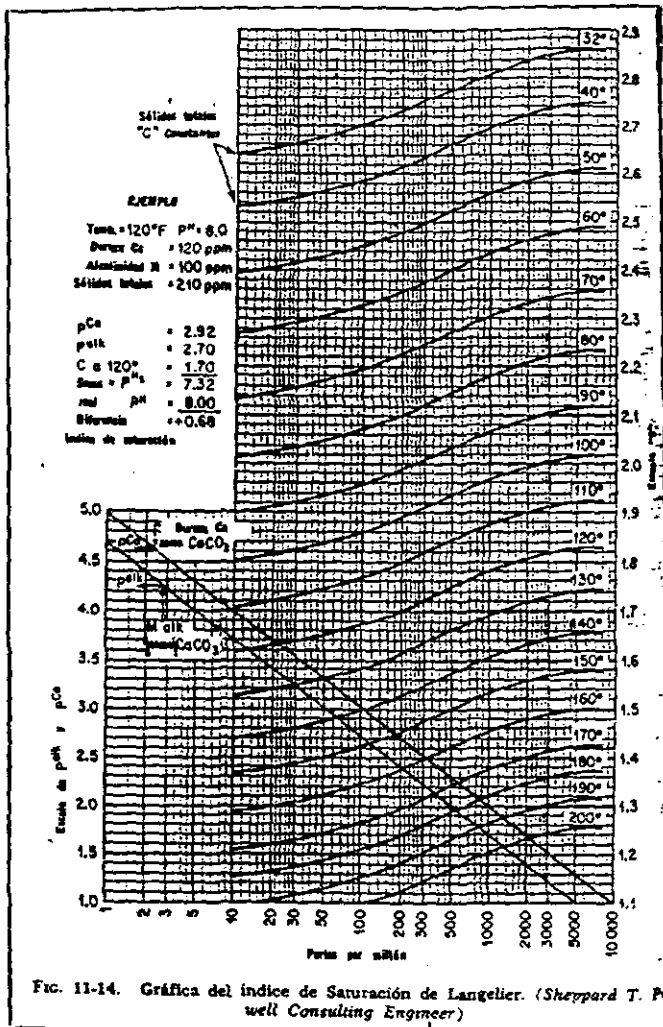


Fig. 11-14. Gráfica del índice de Saturación de Langlier. (Sheppard T. Powell Consulting Engineer)

formación de la bacteria pueden extenderse a otros puntos adyacentes. Pueden evitarse la formación de tal bacteria mediante la clonación regular del agua de la torre y, por supuesto el uso mínimo del hierro en la torre ayuda también a evitar esta condición.

Aquellas partes de la torre que se mojan y secan intermitentemente, pueden mostrar un deterioro más rápido causado por cuarteaduras y rajaduras, pero esta es una condición que se debe más a diseño de la torre que a la condición del agua.

Algunas veces es posible mejorar el flujo de agua a través de la torre alterándola para mantener una sección continuamente seca o mojada, aunque la torre puede deteriorarse más pronto al ser mojada en forma periódica. La reducción en la posibilidad de un incendio se considera mayor valor que el incremento en el deterioro.

La acumulación de crecimiento de algas puede evitarse por medio de una clonación regular y las acumulaciones existentes pueden romperse al secarse; de no ser así, deben ser removidas por medios mecánicos para que no lleguen a estorbar el flujo del agua.

## 5.6 TRATAMIENTO DEL AGUA DE SERVICIO.

Las necesidades para el tratamiento satisfactorio del agua de ser servicio son casi las mismas que las requeridas para el tratamiento del agua en un circuito cerrado de condensación. Ya que la formación de algas no es por lo general, uno de los problemas, no es necesario clorinar el agua, a no ser que esta vaya a ser usada para usos potables y sanitarios. Los incrementos de temperaturas en cambiadores de calor tales como enfriadores de aceite y enfriadores del hidrogeno del generador, son generalmente mayores de 30° a 50°F en lugar de 10° a 15°F, en el condensador y esto hace más difícil acondicionar el agua para evitar que tenga acciones corrosivas o que faciliten las incrustaciones en todo el rango de temperaturas al que se opere. Las tuberías de agua de servicio son por lo general de acero y en tamaños desde pequeños a grandes generalmente se considera impracticable intentar dar algún tipo de revestimiento interno a las tuberías para prevenir la corrosión; esta puede ser fuente de dificultades y de gastos y es así casi siempre mejor excederse en el tratamiento en el sentido de la formación de incrustaciones que en el sentido opuesto. En las tuberías de pequeño diámetro la corrosión ataca formando tubérculos en la superficie del acero el óxido de hierro por la reacción del oxígeno en el agua con el hierro de la tubería ocupa un volumen mayor que el original ocupado por el hierro y algunas veces tapa por completo las tuberías de pequeño diámetro. En líneas de tamaño superior la superficie interna puede llegar a ponerse tan áspera que el flujo del agua se dificulta aumentando la caída de presión. Al mismo tiempo que la tubería se va obstruyendo, su espesor disminuye por el ataque de la corrosión y como las tuberías de diámetros menores tienen paredes más delgadas, son las que primero se tapan o se les forman fugas.

Es importante que se eviten desde que la planta es arrancada por primera vez, que se desarrolle una condición corrosiva en el agua; una vez que los tubérculos de la corrosión o celdas se forman, es difícil detener el proceso. Aun cuando la condición del agua sea corregida posteriormente y se haga no corrosiva o incluso se lleva hasta el punto en que propicie la formación de incrustaciones, la acción corrosiva proseguirá en las celdas donde el ataque se inicia ya que las celdas generan las diferencias de potencial suficientes para

continuar la reacción y la película que aísla la celda, evitando el depósito de incrustaciones, que podría evitar el avance de la corrosión.

A fin de remover el óxido de hierro o los depósitos pueden usarse medios de limpieza químicos o mecánicos. Pueden usarse métodos químicos o mecánicos para limpiar las tuberías de óxido de hierro y de los depósitos; por lo general, es necesario separar la tubería por secciones y limpiarla individualmente; también pueden usarse vibradores que hacen vibrar la línea desde el exterior lo suficientemente fuerte para que los depósitos se aflojen en su mayor parte.

Si la tubería permite que una solución ácida inhibida se haga circular por su interior será posible limpiarla completamente, la misma solución puede usarse como baño para las secciones de tubería si esta se va a desarmar. Deberá disponerse de los medios necesarios para hacer circular el ácido y será necesario usar las adecuadas precauciones para su manejo y control; casi siempre es preferible que una firma especializada en este tipo de trabajos sea la encargada de hacerlo. Sin embargo en un sistema de agua de servicio de proporciones mayores y con muchos ramales, puede ser que la limpieza con ácido fuera demasiado cara y laboriosa. Al hacer este tipo de limpieza será necesario tener en cuenta que el ácido debe ser lavado por completo de la tubería y neutralizado, pues de otro modo la dañara.

Otro método de limpieza que es lento pero por lo general efectivo consiste en la adición de hexametáfosfato de sodio continuamente al agua en concentraciones de 2 a 5 ppm. Mediante el sistema mencionado los depósitos son removidos en forma gradual de la tubería sin el riesgo de que esta se tape. Otra ventaja de este método consiste en que no es necesario retirar de operación la tubería y todas aquellas partes de la línea donde exista un flujo regular de agua son limpiadas gradualmente. Este sistema de limpieza no ofrece mucha protección contra futuros ataques por corrosión a no ser que el agua se mantenga en condiciones aproximadamente neutral. Sin embargo con cualquiera de los métodos delineados antes existe la posibilidad muy considerable de que se originen fugas si la corrosión ha progresado lo suficiente para atacar las paredes de la tubería en todo su espesor. Al ser removidos los depósitos a menudo aparecen fugas.

Si no es posible controlar con exactitud el acondicionamiento del agua de servicio, puede ser aconsejable el añadir continuamente pequeñas cantidades de hexametáfosfato de sodio, silicato de sodio o algún compuesto de patente para dar un margen de protección a las líneas de modo que el control irregular del agua, no resulta en depósitos o ataques por corrosión. El gasto suplementario de añadir las sustancias químicas puede ser balanceado por menores gastos de mantenimiento.

En algunos casos el tratamiento de un determinado tipo de agua llega a ser tan caro o difícil que es necesario usar un sistema de circuito cerrado a través de un intercambiador de calor. En dicho sistema hace circular condensado puro en un circuito cerrado de tubería de acero hasta los varios puntos donde se usa el agua de servicio, regresándose al cambiador de calor el cual junto con la tubería de alimentación son las únicas partes fabricadas de materiales más caros, resistente a ataques de la corrosión y que están en contacto con el agua disponible. A fin de disminuir el tiempo que el sistema quede fuera de operación por la limpieza periódica por el cambiador de calor, puede cambiarse por intercambiador de calor que duplique al primero. El condensado que circula por el circuito cerrado debe ser tratado con cromato o algún otro compuesto que prevenga la corrosión ya que siendo puro, absorberá oxígeno, lo que podría hacer muy activo contra el hierro. Algunas veces es de gran ayuda mantener una alta alcalinidad con sosa o con trifosfato de sodio a fin de

prevenir la corrosión. Por lo general se acostumbra instalar tuberías de materiales resistentes a la corrosión a las unidades de la planta cuya demanda de agua sea mayor tales como enfriadores de hidrógeno y aceite evitando así la necesidad de grandes cambiadores de calor y bombas de circulación. Esta práctica evita también el diferencial suplementario de temperatura de 10° a 30°F en el agua de enfriamiento necesario para el cambiador de calor. Los enfriadores de hidrógeno son normalmente diseñados para aguas frías, ya que la temperatura de entrada del gas es de 40°C(140°F) y el agua proveniente de un cambiador de calor podría ser demasiado caliente.

## 5.7 TRATAMIENTO DEL AGUA DE REPUESTO DEL EVAPORADOR.

El propósito del tratamiento del agua del evaporado es acondicionarla para conseguir disminuir los depósitos de suciedad y sarro sobre las superficies del intercambiador térmico del evaporador, reduciendo en consecuencia el tiempo que la unidad permanezca fuera de operación para ser limpiada y mantenerla a máxima capacidad. La mayor parte de los evaporadores están contruidos de modo que las capas de depósitos sobre los serpentines puedan ser rotas al someter a un camino rápido a la temperatura del metal, sin embargo el desprendimiento de los depósitos nunca es completo debido a que algunos tipos son lo suficientemente porosos y elásticos que no se desprenden. En este caso el evaporador debe retirarse de operación por un largo periodo para que los depósitos sean limpiados laboriosamente a mano por chorro de arena o por medios químicos.

Los medios mas usados para el tratamiento preliminar del agua de repuesto consisten en filtros y ablandadores de zeolita que remueven las materias en suspensión y las sales disueltas que forman depósitos sobre los serpentines. Los sólidos disueltos en el agua no se reducen pero son cambiados a un estado tal que se concentran en el evaporador en lugar de formar depósitos. A fin de mantener el evaporador limpio y mantener su capacidad durante periodos largos de operación, debere ajustarse la purga a un punto donde la concentración de sólidos disueltos en el agua contenida en el cuerpo del evaporador se mantenga inferior al punto donde puedan ocurrir arrastres o generación de espumas. La producción del evaporador debe mantenerse en valores constantes y bajos que coincidan exactamente con las necesidades de agua de repuesto de la caldera y será posible tener agua de mejor calidad que se retira periódicamente al evaporador de servicio y luego se fuerza para producir y mantener el suministro de agua de nuevo al nivel normal.

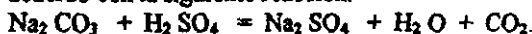
Los filtros y ablandadores deben, por supuesto, ser instalados desde el principio, debiendo ser en el futuro, adecuadamente regenerados y mantenidos, por lo que los ahorros en el costo en la operación del evaporador no son fáciles de computar. El decidir el uso de un sistema particular para el tratamiento del agua de repuesto del evaporador dependerá del tipo de agua a tratar.

En algunas instalaciones donde se operan calderas viejas el agua de repuesto para las unidades de alta presión se toma del condensado de las unidades de baja presión que tengan condensadores de superficie; Esto asegura, por lo general, la buena calidad del agua de repuesto para el evaporador, eliminando la necesidad de mas tratamiento excepto el precalentamiento y la deaeración.

El agua de repuesto para el evaporador tiene que ser deareado para remover el oxígeno disuelto en ella como resultado de haber estado expuesta por un cierto periodo en los tanques de almacenamiento; de no ser así se aumentara la carga que debe manejar el deareador de la planta, si es que se usa en el ciclo, y puede causar corrosión en el evaporador, condensador del evaporador, tuberías de purga y varias partes en el sistema principal de condensado.

El calentar el agua de repuesto tiende a fraccionar los carbonatos y bicarbonatos del agua liberando carbono libre que puede ser extraído por medio de la deareación. Al mismo tiempo se elimina el bióxido de carbono libre originalmente presente en el agua. Ya que la presencia del bióxido de carbono acelera la acción corrosiva del oxígeno al bajar el pH del agua, su eliminación es muy deseable.

Desafortunadamente se requiere de un calentamiento prolongado a altas temperaturas para conseguir el fraccionamiento de los carbonatos y la mayor parte de esta acción toma lugar en el evaporador y no en el precalentador del mismo, contaminándose el vapor del evaporador por el bióxido de carbono liberado. Aunque la mayor parte de este gas puede ser removido posteriormente a las altas temperaturas de este condensador o deareador principal, pudiera ser que una pequeña cantidad quedara en el condensado. De acuerdo con algunas opiniones esto pudiera ser la causa de los depósitos magnéticos de óxido negro encontrándose frecuentemente en los sistemas de condensado, agua de alimentación y en la caldera. En ocasiones los carbonatos son eliminados por medio de la adición de ácido sulfúrico o clorhídrico el agua de repuesto. Esto libera el bióxido de carbono libre de acuerdo con la siguiente reacción:



El agua así tratada debiera ser deareada para desprenderse del bióxido de carbono y puede llegar a ser necesario añadir sosa cáustica para ponerla en condición neutral y evitar una condición ácida en el evaporado que pudiera producir corrosión. Si el bióxido de carbono no es removido del agua de repuesto para el evaporador es necesario algunas veces usar tubos de acero inoxidable en el condensador de venteo del deareador y de este modo obtener una duración razonable bajo condiciones de bajo pH que se desarrollan cuando el bióxido de carbono en el vapor se combina con el vapor del condensado puro para formar ácido carbónico.

Si el agua de repuesto tiene algo de amoníaco, es probable que este pase con el vapor del evaporador y se concentre en el sistema principal de condensado; es difícil separar el amoníaco del agua y solo una proporción muy pequeña se puede eliminar por deareación por contraste con el casi 100% en que es posible eliminar el oxígeno y bióxido de carbono en estado libre.

La presencia del amoníaco en el amoníaco ha sido culpada en ocasiones de remover cobre de los tubos del condensador y calentadores de agua de alimentación depositándose subsecuentemente en la caldera donde puede causar la corrosión de las partes metálicas como resultado de la corriente eléctrica generada por dos metales diferentes sumergidos en una solución conductora. La presencia del amoníaco aumenta la conductividad del condensado afectando la lectura de los registradores de conductividad haciendo más dudosa la verificación de que no existe arrastre del evaporador o fugas del condensador.

Parece ser que el mejor remedio para las dificultades causadas por el amoníaco, es el cambiar la fuente de suministro de agua de ser posible.

El agua potable debe estar por supuesto en condiciones cristalinas y libres de malos sabores, olores o bacteria dañinas. Estas necesidades pueden estar cubiertas por el agua de

servicio, pero por lo general y como medida de precaución se usa un tratamiento final por medio de clorinación o por purificación por rayos ultravioletas. El agua que tiene un pH de 10.5 o mayor esta casi siempre libre de bacteria, por lo que generalmente se utiliza un ablandador a base de sosa para esterilizar un tipo de agua en particular. Sin embargo si la operación fuera errática alguna cantidad de agua podría pasar a través del ablandador incompletamente tratada por lo que se depende de la clorinación o esterilización posterior como una medida extra de seguridad.

Cuando se disponga de agua tratada del sistema de suministro publico se recomienda usar de esta agua para usos potables aun si el costo fuera demasiado alto para permitir el uso de esta en el sistema de agua de servicio.

A menudo se puede obtener un suministro satisfactorio de agua potable de pozos sin que se necesite de un tratamiento posterior, esto es especialmente cierto cuando se trata de pozos profundos y bien cementados que eviten contaminaciones superficiales. El agua debe ser analizada y aprobada por la junta de salubridad del estado o algún otro organismo encargado de la salud publica al cual se deberan mandar en el futuro muestras para que sean analizadas periódicamente y aprobadas. Las muestras deben tomarse en puntos representativos y en la forma establecida por la organización que deba aprobarlas por lo general, se usan recipientes especiales y esterilizados para evitar contaminar la muestra.

Otra posible fuente de agua potable, es algunas veces el vapor condensado, este puede ser obtenido a través del sistema de muestreo de vapor de la caldera y puede usarse con seguridad. Debido al bajo contenido de minerales en esta agua, puede ser que su sabor sea similar debiéndose enfriar para mejorarlo. En el caso de que la planta tenga solo una caldera, se hará necesario instalar un tanque de almacenamiento de agua potable para asegurar el suministro durante periodos de revisión o preparación.

## 5.8 METODOS PARA MUESTEAR AGUA.

El análisis de una agua es tan bueno como la muestra de donde se obtuvo, por lo tanto se debe de considerar cuidadosamente la técnica usada para obtenerla y la localización del punto de donde provino la muestra. Si el agua al ser hecha un muestreo esta siendo diluida, tratada o mezclada, el punto de muestreo debe estar lo suficientemente lejano en el sentido del flujo, para permitir que se haya mezclado lo suficiente. En velocidades inferiores a la mínima, el flujo del agua tiende a ser laminar y no se mezcla o diluye completamente por un considerable periodo de tiempo. Cuando el agua esta contenida en un tanque o deposito, la circulación inducida por influencias mecánicas o térmicas, puede ser tan pequeña que pueda existir una diferencia considerable entre las muestras tomadas de la superficie y las obtenidas del fondo del tanque. En canales abiertos se usan algunas veces diafragmas o pantallas para asegurar que las materias químicas usadas se mezclen mas rápidamente con el agua que se esta tratando, permitiendo así que el punto de muestreo pueda localizarse en un punto más cercano al de inyección. El tratamiento del agua por la inyección de ácido es menudo hecho aparecer satisfactorio por la omisión de muestrear en agua en un punto donde se haya mezclado por completo; El bombeo del agua asegura por lo general que el



mezclado sea completo pero la bomba puede estar situada en un punto a distancia tal que se introduzca una demora considerable.

Las muestras de agua de calderas son tomadas generalmente de los domos de vapor principal o en cualquier lugar donde la concentración sea la mas alta, ya que esto acentuara las diferencias en la calidad del agua. Sin embargo, es aconsejable el obtener también de otros domos y cabezales de las paredes. La altura al a cual se sitúa el tubo de muestreo en el domo de vapor puede afectar la naturaleza de la muestra. Un error que se comete frecuentemente consiste en que el tubo de muestreo queda de tal modo colocado, que permanece fuera del agua durante periodos momentáneos de bajo nivel, con el resultado de que la muestra sea de vapor condensado diluido por completo o parcialmente en agua en lugar de agua de caldera. Si el tubo de muestreo se localiza muy al fondo o hacia uno de los lados, puede obtenerse una muestra de agua de caldera parcialmente diluida por el agua de alimentación o por sustancias químicas del tratamiento interno.

Cuando los domos de las calderas son de longitud considerable pueden existir diferencias concretas en la concentración del agua debido a un régimen de combustión irregular o a resistencias al flujo del agua, los pasajes de circulación de esta y del vapor. Si se aplica mas calor a un lado de la caldera, se genera mas vapor en ese lado y el agua tendrá una mayor concentración. Es sorprendente el hecho de que una caldera, la tendencia del agua a mezclarse es mas bien pequeña. El extremo con la mayor resistencia al flujo y en consecuencia el flujo menor tendra a tener la mayor concentración, lo que será balanceado por el agua de alimentación que al mezclarse con la cantidad menor de agua dentro de la caldera, la traerá con un valor de concentración normal. Si la alimentación del agua no es uniforme se tendrá concentraciones mayores en las zonas de más baja alimentación relativamente.

Para la obtención de muestras para fines rutinarios, se usa un tubo que corre a lo largo del domo de la caldera con un extremo cerrado y perforado uniformemente con taladros de pequeño diámetro. En el caso de que se experimenten dificultades o incrustaciones puede llegar a ser necesario instalar varias líneas de muestreo para encontrar la causa. La superficie total de las perforaciones debe ser menor a la del tubo probablemente en el rango de 50% a fin de obtener cantidades uniformes de agua a través de la perforación. Sin embargo las perforaciones no deben ser tan pequeñas que puedan taparse y no deben ser grandes; su tamaño minimo será probablemente de 1/32 plg de diámetro. A fin de disminuir la posibilidad de que lleguen a taparse las perforaciones, pueden hacerse en los lados o en el fondo del tubo.

Los tubos de muestreo en el exterior de la caldera deberan ser lo suficientemente fuertes para soportar la presión máxima de ella. Si son de demasiada longitud, el tiempo requerido para desalojar la línea y obtener la muestra debe ser arriba de un minuto de tiempo. De ser demasiado pequeños pueden taparse; en general un tamaño de ¼ a 3/8 de plg dará buenos resultados, aunque ½ de diámetro ofrece mayor resistencia mecánica. Las muestras de agua son tomadas casi siempre a altas temperaturas y es necesario un enfriador para ponerlas a temperaturas ambientes, siendo por lo tanto innecesario el aislar las tuberías de muestreo, excepto aquellas localizadas de modo que alguien pueda quemarse.

Es deseable que el extremo del serpentín del enfriador puede ser estrangulado para que la muestra pueda mantenerse a presión hasta que se enfríe aun punto donde no pueda expansionarse al estado de vapor, ya que esto hará que aumente la aparente concentración de la muestra. Válvulas de corte deben instalarse en el punto de muestreo y a la entrada del enfriador. Si la distancia del punto de muestreo al enfriador es corta, la ultima válvula

mencionada puede omitirse. Es imperativo que en las conexiones donde se toma la muestra no haya contaminación de aire. Para obtener el muestreo que se usara para la determinación del oxígeno y los otros análisis, se instalaran dispositivos para obtenerlos simultáneamente o bien permitiendo que fluya el agua que sé esta muestreando al drenaje continuamente y obtener las muestras que se hagan necesarias. Es necesario que el enfriador tenga válvulas de control para el agua de enfriamiento para su regulación.

## 5.9 METODO PARA MUESTREO DE VAPOR.

El muestreo de vapor es considerablemente más delicado que el de agua. Las impurezas de vapor se encuentran contenidas por lo general, en pequeñas gotas de agua o en pequeñísimas partículas secas, las cuales aunque arrastradas en el flujo de vapor, lo hacen siguiendo los flujos estratificados. Las muestras obtenidas de las líneas de vapor, son mas reales que cuando se toman de un tramo de tubería vertical lo suficientemente largo para permitir que las pequeñísimas gotas de agua arrastradas en el flujo de vapor se distribuyan uniformemente en la superficie de la tubería y no se concentren en el fondo de la línea como sería en el caso de tubería horizontal. A fin de obtener muestras representativas indispensable localizar las toberas de muestreo siguiendo las recomendaciones de la ASME, así como el usar las toberas de muestreo aconsejada por la misma institución. Algunas veces puede ser necesario el uso de dos de estas toberas, colocadas en ángulo recto una de otra. Cuando el vapor proveniente de una caldera se investiga para determinar la existencia de arrastre, el muestreo puede hacerse a la salida de la caldera o a la salida del sobrecalentador o en ambas partes. Una comparación de los sólidos en el vapor que sale del sobrecalentador con el vapor que entra al mismo, puede indicar una reducción considerable en la reducción de sólidos, lo que puede ser originado por la deposición de los sólidos secos arrastrados por el vapor sobre el metal caliente de los elementos del sobrecalentador. La capa química así formada puede llegar a causar que los elementos se quemen; sin embargo, casi siempre dichas partículas pasan a través del sobrecalentador en forma seca.

Las líneas de vapor sobre el domo de la caldera y la entrada al sobrecalentador son a menudo curvas y cortas y puede ser difícil el obtener una buena muestra para compararla con la obtenida del vapor que sale del sobrecalentador. El vapor puede ser tomado del domo a través de una o más tuberías que no estén en contacto con el agua, y los puntos de muestreo deben estar en tal modo localizados que la muestra sea representativa. Las calderas de gran tamaño están generalmente equipadas con un número mayor de líneas de muestreo, quizá cuatro o seis y a través del todo ancho del domo para obtener muestras del vapor en todos los puntos del mismo. Frecuentemente se producen fugas en las juntas de los diafragmas o estos pueden estar mal colocados, lo que produce contaminaciones de vapor en ese punto de la caldera reduciendo la calidad total del vapor generado. Por medio de puntos de muestreo individuales será posible precisar el origen de la dificultad. Algunas veces puede llegar a ser necesario obtener muestras en la zona de generación de vapor, así como después de cada uno de los pasos en los que el vapor es limpiado, tales como separadores, diafragmas, lavadores etc. Un sistema de muestreo tan complicado como el anterior sería justificado solo en caso de que se experimentaran dificultades mayores

debidas arrastres, las cuales no pudieran diagnosticarse y corregirse por lo medios ordinarios de muestreo.

Las líneas para muestreo de vapor deben ser lo suficientemente resistentes para soportar la presión máxima de trabajo de la caldera, así como la temperatura del vapor en el punto de muestreo. Las líneas en el interior del domo no tienen que resistir la diferencia entre la presión en el domo y la atmosférica y por lo tanto solo será necesario que tengan la suficiente resistencia mecánica. El uso de acero inoxidable en el servicio de vapor a altas temperaturas disminuye la posibilidad de contaminación como sucede en líneas de acero ordinario y así como las dificultades originadas por las partículas de óxido que pueden tapar total o parcialmente los serpentines de enfriamiento y válvulas de control. Los puntos de muestreo en la caldera están, por lo general, localizados en lugares altos y alejados de los puntos en que por conveniencia se montan los serpentines de enfriamiento. A fin de disminuir las demoras y el costo de la instalación la línea de muestreo debe ser tubería de  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{3}{8}$  plg así mismo las tuberías deben colocarse con una pendiente de plg por pie de longitud para asegurar que drenen, esto es especialmente necesario en localidades en donde se puedan congelar. El aislamiento térmico debiera instalarse como sea necesario para evitar quemaduras a los operadores y el peligro de que se congelen las líneas todo el resto de la tubería quedara desnuda para que la muestra se condense más fácilmente en el serpentín. La línea debiera estar provista de válvulas en el punto de conexión a la caldera o tubería de vapor y el cabezal antes del serpentín refrigerante, si es que más de una línea es enfriada en el mismo serpentín. Una válvula reguladora debe ser instalada en la salida del serpentín a fin de mantener la muestra bajo presión mientras se condensan, impidiendo la liberación de gases.

Algunas veces se necesitan horas o idas de operaciones para conseguir que una línea de muestreo y su serpentín queden bien limpias y purgados. Por esta razón no se debieran usar los mismos serpentines para enfriar vapor y agua y solo se aconseja usar el mismo serpentín para enfriar muestras de características y purezas similares a fin de obtener resultados representativos. Será necesario asegurar el suministro suficiente de agua a unos  $70^{\circ}\text{F}$  para enfriar la muestra y por supuesto se debieran instalar las líneas necesarias para drenar el agua usada. El serpentín de enfriamiento debe estar dotado de las conexiones necesarias para permitir que la muestra condensada pase continuamente a través de una celda de conductividad a un flujo no mayor de 1.5 gpm para evitar errores en la medida del potencial de flujo. El agua de entrada debiera llegar cerca del fondo de la celda para que fluya a través de ella y salga por la parte superior. Debera también instalarse un termómetro para obtener la temperatura de la muestra condensada. Es conveniente también la instalación de un by-pass que no permita pasar la muestra por la celda de conductividad sino directamente a frascos de prueba o al drenaje, lo que permitirá soplar la línea para lavarla más rápidamente.

Los serpentines están hechos por lo general de dos tramos continuos de tubos de cobre o de acero inoxidable, uno dentro del otro, con el flujo del agua de enfriamiento en contracorriente para obtener el mayor enfriamiento posible de la muestra. Cuando otros factores no lo impidan, la muestra debe ser admitida por la parte superior y extraída por el fondo, lo que permitirá mayor rapidez ya que el serpentín estará lo más cerca posible al punto de muestreo y preferentemente en un nivel inferior; asimismo tomando en cuenta la economía de la instalación del agua de enfriamiento y su drenaje y la accesibilidad de la celda de conductividad y que al mismo tiempo se preste al manejo práctico de las muestras.

En el caso de que se vaya a instalar un registrador gráfico de conductividad, será necesario suministrarle los cables eléctricos de la celda.

El uso del serpentín sin una fuente constante de agua de enfriamiento puede originarse el sobrecalentamiento y daño al mismo. En caso de que la presión de agua varíe o este mal ajustada la temperatura de la muestra puede incrementarse al grado de que dañe la celda de conductividad o de que queme a la persona que obtiene la muestra, por lo que debe tenerse cuidado al regular el flujo del agua de enfriamiento. Después de cada ajuste se necesitan varios minutos antes de que la temperatura se estabilice las posiciones de las válvulas que permitan flujos cercanos al máximo en las líneas de enfriamiento y de muestreo serán más fáciles y menos críticas para la regulación, ya que la influencia de las partículas posiblemente arrastradas o de la expansión térmica de las válvulas afectara el flujo en menor escala al mismo modo las demoras al obtener la muestra, serán menores con el uso de mayores flujos; sin embargo deberán adoptarse un término medio que balancee las ventajas anteriores contra el excesivo desperdicio de condensado y agua de enfriamiento. Para el muestreo a altas presiones puede ser necesaria la instalación de un orificio para regulara total o parcialmente la presión, así como el uso de una válvula reguladora empleadas deberán estar provistas de los medios para indicar su posición y poder duplicar en futuras operaciones las posiciones usadas.

Para obtener resultados más exactos en el muestreo de vapor especialmente cuando pueda arrastra agua, la velocidad con que el vapor es absorbido por las toberas de muestreo debe ser igual a la velocidad con que fluye por la tubería una vez que las condiciones del vapor y la superficie de las perforaciones de las toberas se conoce, la relación de la colección de la muestra puede ajustarse para obtener la velocidad deseada en la entrada de las toberas muestreadoras. Antes de que la tobera se fabrique e instale, deberá circularse la capacidad condensadora del serpentín de enfriamiento así como el tamaño deseado y número de los orificios para las toberas muestreadoras, con objeto de que la velocidad de entrada sea la misma que la que se espera en la línea en su valor cercano al máximo.

## 5.10 PRUEBAS DE AGUA.

Los procedimientos seguidos usualmente para efectuar las pruebas de las aguas usadas en plantas, se basan en los lineamientos recomendados por la asociación americana de salud pública, así como en los de ASTM y están simplificados para cubrir solamente las necesidades más usuales en una planta. De seguir estas recomendaciones cuidadosamente, se obtendrán resultados exactos.

La mayoría de los errores se originan frecuentemente por un muestreo indebido, contaminación de las muestras y el uso de reactivos impropios, en malas condiciones o débiles. También por no seguir exactamente las instrucciones del caso.

Por lo anterior se puede comprender que es muy importante el seguir cuidadosamente las precauciones indicadas para hacer un muestreo el agua y el vapor como se ha mencionado. Los recipientes para las muestras y los tubos usados para conectarlos, deben ser meticulosamente lavados y enjuagados varias veces con la misma agua muestreada, de ser posible, la muestra en el momento de ser tomada debe estar a una temperatura cercana a la

de la habitación. Después de que las muestras son tomadas, deben ser protegidas de una exposición prolongada al aire. Cuando se hagan análisis para determinar el bióxido de carbono en estado libre, lo anterior es especialmente importante y puede requerir arreglos especiales en el punto donde se toma la prueba. Las muestras para la determinación de oxígeno, deben ser protegidas del contacto con el aire ya que el oxígeno es absorbido rápidamente. Así mismo las tuberías para el muestreo y los frascos deben estar libres de burbujas de aire que contaminaran la muestra. El uso de tubos de hule nuevos también podrían afectar el resultado de la prueba, por lo que los tubos nuevos deben ser hervidos en una fuerte solución alcalina y enjuagados entonces con minuciosidad antes de que puedan ser usados para muestrear agua a la que se le harán pruebas de oxígeno. Se utilizan frascos Mc Lean para el muestreo y tratamiento; los machos deben ajustar bien y estar lubricados con una cantidad adecuada pero no excesiva de grasa. A menos de que la muestra sea enfriada a una temperatura de 70°F o menos que es la temperatura requerida para pruebas de oxígeno, al llenarse, el vacío generado por la muestra al enfriarse a la temperatura de la habitación podrá formar fugas que la contaminen.

Para obtener los mejores resultados, las pruebas de agua deberán llevar a cabo en un espacio limpio, fresco y bien ventilado de preferencia en un cuarto especial o laboratorio que pueda ser reservado exclusivamente para el análisis de agua; de este modo el equipo de prueba puede ser colocado para uso permanente y los reactivos y probetas dejados en el mismo lugar. Cualquier instalación donde se vayan hacer análisis de aguas deberá estar provista de lavadero y una superficie de trabajo de dimensiones razonables; de preferencia esta mesa deberá tener una cubierta de material resistente a los ácidos y a los álcalis. Será conveniente también la instalación de gabinetes o armarios cerrados para guardar los recipientes y probetas que no se usen; así mismo debe asegurarse el suministro de agua destilada pura para lavar las probetas.

Los reactivos deben ser comprados a un fabricante reconocido y responsable, en la concentración y forma en que vayan a usarse. Los recipientes deben estar clara y permanentemente marcados para evitar la posibilidad de usar una solución equivocada. Los tapones deben estar bien ajustados y las botellas deben mantenerse cerrada para evitar la evaporación o contaminación con polvo o emanaciones atmosféricas. Los reactivos que sean afectados por la exposición a la luz deben guardarse en botellas oscuras y dentro de gabinetes.

Las probetas para titular sustancias químicas deberán ser lavadas y vaciadas de las soluciones de prueba diariamente, a no ser que sean del tipo cerrado en el cual las soluciones quedan aisladas al aire. Las válvulas machos en las probetas deben sellar perfectamente en el asiento y debe mantenerse bien engrasadas para evitar fugas. Si una probeta se usa para varias soluciones se tendrá cuidado especial en limpiarla, eliminando hasta las trazas de la solución anterior antes de poner una solución diferente en al probeta.

En los casos de que sea necesario preparar la muestra por titulación, el grado de la cual sea indicado por un cambio de color, se deberá contar con una fuente de luz uniforme ya sea solar o fluorescente para tener resultados consistentes. Para este fin lo mejor es contar con una ventana que vea al norte o un tragaluz. Si las ventanas o tragaluces están dispuestos de modo que el sol incida directamente sobre ellos, será necesario dotarlos de persianas.

Con el apoyo de un laboratorio de calidad y servicio especializado en el tratamiento de aguas se verá el resultado de un ejemplo par una caldera de 60 CC.

Un programa de tratamiento preventivo para el sistema de generación de vapor adecuado a las necesidades requeridas, con lo cual se asegura una protección máxima en equipos y

líneas, evitando así daños en estos y paros por mantenimiento correctivo, que como sabemos repercute en pérdidas en producción, y por lo tanto en utilidades para la empresa.

El fin de un tratamiento interno en calderas, es operar con la mayor eficiencia posible de transferencia de calor, consumo de agua y reactivos, minimizando las posibilidades de fallas en los equipos, haciéndolos más productivos y evitando los paros por mantenimiento correctivo, esto es posible cubriendo los siguientes aspectos.

- 1) Uso efectivo del tratamiento externo de agua, el cual disminuye al mínimo la cantidad de sustancias nocivas que entran a sus equipos generadores de vapor. Un inadecuado o incompleto tratamiento externo repercute en la cantidad de productos químicos a utilizar y por lo tanto se elevan los costos del tratamiento.
- 2) Precipitar las sales de dureza (calcio y magnesio) y sílice como compuestos no adherentes dentro de la caldera para mantener las superficies de transferencia de calor libres de incrustaciones y depósitos difíciles de remover, los cuales pueden causar a su vez, corrosión y sobrecalentamiento de tubos y envolvente provocando fatiga de metal y rupturas, lo que acarrearía paros de operación no programados y altos costos de mantenimiento.
- 3) Acondicionamiento y fluidización de los lodos para facilitar su eliminación neutralizando las cargas adherentes y controlando el tamaño de los cristales, lo cual hace los lodos más suaves y fáciles de purgar.
- 4) Producción de vapor de excelente pureza, calidad, bajo contenido de sólidos y bajo contenido de humedad, mediante el control de la alcalinidad y concentración de sólidos disueltos para eliminar espumeo en el agua de la caldera y por lo tanto, arrastre de sólidos en el vapor.
- 5) Proteger equipos y líneas contra la corrosión por oxígeno disuelto en el agua, el cual aun pequeñas cantidades puede provocar picaduras en la fluxería y equipos del sistema causando deterioro irreversible en el metal disminuyendo la vida útil de estos.
- 6) Inhibir la corrosión dentro del generador de vapor, manteniendo un nivel óptimo de alcalinidad, lo cual evite el ataque ácido de las superficies metálicas, además de la eliminación del oxígeno disuelto remanente, lo cual controla el potencial oxidante del sistema.
- 7) Evitar la corrosión en el sistema de vapor y de retorno de condensados, neutralizando el ácido carbónico formando y protegiendo las superficies metálicas para lo cual es importante el control de la alcalinidad M, ya que son carbonatos y bicarbonatos los cuales se desdoblán a  $\text{CO}_2$  el cual ataca el metal.

Los beneficios del sistema de tratamiento son:

- A) Cumplir con las regularidades ecológicas.
- B) Optimizar costos de operación.
- C) Ayudar a eliminar el reemplazo prematuro de equipos.
- D) Ahorrar en costos de mano de obra.
- E) Ayudar en la conservación de mano de obra.
- F) Ayudar en la conservación de agua y energía.
- G) Evitar paros no programados.
- H) Generar vapor de excelente calidad y pureza.

Los datos de planta a considerar en sistema de generador de vapor son los siguientes:

1. - Origen del agua de repuesto.
2. - Tipo de tratamiento externo.
3. - Retorno de condensados.
4. - Agua de repuesto clorada.
5. - Tipo de calentamiento.
6. - Temperatura de alimentación.
7. - Tipo y manufactura de la caldera.
8. - Presión de la caldera.
9. - Generación de vapor.
10. - Tiempo de operación.
11. - Usos del vapor.
12. - Sujeto para plantas ya sea FDA y EPA.
13. - Tipo de sistema de retorno de condensados.

#### MEMORIA DE CALCULO:

##### 1) Ciclos de concentración.

Este es el primer y más importante base en el cálculo del tratamiento químico. Existen tres propiedades limitantes las cuales deben ser consideradas en la evaluación de los ciclos:

##### A) Sólidos totales disueltos(STD)

Si los STD de la caldera son elevados esto puede causar condiciones de espumeo que promueven arrastres en el vapor generado.

$$\text{Ciclos(CY)} = \text{máximo PPM en la caldera} / \text{PPM STD en alimentación}$$

##### B) Sólidos suspendidos(SS)

Un alto nivel de SS en el agua de la caldera puede causar una excesiva formación de lodos y consecuentemente la utilización de una mayor cantidad de dispersante, así como lodos del ritmo de purga.

$$\text{CY} = \text{máximo PPM SS en caldera} / \text{PPM dureza total en alimentación}$$

##### C) Sílice(SiO<sub>2</sub>)

Un excesivo en la caldera es riesgoso por dos razones, incrustantes y arrastres ya que la sílice puede vaporizar. La incrustación de sílice es muy dura, densa, es aislante y difícil de remover, la sílice en el vapor, es destructiva cuando se destina a turbinas.

$$\text{CY} = \text{PPM máximo SiO}_2 \text{ en caldera} / \text{PPM SiO}_2 \text{ en alimentación}$$

La calidad del agua de alimentación en la caldera es buena ya que si no posee dureza y la temperatura es mayor a 70°C.

2) El cálculo de la purga, agua de alimentación y agua de repuesto (suavizada), requiere del conocimiento de la generación de vapor real promedio y de los ciclos de concentración calculados para la caldera.

**DATOS:**

P = purga

AL = agua de alimentación

GV = generación de vapor

CY = ciclos de concentración

$$\% P = 1 / CY (100)$$

Para el 50% de capacidad de generación.

$$AL = GV / 1 - \%P$$

$$P = AL - GV$$

**DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS.**

**A) Deareante químico.**

Se necesita carta de temperatura contra oxígeno disuelto y se aplica la siguiente ecuación para gramos por día.

$$PPM = (O_2) + \text{residual } SO_3 \times 9 / CY$$

$$Gr / \text{Día} = PPM \times AL$$

**B) Inhibidor de incrustación base fosfato**

$$PPM = (Ca_{AL}) + \text{residual } PO_4 (16) / CY$$

$$Gr./\text{Día} = PPM \times AL$$

**CONTROL DE LOS PARAMETROS A CONSIDERAR EN LA OPERACIÓN DE CALDERAS.**

Alcalinidad F	PPM	300	a	700
Alcalinidad M	PPM	400	a	900
Silice	PPM			300
STD	PPM			3000
STD(corr.)	PPM			2500
pH		10.5	a	12.
Fosfatos	PPM	30	a	50
Sulfitos	PPM	30	a	50



# TECNICAS ANALITICAS PARA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

## 1) DUREZA TOTAL

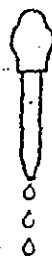
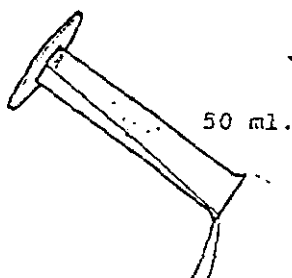
Se toma una muestra de 50 ml

Agregar de 3 a 4 gotas de buffer para dureza (reactivo 50).

Agregar una medida indicadora para dureza (reactivas 10), si hay dureza se tinte de rojo, sino pinta de azul.

Valorar con solución EDTA(reactivo 51) hasta obtener un color azul.

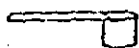
Dureza total en ppm como  $\text{CaCO}_3$  = ml gastados X 20



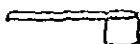
REACTIVO 50



REACTIVO 10



REACTIVO 10



REACTIVO 51



## 2) DUREZA DE CALCIO

Tomar una muestra de 50 ml.

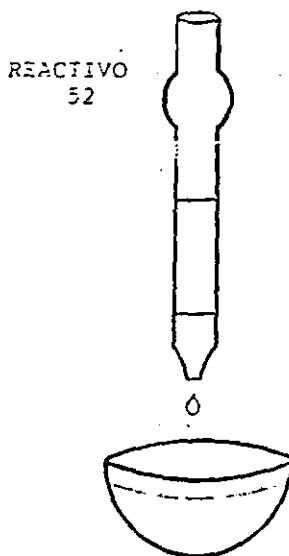
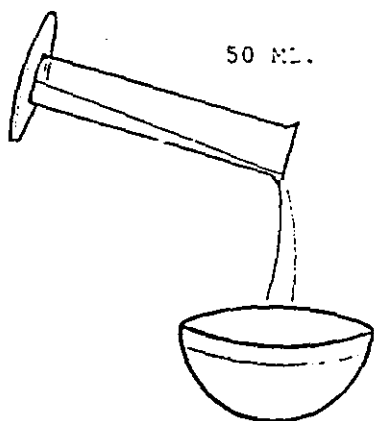
Agregar 1 ml de sosa 1.0 N ( reactivo 52).

Agregar una medida indicadora para calcio (reactivo 12).

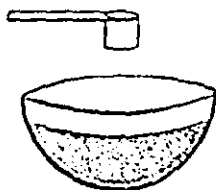
El agua se tiñe de rosa.

Valorar con solución EDTA(reactivo 51) hasta obtener un color violeta.

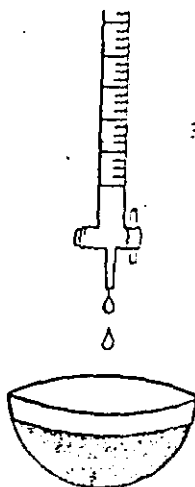
Dureza calcio en ppm como  $\text{CaCO}_3$  = ml gastados X 20



REACTIVO 12



REACTIVO 51



### 3) ALCALINIDAD F (FENOLFTALEINA)

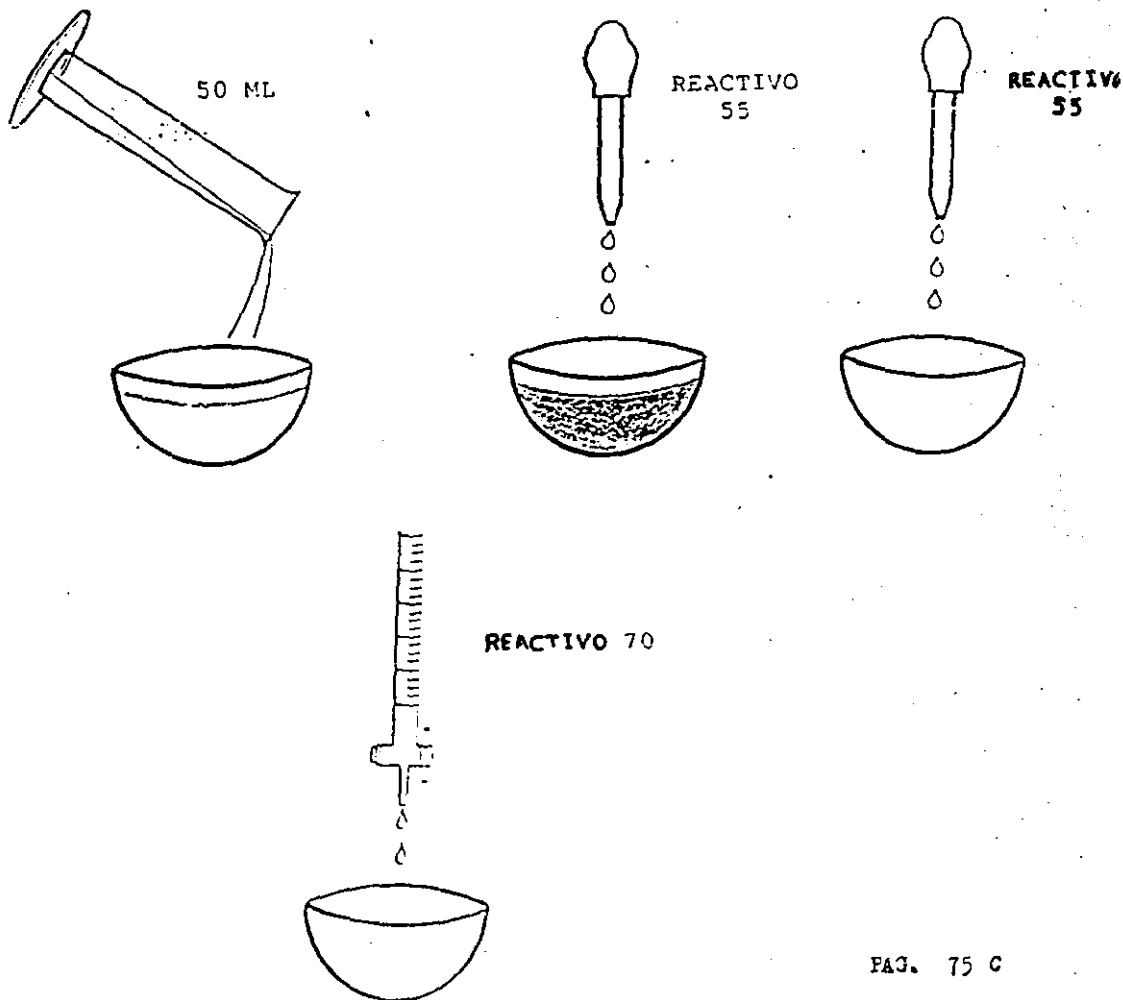
Tomar una muestra de 50 ml.

Agregar de 3 a 5 gotas de fenolftaleina (reactivo 55).

Si hay alcalinidad F se colorea de rojo.

Valorar con solución de ácido sulfúrico 0.02 N (reactivo 70). Hasta decolorar.

Alcalinidad F como  $\text{CaCO}_3 = \text{ml gastados} \times 20$



#### 4) ALCALINIDAD M O TOTAL

Con anaranjado de metilo y la muestra anterior de alcalinidad F se le agrega de 3 a 5 gotas de anaranjado de metilo (reactivo 56).

Se colorea de naranja.

Valorar con solución de ácido sulfúrico 0.02N (reactivo 70)

Hasta obtener un color rojizo canela.

Alcalinidad M como  $\text{CaCO}_3$  = ml totales gastados X 20

Con azul de bromitol y la misma muestra de anaranjado de metilo.

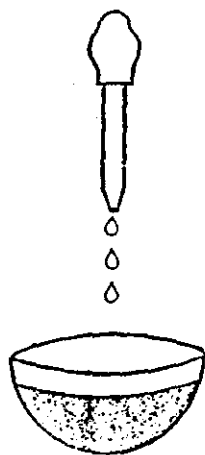
Agregar de 3 a 5 gotas de azul de bromitol (reactivo 57).

Se colorea de azul verdoso.

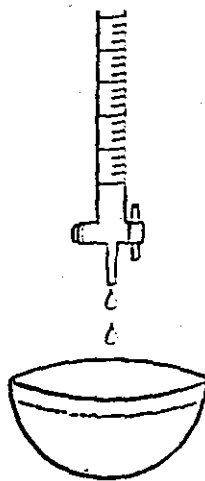
Valorar con solución de ácido sulfúrico 0.02N (reactivo 70).

Hasta un color canela.

Alcalinidad M como  $\text{CaCO}_3$  = ml totales gastados X 20



REACTIVO  
56 ó 57



REACTIVO  
70

## 5) CLORUROS

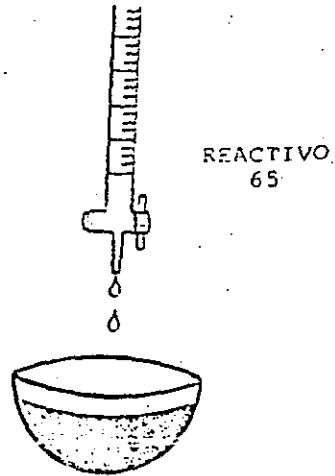
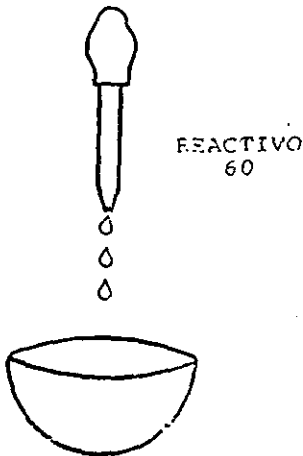
En la misma muestra de azul, agregar de 3 a 5 gotas de cromato de potasio (reactivo 60).

Se colorea de amarillo (con anaranjado de metilo) y de verde (con azul de bromitol).

Valorar con solución de nitrato de plata 1 mg = ml (reactivo 65).

Hasta color rojizo.

Cloruros en ppm como Cl = (ml gastados - 0.2) X 20.



## 6) SULFITOS

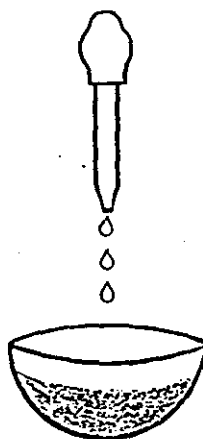
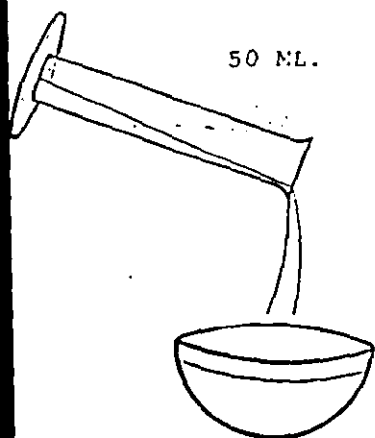
Tomar una muestra de 50 ml.

Agregar de 3 a 5 gotas de fenolftaleina(reactivo 55).

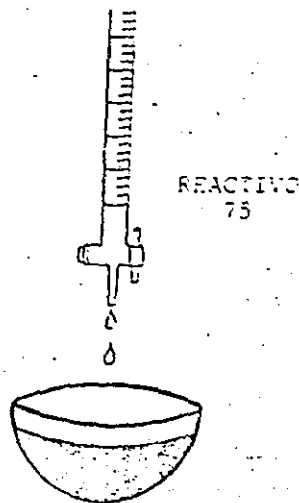
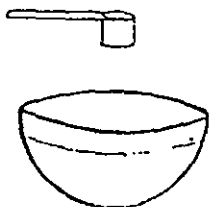
Se colorea de rojo y agregar una medida de indicador para sulfitos (reactivo 15) hasta que desaparezca el rojo.

Valorar con solución de ioduro iodato de potasio (reactivo 75) hasta un color azul negruzco.

Sulfitos en ppm como  $\text{SiO}_2 = \text{ml gastados} \times 10$



REACTIVO 15



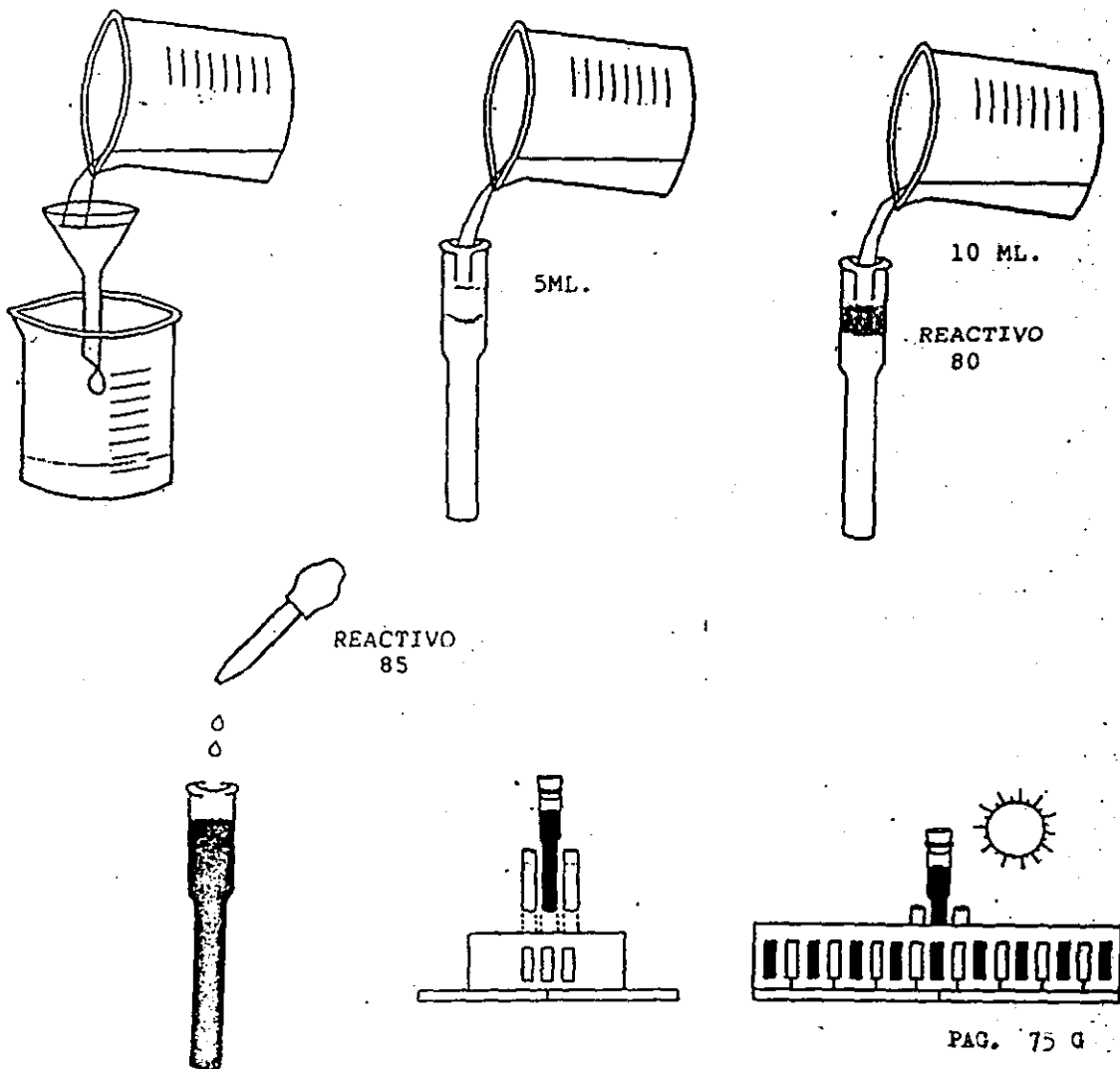
## 7) FOSFATOS.

En un tubo exclusivo para la determinación de fosfatos tomar una muestra de 5 ml previamente filtrada.

Agregar 10 ml de molibdato para fosfato (reactivo 80).

Que coincide con un nivel marcado, y adicionar solo 2 gotas de cloruro estanoico líquido (reactivo 85) y se colorea de azul.

Fosfatos en ppm como  $PO_4$  = se compara con una reglilla especial graduada en el cual indica por el tipo de tonalidad de color la cantidad de ppm.

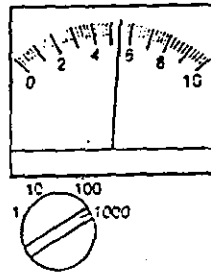
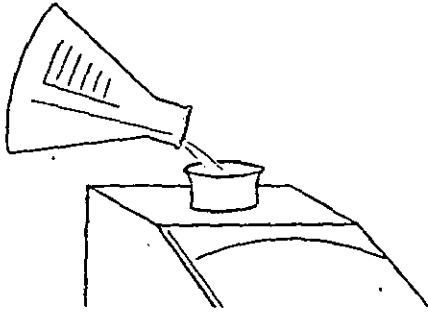


## 8) CONDUCTIVIDAD.

**Directa :** se determina tomando una muestra de agua a una temperatura máxima de 25°C y vaciando en el cono del conductímetro.

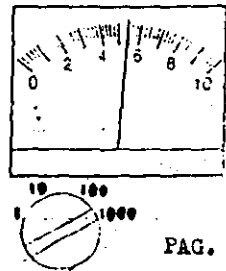
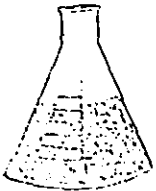
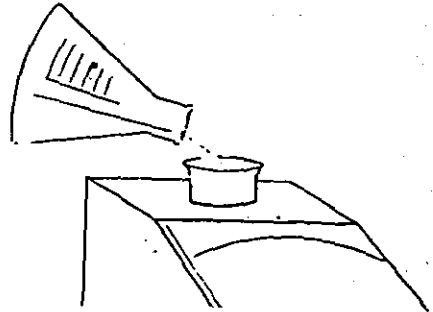
**Corregida :** se determina tomando una muestra de agua a una temperatura máxima de 25°C, adicionar fenolftaleína(reactivo 55) si no se tinte de rojo la conductividad corregida es igual a la directa, en caso de colorear agregar una medida de ácido gálico.

(Reactivo 18) hasta tener una decoloración total, paso siguiente vertirlo y medir la conductividad, recordar que siempre la conductividad corregida es menor que la directa. También se determina en micromohos.



REACTIVO 55

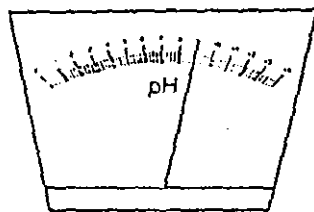
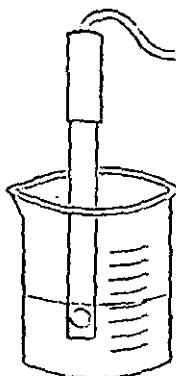
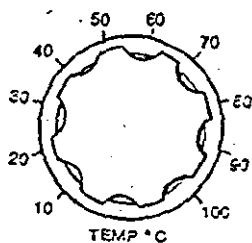
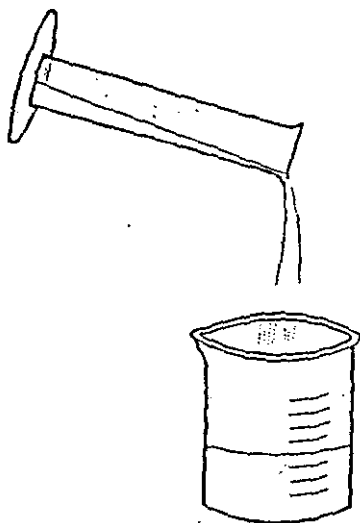
REACTIVO 18





## 9) pH.

Directo : se determina tomando una muestra de agua a una temperatura máxima de 25°C y vaciando en un recipiente para introducir el electrodo y tomar la lectura en escala de 0 – 14. Se puede determinar también por medio de papeles indicadores en el cual se mide por la tonalidad de color que tome el indicador y comparar con las muestras de nivel que se tiene en caja de papeles indicadores.



## CAPITULO 6

### OPERACIÓN DE CALDERAS

#### 6.1 CONTROLES.

Se menciona a continuación el conocimiento de los accesorios y controles que se tienen en una caldera.

**Válvula de seguridad.**- es un dispositivo automático que actúa por la presión estática sobre una superficie que a su vez ejerce una contrapresión por medio de un resorte o contrapeso. Se caracteriza por su apertura total y rápida, o por una acción repetitiva de aperturas. Ver figura 6.2 A pagina 78ª.

**La válvula de seguridad.**- es un dispositivo automático que asegura la operación sin riesgo de sobrepasar la presión máxima de trabajo del recipiente sujeto a presión. Se usa generalmente para vapor de agua, gases y vapores en general, en su diseño aparece una palanca para pruebas y acción manual.

**Presión de ajuste.**- es aquella a la cual debe de actuar la válvula y es de acuerdo a los reglamentos y especificaciones del servicio del recipiente a presión de que se trate.

**Conexiones de descarga.**- la descarga debe ser directa sin obstrucciones o válvulas. De preferencia lo mas corta posible.

**Cantidad.**- todo generador debe tener por lo menos una válvula de seguridad.

**Tipo.**- solo esta permitido el uso de válvulas del tipo de resorte de carga directa.

**Instalación.**- debe tener conexiones independientes y el arrea de orificio debe de ser la suma de las arreas de las válvulas que dependen del generador. Las conexiones deben ser cercanas y sin válvulas entre el generador y la válvula de seguridad y entre esta y el tubo de descarga. Los tubos de descarga deben tener drenaje y si hay codo fijarlo. Si hay silenciador, él arrea debe ser amplia para que no exista contrapresión. La descarga debe ser fuera de andamios y plataformas.

**Dificultades con las válvulas.**- los problemas que frecuentemente se presentan con las válvulas afectan la duración y la operación de las unidades por lo que deben superarse adecuada y rápidamente.

**Fallas en la operación.**- podemos clasificar tres tipos de fallas en operación:

- a) La válvula abre y cierra con frecuencia.
- b) Que se quede pegada por acumulación de sales.
- c) Fuga de vapor por asientos dañados.

**Control de bajo nivel.**- todas las calderas de operación automática tienen que estar equipadas con un interruptor de bajo nivel de agua, el cual impide el funcionamiento del quemador, mientras no exista suficiente agua en la caldera, otro interruptor controla la alimentación del agua. Ver figura 6.2B pagina 77B.

Un modelo tipo de este dispositivo, consiste en un flotador que actúa sobre un interruptor eléctrico. El interruptor puede ser instalado en la columna, todas las unidades están provistas de una válvula de purga para desalojar los sedimentos.

Indicador del nivel de agua(cristal de nivel).- todas las calderas están equipadas con un indicador de nivel de agua que permite la observación visual de la cantidad de agua que contiene la caldera. Estos niveles están dotados de válvulas de cierre superior e inferior y un grifo de purga. El nivel superior de agua es de 57 mm o de  $2 \frac{1}{4}$  de plg. Arriba de la tuerca inferior. La bomba de alimentación de agua debe de llenar el agua inicialmente. El nivel inferior del agua es de 44 mm o de  $1 \frac{1}{4}$  de plg. Arriba de la tuerca inferior y la bomba de alimentación de agua arranca en este punto hasta restablecer el nivel de agua a 57 mm o  $2 \frac{1}{4}$  de plg. El corte por bajo nivel es de 32 mm o de  $1 \frac{1}{4}$  de plg arriba de la tuerca inferior y el quemador se debe apagar al llegar el nivel de agua en este punto.

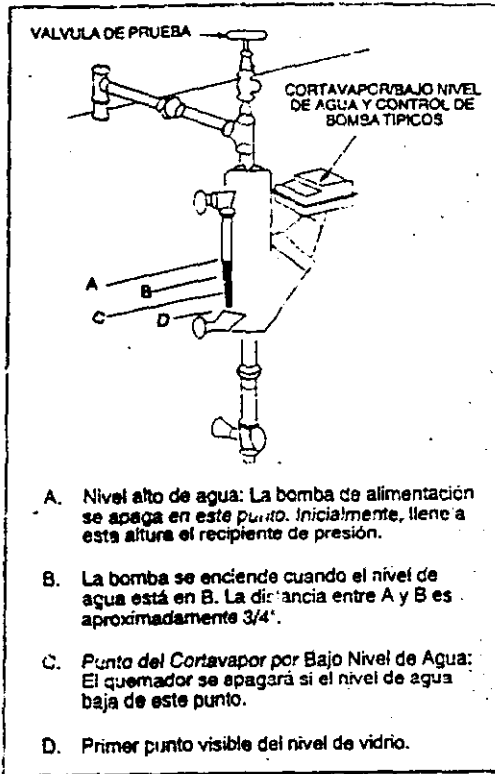
En caso de ruptura del cristal indicador lo primero que se hace es cerrar las válvulas que lo comunican con la caldera que son dos superior e inferior, entonces se quitan las tuercas del cristal y los residuos que hayan quedado del tubo roto, se pone el cristal de repuesto colocando las tuercas con empaques nuevos se aprietan sin imprimirle demasiada fuerza. Ya instalado el cristal se abre la válvula de vapor lentamente para evitar un calentamiento brusco del tubo y por supuesto evitar su ruptura; hecho esto se abre la válvula del agua inferior en forma pausada y con esto se da por terminado la instalación del tubo o cristal indicador. Los grifos de prueba van colocados en la columna de agua a tres niveles diferentes del indicador de nivel, lo que permite al operador cerciorarse de que el nivel del agua de la caldera coincide con la indicación del tubo de vidrio. Ver figura 6.2C de la pagina 77B.

Manómetro.- la presión, la velocidad, el calor la cantidad, el peso o volumen de los diferentes fluidos de que se sirve el hombre para procurar satisfacer sus necesidades deben ser medidos y para ello, se han creado diversos aparatos que le permiten emplear justamente lo que necesita. Estos aparatos reciben el nombre de instrumentos de medición. ¿Qué sería de los procesos industriales sin instrumentos? Simplemente no podría existir control practico que pudiera conseguir productos de una misma calidad. En esta coacción nos ocuparemos del instrumento que en la vida moderna nos sirve para medir la presión positiva o negativa de los fluidos que se encuentran dentro de recipientes o que circulan en tuberías este aparato recibe el nombre de manómetro. El manómetro instalado en la cámara de vapor y en el lugar más visible, es un aparato destinado a medir la presión que tiene la caldera el conocimiento de esta presión es con el fin de obtener seguridad en la operación del equipo.

La línea del manómetro debe estar provista de una válvula de purga y evitar se tape el conducto del mismo. En la siguiente figura 6.2D de la pagina 77C se muestra la construcción característica de tubo de bourdon del lado opuesto de la carátula. Las partes marcadas A, M y son piezas de ajuste para calibración del manómetro.

El quemador de aceite es del tipo de baja presión atomizado por aire. El quemador de gas es del tipo con orificio sin necesidad de premezcla. Los quemadores se encienden por medio de chispa generada por un piloto de gas. El piloto es del tipo interrumpido y se apaga después que se ha establecido la llama principal. Los quemadores equipados para quemar tanto gas como aceite incluyen el equipo apropiado para cada combustible a la vez en los quemadores combinados se incorporan un selector para aire-gas.

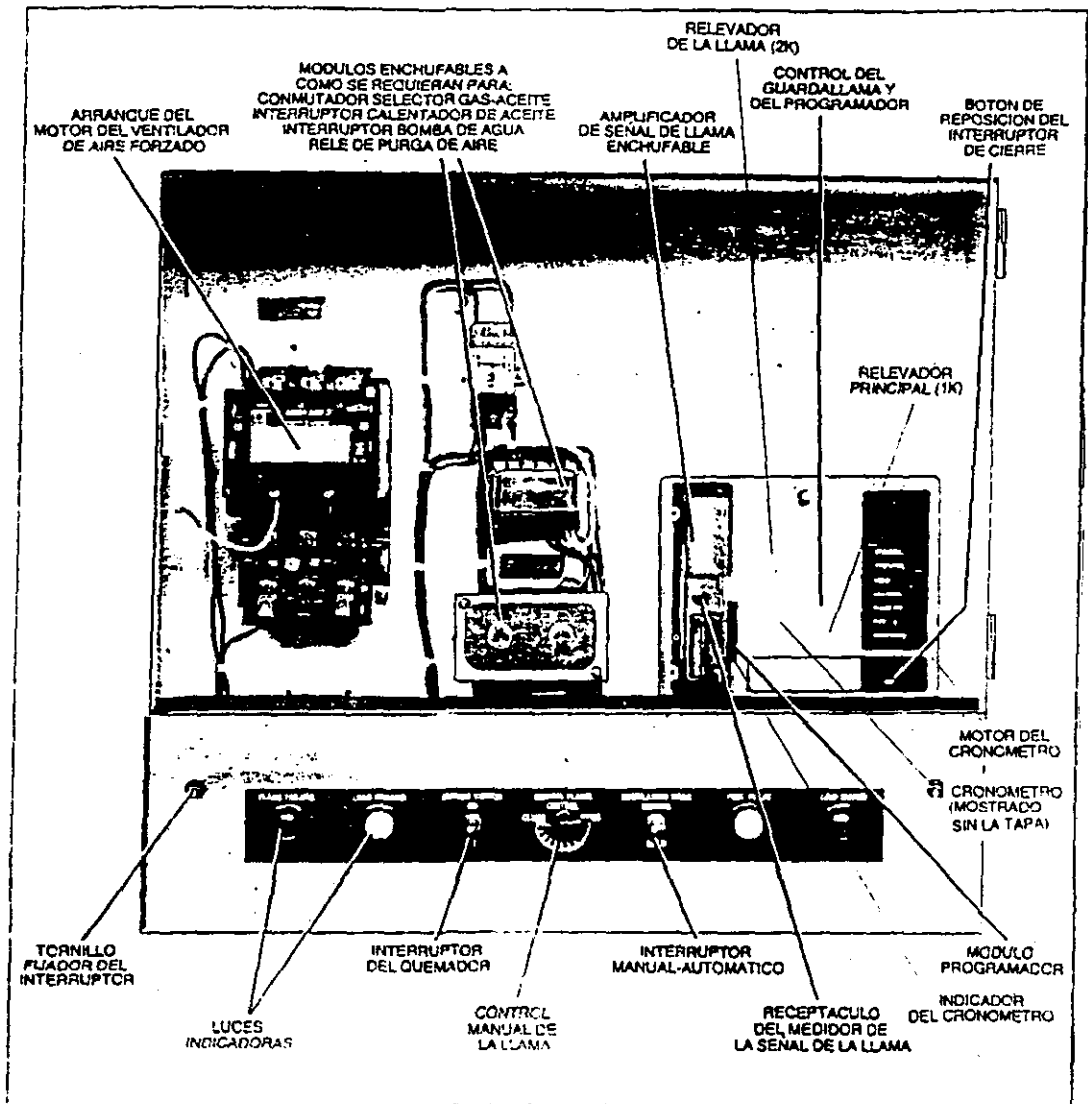
Es importante incluir en cualquier correspondencia o pedido de repuesto el modelo del quemador y el numero de serie. Sin tomar en cuenta el combustible que se usa el quemador



**YDETALLES DEL NIVEL DE  
AGUA DE LA CALDERA  
(CALDERA A VAPOR)**

FIG. 6.2

PAG. 77A



\*/ PANEL DE CONTROL TÍPICO

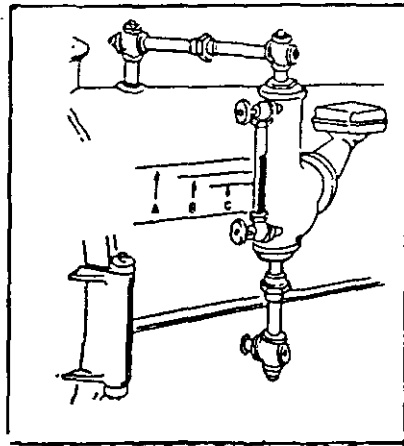


FIG. 6.2 C PAG. 77 B

En la siguiente figura se muestra la construcción característica de tubo de Bourdon; del lado opuesto va la carátula. Las partes marcadas "A", "M" y "S", son piezas de ajuste para calibración del manómetro.

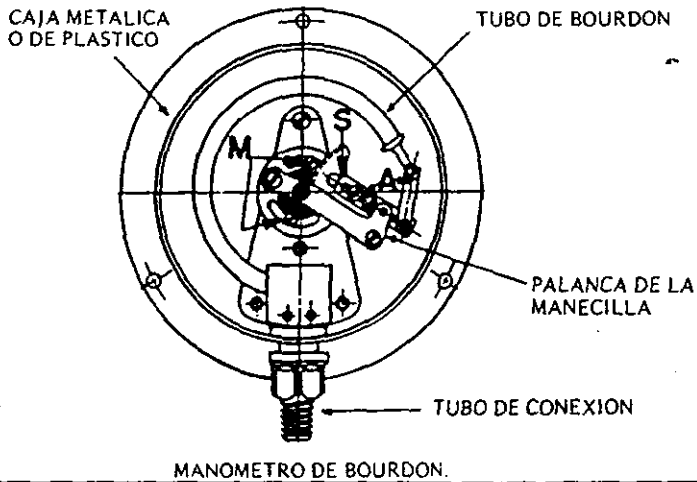


FIG. 6.2 D

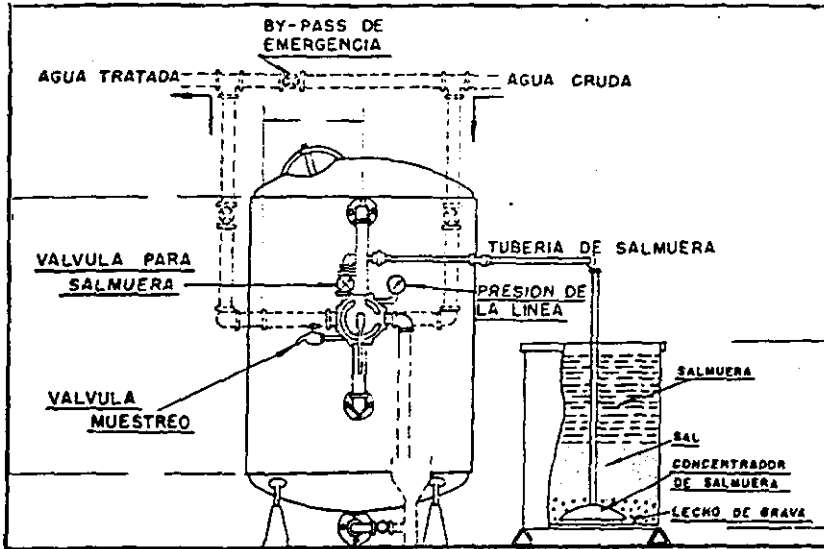


FIG. 6.2



opera con modulación completa dentro de los límites de operación clasificados, por medio de controles posicionadores tipo potenciómetros, y el quemador vuelve a la posición de alimentación mínima para la ignición. Las calderas de alta presión más de 15 psi pueden conectarse para modulación de baja y alta presión como equipo opcional. Esto le permite a la caldera operar a una presión más baja durante horas de menos carga, pero produciendo menos vapor dependiendo de una presión más baja de vapor y del tamaño de la boquilla del vapor.

El guardallama y el relevador de programación incluyen un detector de llama sensible a rayos infrarrojos. Para vigilar la llama del aceite y del gas, y para apagar el quemador en caso de falla de la llama. El sector programador del control proporciona un período de purga prueba del piloto y de la llama principal y un período de operación continuo del ventilador para la purga posterior de la caldera de todos los vapores de combustible sin quemar. Otros controles de seguridad apagan el quemador bajo condiciones de bajo nivel de agua, presión excesiva del vapor o alta temperatura del agua.

Los controles de entrecierre de seguridad incluyen interruptores que comprueban la combustión y el aire atomizado y dependiendo del combustible y de los requisitos de la agencia aseguradora también tienen controles que comprueban la presión adecuada del combustible además de controles de comprobación de la temperatura cuando se usa aceite combustible calentado. La secuencia de la operación del quemador desde que se enciende hasta que se apaga está controlado por el relevador de programación en conjunto con los dispositivos de operación limitador y entrecierre los cuales conectados al circuito para proporcionar una operación segura y proteger contra técnicas incorrectas de operación. El aire de combustión lo suministra un soplador centrífugo localizado en la puerta delantera. El abastecimiento de aire de combustión al quemador está controlado por el actuador de compuerta. Este mismo actuador regula el flujo de gas combustible por medio de un sistema articulado conectado a la válvula de mariposa del gas y el flujo del aceite combustible, por medio de una válvula medidora actuada por leva. El combustible y el aire entran proporcionalmente a fin de producir una combustión más eficiente.

El aire primario para atomizar el aceite combustible es suministrado independientemente del aire para combustión por una bomba de aire. El circuito del quemador opera con corriente alterna monofásica de 115 voltios, 60 hertz o de 50 hertz CA. El motor del ventilador de tiro forzado opera generalmente con servicio trifásico al voltaje disponible. Las luces indicadoras que indican las condiciones de la válvula de combustible del bajo nivel de agua la falla en la llama y la demanda de carga son equipo estándar. Además los controles básicos corrientes suministrados, otros dispositivos pueden ser requeridos para satisfacer los requisitos específicos de una empresa aseguradora o código local.

El término control se refiere a las válvulas y componentes más importantes incluyendo sin restricción los controles eléctricos o aquellos monitoreados por el relevador de programación. El operador debe familiarizarse con el funcionamiento individual de todos los controles que se detallan o no en este manual antes que pueda comprender la operación de la caldera y los procedimientos. Ver figura 6.2E página 78A, los controles suministrados con cualquier caldera dependerán del tipo de combustible para el cual la caldera está equipada así como para el sistema que está diseñada vapor o agua caliente.

#### CONTROLES COMUNES A TODAS LAS CALDERAS:

- 1) Motor del ventilador de tiro forzado, impulsa directamente el ventilador de tiro forzado para proveer aire de combustible referido también como motor soplador.

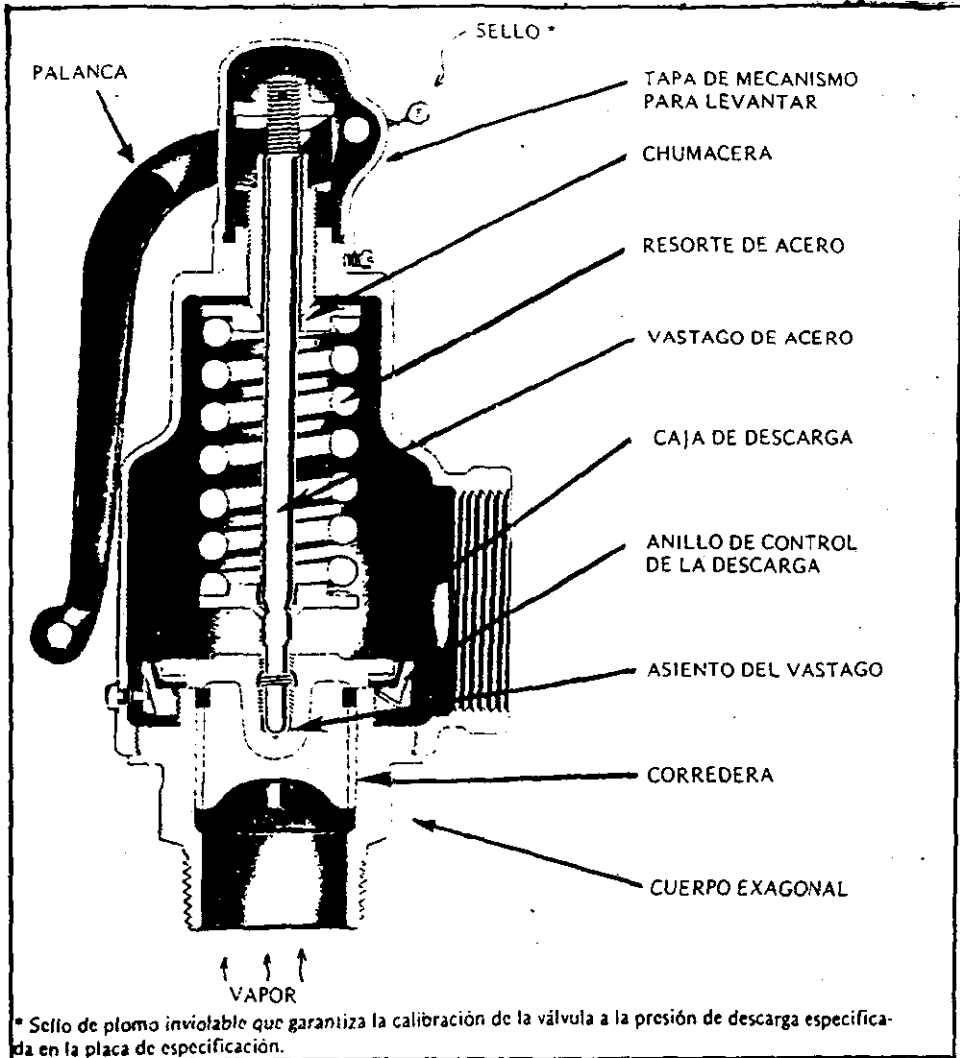
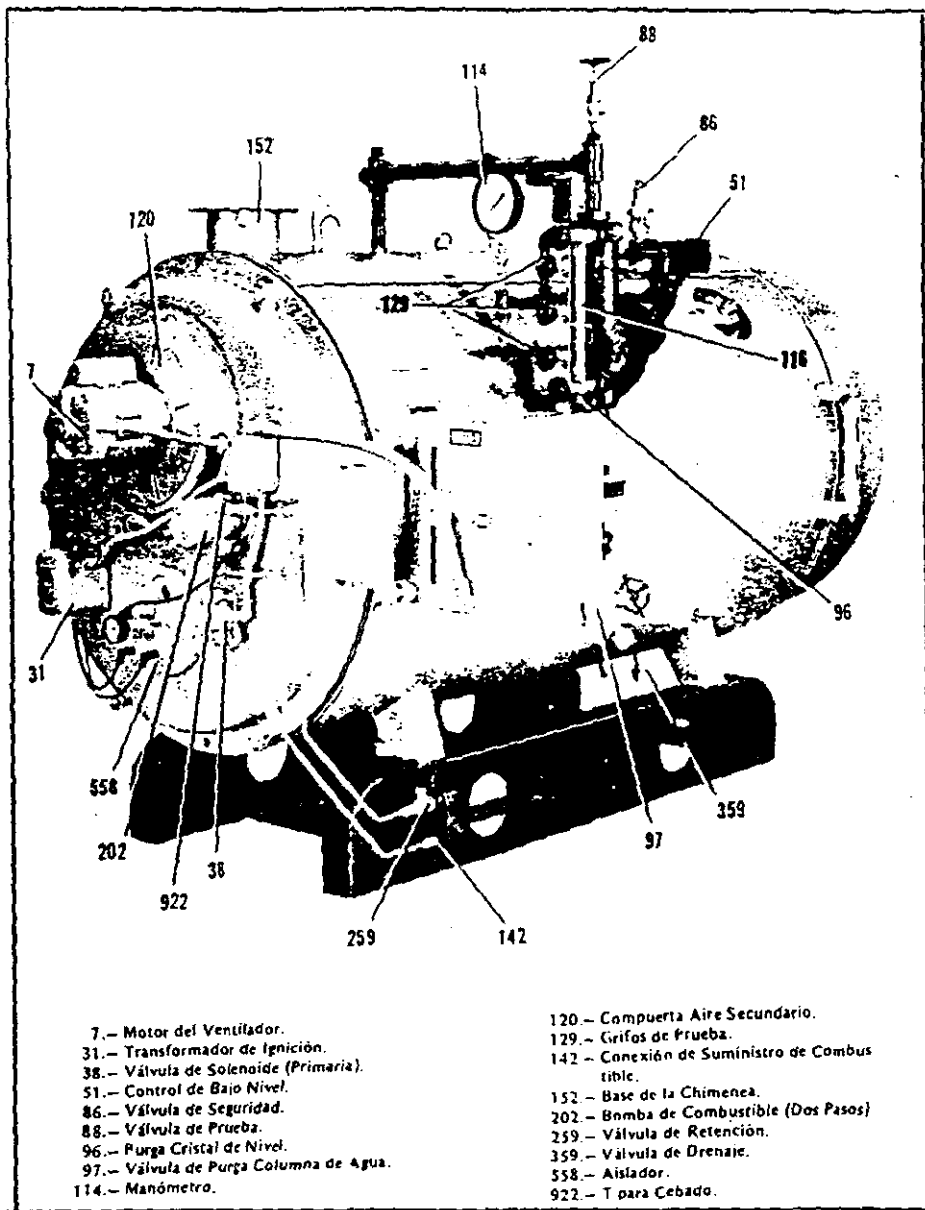


FIG. 6.2 ▲

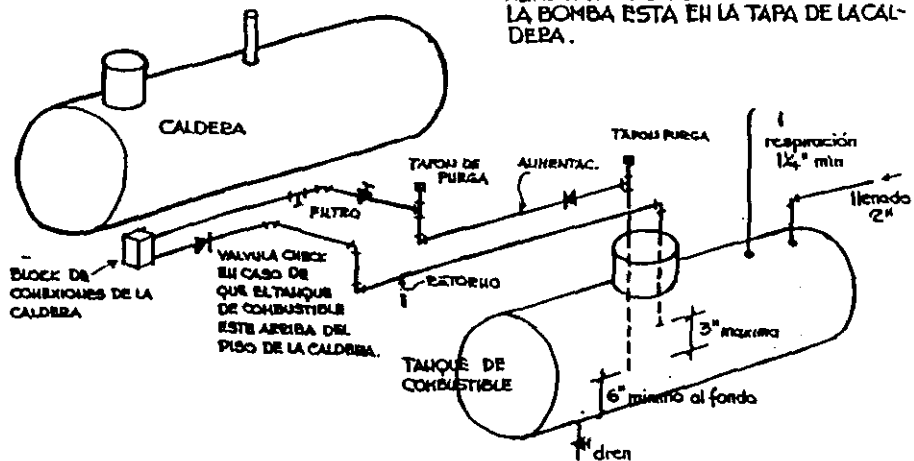


- 7.- Motor del Ventilador.
- 31.- Transformador de Ignición.
- 38.- Válvula de Solenoide (Primaria).
- 51.- Control de Bajo Nivel.
- 86.- Válvula de Seguridad.
- 88.- Válvula de Prueba.
- 96.- Purga Cristal de Nivel.
- 97.- Válvula de Purga Columna de Agua.
- 114.- Manómetro.

- 120.- Compuerta Aire Secundario.
- 129.- Grifos de Prueba.
- 142.- Conexión de Suministro de Combustible.
- 152.- Base de la Chimenea.
- 202.- Bomba de Combustible (Dos Pasos)
- 259.- Válvula de Retención.
- 359.- Válvula de Drenaje.
- 558.- Aislador.
- 922.- T para Cebado.

FIG. 6.2 E

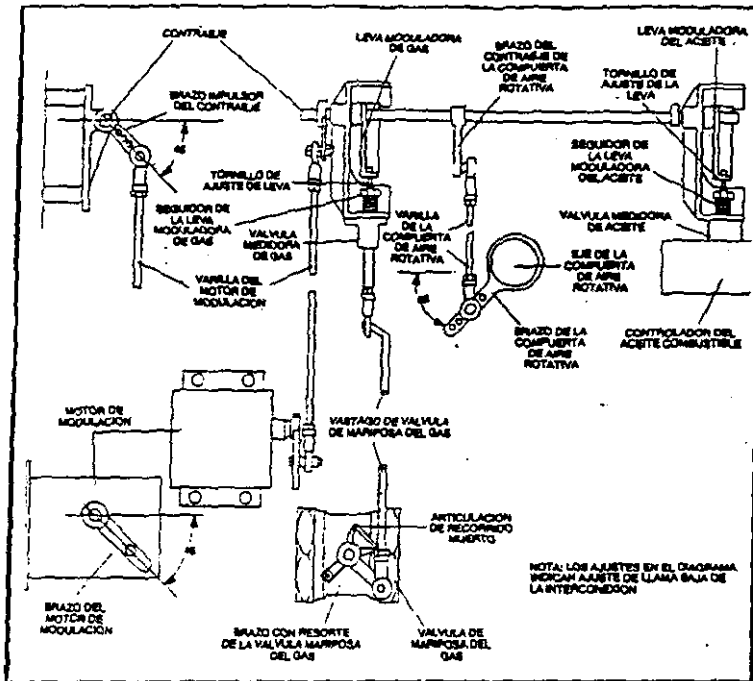
ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE CUANDO LA BOMBA ESTA EN LA TAPA DE LA CALDERA.



- 2) Arranque del motor del ventilador de tiro forzado, le da energía al motor soplador del ventilador de tiro forzado.
- 3) Ventilador de tiro forzado, suministra todo el aire bajo presión para la combustión del combustible principal y para la purga. Ver figura 6.2C pagina 81C.
- 4) Transformador de ignición, provee chispa de alto voltaje para la ignición del piloto de gas o del piloto de aceite liviano.
- 5) Interruptor de baja alimentación, un interruptor auxiliar interno actuado por la compuerta del eje del motor, que debe estar cerrado para indicar que la compuerta de aire y la válvula medidora del combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición. Ver figura 6.2D pagina 79D.
- 6) Interruptor de baja alimentación, un interruptor interno actuado por leva por el eje del motor que debe estar cerrado para indicar que la compuerta del aire y la válvula medidora del combustible están en la posición de baja alimentación antes que pueda ocurrir un ciclo de ignición.
- 7) La placa de identificación indica el modelo y numero de serie de la caldera.
- 8) Interruptor manual-automatico, cuando se coloca en automático la operación subsecuente esta dirigida por el control modulador, que controla la posición del motor de modulación según la demanda de carga. Cuando se coloca en manual el motor de modulación por medio del control manual de la llama puede colocarse a la regulación deseada para el encendido del quemador. El objetivo principal de la posición manual es comprobar y ajustar la relación de aire-combustible dentro de todo el rango de alimentación o de encendido. Ver figura 6.2E pagina 78A.
- 9) Control manual de la llama, un potenciómetro operado manualmente que permite ajustar el motor modulador a la regulación deseada de alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automatico esta en la posición manual. Se usa principalmente para ajustar la entrada de combustible inicial o subsiguiente durante la operación del encendido no tiene ningún control sobre la regulación del encendido si el interruptor esta en automático. Ver figura 6.2E pagina 78A.
- 10) Transformador del motor de modulación, reduce el voltaje del circuito de control 115 V CA al voltaje requerido 24V CA para la operación del motor de modulación. Ver figura 6.2E pagina 78A.
- 11) Luces indicadoras, provee información visual de la operación de la caldera como: falla de la llama, demanda de la carga, válvula de combustible(válvula abierta), bajo nivel de agua. Ver figura 6.2E pagina 78A.
- 12) Relevador principal(1K), se activa cuando se cierran todos los controles limitadores y de operación y los interruptores de cierre para iniciar la secuencia del programa y para energizar el arranque del motor del ventilador de tiro forzado.
- 13) Relevador de la llama(2K), se activa cuando el detector de la llama percibe una llama adecuada en el quemador. Al desactivarse por falla de la llama dirige el circuito de control a través del interruptor de seguridad.
- 14) Interruptor de cierre(LS), se desconecta en caso de no encender el piloto o falle la llama principal del quemador o falla de llama. Adicionalmente en un control el cierre ocurrirá cuando se abren los entrecierres o en una condición que simule la llama durante el periodo de verificación del programador. Déjelo enfriar un rato antes de restablecerlo. Advertencia, la razón de cualquier cierre eléctrico debe investigarse y corregirse antes de activarlo de nuevo.

FALTA PAGINA

No. **79** **A B C**



**/ ENSAMBLE DE INTERCONEXION COMPLETO -  
COMBINACION GAS Y ACEITE**

FIG. 6.2 D

- 15) Cronometro, acciona las levas para abrir y cerrar los contactos de interrupción en una secuencia cronometrada no ajustable para programar la operación del quemador a través de todas las funciones necesarias para operar el quemador.
- 16) El indicador del cronometro indica la posición del cronometro y la etapa del ciclo de operación del quemador.
- 17) Detector de la flama monitorea el piloto de gas o aceite y activa el relevador de programación de la flama en respuesta a una señal de la flama. Continúa verificando la flama principal del aceite o gas, después que finaliza el periodo de prueba del piloto. Una caldera equipada con equipo estándar tiene un detector de sulfuro de plomo *sensibilidad infrarroja*.
- 18) El ventilador de tiro forzado suministra todo el aire bajo presión para la combustión del combustible del piloto y del combustible principal y suministra aire de purga.
- 19) La alarma suena para notificar al operador de una condición que requiera atención inmediata, se suministra como equipo opcional.
- 20) El termómetro de la chimenea indica la temperatura de los gases de combustión en la chimenea.
- 21) El interruptor de prueba del aire de combustión, es un interruptor sensitivo a la presión accionada por la presión del aire del ventilador de tiro forzado. Sus contactos se cierran para comprobar la presencia de aire de combustión. Las válvulas del combustible no pueden recibir energía a menos que este interruptor lo apruebe. El interruptor de prueba del aire de combustión esta disponible en todos los quemadores alimentados con gas-aceite. Los quemadores alimentados con aceite normalmente no tienen otro interruptor, sino utilizan el interruptor de prueba de aire atomizado en el sentido ya que la presencia de aire atomizado proveniente de la bomba de aire, lo que esta accionada por correa del motor soplador, es evidencia de que el soplador esta operando.
- 22) La compuerta de aire rotatoria provee un control preciso de aire de combustión, proporcional a la entrada de combustión para las diversas demandas de carga. Consiste de dos cilindros concéntricos con aberturas. El cilindro exterior es estacionario, el interior gira bajo el control del motor de modulación para variar el tamaño efectivo de las aberturas donde se traslapan.
- 23) El difusor es una lamina circular situada al final del horno en la cámara del quemador, que le da un movimiento rotativo turbulento al aire de combustión un poco antes de que entre al horno, suministrando por lo tanto una mezcla completa y eficiente con el combustible.

## 6.2 CONTROLES DE VAPOR.

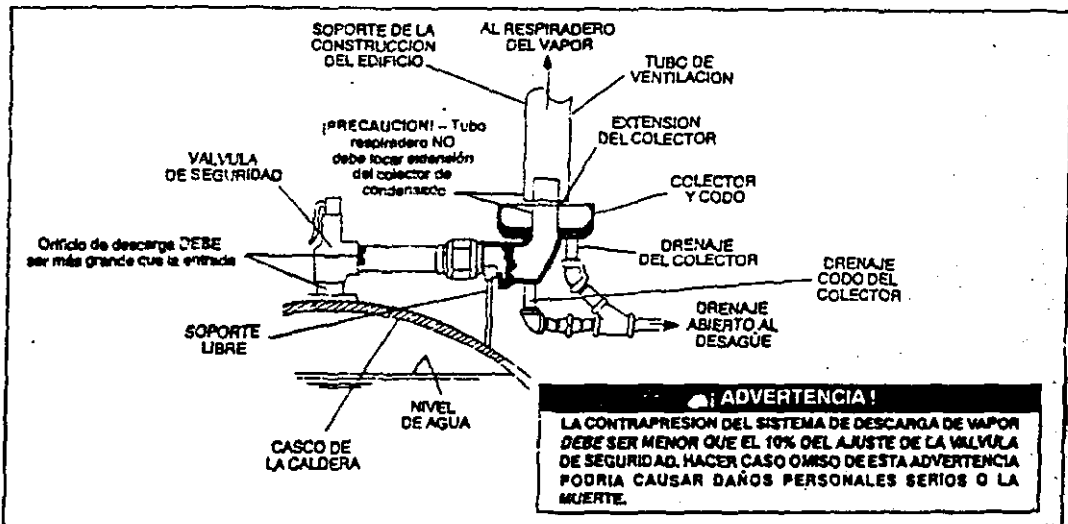
- 1) El indicador de la presión del vapor indica la presión interna de la caldera.
- 2) El control de la presión máxima de operación interrumpe el circuito para detener la operación del quemador a un ajuste de presión preseleccionado.
- 3) El control de la presión máxima interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener el quemador a una presión preseleccionada por encima del ajuste del control de la presión máxima. Este control esta normalmente equipado con un restablecimiento manual.



- 4) Control del modulador de la presión percibe cambios en las presiones de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual-automático está en automático.
- 5) Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua, este control que opera por medio de un flotador responde al nivel del agua de la caldera. El control efectúa dos funciones diferentes: a) detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel en el panel de control; también hace sonar la alarma del bajo nivel. Requerimientos locales de algunos modelos exigen un tipo de restablecimiento manual para cerrar la admisión por bajo nivel de agua. Este tipo requiere un restablecimiento manual para arrancar el quemador después de una paralización por bajo nivel de agua. b) arranca y detiene la bomba alimentadora de agua si se utiliza para mantener el agua al nivel de operación adecuado.
- 6) El dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel de agua que también puede ser un equipo opcional, este control interrumpe el circuito para detener la operación del quemador en caso de que el agua de la caldera esté por debajo del punto de cierre del nivel de agua principal. El equipo de restablecimiento manual requiere que se reposicione manualmente a fin de arrancar el quemador después de una situación de bajo nivel de agua.
- 7) La placa de instrucciones del control de la bomba por bajo nivel de agua suministra instrucciones e información sobre la operación de los dispositivos de control por bajo nivel de agua.
- 8) Columna de agua, este ensamble acomoda el cierre por bajo nivel de agua y el control de la bomba e incluye el tubo de vidrio de nivel de agua, las llaves de cierre del vidrio de nivel de agua y llaves de prueba.
- 9) Válvula de drenaje de la columna de agua, esta válvula sirve para lavar regularmente la columna y la tubería para asistir en el mantenimiento de las tuberías de interconexión y ayudar a que se mantenga limpio y libre de sedimentos el tazón del flotador.
- 10) Para el mismo propósito se suministra una válvula de drenaje similar con el dispositivo de cierre auxiliar de bajo nivel de agua.
- 11) Válvula de drenaje del vidrio de nivel de agua, esta válvula sirve para lavar el vidrio de nivel de agua.
- 12) Válvula de prueba, esta válvula permite que se escape el aire de la caldera durante el llenado y facilita la inspección rutinaria de la misma.
- 13) Válvula de seguridad, el propósito de esta válvula es aliviar el exceso de presión sobre la diseñada para la caldera o una presión más baja. Las válvulas de seguridad y las tuberías de escape deben instalarse a los requisitos del código ASME. Ver figura 6.3A página 81A.

### 6.3 CONTROLES DE AGUA CALIENTE.

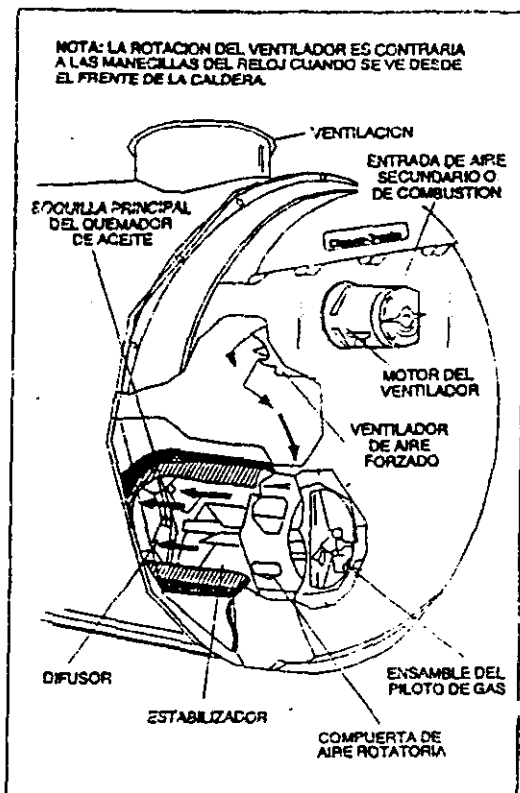
- 1) Indicador de la temperatura de agua que registra la temperatura interna del agua en la caldera.
- 2) Indicador de la presión del agua que indica la presión interna del agua en la caldera.
- 3) Control de temperatura máxima, interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la temperatura de la caldera excede el ajuste seleccionado. Se ajusta para detener o arrancar el quemador a una temperatura de operación preseleccionada.



**/ PROCEDIMIENTO RECOMENDADO PARA INSTALACION DE VALVULA DE SEGURIDAD**

FIG. 6.3 A

PAG. 81 A



... / DIAGRAMA DEL FLUJO DE AIRE SECUNDARIO

FIG.6.2 C

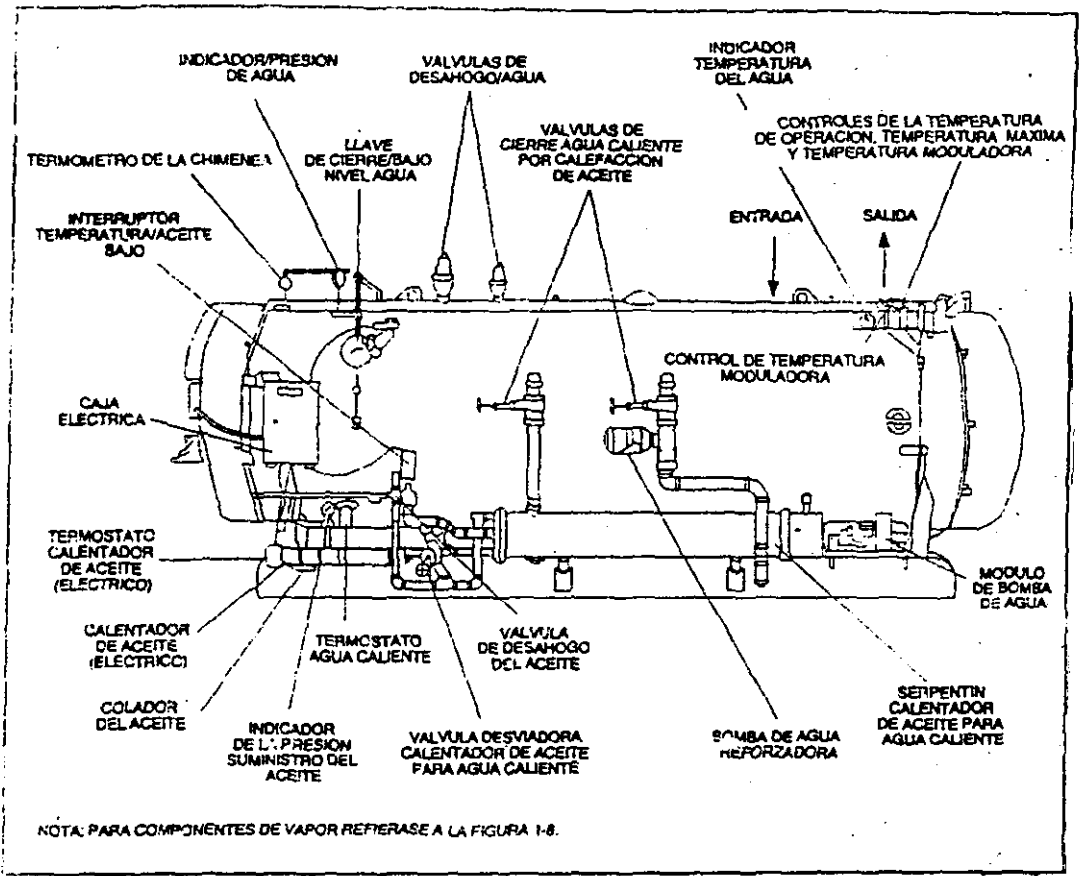
PAG. 81 C

- 4) Control de temperatura máxima de trabajo, interrumpe el circuito para detener la operación del quemador al elevarse la temperatura arriba del ajuste seleccionado. Se ajusta para detener el quemador a una temperatura preseleccionada por encima del ajuste de control de operación. Este control viene generalmente equipado con un restablecimiento manual.
- 5) Control modulador de la temperatura, percibe cambios en las temperaturas de la caldera y transmite esta información al motor de modulación para que varíe la alimentación del quemador cuando el interruptor manual- automático esta en automático.
- 6) Dispositivo de cierre de bajo nivel de agua, interrumpe el circuito para detener la operación del quemador si el nivel del agua de la caldera esta por debajo del nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel y la alarma opcional si esta equipada la caldera con este equipo.
- 7) Cierre auxiliar de bajo nivel de agua, interrumpe el circuito para detener la operación del quemador si el nivel del agua de la caldera esta por debajo del punto de cierre de nivel de agua principal.
- 8) Válvulas de desahogo, relevan a la caldera de presiones mayores que las diseñadas o una menor presión, de estar diseñada. Las válvulas de desahogo y sus tuberías de escape se deben instalar de acuerdo a los requisitos del código ASME. Ver figura 6.4ª de la pagina 82ª para todos los incisos.

#### 6.4 CONTROLES DE LA ALIMENTACIÓN DEL GAS.

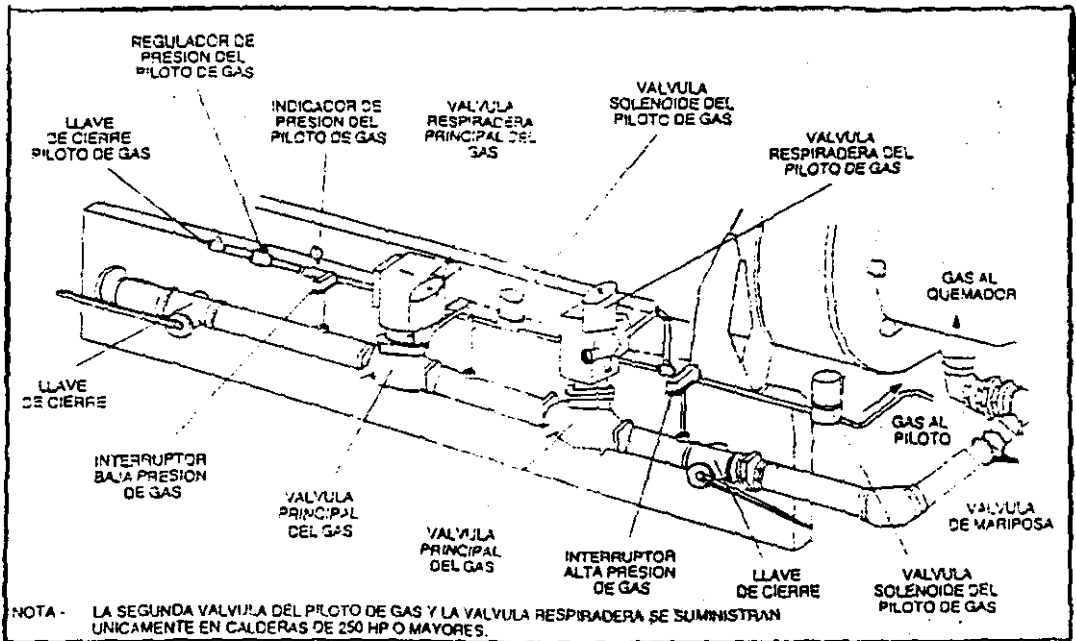
Dependiendo de los requerimientos de la empresa aseguradora u otras agencias gubernamentales, el sistema de control de la alimentación del gas o sistema de conexiones del gas puede consistir de algunos o de todo el equipo siguiente que se muestra en las figuras 6.5A de la pagina 82B y figura 6.5B de la pagina 82C que muestra un tren de gas típico.

- 1) Válvula del piloto de gas, consiste de una válvula solenoide que se abre durante el periodo de la ignición para dejar pasar combustible al piloto. Se cierra después de establecerse la llama principal. La secuencia de activación y desactivación esta controlada por el relevador de programación. Regulaciones de seguros pueden requerir una segunda válvula de este tipo.
- 2) Válvula respiradera del piloto de gas, cuando se requiere de una segunda válvula del piloto de gas, se instala entre las dos una válvula respiradera normalmente abierta. El propósito es ventilar los gases a la atmósfera en caso haya gas presente en la linea cuando se cierran las válvulas del piloto. La válvula se cierra cuando se activan las válvulas del piloto.
- 3) Llave de cierre del piloto de gas, para abrir y cerrar manualmente la alimentación de gas a la válvula del piloto.
- 4) Llave de ajuste del piloto de gas, sirve para regular el tamaño de la llama del piloto. Ver figura 6.5C pagina 83A.
- 5) Aspirador del piloto de gas, aumenta el flujo de gas al piloto.
- 6) Indicador de presión del gas, indica la presión del gas piloto.
- 7) Válvula reguladora de la presión del gas, disminuye la presión del gas para satisfacer los requisitos del piloto entre 5'' a 10'' CDA que es 17.7 cm a 25.4 cm.



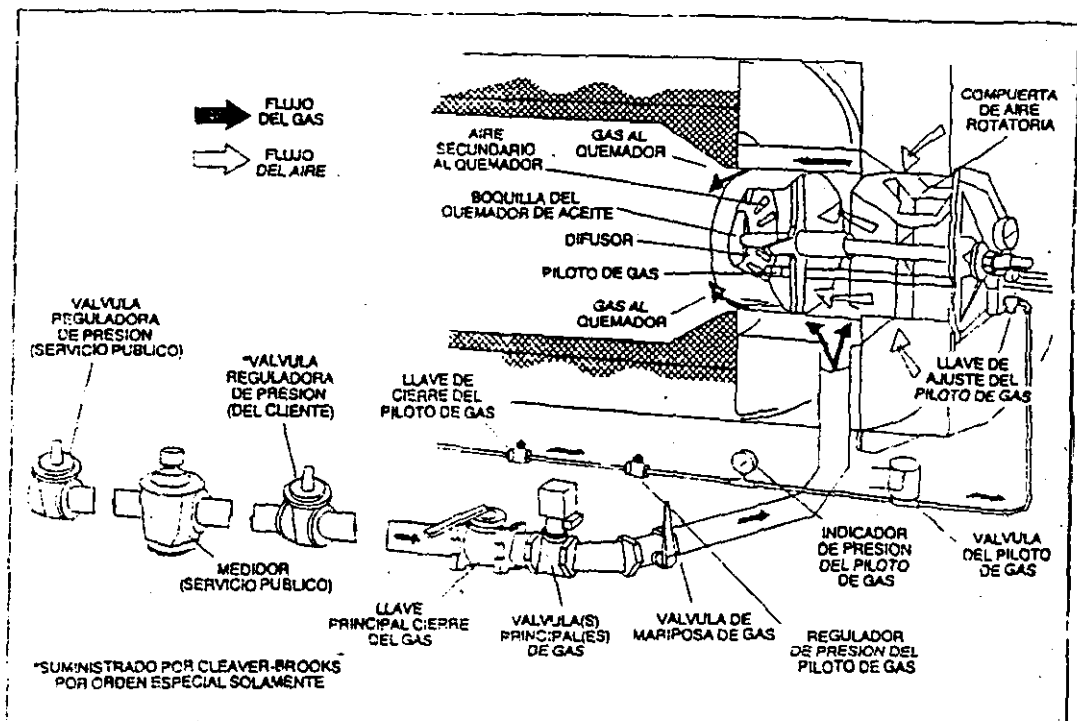
**/ CALDERA TIPICA DE AGUA CALIENTE**

FIG. 6.4 A



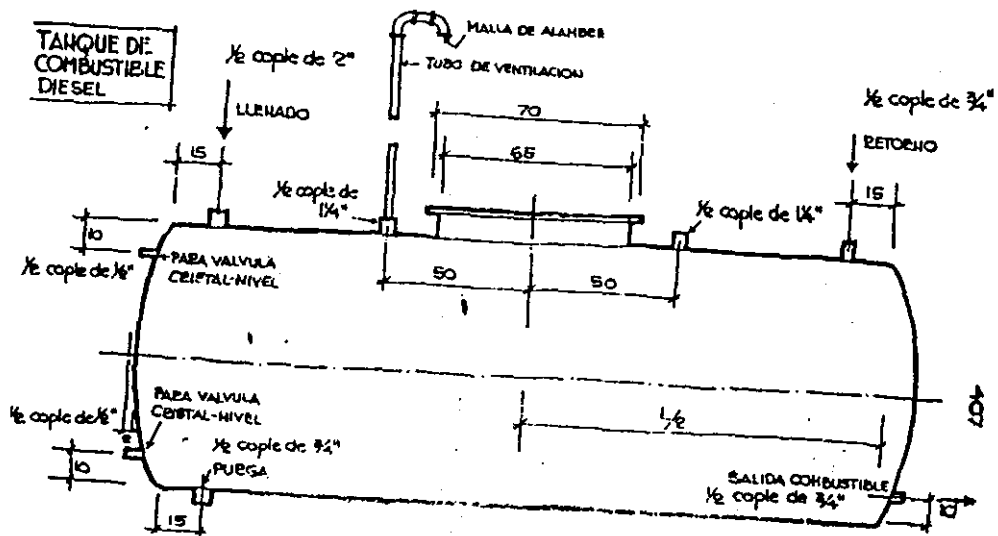
**CONEXIÓN TÍPICA DEL GAS**

FIG. 6.5 A



/ FLUJO DE AIRE SECUNDARIO CON TREN DE GAS

FIG. 6.5 B





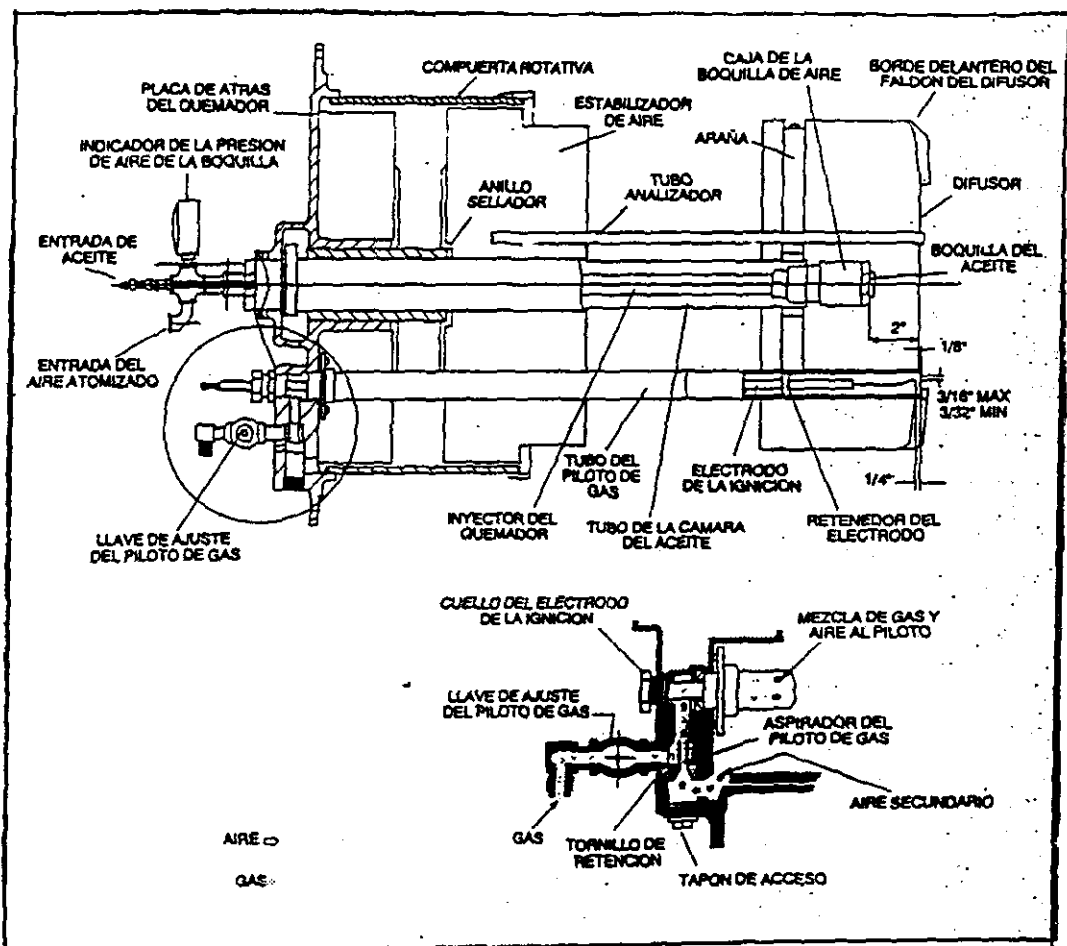
- 8) Válvula de mariposa, es el disco pivotado en esta válvula es activado por una conexión de la leva moduladora de gas para regular la cantidad de del flujo de gas al quemador.
- 9) Leva moduladora del gas, un ensamble que consiste de un sector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza allen y un resorte perfilado, que permite el ajuste de la entrada de gas en cualquier punto de campo de modulación. Ver figura 6.5D pagina 83B.
- 10) Llave de cierre del gas principal, para abrir y cerrar manualmente el suministro principal de gas después del regulador de presión de la línea principal de gas. Una segunda llave de cierre, después de la válvula principal de gas, puede instalarse para poder cerrar la línea del gas siempre que se verifiquen fugas en la válvula principal.
- 11) Válvulas de gas principales, válvulas de cierre actuadas eléctricamente que se abren simultáneamente para dejar pasar el gas al quemador. La válvula corriente abajo esta equipada con un interruptor a prueba de cierre que esta conectado al circuito de entrecierre de pre-ignición.
- 12) Válvula respiradora principal del gas, una válvula solenoide que esta normalmente abierta y entre las dos válvulas principales de gas para dejar escapar el gas a la atmósfera en caso que exista gas presente en la línea principal del gas cuando se desactivan las válvulas de gas. La válvula respiradera se cierra cuando se activan las válvulas de gas.
- 13) Interruptor de baja presión de gas, un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea mayor que la presión preseleccionada. En caso la presión baje de este punto los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas principales del gas o evitando que se encienda el quemador. Este interruptor generalmente esta equipado con un dispositivo que debe restablecerse manualmente después que el circuito ha fallado.
- 14) Interruptor de alta presión de gas, un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea menor que la presión preseleccionada. En caso que la presión sea mayor en este punto, los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas principales del gas, o evitando que se encienda el quemador. Este interruptor esta generalmente equipado con un dispositivo que debe restablecerse manualmente después que el circuito ha fallado.
- 15) Conexión de fuga, el cuerpo de esta válvula tiene un orificio obstruido que se usa siempre que sea necesario o se desea verificar fugas en la válvula.

## 6.5 CONTROLES PARA QUEMADORES COMBINADOS.

El interruptor gas-aceite, los quemadores equipados para quemar aceite o gas incluye equipo para cada combustible. El selector dirige el circuito eléctrico a través de los entrecierres y controles correspondientes para el combustible particular.

El siguiente equipo corresponde a todas las calderas alimentadas con aceite combustible o con gas y aceite.

- 1) Bomba del aceite combustible transfiere aceite combustible del tanque de almacenamiento y lo lleva bajo presión al sistema quemador.
- 2) Bomba de aire, suministra aire para la atomización del aceite combustible.

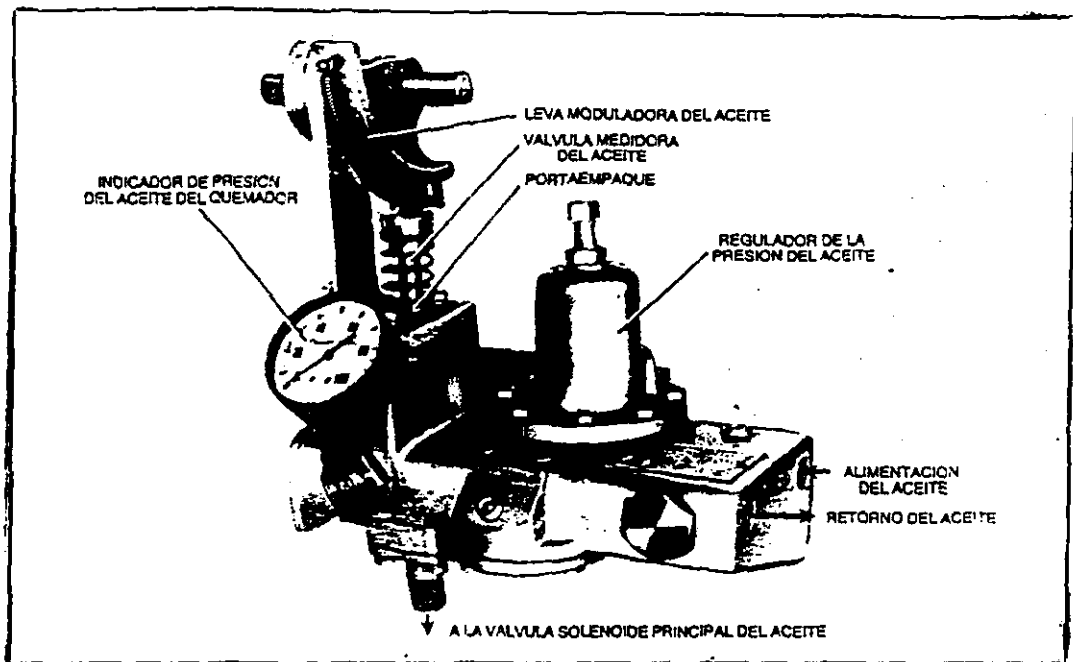


**CAMARA DEL QUEMADOR CON PILOTO DE GAS**

FIG. 6.5 C

- 3) Filtro de aire, filtro tipo baño de aceite para filtrar el suministro de aire antes de entrar a la bomba.
  - 4) Válvula de retención evita que el aceite lubricante y el aire a presión regresen a la bomba y al filtro del aire cuando la bomba se detiene.
  - 5) Tanque receptor de aire aceite, mantiene aceite para la lubricación de la bomba de aire. Separa el aceite lubricante del aire atomizado antes de llegar a la boquilla.
  - 6) Indicador de presión del aire atomizado, nos indica la presión de aire atomizado al inyector del quemador.
  - 7) Vidrio del nivel lubricante, nos indica el nivel del aceite lubricante en el tanque receptor del aire-aceite.
  - 8) Serpentin de enfriamiento del aceite lubricante, este enfría el aceite lubricante antes que llegue a la bomba de aire. El aire suministrado para la combustión pasa encima de la tubería con aletas usada para el enfriamiento. Dependiendo del tamaño de la caldera, el serpentín esta ubicado ya sea adentro de la puerta delantera o en el conducto de la toma de aire.
  - 9) Colador del aceite lubricante, filtra el aceite antes de entrar a la bomba de aire.
  - 10) Válvula de control de la toma de aire, este controla el volumen de entrada de aire a fin de regular la presión de aire atomizado que llega a la boquilla del quemador.
  - 11) Interruptor de la cámara de aceite, si el inyector no esta, este interruptor abre el circuito limitado hacia la posición adelante requerida para quemar el aceite.
  - 12) Interruptor de prueba de aire del aire atomizado, este interruptor actuado a presión cuyos contactos están cerrados cuando hay suficiente presión de aire atomizado de la bomba para encender el aceite combustible. Las válvulas de aceite no se abrirán o no permanecerán abiertas a menos que los contactos del interruptor estén cerrados. En quemadores alimentados solamente con aceite liviano este interruptor también de hecho verifica la presencia de aire de combustión, ya que la presencia de aire atomizado proveniente de la bomba de aire accionada por motor soplador es evidencia que el soplador esta operando.
  - 13) Interruptor de baja presión de aceite, los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada. El interruptor desconectara el circuito limitador cuando la presión del aceite combustible no sea suficiente para mantener la combustión adecuada.
- Los siguientes incisos se usan en una caldera con aceite liviano. El controlador del aceite combustible es un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requeridos para regular el flujo del aceite combustible.
- 14) La válvula medidora del aceite tiene un vástago de la válvula medidora se mueve para aumentar o disminuir el orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera. El movimiento del vástago lo controla el motor modulador por medio de interconexiones y la leva medidora. Ver figura 6.6C pagina 85\* para los incisos 15-16-17.
  - 15) Leva moduladora del aceite esta en el montaje que consiste de un sector oscilante, una serie de tornillos ajustable con cabeza allen y un resorte perfilado que permiten el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.
  - 16) Indicador de presión del quemador de aceite, nos indica la presión del aceite combustible a la válvula medidora.
  - 17) Regulador de la presión del aceite, para ajustar la presión del aceite en la válvula medidora.

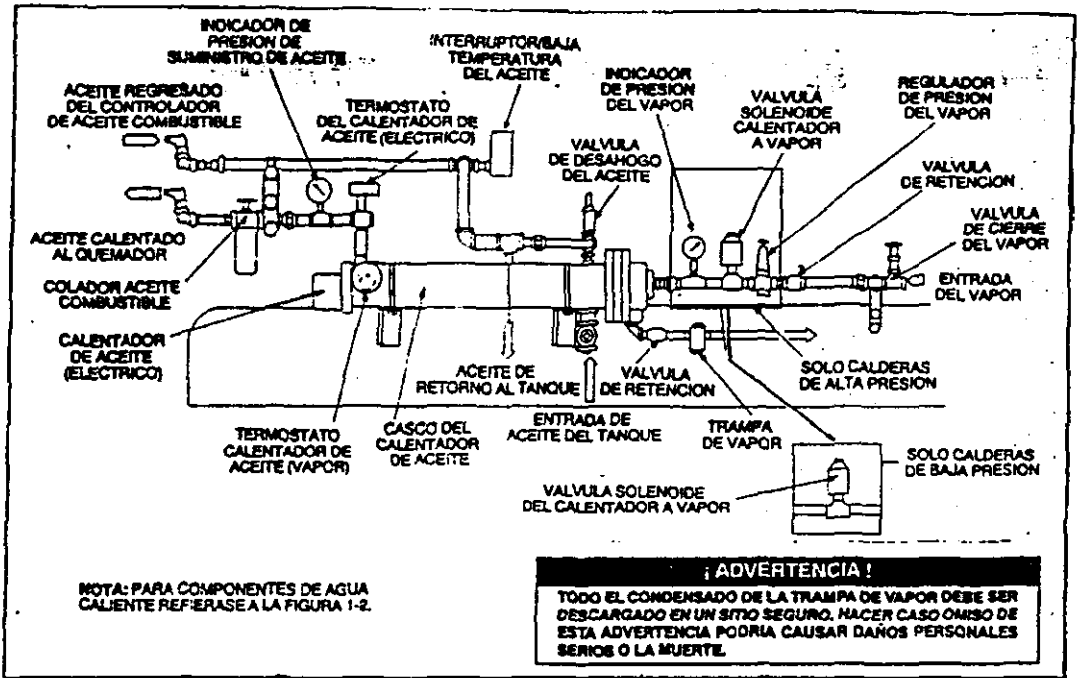
- 18) Válvula solenoide del aceite, se abre al activarse por los contactos del programador y permite el flujo del aceite combustible desde la válvula medidora del aceite a la boquilla del quemador.
  - 19) Válvula de los pilotos de aceite liviano, cuando se provee este piloto se suministra una válvula solenoide para regular el flujo de combustible a la boquilla del piloto. Se activa por los contactos del programador cuando se desea la ignición del piloto. Se desactiva para cerrar el flujo de combustible al piloto después que se enciende y se establece la llama principal.
  - 20) Orificio de contrapresión es un limitador en la línea de retorno del aceite colocado a continuación del regulador del aceite combustible para crear contrapresión.
  - 21) Colador del aceite combustible, sirve para evitar que materias extrañas entren al sistema del quemador.
  - 22) Válvula de desahogo del aceite, desvía el exceso de aceite combustible y mantiene la presión indicada en el indicador del suministro de aceite.
- Los siguientes incisos son los controles para una caldera alimentada con aceite pesado.
- 23) Colador del aceite combustible se suministra para evitar que entre material extraño a los sistemas de calefacción y del quemador. Ver figuras 6.2E pagina 80 D y 6.6D pagina 85B.
  - 24) Calentador de aceite(eléctrico) provee una fuente de energía para aceites pesados, se usan para calentar suficiente aceite combustible para mantener baja alimentación durante arranques fríos antes de producir vapor o agua caliente para la calefacción. El calentador debe apagarse durante periodos extendidos de paralización de actividades o en cualquier tiempo que se pare la bomba de trasiego de aceite combustible.
  - 25) Interruptor del calentador de aceite, activa manualmente el sistema del calentador de aceite.
  - 26) Calentador de aceite/electrico-vapor-agua caliente) este calienta el aceite por medio de vapor o agua caliente. El calentador eléctrico esta alojado en el calentador de vapor pero separado en un calentador de agua caliente. Los calentadores de vapor en calderas de 15psi operan con la presión de la caldera. Los calentadores de vapor de las calderas de alta presión también deben operar a menos de 15 psi. Esto se logra con el uso de una válvula reguladora de presión de vapor. Ver figuras 6.2E pagina 80D y 6.6D pagina 85B.
  - 27) Termostato del calentador de aceite-vapor, percibe la temperatura del aceite combustible y controla la apertura y cierre de la válvula solenoide del vapor para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.
  - 28) Termostato del calentador de aceite-agua caliente, este control se usa en calderas de agua caliente para percibir la temperatura del aceite combustible y controlar el arranque y paro de la bomba reforzadora de agua para suministrar agua caliente al ensamble de pre-calentamiento y así mantener la temperatura seleccionada del aceite combustible.
  - 29) Bomba reforzadora de agua, arranca y para con el termostato de agua caliente para regular el flujo de agua caliente en el calentador de agua caliente para mantener la temperatura del aceite combustible.
  - 30) Válvula de retención del calentador de vapor, previene que el nivel interior de la caldera se contamine con aceite n caso de ocurrir una fuga en el calentador de aceite.
  - 31) Válvula de admisión del calentador de aceite una válvula solenoide normalmente cerrada que la abre el termostato del calentador a vapor para permitir el flujo de vapor al calentador para mantener la temperatura del aceite combustible.



/ ENSAMBLE DE LA VALVULA DE CONTROL DEL ACEITE -  
 PARA ACEITE LIVIANO

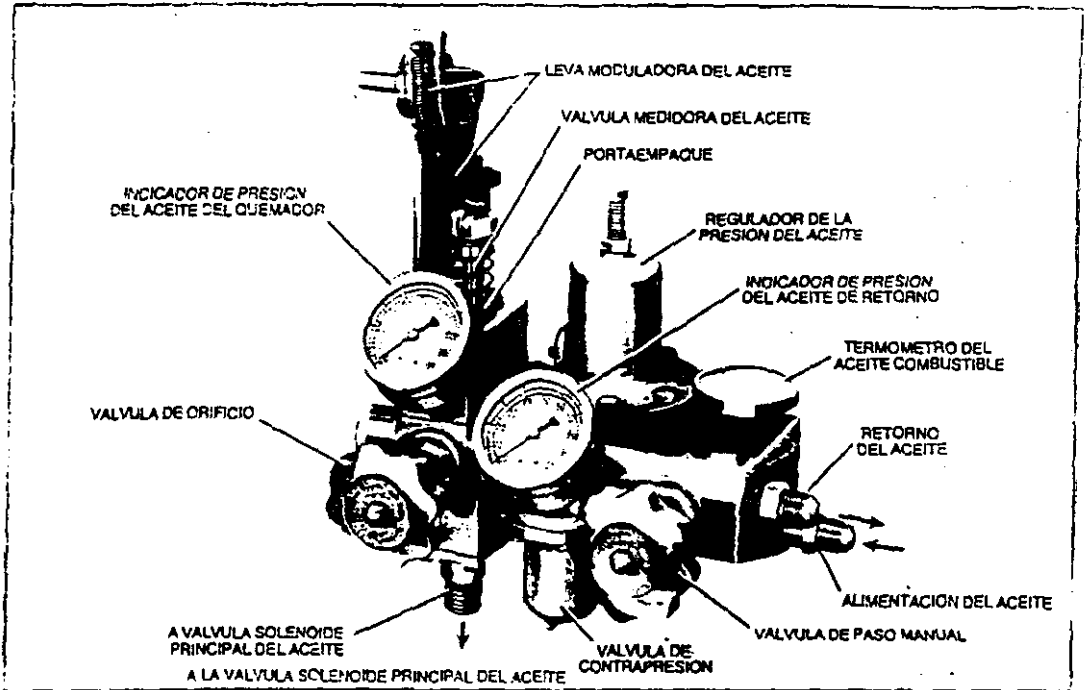
FIG. 6.6 C

PAG. 85 A



**/ ENSAMBLE DEL CALENTADOR DE ACEITE (VAPOR)**

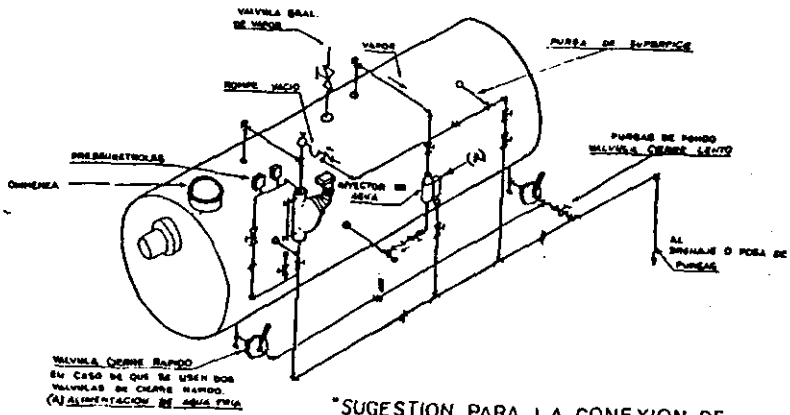
FIG. 6.6 D



**/ ENSAMBLE DE LA VALVULA DE CONTROL DEL ACEITE -  
PARA ACEITE PESADO**

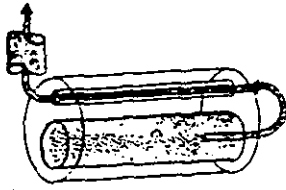
FIG. 6.6 D

PAG. 85 C

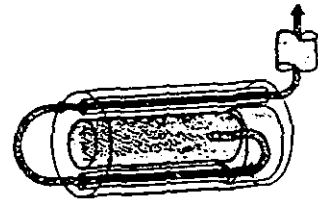


"SUGESTION PARA LA CONEXION DE PURGAS DE UNA CALDERA"

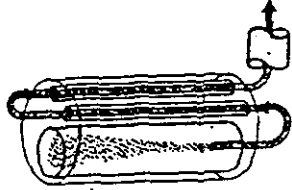




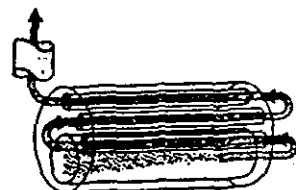
De dos retornos, parte posterior seca



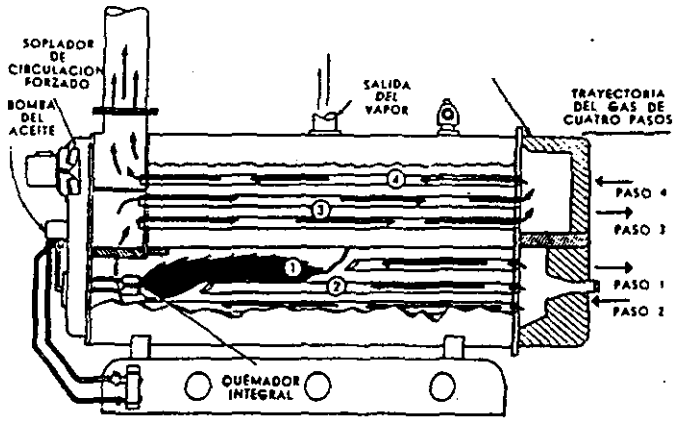
De tres retornos parte posterior enfriada por agua



De tres retornos, parte posterior seca



De cuatro retornos, parte posterior seca



Calderas tubos de fuego de 4 pasos

- 32) Regulador de presión del calentador de vapor, se ajusta para reducir la presión al calentador generalmente menos de 15 psi para mantener adecuadamente la temperatura requerida del aceite combustible. Este regulador y el indicador de presión no se suministra en unidades de 15 psi.
- 33) Termostato eléctrico del calentador de aceite, percibe la temperatura del aceite combustible y activa o desactiva el calentador de aceite eléctrico para mantener la temperatura requerida del aceite combustible.
- 34) Interruptor de baja temperatura de del aceite, interruptor termostatico que evita el arranque del quemador, o hace que no encienda sí la temperatura seleccionada del aceite combustible sé menor que la requerida para la operación adecuada del quemador.
- 35) Indicador de presión del suministro de aceite, indica la presión del aceite combustible en el calentador de aceite y suministra presión al regulador de presión al controlador del aceite combustible.
- 36) Válvula de desahogo del aceite, desvía el exceso de aceite combustible y mantiene la presión indicada en el manómetro del suministro de aceite.
- 37) Interruptor de baja presión del aceite, los contactos del interruptor se abren cuando la presión del aceite combustible es menor que la presión seleccionada. Este interrumpirá el circuito limitador cuando la presión del aceite no sea suficiente para mantener la combustión adecuada.
- 38) Interruptor de alta temperatura del aceite, los contactos del interruptor se abren cuando se eleva la temperatura del aceite arriba de la seleccionada. El conmutador interrumpirá el circuito limitador en caso la temperatura del aceite combustible sea mayor que la seleccionada.
- 39) Colector de condensado, drena el condensado y evita la pérdida de vapor del calentador a vapor. El condensado debe ser conducido por tubería a un lugar seguro de descargue.
- 40) Válvula de retención, descarga del calentador de vapor, evita la entrada de aire durante periodos de paralización cuando la acción de enfriamiento puede crear un vacío dentro del calentador a vapor.
- 41) Controlador del aceite combustible, un montaje que combina en una sola unidad el indicador, el regulador y la válvula requerido para regular el flujo del aceite combustible los componentes principales es: ( ver figura 6.6E de la pagina 87A para los incisos 41 a la 49)
- 42) Válvula medidora del aceite, el vástago de la varilla medidora se mueve para aumentar o disminuir el tamaño del orificio para regular el suministro de aceite combustible a la boquilla del quemador de acuerdo con las variaciones de carga de la caldera. El movimiento del vástago lo controla el motor modulador a través de la interconexión y la leva medidora del aceite.
- 43) Leva moduladora del aceite, un ensamble que consiste en un sector oscilante, una serie de tornillos ajustables con cabeza allen y un resorte perfilado, que permiten el ajuste de la entrada de aceite en cualquier punto del campo de modulación.
- 44) Indicador de la presión del quemador del aceite, indica la presión del aceite combustible en la válvula medidora.
- 45) Regulador de la presión del aceite, para ajustar la presión del aceite en la válvula medidora.
- 46) Termómetro del aceite combustible, indica la temperatura del aceite combustible suministrado al controlador del aceite combustible.

- 47) *Válvula de contrapresión*, sirve para ajustar la presión del aceite en el lado de la corriente debajo de la válvula medidora. También regula la cantidad de flujo de aceite de retorno.
- 48) *Indicador de presión del aceite de retorno*, indica la presión del aceite en el lado de retorno del regulador del aceite combustible.
- 49) *Válvula de desvío manual*, se provee para ahorrar tiempo en el restablecimiento del flujo del aceite cuando esta abierta permite la circulación de aceite a través de las líneas de suministro y retorno. Antes del encendido inicial, esta válvula debe estar cerrada.
- 50) *Válvula de orificio de control del aceite*, la válvula puede abrirse antes del arranque para ayudar a establecer el flujo del aceite combustible a través del controlador. Esta válvula debe estar cerrada antes del encendido inicial. Su disco tiene un orificio que permite la circulación continua del aceite combustible caliente a través del controlador.
- 51) *Válvula solenoide del aceite*, la válvula se abre al activarse por medio de los contactos en el programador y permite el flujo del aceite combustible de la válvula medidora a la boquilla del quemador.
- 52) *Válvula de purga de aire*, la válvula solenoide se abre simultáneamente con el cierre de la válvula solenoide del aceite cuando se apaga el quemador permitiendo que el aire comprimido purgue el aceite de la boquilla del quemador y la tubería adyacente este aceite se quema con la llama que se está extinguiendo la cual sigue quemando aproximadamente 4 segundos después que se cierra la válvula solenoide del aceite.
- 53) *Boquilla con orificio para purga de aire*, limita la purga de aire a la cantidad apropiada para expulsar el aceite sin quemar a la velocidad normal de abastecimiento.
- 54) *Filtro de la boquilla con orificio para purga de aire*, filtra el aire purgado para eliminar partículas que puedan obstruir las boquillas.
- 55) *Válvula de retención de purga de aire*, la válvula de retención evita que entre el aceite combustible en la línea de aire atomizado.
- 56) *Relevador de purga de aire*, cuando se activa controla la operación de la válvula de purga de aire.

## 6.6 AIRE DE COMBUSTION.

El aire para la combustión del combustible referido a menudo como aire secundario, es suministrado por el ventilador de tiro forzado montado en la puerta delantera de la caldera. Durante la operación la presión de aire se acumula en todo el cabezal y es forzado a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. El suministro de aire secundario al quemador se controla al reducir automáticamente la velocidad de salida del ventilador mediante la regulación de la compuerta de aire. Esto suministra la cantidad adecuada de aire para la relación correcta de aire a combustible para una eficiente combustión en toda la escala de encendido. Ver figura 6.7ª pagina 90ª.

El aire para atomizar el aceite combustible referido a menudo como aire primario se abastece de la bomba de aire al tanque receptor aire-aceite y se lleva bajo presión a través del bloque de distribución a la boquilla del quemador de aceite. El aire atomizado se mezcla

con el aceite combustible un poco antes que el aceite salga de la boquilla. La presión del aire atomizado se indica en el indicador de la presión del aire en el quemador.

La presión del aire de la bomba también impulsa suficiente aceite del tanque a los cojinetes de la bomba para su lubricación y también para proveer un sello y lubricación a las paletas de la bomba. Como resultado, el aire que llega al tanque contiene un poco de aceite lubricante; sin embargo la mayor parte se recobra por medio de deflectores y filtros en el tanque antes que el aire pasa al quemador.

## 6.7 IGNICION AUTOMATICA.

El quemador se activa por un tipo piloto interrumpido. La llama del piloto se enciende automáticamente por una chispa eléctrica. Un quemador esta equipado generalmente con un piloto encendido por aceite combustible liviano o con un piloto de gas en el caso de un quemador combinado, el piloto de gas se usa para encender la llama principal o la llama de aceite. Cualquiera de los dos pilotos efectúa la misma función y a menos que se note de otro modo en el texto el termino piloto se usa intercambiamente.

El inicio del ciclo de ignición y controlado por el relevador de programación se activa simultáneamente la válvula solenoide del piloto y el transformador de la ignición.

El transformador de la ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido. Un piloto de gas tiene un solo electrodo y una chispa forma un arco entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo encierra. Un piloto de aceite liviano tiene dos electrodos y el arco se forma entre las dos puntas. La válvula solenoide del piloto y el transformador se desactivan después que se encienden y se establece la llama principal.

El combustible para el piloto de gas es suministrado por la línea de la compañía de servicio publico o de un tanque botella de suministro. El aire secundario penetra y se mezcla con el flujo de gas del piloto para proporcionar la llama adecuada. Regulaciones de seguros pueden requerir dos solenoides del piloto de gas con una válvula respiradera normalmente abierta entre ambos. La válvula respiradera se cierra cuando se abren las válvulas del piloto se cierran para ventilar el gas, en caso este presente en la línea del piloto durante el periodo de desactivación de las válvulas del piloto. El combustible para un piloto de aceite liviano viene de la línea que suministra aceite bajo presión para la llama principal. Una válvula actuada por solenoide controla el flujo de aceite a la boquilla del piloto. Esta válvula se activa simultáneamente con el transformador de la ignición al comienzo del ciclo de ignición y se desactiva después que se enciende y se establece la llama principal.

## 6.8 FLUJO DE GAS COMBUSTIBLE Y ACEITE COMBUSTIBLE.

El sistema del flujo del aceite combustible se muestra el diagrama esquemático en la figura 6.9A pagina 89A, el flujo del aceite se indica por las flechas y se identifican los controles pertinentes. El aceite combustible llega al sistema por una bomba alimentadora que distribuye parte de la descarga al quemador de aceite. El exceso de aceite regresa al tanque de almacenamiento por medio de una válvula de desahogo del aceite combustible y la línea



de retorno del aceite. Normalmente la bomba opera solamente que el quemador este funcionando aunque a menudo se provee un interruptor posicionador para que se pueda lograr una operación continua o automática de la bomba. El aceite fluye a través de un colador de aceite combustible suministrado para evitar que materiales extraños pasen a través de las válvulas de control y la boquilla. El controlador de aceite combustible contiene en una sola unidad una válvula medidora, un regulador y un indicador requerido para regular la presión y flujo de aceite al quemador. El regulador ajustable controla la presión. Para asistirlo en su regulación, se crea una contrapresión por una boquilla con orificio localizada en la línea de retorno del aceite, inmediatamente corriente abajo el controlador del aceite combustible.

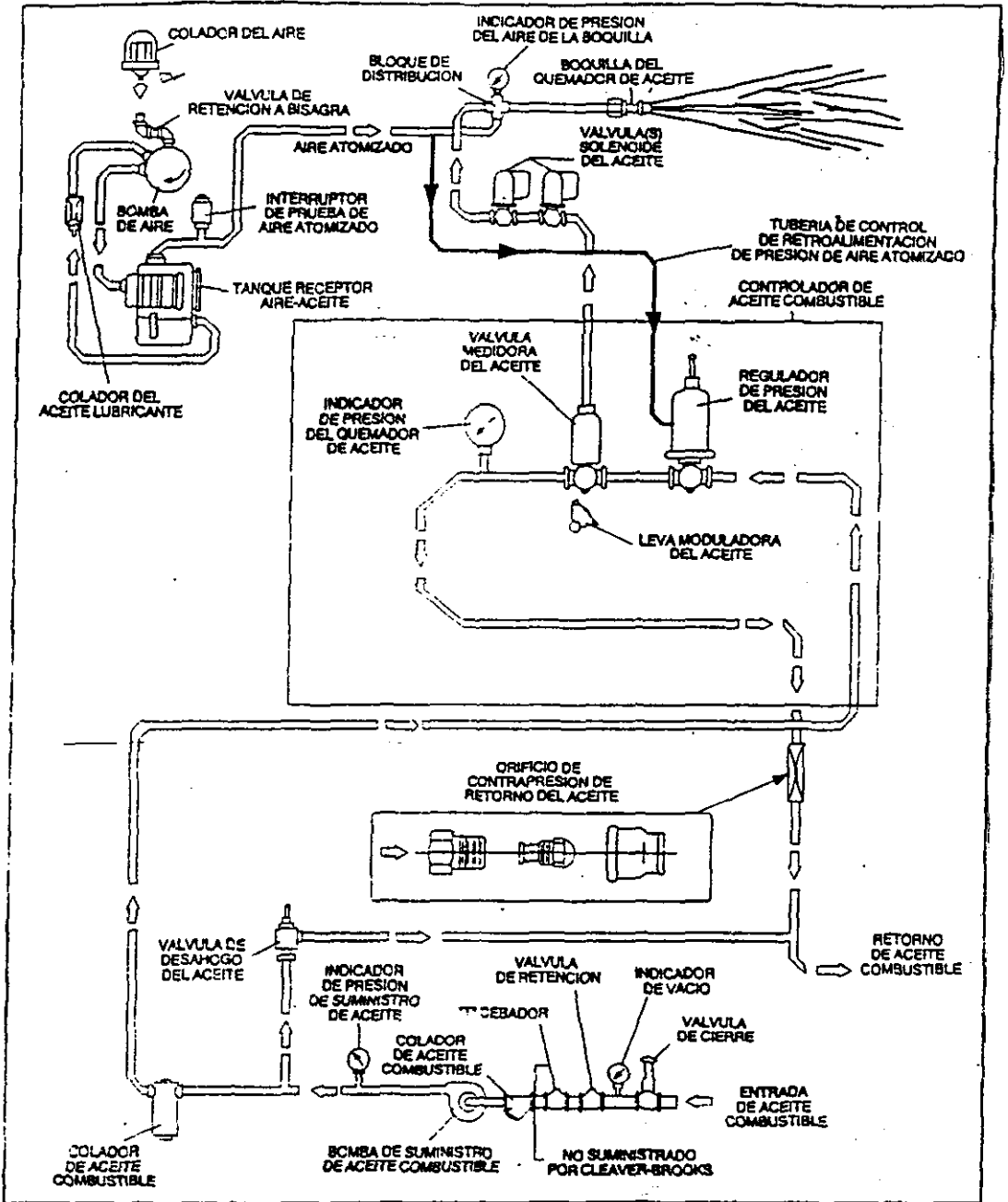
El relevado de programación activa o desactiva las válvulas solenoide del aceite para permitir o parar el flujo del aceite quemador. Se usan dos válvulas que operan simultáneamente. Estas válvulas se cierran cuando no tienen energía. No se puede abrir(activar) a menos que estén cerrados el interruptor de prueba del aire de combustión y el interruptor de prueba del aire atomizado. Estas se satisfacen, respectivamente, por medio de suficiente presión de aire de combustión desde el ventilador de aire forzado y aire presurizado de la bomba de aire.

El flujo de aceite al quemador se controla por el movimiento del vástago en al válvula medidora del aceite, que varia el flujo para satisfacer las demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire se controla simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir proporcionalmente el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga.

El flujo del aceite combustible y el sistema de circulación se muestra en el diagrama esquemático, en las siguientes figuras 6.9B, 6.9C y 6.9D de las paginas 90A, 90B y 90C para diferentes tipos de aceite. El flujo de aceite se indica por las flechas y se identifican los controles pertinentes. El aceite combustible es distribuido en el sistema por la bomba de suministro de aceite combustible, que lleva parte de su descarga al calentador de aceite. El exceso del aceite combustible regresa al tanque de almacenamiento de aceite a través de una válvula de desahogo del aceite combustible y la línea de retorno del aceite. El precalentador combinado eléctrico y vapor es controlado por termostatos. El termostato del calentador eléctrico activa el calentador eléctrico que se provee para suministrar aceite caliente en arranques fríos. El termostato del calentador a vapor controla la operación de la válvula solenoide del vapor para permitir el flujo de vapor al calentador cuando hay vapor. Una caldera de agua caliente esta equipada para calentar el aceite con agua caliente de la caldera, a menos que se use otro equipo de precalentamiento.

Otro interruptor de presión, estos se satisfacen respectivamente por suficiente presión de aire de combustión del ventilador de tiro forzado, aire presurizado de la bomba de aire y suficiente temperatura y presión del aceite. El flujo de aceite al quemador esta controlado por el movimiento del vástago de la válvula medidora del aceite, que varia el flujo para satisfacer demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire están controlados simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repetir el aire de combustión y combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga. El aceite se purga por medio del inyector del quemador después de cada paralización del quemador. La válvula solenoide de purga se abre al cerrarse la válvula de combustible y desvia el aire atomizado a través de la línea del aceite. Esto asegura que la boquilla y la línea estén limpias para el arranque subsiguiente.

El sistema de flujo del gas combustible se muestra en la siguiente figura.



/ DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA FLUJO DE ACEITE COMBUSTIBLE LIVIANO

El flujo del gas se indica por las flechas y se muestran los controles pertinentes. También se muestra el flujo del aire de combustión el cual está indicado por un tipo de flecha diferente. El gas procedente de la línea de la empresa de servicio público fluye a través de un regulador a presión a una presión reducida adecuada para los requerimientos del quemador, a través de la llave de cierre principal del gas, válvula de gas principal y la válvula de gas moduladora tipo mariposa hacia el quemador tipo orificio sin premezclar. La válvula de gas principal es del tipo que está normalmente cerrada y se abre o activa por medio del control de programación. La válvula de mariposa del gas modula el flujo del gas de baja a alta alimentación. La posición del disco de la válvula mariposa está controlada por la leva moduladora del gas. La válvula de mariposa del gas y la compuerta de control de aire se controla simultáneamente por el motor modulador para repartir la combustión de aire y el combustible para ajustar a los cambios en las demandas de carga. La cantidad de flujo de gas requerida para el consumo nominal del quemador depende del coeficiente de calor BTU / pie cúbico, BTU / metro cúbico del gas suministrado. El regulador de presión del gas, capacidad normal de flujo a la entrada del tren de gas, el regulador no siempre se provee con el quemador, pero puede ser suministrado por otros. Las válvulas de gas principales no se pueden activar o abrir a menos que el interruptor de prueba del aire de combustión esté cerrado para indicar suficiente suministro de aire de combustión. Los interruptores de alta y baja presión de gas deben estar cerrados para comprobar que existe suficiente, pero no en exceso, presión de gas combustible. Cuando se usan dos válvulas de gas principales, se instala una válvula respiradora normalmente abierta entre ellas. Esta válvula permanece cerrada cuando las válvulas de gas principales están abiertas. Cuando están cerradas, la válvula respiradora está abierta para ventilar el gas en caso lo haya.

## 6.9 ALIMENTACIÓN MODULAR.

El motor modulador por medio de un sistema articulado, controla la compuerta de aire y la válvula de mariposa del gas o la válvula medidora del aceite para mantener constante la relación aire - combustible durante la serie de encendido. Durante la operación del quemador, el motor es controlado por control modulador de la presión en una caldera de vapor, o por un control modulador de la temperatura en una caldera de agua caliente. Un potenciómetro operado manualmente se provee para fijar el motor a un rango de encendido del quemador deseado. Esto se usa principalmente para la verificación y ajuste inicial o subsiguiente de la entrada del combustible. La operación normal deberá ser con el interruptor manual - automático en la posición automático y bajo el control del motor modulador. El motor modulador llamado continuamente actuador de compuerta es reversible. Tienen un interruptor limitador interno que restringe la rotación del eje a 90°. Durante la operación normal, el motor se mueve en cualquier dirección o se detiene en cualquier posición de este radio de acción. El potenciómetro del motor está conectado eléctricamente a un potenciómetro similar en el control modulador. Cambios en la presión del vapor o en la temperatura del agua altera la resistencia eléctrica del potenciómetro del controlador modulador. Este cambio en la resistencia causa a un relevador compensador integral a parar, arrancar o dar contramarcha a la rotación del motor. La rotación en cualquier dirección continua hasta que la relación de resistencia de los dos potenciómetros sea igual. Al lograrse este equilibrio, el motor se detiene en una posición que permite el flujo adecuado de combustible y aire de combustión para satisfacer las demandas de



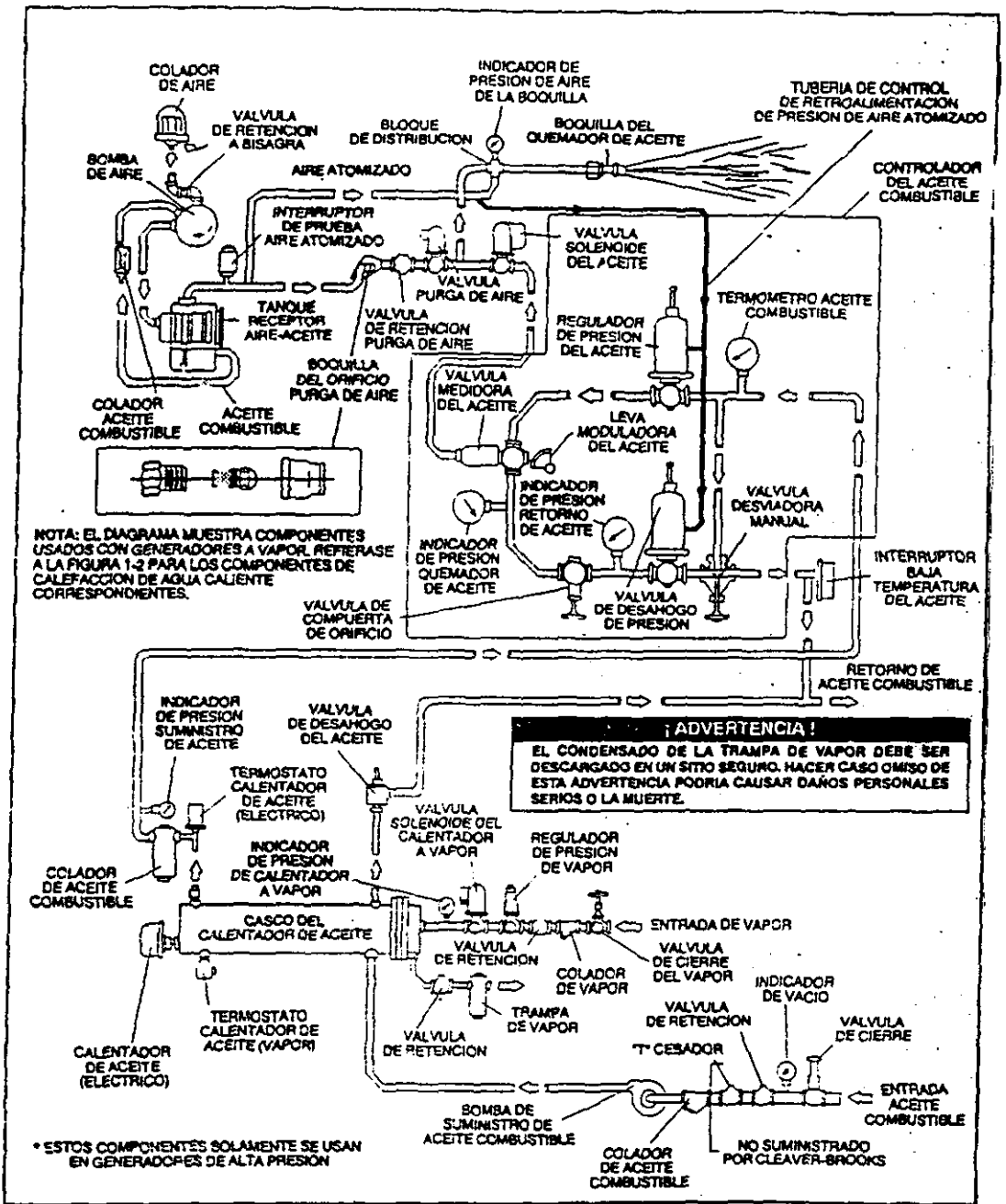
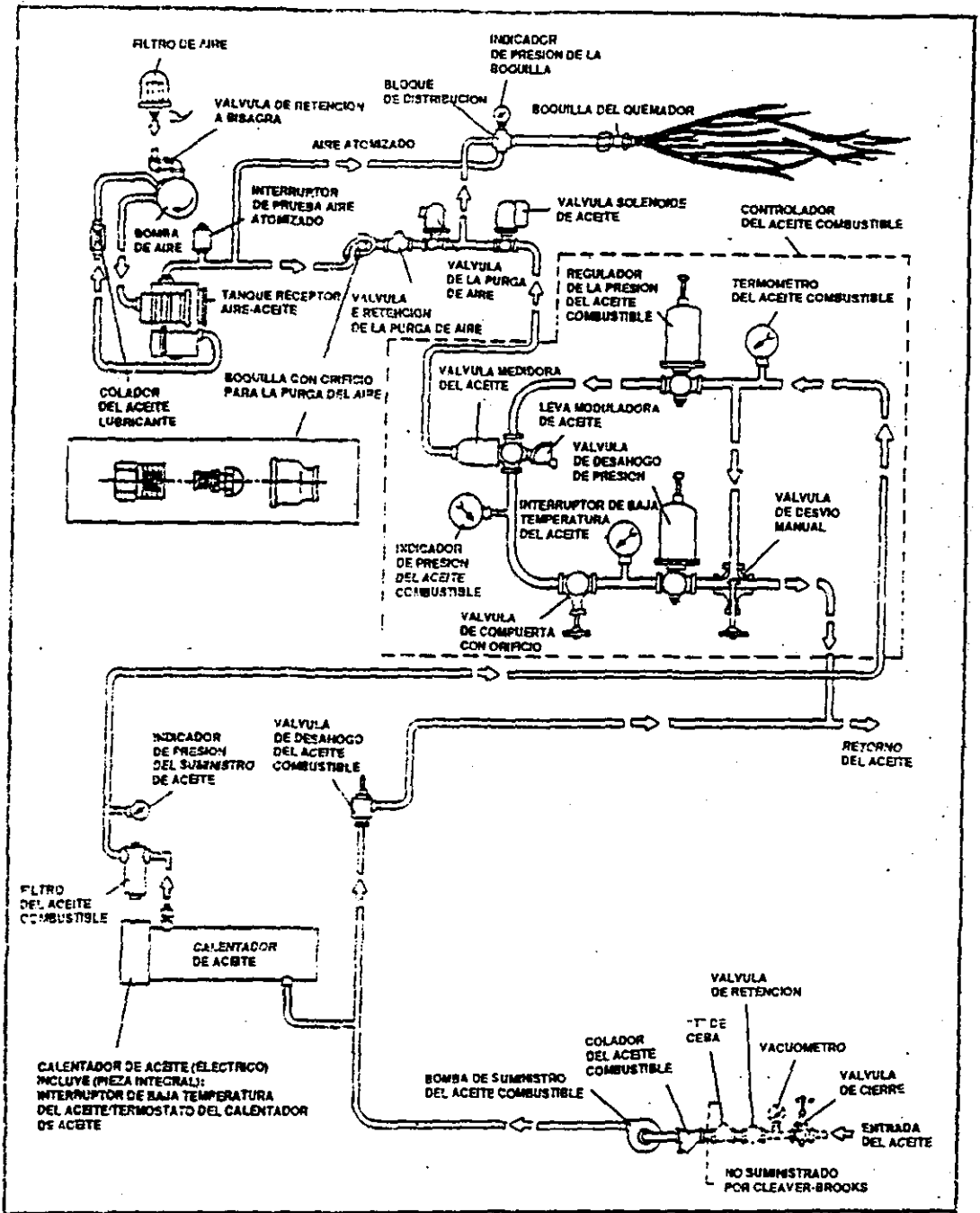


DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA FLUJO DEL ACEITE Nº 6 (CALENTADOR VAPOR-ELECTRICO)



/DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL FLUJO DE ACEITE PESADO N° 5]

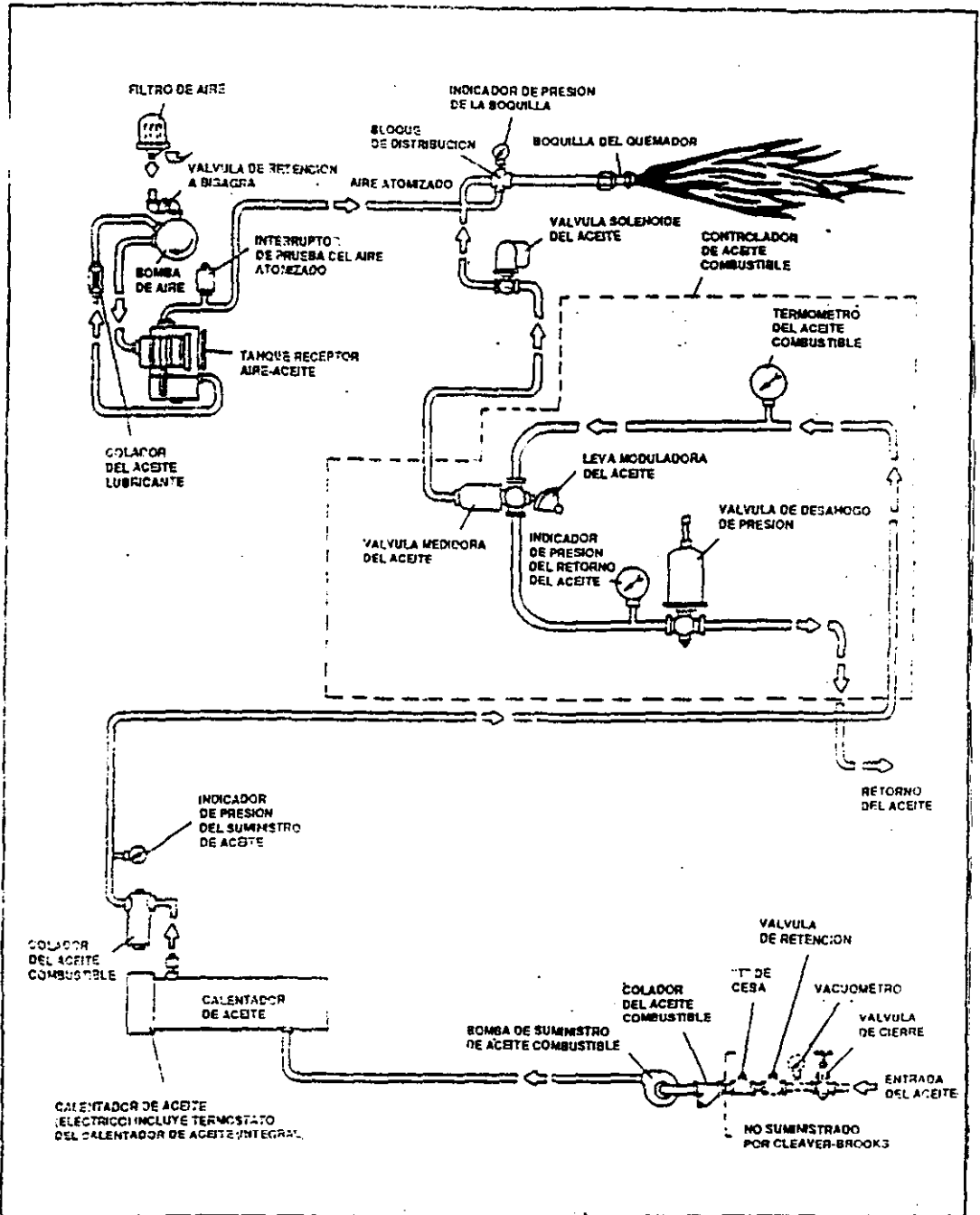
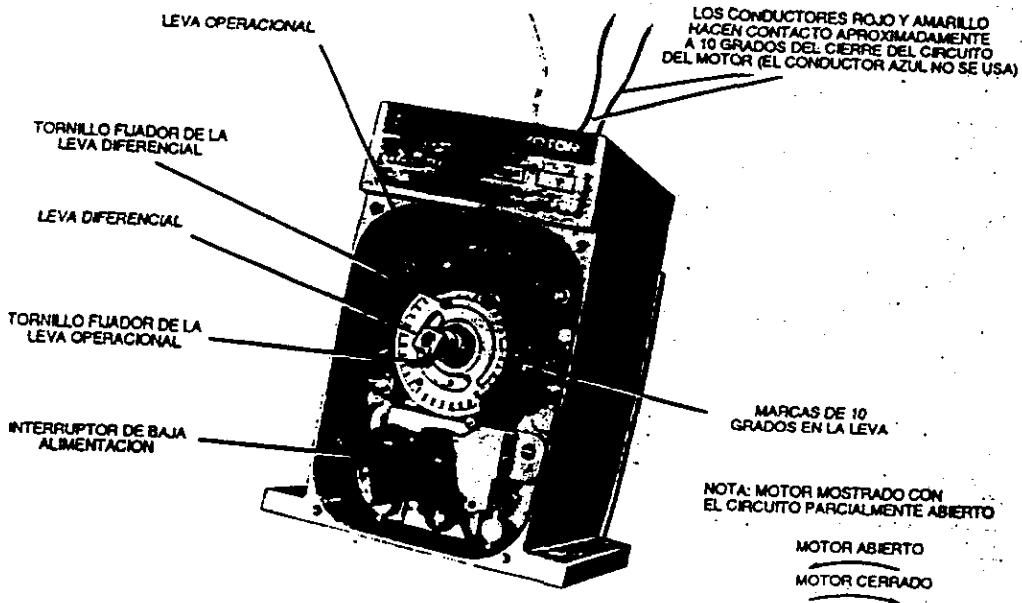


DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL FLUJO DE ACEITE PESADO N° 4]



**ACTUADOR DE COMPUERTA MODULADOR MODELO M954C**

operación. Una característica del circuito es que el motor modulador debe estar en la posición de baja alimentación durante la ignición y permanecer así hasta que se establezca la llama principal. Un interruptor de baja alimentación, integrado al motor, se activa por la rotación del motor. El interruptor debe estar cerrado para establecer que a compuerta de aire y las válvulas medidoras de combustible estén en posición de baja alimentación antes que el programador inicie el periodo de ignición. Durante este periodo, sin tomar en cuenta sus ajustes correspondientes, ni el control manual de la llama ni el control modulador tienen ningún control sobre el motor de la compuerta de aire.

Una caldera con equipo opcional tiene un segundo interruptor integral usado para establecer que el motor haya impulsado la compuerta de aire a una posición abierta durante el periodo de pre-purga. Este interruptor se cierra, tan pronto se acerca la posición de alta alimentación, para completar un circuito interno en el programador y que permita la continuación del ciclo de programación.

## 6.10 EL RECIPIENTE DE PRESIÓN.

Este tema trata principalmente del mantenimiento interno del recipiente de presión. El tipo de servicio que la caldera esta requerida a proporcionar tiene una relación importante en el cuidado que requiere el interior de la caldera. El equipo de alimentación de agua debiera inspeccionarse y estar listo para usarse. Verifique que todas las válvulas, tubería, bombas alimentadoras y receptores estén instalados de acuerdo con los códigos y practicas actuales.

Los requerimientos de agua para las calderas de vapor y agua caliente son esencial para la duración y servicio de la caldera. La atención constante en esta área pagara dividendos en forma de mayor duración de la caldera, menos periodos de paralización y prevención de reparaciones costosas, el cuidado que se tome en poner en servicio inicial la caldera es de suma importancia. El interior del recipiente de calderas nuevas y de sistemas de vapor o de agua caliente nuevos o reconstruidos puede contener aceite, grasa u otro material extraño.

Las calderas como parte de un sistema de agua caliente, requieren la circulación adecuada y el sistema debe operarse de la forma diseñada para evitar que le ocurran choques o fatigas severas, posiblemente perjudiciales, al recipiente de presión.

Todos los recipientes de presión se fabrican de acuerdo con el código ASME para calderas y recipientes de presión que no excedan 15 pisa, pero dentro de los limites establecidos para las válvulas de seguridad se fabrican de acuerdo con la sección IV calderas de baja presión, de este código. Las calderas de agua caliente para operación a temperaturas que no excedan 115°C se pueden fabricar para 30 psi pero debido a la carga estática del sistema se pueden fabricar hasta de 160 psi y de acuerdo con la sección IV del código para calderas de baja presión. La presión mínima para temperaturas de agua de 115°-121°C es de 60 psi, pero debido a la carga estática se pueden fabricar hasta de 160 psi y de acuerdo a la sección IV del código antes mencionado las calderas de vapor diseñadas para operar a una presión que exceda de 15 psi se fabrican de acuerdo con la sección I, calderas, del código ASME. Las calderas de agua caliente que operan a temperaturas mayores de 121°C también se fabrican de acuerdo a este código.

Los requerimientos de agua en calderas de agua caliente, primero es la eliminación del aire que se consigue por una conexión de salida del agua caliente incluye un tubo de inmersión que se extiende de 2 a 3 plg dentro de la caldera este disminuye la posibilidad de que entre

al sistema aire atrapado en la parte superior del casco. Todo el oxígeno que se libere en la caldera se acumula en la parte superior del casco de la misma. El enrosque del respiradero de aire en la parte superior de la línea central de la caldera deberá conectarse al tanque de expansión o de compresión. Todo volumen de aire atrapado en la parte superior de la caldera encontrará la salida por medio de este enrosque. La temperatura mínima del agua de la caldera o de operación mínima recomendada es de 77°C cuando se usa agua a temperaturas menores de 77°C se disminuye la temperatura de los gases de combustión hasta el punto en que el vapor de agua se condensa. Esto produce corrosión en la caldera y en el conducto de la chimenea. Este problema de la condensación es más severo en una unidad que opera intermitentemente y que sea de tamaño exagerado para la carga actual. *Esto es un asunto que pueda controlarse con el diseño de la caldera, ya que una caldera eficiente extrae todo el calor posible de los gases de combustión. Sin embargo este problema puede minimizarse manteniendo la del agua de la caldera arriba de 77°C otra razón para mantener la temperatura del agua de la caldera arriba de 77°C es proporcionar suficiente temperatura por encima del nivel mínimo cuando se va a calentar aceite combustible a la temperatura de atomizado adecuado para el agua de la caldera en un precalentador de aceite tipo de seguridad. El precalentador eléctrico en la caldera debe proveer calor adicional al aceite si la temperatura del agua de la caldera no se mantiene arriba de 93°C. La disposición del sistema y de los controles deberá arreglarse de tal forma que se evite la posibilidad de bombear grandes cantidades de agua fría dentro de una caldera caliente lo que causaría choques o fatigas térmicas. No puede darse un número o fórmula pero debe tenerse en cuenta que agua a 93°C o 115°C en una caldera no puede reponerse completamente con agua de 27°C en unos cuantos minutos sin causar fatiga térmica. Esto se aplica tanto a periodos de operación normal como durante el arranque inicial. Cuando se usan bombas individuales de circulación se recomienda que se mantenga funcionando aunque no se requiera el uso de agua caliente. De esta manera, la válvula de desahogo o válvula de paso permitirá circulación continua a través de la caldera y ayudará a evitar el reemplazo rápido del agua de la caldera con agua de zona fría.*

En un flujo continuo a través de la caldera, el sistema deberá estar conectado y los controles deberán estar arreglados de tal manera que haya circulación de agua en toda la caldera bajo cualquier condición de operación. Las válvulas de tres pasos y los controles del sistema deberán inspeccionarse para asegurarse que no haya desvíos en el sistema. La circulación constante a través de la caldera elimina la posibilidad de estratificación dentro de la unidad y produce mayor uniformidad en las temperaturas del agua en el sistema. Una medida práctica que puede usarse para determinar la capacidad de flujo continuo mínimo a través de la caldera bajo todas condiciones de operación es la de ½ a 1 GPM por cada HP de la caldera.

El operador deberá determinar que existe flujo de agua a través de la caldera antes del encendido inicial o encendido de nuevo después que se haya drenado la caldera. En la siguiente figura se muestra la capacidad de circulación máxima de agua en la caldera en galones por minuto con relación a la energía de salida total de la caldera y a la caída de temperatura del sistema. Cuando se usan calderas múltiples de igual o desigual tamaño se debe tener cuidado en asegurar el flujo adecuado o proporcional a través de las calderas. *Esto se puede lograr mejor con el uso de las llaves de paso balanceadoras e indicadores en las líneas de suministro de cada caldera. Si se usan llaves de paso balanceadoras debe admitir una caída de presión significativa para lograr este propósito. Si no se tiene cuidado en asegurar el flujo adecuado o proporcional a través de las calderas, esto podría ocasionar*

grandes variaciones en las relaciones de encendido entre calderas. En casos extremos una caldera puede estar en posición de alta alimentación y la otra caldera o calderas en reposo. El resultado neto sería que la temperatura principal de agua del sistema no estaría en el punto deseado. Esto es una consideración importante en la instalación de calderas múltiples. La caída de presión en la caldera que opere en cualquier sistema y tenga una caída de temperatura de más de 12°C experimentará una caída de presión de menos de tres cargas por pie (1psi - 2.31 cargas por pie).

El emplazamiento de la bomba es recomendable que las bombas de circulación del sistema succionen de la conexión de salida en la caldera y que descarguen a la carga del sistema. Esto coloca a la caldera y al tanque de expansión en el lado de succión de la bomba. Esta es la ubicación preferida porque disminuye a la entrada de aire en el sistema y no afecta el cabezal del sistema de la caldera. Es práctica común instalar una bomba de circulación auxiliar o de reserva, y estas generalmente están colocadas adyacentes a las calderas en el cuarto de calderas. Las bombas generalmente se arrancan y se detienen por medio de interruptores manuales. También es deseable interconectar la bomba con el quemador de manera que el quemador no pueda operar a menos que este funcionando la bomba de circulación. El diseño del sistema y los requisitos de su empleo a menudo determinarán la cantidad de presión ejercida sobre la caldera. Algunos sistemas están presurizados con aire o con un gas inerte tal como el nitrógeno. Se debe proceder con cuidado para asegurarse que existe la relación adecuada de presión a temperatura dentro de la caldera, de manera que todas las superficies internas de la caldera de manera que todas las superficies internas de la caldera estén completamente húmedas en todo momento. Es por tal razón que la presión interna de la caldera, como se indica en el indicador de la presión del agua debe mantenerse al nivel mostrado en la figura. Cuando se encienda por primera vez una caldera nueva o cuando se incluya una caldera existente dentro de un sistema en operación, la caldera o calderas que se van a incorporar a la línea deben tener una presión igual a la del sistema o de la otra caldera antes de conectarse.

Se recomienda tener un termómetro instalado en la línea de retorno para que indique la temperatura del agua de retorno. Con esta determinada y conocida la temperatura del agua de suministro se establece la diferencial de temperatura. Conociendo la rapidez de bombeado el operador puede fácilmente detectar cualquier condición de carga excesiva y tomar la acción correctiva apropiada. Se debe tener precaución especial de prevenir cualquier circunstancia o combinación de circunstancias que pudiera ocasionar el transferimiento de agua fría a una caldera caliente o agua caliente a una caldera fría. Este es el caso particular en calderas operadas para otro propósito que el de suministrar agua caliente para la carga normal del sistema por ejemplo calderas equipadas con serpentines para agua caliente residencial. Se debe recordar que cambios rápidos de temperatura en la caldera pueden causar daño como algunas veces sucede.

La operación de la bomba de alimentación, antes asegúrese que estén abiertas todas las válvulas en la línea de alimentación del agua antes de encender el motor de la bomba para evitar daño posible al mecanismo de la bomba de alimentación. Después de abrir las válvulas active momentáneamente el motor de la bomba de alimentación para establecer la rotación correcta de la bomba. Una vez establecida la rotación correcta apague el interruptor de servicio de la bomba de alimentación de la caldera. La bomba deberá apagarse cuando el nivel de agua de la caldera alcanza el nivel apropiado mostrado en la figura. Las bombas de alimentación de agua deben tener la capacidad adecuada para mantener el nivel de agua requerido bajo todas las condiciones de operación. Verifique

periódicamente todas las bombas de alimentación de agua y deles mantenimiento las veces que sea necesario para prevenir fallas inesperadas. Antes de operar la bomba inspeccione cuidadosamente el alineamiento del coplee flexible en caso de usarse uno. Un coplee alineado adecuadamente durara mas tiempo y proveerá una operación mecánica libre de problemas.

Operación del alimentador de agua, este tipo de operación generalmente se aplica a calderas que operen a 15 psi de vapor o menos solamente se necesita abrir la válvula de descarga del alimentador de agua. El alimentador de agua debera cerrarse cuando el agua llegue al nivel apropiado. Algunos casos se proveen o instalan válvulas aisladoras en la columna de agua, debe comprobarse que estas no solamente están abiertas pero que también estén selladas o aseguradas en la posición abierta. De estar instaladas estas válvulas es ilegal operar la caldera con las válvulas cerradas o con el sello abierto.

Inspección periódica. Las regulaciones de seguros y leyes locales requieren una inspección periódica del recipiente de presión por un inspector autorizado. Generalmente se notifica con suficiente anticipación para paralizar la caldera en preparación para la inspección. Cuando se vaya a apagar la caldera se debe reducir la carga gradualmente y enfriar el recipiente de presión a una rapidez que evite dañar el diferencial de temperatura que podría causar fatigas perjudiciales. Los recipientes no-se deberan drenar hasta que se descargue la presión de nuevo para evitar contracciones desiguales y diferenciales de temperatura que puedan causar fugas en los tubos dilatados. Si la unidad se drena muy rápido puede causar calcinación de los depósitos que puedan estar presentes en las superficies caloríficas. Un poco de calor, sin embargo, deseable para secar el interior de la caldera. Si la inspección interna se efectúa a solicitud de un inspector autorizado, es bueno preguntarle si desea observar las condiciones *Antes de la limpieza o lavado a presión de las superficies del nivel interior de la caldera.* Asegúrese de tener suficientes empaques para la boca de acceso y la compuerta de acceso manual, junto con cualquier otro empaque o componentes necesarios para poner de nuevo la unidad en operación después de la inspección. Tenga información a mano sobre el diseño de la caldera, dimensiones, capacidad generadora, presión o temperatura de operación, tiempo de servicio, defectos encontrados anteriormente y cualquier reparación o modificación. También tenga disponible para referencia el registro de inspecciones previas. Este preparado para efectuar cualquier prueba requerida por el inspector incluyendo una hidrostática. Después del enfriamiento y drenado adecuado del recipiente, lave el nivel interior de la caldera con una manguera de alta presión. Remueva incrustaciones o depósitos de las superficies del interior de la caldera y verifique si hay corrosión externa o interna y fugas. También debe limpiarse completamente la superficie de las argas de combustión para que la superficie de los metales, soldaduras, conexiones, extremos de los tubos, accesorios y cualquier reparación anterior pueda inspeccionarse sin dificultad.

Asegúrese que las válvulas de vapor, válvulas del sistema de agua caliente, válvulas del agua de alimentación, válvulas de escape, todas las válvulas del combustible, válvulas al tanque de expansión e interruptores eléctricos estén cerrados antes de abrir la compuerta de acceso manual, a la boca de acceso y las puertas delantera y trasera. Ventíle adecuadamente el recipiente a presión antes de entrar, se recomienda usar linternas en vez de meter cordones eléctricos dentro de la caldera por razones de seguridad. Preferiblemente el personal de limpieza debe trabajar en parejas. Limpie la tubería de cierre de bajo nivel de agua los controles del nivel de agua y la tubería de interconexión o transversal. Reemplace el vidrio del indicador de agua y limpie las llaves de cierre del agua y llaves de prueba.



También inspeccione y limpie las válvulas de drenaje, purga y tubería correspondiente. Inspeccione todas las válvulas y tuberías de agua y vapor si hay fugas, desgaste, corrosión y cualquier otro daño, reemplace o repare a como se requiera.

## 6.11 EL ENCENDIDO Y LA OPERACIÓN.

Verifique la alimentación del combustible y el voltaje apropiado. Inspeccione que no haya fusible quemados, interruptores automáticos abiertos, sobrecargas caídas etc. Verifique el restablecimiento de todos los arranques y controles que tengan restablecimiento manual. Inspeccione el interruptor de cierre en el programador y ajústelo de nuevo de ser necesario. El indicador del cronometro debiera estar en la posición del punto. La caldera debiera estar llena de agua a temperatura ambiente y al nivel apropiado de operación. Asegúrese de que haya disponible y se use agua de alimentación tratada. Si se usa para calefacción todo el sistema debiera estar lleno y ventilado. En una caldera a vapor abra la válvula de prueba para purgar el aire desplazado durante el llenado. Deje la válvula de prueba abierta hasta que se note el escape de vapor después que el quemador este funcionando. Verifique todas las interconexiones de manera que la compuerta, las válvulas medidoras y las levas tengan movimiento libre. Esto se puede efectuar aflojando la interconexión del brazo conector del actuador de compuerta y manipulando con la mano la interconexión.

Verifique la rotación de cada motor cerrando momentáneamente el relevador o el arranque del motor. La rotación del impulsor del soplador es hacia la izquierda cuando se ve desde el frente de la caldera. La rotación de la bomba de aire es hacia la derecha cuando se ve desde el extremo de su impulsor. Antes de poner en marcha la bomba alimentador de la caldera o la bomba alimentadora de aceite, asegúrese de que todas las válvulas de la línea estén abiertas y en posición apropiada. Por razones de seguridad efectúe una inspección final antes de arrancar, verificando especialmente que no haya tubería o conexión eléctrica floja o incompleta o cualquier otra situación que pueda presentar riesgo.

Inspeccione que el control limitador de operación tenga el ajuste adecuado.

- 1) En calderas de vapor, el control de presión debe estar ajustado un poco mas arriba de la máxima presión de vapor deseada pero por lo menos un 10% mas bajo que el ajuste de la válvula de seguridad.
- 2) En calderas de agua caliente el control de temperatura debe estar ajustado un poco mas arriba que la máxima temperatura del agua deseada, pero dentro de los limites del recipiente de presión.

Verifique que el control máximo limite tenga el ajuste adecuado.

- 1) En calderas de vapor de alta presión, este control debe ajustarse aproximadamente a 10 lbs o 4.5 kg arriba del ajuste de control de la presión limitadora de operación de ser posible o termino medio entre el ajuste de presión limite de operación y el de la válvula de seguridad. El ajuste en calderas de vapor de baja presión debe estar a 0.9 o 1.4 kg. arriba del ajuste limite de operación pero no debe exceder el ajuste de la valvula de seguridad.
- 2) En calderas de agua caliente el control de temperatura debe estar a 5-10° por encima del ajuste del control limitador de temperatura de operación.

Inspeccione que el control de modulación tenga el ajuste adecuado. Este control debe colocarse y ajustarse de tal manera que el motor de modulación regrese a la posición de

baja alimentación antes de que se abra el control limitador de operación. También es deseable que este también tenga su punto de fijación mínimo un poco mas bajo que el ajuste de conexión del control limitador a fin de que el quemador opere con baja alimentación por un corto período durante cada arranque en vez de hacerlo inmediatamente con alta alimentación. Los ajustes de los controles anteriores pueden requerir ajustes pequeños después que la caldera ha arrancado y funcionado durante un breve periodo de tiempo. Los ajustes de escala de los controles son relativamente precisos pero se usan principalmente como guías. El ajuste final debe basarse y estar de acuerdo con la lectura del indicador de presión de vapor o el termómetro de la temperatura del agua. Inspeccione la llave de cierre de bajo nivel de agua y el control de la bomba así como la llave de cierre auxiliar de bajo nivel. Normalmente no se requiere ajuste alguno ya que estos controles vienen preajustados por el fabricante original. Verifique que el flotador tenga movimiento libre. El movimiento del flotador puede verificarse observando el nivel de agua en la columna indicadora cuando se haya cortado el suministro de agua ya sea parando la bomba de alimentación o cerrando la válvula y arrancando de nuevo la bomba o abriendo la válvula cuando el agua se haya drenado del recipiente de presión. Es necesario enfatizar la importancia del funcionamiento adecuado de los controles de bajo nivel de agua. Asegúrese que la tubería y el control estén nivelados. En el arranque inicial o siempre que se ponga a funcionar la caldera en frío el interruptor del selector manual automático debiera estar en la posición manual y el control manual de la llama en cerrado. Después que la caldera este funcionando y haya calentado bien el interruptor selector debiera ponerse en automático de manera que la alimentación del quemador sea controlado por el control de modulación de acuerdo con las demandas de carga.

Antes del encendido inicial se debe verificar que el piloto de gas este funcionando satisfactoriamente. En el arranque inicial el sangrado de la línea del piloto puede requerir de cierto tiempo. Mientras verifique el ajuste del piloto observe si la llama del piloto se extingue inmediatamente que se abre el interruptor del quemador. Una llama persistente es señal de que existe fuga en la válvula del piloto de gas y que necesita corregirse antes de continuar.

En un quemador alimentado con aceite, se debe verificar la alimentación y presión del aire atomizado. Antes de encender, inspeccione el nivel del aceite si es lubricante de la bomba de aceite, agregue aceite si es necesario para elevar el nivel al punto medio o un poco mas arriba del vidrio de nivel. Verifique el nivel de aceite del colador de la toma de aire. Cerciórese que la correa en V que impulsa la bomba este en su lugar y que tenga la tensión apropiada. Para verificar el flujo de aire y la presión ponga el interruptor del quemador en encendido para evitar el relevador del programador inmediatamente ponga el interruptor en apagado. El programador continuara su ciclo, sin embargo, sin ignición y sin estar activadas las válvulas del combustible, obsérvese la lectura del indicador de presión de aire ver figura sin flujo de aceite, la presión debiera estar en un mínimo de 7 psi si no hay presión, determine la causa y corríjala antes de continuar, verifique que no haya obstrucciones en la línea de admisión de aire, que la correa no se este resbalando, que la rotación este en la dirección adecuada, la rotación del motor del ventilador es hacia la derecha cuando se le ve desde el frente de la caldera, o que no haya una boquilla de aceite floja u otras fugas. Si la presión es mucho mayor sin flujo de aceite, verifique que no haya obstrucciones en la línea de expulsión o en la boquilla del aceite. Si no hay obstrucciones, restrinja el flujo de aire ajustando el tornillo de la válvula de admisión de aire, ver figura

La presión de aire aumenta cuando existe un flujo de aceite. A baja alimentación, la presión de aire debiera ser aproximadamente de 12 psi con aceite combustible pesado y un poco mayor con aceite liviano. La forma de la llama en baja alimentación determinara la regulación de la válvula. En alta alimentación, la presión de aire no debe exceder 25 psi. Una presión de aire mayor causa un desgaste excesivo a la bomba de aire y aumenta el consumo de aceite lubricante.

Una presión alta irregular indica en el indicador de presión de aire de la boquilla es señal que la boquilla del quemador se ha obstruido. En este caso, inspeccione la boquilla y límpiela de ser necesario. Después de haber verificado el flujo de aire apague el interruptor de la boquilla y ponga de nuevo el interruptor operación/prueba en la posición de operación.

Las preparaciones para el encendido con aceite son que se debe establecer y verificar el flujo y la presión del aceite. También se debe establecer la presión de aire atomizado. Si el quemador es una unidad combinada, cerciórese que la llave de cierre principal del gas este cerrada y el selector gas/aceite este en aceite. Inserte el inyector de la cámara del quemador hasta donde llegue hacia delante y asegúrelo en su lugar. Para el flujo de aceite abra todas las válvulas en las líneas de succión y retorno del aceite. Si el tanque de abastecimiento de aceite esta localizado encima del nivel de la bomba y el flujo desde la bomba es por gravedad, entonces generalmente sé necesario ventilar la línea de succión para que el aceite pueda llenar el tubo. Generalmente esto puede lograrse abriendo ligeramente un accesorio de unión o abriendo la tapa del colador del aceite. Teniendo cuidado en evitar que el aceite se derrame, cierre la unión o la tapa tan pronto aparezca el flujo de aceite. Si el tanque de abastecimiento de aceite esta debajo de la bomba de aceite es indispensable que la línea de succión a la bomba este completamente llena con aceite antes de arrancar la bomba, para evitar daño a los engranajes de la bomba operándola sin la lubricación suministrada por el aceite combustible. Los líquidos no lubricantes como el kerosene, no debe usarse para el cebado. Antes de cebar la línea de succión y del arranque inicial cerciórese que todos los tapones, conexiones etc., estén bien apretados para evitar filtraciones.

Si la alimentación del aceite combustible se origina desde una línea circular presurizada, se asume que la presión en el círculo será de un mínimo de 75 psi. Las calderas, en este caso, no se suministrarían con bombas individuales como equipo estándar. Bajo tales circunstancias hay que ajustar la válvula de desahogo en el bloque terminal hasta hacerla inoperante. Las calderas con equipo estándar tienen un interruptor selector integrado en el arranque del motor de la bomba de aceite. Active momentáneamente el arranque para verificar la rotación apropiada de la bomba. Después de verificar la rotación, ponga la bomba en marcha para verificar la circulación del aceite. Observe el indicador de presión del quemador de aceite para verificar si ha establecido el flujo. Si después de unos minutos el indicador no muestra presión detenga la bomba de aceite y vuelva a cebarla. Si el tanque de abastecimiento esta mas abajo que la bomba, es posible que el cebado inicial de la línea de succión, seguido por la operación de la bomba, no establezca el flujo de aceite. Esto puede ser causado por una obstrucción en la línea de succión, altura de aspiración excesiva, cebado deficiente, fugas en la línea de succión, etc. Si el flujo de aceite no se establece fácilmente evite la operación prolongada de la bomba para minimizar el riesgo de daño a los componentes internos de la bomba. Si no se establece el flujo de aceite después de un segundo y tercer intento de cesamiento, es necesario investigar concienzudamente para determinar la causa. Se debe instalar un vacuometro o manómetro compuesto presión - vacío en la entrada de succión de la bomba observando y registrando la lectura revelara el

hermetismo del sistema. Es aconsejable mantener la lectura del vacío amenos de 10 plg. CDA. Un vacío mayor que este puede permitir que el aceite se vaporice resultando en cavilación, pérdida de cebado y condiciones inestables de alimentación.

La presión de la alimentación del aceite se regula ajustando la válvula de desahogo de la presión en el bloque terminal del aceite. Se debe instalar un indicador de presión en el bloque terminal y ajustar la válvula de desahogo para obtener una lectura mínima de 75 psi cuando el quemador esta funcionando a su máxima capacidad. Cuando el aceite se alimenta de una línea circular presurizada a una instalación de calderas múltiples, la válvula de desahogo en el círculo debe estar ajustada adecuadamente para que suministre esta lectura. En este caso la válvula de desahogo en el bloque terminal debiera ajustarse hasta hacerla inoperante o removerla y luego poner un tapón para que la válvula se vuelva inoperante de vuelta al tornillo de ajuste hasta donde sea posible. Ajuste el regulador en el controlador combustible de manera que el manómetro del aceite del quemador indique aproximadamente 40 psi el indicador de la presión del quemador indicara una lectura inferior cuando se encienda la llama principal y la presión disminuirá un poco al aumentar la alimentación. La regulación final del flujo de aceite a la boquilla se puede efectuar mas tarde si es necesario, ajustando los tornillos de la leva medidora. Las presiones de aceite sugeridas para operación con alta alimentación: suministro de aceite de 75 psi, presión del aceite del quemador de 30 a 40 psi.

Las preparaciones para el encendido con gas son que antes del arranque inicial, inspecciones las conexiones a la válvula mariposa del gas para verificar que el movimiento no tenga restricciones. Verifique la presencia y disponibilidad del gas. En una instalación nueva, un representante de la compañía de gas debiera estar presente cuando el gas fluye por primera vez dentro del sistema para verificar la purga de la nueva línea de gas, amenos que ya lo hayan hecho. Verifique que el piloto este operando adecuadamente y determine que existe suficiente presión en la entrada del tren de gas. Esto se puede hacer instalando un indicador de prueba de corriente abajo del regulador. El regulador de presión de gas se debe ajustar al nivel de presión apropiado. Ya que este regulador generalmente lo proveen otros, el ajuste debiera efectuarse de acuerdo a las instrucciones suministradas por el fabricante. Es necesario que el operador conozca los requisitos de presión y cantidad de gas del quemador. Esta información generalmente se encuentra en el diagrama de dimensiones suministrado con la instalación específica. Si el quemador es un modelo de combinación de combustible coloque el interruptor gas/aceite en gas. El inyector de aceite debe estar replegado y asegurado en su ultima posición el arranque inicial se recomienda que la llave de cierre principal del gas permanezca cerrada hasta que el programador haya pasado el ciclo de las secuencias de pre-purga y del piloto. Luego tan pronto el cuadrante indique quemador principal observe el indicador de la válvula de gas que es amarillo cerrada y rojo abierta, para determinar que ase abre al activarse. Tan pronto se confirme lo anterior, coloque el interruptor en apagado y deje que el programador termine su ciclo, verifique que la válvula de gas se haya cerrado. De nuevo encienda el quemador y cuando el cuadrante indique quemador principal abra despacio la válvula de cierre principal del gas. La llama principal debiera encender a menos que haya aire en la línea. Si la llama no se establece en unos 5 segundos ponga el interruptor del quemador en apagado y deje que el programador corra un ciclo normal para probar de nuevo. Posiblemente se tenga que tratar varias veces para sangrar el aire de la línea. Si trata de encender varias veces la unidad y fracasa no repita sin verificar de nuevo el ajuste del quemador y del piloto si el encendido no ocurre dentro de 5 segundos después que se haya verificado la entrada del combustible. El

quemador y el sistema de control están diseñados para proveer un periodo de pre-purga de la operación del ventilador antes de establecer la chispa de ignición y la llama del piloto. No intente alterar el sistema o tomar una acción que pueda circunvenir esta característica. Una vez que se establezca la llama observe que se apague inmediatamente después que el quemador se apaga. La llama puede quedar encendida uno o dos segundos después del cierre normal debido al gas que permanece en la línea corriente debajo de la válvula de combustible. Si la llama continua encendida por mas tiempo o durante el tiempo que sé esta deteniendo el motor del soplador, apague inmediatamente el interruptor del quemador y cierre la llave de cierre principal del gas, investigue y corrija la causa de la fuga de la válvula antes de encender de nuevo el quemador. La válvula principal del gas tiene un sello bien hermético siempre que nada impida un cierre bien ajustado. Las líneas de gas nuevas o renovadas pueden tener materiales extraños a menos que se tenga cuidado durante la limpieza y purga.

La operación normal debiera efectuarse con el interruptor en la posición de auto y bajo la dirección de control de la temperatura o presión de modulación. Si se opera en la posición manual, el metal del recipiente de presión y el refractario se someten a condiciones indeseables. Con el interruptor en la posición automático el quemador opera con alimentación modulada según la demanda de carga. El quemador continuara operando con alimentación modulada hasta que se alcance lá presión o temperatura limitadora de operación a menos que:

- 1) El quemador se haya apagado manualmente.
- 2) El control de bajo nivel de agua detecta que el nivel de agua esta bajo.
- 3) Se interrumpe la corriente o la alimentación de combustible.
- 4) La presión del aire atomizado o combustión es menor que el nivel minimo.

Puede haber otras razones para que ocurra una paralización, tales como sobrecarga del motor, la llama se apaga, el interruptor de cortocircuito corta la corriente, fusibles quemados o a través de otros dispositivos de interconexión en el circuito. Cuando el quemador se apaga normalmente, por medio del control limitador de operación o apagándolo manualmente a la luz de demanda de carga se apaga. Paralizaciones por condiciones que causan que se abran los controles de entrecierre o de seguridad activaran el indicador de falla de llama y la alarma de haberla y la luz indicadora de demanda de carga permanecerá encendida. La causa de este tipo de paralización debiera localizarse, investigarse y corregirse antes de reanudar la operación. Cuando se alcance le punto de ajuste el punto de ajuste del control limitado de operación para abrir el circuito, o si el interruptor del quemador esta apagado, se desarrolla la secuencia siguiente. Las válvulas de combustible se desactivan y la llama se extingue. El regulador de aceleración comienza a operar y el motor del soplador continua funcionando para forzar aire a través del horno en el periodo de post-purga. El motor del soplador se desactiva al final del periodo programado de post-purga. También se desactiva el motor de la bomba de aire de un quemador alimentado con aceite. El regulador de aceleración regresa a su posición original de arranque y luego se detiene. La unidad esta lista para arrancarse de nuevo. Se aconseja verificar que las válvulas de combustible estén bien cerradas. A pesar de tomar precauciones y usar coladores, material extraño en la línea de combustible nuevas o renovadas puede alojarse debajo del asiento de la válvula evitando un cierre hermético. Esto se sucede especialmente en nuevas instalaciones. Corrija inmediatamente cualquier condición que cause filtraciones a fin de evitar daño al equipo. Las verificaciones y pruebas de controles se deben verificar y comprobar la operación adecuada de los diferentes

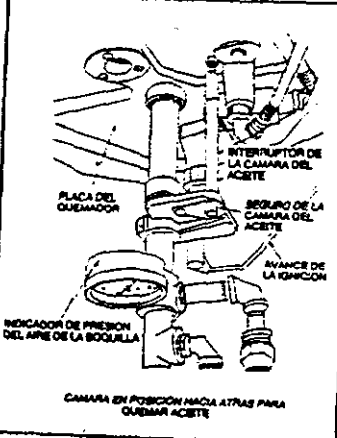
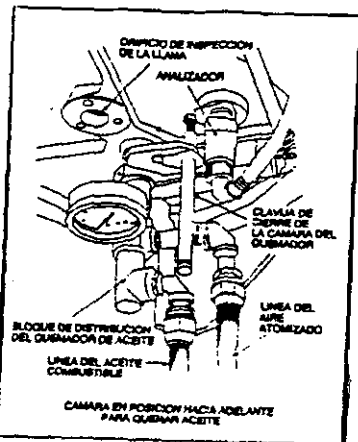
controles cuando la caldera se pone inicialmente en servicio o cuando se reemplace un control. Luego se tiene que efectuar verificaciones periódicas de acuerdo con un programa de mantenimiento planificado. El control limitado de operación puede verificarse aumentando la presión de vapor o temperatura del agua hasta que se apague el quemador. Dependiendo de la carga, puede ser necesario aumentar manualmente el ajuste de la alimentación para aumentar la presión de vapor al punto que se apague el quemador. Si la carga es elevada la válvula colectora puede cerrarse o regularse hasta que aumente la presión. Observe el indicador de presión del vapor para verificar la presión de cierre al mismo tiempo que el control limitador de operación apaga el quemador. Abra despacio la válvula colector para relajar la presión de vapor y verifique el ajuste de cierre cuando el quemador arranca de nuevo. Verifique el control de modulación para obtener el rango deseado de la presión de operación. En calderas de agua caliente que no están operando a carga completa, la temperatura del agua puede subirse manualmente aumentando el ajuste de la alimentación hasta que se apague el quemador por medio del control limitador de operación. Observe el termómetro para verificar los ajustes deseados en el punto de cierre y luego cuando el quemador arranca de nuevo. Coloque de nuevo el interruptor manual automático en automático y verifique el control de modulación para el rango de temperatura deseado. Observe la operación de la ignición y control de programación para asegurarse que están funcionando correctamente. Verifique la operación y el ajuste adecuado de la llave de cierre de bajo nivel de agua y del control de operación de la bomba si se usa. La operación apropiada del dispositivo de falla de la llama debe verificarse durante el arranque y luego una vez a la semana por lo menos. Verifique que todas las válvulas de combustible cierren bien. A pesar de tomar precauciones y usar coladores, material extraño puede alojarse bajo el asiento de la válvula evitando un cierre hermético. Corrija inmediatamente cualquier condición que cause fugas a fin de evitar daño al equipo.

## **6.12 DIAGNOSTICO DE AVERIAS.**

Si el quemador no enciende o si no funciona adecuadamente se deberá hacer referencia al relevador de programación, para obtener ayuda en determinar con precisión los problemas que no se manifiesten con facilidad. La familiaridad con el programador y otros controles del sistema se obtienen estudiando el contenido del boletín. El conocimiento del sistema y sus controles facilitara el diagnostico de averias. Se pueden evitar paralizaciones o demoras costosas verificando sistemáticamente la operación real contra la secuencia normal para determinar donde el rendimiento se desvia de el normal. El seguir una rutina puede posiblemente eliminar el pasar por alto una condición obvia, a menudo una que es relativamente fácil de corregir. Si una condición obvia no es aparente, verifique con un voltímetro o lampara de prueba la continuidad de los circuitos. Se debe verificar cada circuito aislando y corrigiendo la falla. La mayor parte de la verificación del sistema de circuitos se puede efectuar entre las terminales apropiadas en el tablero del gabinete de control o la caja de servicio.

*El quemador no enciende:*

- 1) El interruptor de separación principal esta abierto.
- 2) Los fusibles están quemados, las sobrecargas están ácidas, la conexión eléctrica esta floja.



**'POSICIONES DE LA CAMARA DEL QUEMADOR PARA ACEITE Y GAS**

- 3) El interruptor de seguridad del control de la combustión requiere reajuste.
  - a) Refiérase al boletín del fabricante.
  - b) Verifique la corriente entre las terminales L1 y L2 del tablero de bornes 4 y 5.
  - c) Si el relevador 1k se retracta pero el motor del ventilador no arranca verifique la corriente en la terminal 8 del programador tablero de bornes 2.
  - d) Verifique que los contactos apropiados del relevador estén cerrados y ver el boletín del programador.
- 4) El circuito limitador no esta completo, no hay corriente en la terminal 3 del programador.
  - a) La presión o la temperatura es mayor que el ajuste del control de operación. La luz de la demanda de carga no enciende.
  - b) El agua esta debajo del nivel requerido.
  - f) La luz de bajo nivel del agua y alarma deben indicar esta condición.
- II) Verifique el botón de restablecimiento manual, de proveerse en el control de bajo nivel de agua.
  - c) La presión del combustible debe estar dentro de los ajustes de los interruptores de baja y alta presión.
  - d) Unidad alimentada con aceite, el inyector del quemador debe estar completamente hacia delante para cerrar el interruptor de la cámara de aceite.
  - e) Unidad alimentada con aceite pesado, la temperatura del aceite es menor que le ajuste mínimo.
  - f) El motor esta defectuoso.
  - g) Si el quemador enciende, pero se apaga después de unos segundos, verifique el circuito del interruptor de prueba de aire.

No hay ignición.

- 1) Hay una falta de chispa.
  - a) El electrodo esta conectado a tierra o la porcelana esta quebrada.
  - b) El ajuste del electrodo esta incorrecto.
  - c) El terminal esta flojo en el cable de la ignición, el cable tiene cortocircuito.
  - d) El transformador de la ignición no funciona.
  - e) Verifique los contactos apropiados del relevador del programador.
- 2) Hay chispa pero no hay llama.
  - a) Hay una falta de combustible, no hay presión de gas, la válvula esta cerrada, el tanque vacío, la línea rota tac.
  - b) El solenoide del piloto no funciona.
  - c) Poco o cero voltaje al solenoide del piloto de gas, verifique la corriente en la terminal 5 o 6.
- 3) El interruptor de baja alimentación esta abierto.
  - a) El actuador de compuerta no esta cerrado. , La leva esta deslizada, el interruptor esta defectuoso.
  - b) La compuerta de aire esta trabada o la conexión esta enlazada.
  - c) Verifique los entrecierres y el circuito a la terminal 12.
  - d) El interruptor del cronometro en prueba y él cronometro parado en purga.

Hay llama en el piloto pero no hay llama principal.

1. No hay suficiente llama del piloto.



2. Unidad alimentada con gas:

- a) La llave de cierre manual del gas esta cerrada.
- b) La válvula principal del gas no funciona.
- c) Baja o alta presión del gas, restablezca el interruptor de ser necesario.

3. Unidad alimentada con aceite.

- a) El suministro de aceite esta interrumpida por obstrucción, la válvula esta cerrada o hay una falta de succión.
- b) La bomba de alimentación no funciona.
- c) No hay combustible.
- d) Válvula solenoide no funciona.
- e) Inspeccione la boquilla del aceite, inyector y lineas.

4. El programador no funciona.

- a) Si el relevador 2k no se retracta cuando se enciende la llama del piloto, verifique el detector de la llama, los contactos, el amplificador.
- b) El detector de la llama esta defectuoso, el tubo de inspección esta obstruido o los lentes del detector están sucios.
- c) Si el relevador 2k se retracta pero la válvula de combustible no tiene corriente, verifique el voltaje en la terminal 7 si hay voltaje, inspeccione los contactos.

El quemador permanece con llama baja.

- 1. La presión o temperatura están arriba del ajuste del control de modulación.
- 2. El interruptor manual - automático esta en al posición incorrecta.
- 3. El motor de modulación no funciona.
- 4. El control de modulación esta defectuoso.
- 5. La interconexión, las levas, los tornillos de ajuste etc., están entrelazados o flojos.
- 6. Verifique los contactos del relevado.

Un paro ocurre durante el encendido.

- 1. Hay una perdida o interrupción del suministro de combustible.
- 2. La válvula de combustible esta defectuosa, la conexión eléctrica esta floja.
- 3. El detector de llama este débil o defectuoso.
- 4. Los lentes están sucios o el tubo de observación esta obstruido.

Si el interruptor de cierre del programador no se ha desenganchado, verifique los controles del circuito limitador, entrecierre o motor del ventilador.

- a) La luz indicadora de la falla de llama y la bocina de alarma se activan por la falla de la ignición, falla de la llama principal, señal de la llama inadecuada, o control abierto en el circuito de entrecierre que no recircula.
- b) La luz indicadora y la bocina no se energizan con la activación de cualquier control en el circuito limitador.
- 5. Si el interruptor de cierre del programador se ha desenganchado:
  - a) Inspeccione las líneas de combustible y las válvulas.
  - b) Inspeccione el detector de llama.
  - c) Verifique visualmente el cronometro y los contactos del relevador y referirse al manual del control del programa.
  - d) Verifique el motor del ventilador y todos los entrecierres.
  - e) El interruptor de cierre funciona defectuosamente, los contactos están pegados.
- 6. Hay una relación de aire - combustible inadecuada, fuego pobre.

- a) La interconexión esta deslizante.
- b) La compuerta de aire esta trabada, abierta.
- c) El suministro de combustible esta fluctuante.
- d) Hay una obstrucción temporal en la línea de combustible.
- e) Hay una caída temporal en la presión del gas.
- f) La válvula de compuerta tipo orificio se abrió accidentalmente.
- g) El dispositivo de entrecierre esta defectuoso o no funciona.

El motor de modulación no funciona.

- 1. El interruptor manual – automático esta en la posición incorrecta.
- 2. La interconexión esta floja o trabada.
- 3. El motor no se enciende ni se apaga durante la pre – purga y no se para cuando el quemador se apaga. Verificar los contactos apropiados consultando el boletín.
- 4. El motor no funciona cuando se le requiere.

- a) El interruptor manual – automático esta en la posición incorrecta.
- b) El control de modulación esta ajustado incorrectamente o no funciona.
- c) Verifique los contactos apropiados y ver el boletín.
- 5. El motor no funciona.

- a) La conexión eléctrica esta floja.
- b) El transformador del actuador de compuerta esta defectuoso.

### 6.13 SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL MODULADOR.

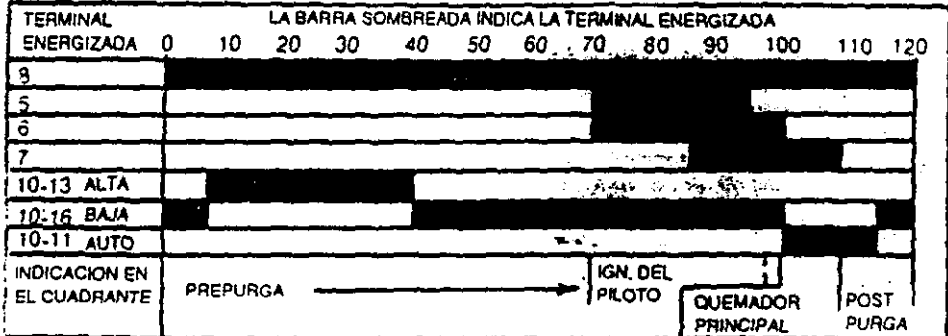
El cronometro en el control de programación establece la secuencia de la operación de todos los controles y componentes para suministrar una secuencia de operación completa.

En el diagrama esquemático del circuito suministrado en la caldera, el lado a tierra de la alimentación de energía se muestra como línea vertical en el lado derecho del diagrama. Todos los componentes inductivos como bobinas, solenoides, transformadores, luces etc. Se conectan a este lado. El lado cargado de la alimentación de energía se muestra como línea vertical en el lado derecho del esquemático. Todos los componentes inductivos se conectan a este lado por medio de interruptores o contactos que le permiten a los componentes funcionar cuando se les requiera. Las abreviaturas para los diferentes componentes eléctricos se enumeran en la figura 16.4ª pagina 106ª. El quemador y el sistema de control están listos para arrancar cuando existen las siguientes condiciones:

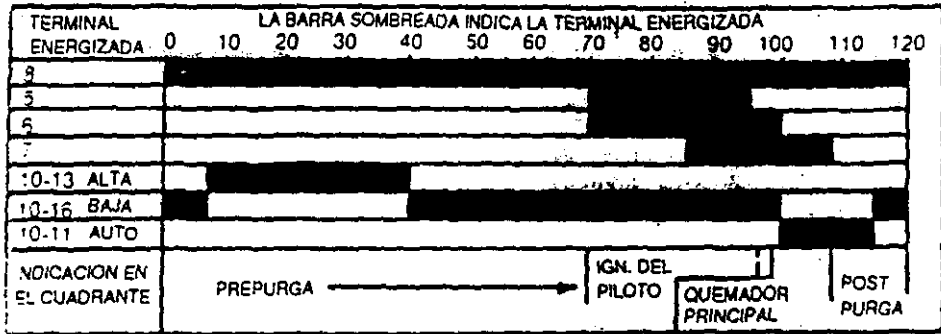
El agua de la caldera esta en su nivel correcto haciendo que cierre el interruptor de cierre por bajo nivel de agua. La luz indicadora de bajo nivel de agua esta apagada. El control limitador de la presión de operación o el control de temperatura máxima de operación y el control de máxima operación de temperatura o presión están más bajos que su punto de cierre. La luz indicadora de la demanda de carga se enciende.

Todos los interruptores de servicio están cerrados y hay corriente en las terminales de la línea del arranque del ventilador de tiro forzado. También debe existir corriente en el arranque del motor de la bomba de aceite. Cuando el combustible es aceite pesado también debe haber corriente en las terminales del relevador del calentador de aceite. Estas secuencias no intentan correlacionar la acción del sistema de alimentación de combustible o el de alimentación de agua, excepto para los controles de entrecierre que se relacionan directamente a la acción del relevador de programación.

**SECUENCIA DE PROGRAMACION PARA EL RELEVADOR DE PROGRAMACION CB40**



**SECUENCIA DE PROGRAMACION PARA EL RELEVADOR DE PROGRAMACION CB20**



Controles de los circuitos e interconexiones. El circuito de control del quemador es un sistema bifilar diseñado para corriente alterna, 115 voltios monofásica, 60 Hz. El control de programación también funciona en 50 Hz sin embargo los valores, cronométricos deben multiplicarse por 1.2. la corriente del circuito del control se extiende a las terminales L1 y L2 del programador y al transformador del motor de compuerta. La línea viva se extiende a las terminales 3 y 4 del programador a través de los controles limitadores. Los controles utilizados varían dependiendo del combustible aceite o gas y de los requisitos específicos de las agencias regulatorias pertinentes. Refiérase al diagrama del circuito de la caldera para determinar los controles suministrados. Los circuitos y controles normalmente utilizados, se enumeran abajo y se refieren en la siguiente secuencia de operación.

Quemador – interruptor (QI)

Control limitador de operación (CLO) – presión o temperatura

Agua – llave de cierre bajo nivel de agua (BNAC)

Gas – aceite – interruptor selector (GAIS) quemador combinado solamente

Cámara del aceite – interruptor de entrecierre (CAIE) – quemador de aceite

Aceite – interruptor de baja temperatura (AIBT)

Gas interruptor de baja presión (GIBP)

Gas interruptor de alta presión (GIAP)

Cierre válvula a prueba de (CVP)

Los controles usados en el circuito de entrecierre de funcionamiento son:

Motor del ventilador – entrecierre del arranque (MSEA)

Aire de combustión – interruptor de prueba (ACIP)

Aire atomizado – interruptor de prueba (AAIP)

Secuencia de operación aceite – gas. La secuencia cubre la operación desde el arranque hasta la paralización. Ninguna prueba se efectúa para correlacionar la acción del sistema de suministro de combustible o el sistema de agua de alimentación excepto para aquellos controles que afecten directamente la acción del relevador de programación. Refiérase al diagrama del circuito suministrado para la caldera cuando siga esta secuencia.

La leyenda en el cuadrante del cronómetro indica la posición del cronómetro y la etapa alcanzada en el ciclo de operación del quemador. La gráfica mostrada en la figura o en el diagrama del circuito, indica la secuencia de los diferentes circuitos. La siguiente descripción se refiere a la indicación del cuadrante y no a la regulación del encendido, ya que el cronómetro lo interrumpe y controlan otros componentes durante el ciclo normal.

La combinación de combustible, el interruptor de gas/aceite se debe ajustar para el combustible apropiado. La secuencia siguiente ocurre con el programador activado y con las otras condiciones de operación satisfechas:

Periodo de pre – purga. Indicador en el punto, cuando el interruptor del quemador se enciende, la corriente llega a las terminales 3 y 4 a través de los controles limitadores. El relevador 1k se activa. La corriente también se dirige al arranque del motor del ventilador y al motor del cronómetro. Las terminales 10 y 13 del programador se activan para llevar corriente al actuador de compuerta lo cual comienza a mover la compuerta a la posición abierta o alta alimentación. Esto permite un flujo de aire de purga a través de la caldera antes de la ignición. Cuando se activan las terminales 10 y 13 se completa el circuito del potenciómetro, alta alimentación y el actuador de compuerta se moverá a la posición abierta o de alta alimentación. Cuando se activan las terminales 10 y 16 se conecta el circuito del potenciómetro de baja alimentación y el motor regresará a su posición cerrada o de baja alimentación. En cualquier caso ni el control manual de la llama ni el control modulador,

ni el interruptor manual – automático, tiene efecto alguno en el actuador de compuerta. El circuito de entrecierre de funcionamiento a la terminal 12 debe completarse antes de 10 segundos después que comienza la rotación del cronometro.

La continuidad de los entrecierres abajo enumerados completan este circuito, lo que permite que la secuencia termine. En caso que alguno de estos no se cierran en este momento, o si se abren subsecuentemente, el relevador 1k se desactiva. El cronometro completara su revolución a la posición inicial y el programador comenzara un nuevo ciclo.

El entrecierre del arranque del motor del ventilador (MSEA) se conecta al circuito para probar que el arranque ha sido activado y para interrumpir el circuito si por cualquier razón se necesita desactivar el arranque. El interruptor de prueba de aire de combustión (ACIP) se activa con presión de aire del ventilador de tiro forzado para probar la presencia de aire de combustión. El interruptor de la cámara de aceite (CAI) debe activarse cuando se encienda el aceite combustible para comprobar que el inyector del quemador esta en su posición correcta. El interruptor de prueba del aire atomizado. (AAIP) debe estar cerrado para indicar la presencia de aire del compresor de aire antes de completarse el circuito de la válvula del combustible. El interruptor de baja temperatura del aceite (AIBT) debe estar cerrado para comprobar que el aceite ha sido calentado a la temperatura deseada.

En un quemador alimentado con gas el interruptor de baja presión del gas (GIBP) y el interruptor de baja presión del gas (GLAP) deben estar cerrados para comprobar que haya suficiente, pero no en exceso, presión de gas combustible. Casi al finalizar el periodo de purga se abren las terminales 10 – 13 y se cierran las terminales 10 – 16 el motor y la compuerta vuelven a la posición cerrada o de baja alimentación. Para asegurar que el sistema este en baja alimentación antes de la ignición, el interruptor de baja alimentación (BAI) debe estar cerrado para completar un circuito de entrecierre en la terminal 14. El cronometro se detendrá hasta que el actuador de compuerta haya regresado a la posición de baja alimentación y se hayan cerrado los contactos del interruptor de baja alimentación.

El quemador no enciende, si por cualquier razón se retira el relevador de la llama, el ciclo de la ignición no puede iniciarse si por cualquier razón se mantiene en su lugar el relevador de la llama después de los primeros 15 segundos del pre – purga, en su lugar el cronometro completara su revolución y se detiene en la posición inicial.

Periodo de la ignición; indicador en piloto e ignición. El transformador de la ignición (TT) y la válvula del piloto de gas (GAP) reciben corriente de la terminal 6 y la llama del piloto se enciende y tan pronto es detectada, se activa el relevador de la llama 2K. La llama del piloto debe establecerse y comprobarse antes de 10 segundos a fin de que continúe el ciclo de la ignición. Si por cualquier razón esto no ha sucedido, el sistema se paraliza. Con el piloto comprobado, las válvulas principales del combustible (AV o GVP) se activan por medio de la terminal 7. También se activa la luz indicadora de la válvula del combustible y se enciende la llama principal. Después de 15 segundos de prueba de la llama principal, se corta la corriente a la terminal 6 y desactivado el transformador de la ignición y la válvula del piloto. La llama del piloto se apaga, si por cualquier razón no enciende o permanece encendida la llama principal, el relevador 2K se desconecta causando el cierre de la válvula de combustible. El interruptor de seguridad se desactiva para desconectar el control. Refiérase a la secuencia de falla de la llama para la descripción de la acción.

La causa de falla de llama o cualquier otra condición anormal debe investigarse y corregirse antes de arrancar de nuevo.

Indicador en quemador principal. Con la llave principal establecida las terminales 10 y 11 se activan para transferir el circuito del motor modulador a control manual de la llama(LICM) o al control de modulación (CM) dependiendo del ajuste del interruptor manual - automático (IMA). Esto permite la operación a ajustes mayores de baja alimentación. Con el interruptor manual - automático colocado en automático, la modulación subsecuente estará bajo el mando de control de modulación el cual regula la posición del motor modulador. La compuerta de aire y la válvula medidora controlada por leva se activan por el motor por medio de una interconexión y el montaje de la leva para suministrar velocidades de encendido moduladas. La operación normal del quemador debiera ser con el interruptor en la posición automática y bajo la dirección del control de modulación. La posición manual se provee para el ajuste inicial del quemador durante todo el rango del encendido. Si se opera en la posición manual en otro ajuste que no sea de baja alimentación. El metal del recipiente de presión y el refractario son sometidos a condiciones indeseables. Este es el final del ciclo del arranque del quemador. El cronometro se detiene, la demanda del encendido de la caldera continua como lo requieran las condiciones de carga.

Apagado del quemador, indicador en post - purga. El quemador permanecerá encendido hasta que se genere presión de vapor o temperatura del agua en exceso de la deseada. En encendido modulado, el motor modulador debiera regresar a la posición de baja alimentación antes que se abra el control limitador de operación. La secuencia siguiente ocurre cuando se abra el circuito del control limitador. El relevador 1K se desconecta, las válvulas principales del combustible se desactivan y se cierran. La llama se apaga y el relevador 2K se desconecta. El motor del ventilador continua forzando aire a través de la caldera en un periodo de post - purga. Las luces indicadoras de la demanda de carga y de la válvula de combustible se apagan, el cronometro comienza a girar. En un quemador de aceite la válvula de purga de aire (PAV) se activa por la terminal 8 a través de los contactos del relevador de la purga de aire(PAR) las terminales 10 - 11 se abren y las terminales 10 - 16 se cierran. El actuador de compuerta regresa a la posición de baja alimentación, si es que no lo esta. Al final del ciclo de operación, el circuito de la terminal 8 se abre y se desactiva el motor del ventilador. La válvula de la purga de aire se cierra. El cronometro se detiene al llegar a su posición original. El control esta ahora listo para el ciclo subsiguiente, y cuando cae la presión del vapor o la temperatura del agua para cerrar los contactos del control de operación, el quemador comienza de nuevo su ciclo normal de arranque y operación.

Secuencia de falla de llama. Los programadores comienzan un nuevo ciclo automáticamente cada vez que se cierra el control de operación o después de una interrupción de la energía. Ambas se cierran después de un cierre de seguridad causando por la falla en la ignición del piloto, o de la llama principal. , O falla de la llama. El cierre también ocurrirá si se enciende la llama o parece encenderse durante el periodo de pre - purga. El control previene el arranque o la ignición si se abren los entrecierres de la ignición o del flujo de aire. El control también comenzara un nuevo ciclo para intentar corregir la situación de una paralización, si se corrige automáticamente. El control se cierra al ocurrir cualquier condición anormal que afecte los controles de gobierno a distancia del aire o del combustible. El interruptor de cierre debe establecerse manualmente después de una interrupción. Un breve periodo de enfriamiento es necesario antes de restablecer el botón y reanudar la operación. La causa de falla de llama o cualquier otra condición extraordinaria debe investigarse y corregirse antes de arrancar de nuevo.

No hay llama en el piloto; la llama del piloto debe encenderse y comprobarse antes de 10 segundos después de iniciarse el ciclo de la ignición terminales 5 y 6 activadas, la llama se comprueba con la retracción del relevador 2K, si el 2K no se activa en este periodo el circuito de la válvula de combustible terminal 7 no se activara y las válvulas de combustible no se energizaran. El circuito de la ignición se desactiva inmediatamente y se cierra la válvula del piloto. El motor del ventilador continuara operando. El cronometro se detendrá después de un breve periodo. Aproximadamente 30 segundos después que se interrumpe el circuito de la ignición, el interruptor de cierre (IC) se cae. El controlador principal 1K se desactiva. El indicador de falla de llama y la campana de la alarma se activan.

El cronometro reanuda su operación. Cuando el indicador en el cuadrante llega al arranque o a la posición indicada con el punto, el motor del cronometro y del ventilador será desactivado. El interruptor de cierre debe ajustarse manualmente antes de continuar la operación.

Llama en el piloto pero no hay llama principal; cuando se comprueba la llama del piloto se activa el circuito de la válvula principal del combustible desde la terminal 7. Dependiendo de la duración del periodo de prueba de la ignición, la llama del piloto se extinguirá 10 o 15 segundos mas tarde. Ver el diagrama del circuito para determinar si el circuito del piloto esta conectado a la terminal 5 o la 6. El circuito detector de la llama responderá antes de 4 segundos para desactivar el relevador de la llama 2K. La válvula principal del combustible se desactiva para detener el flujo de combustible. El motor del ventilador continuara funcionando. El interruptor de cierre se cae aproximadamente 30 segundos mas tarde y se desactiva el relevador 1K el indicador de la falla de llama y campana de la alarma se activan, el cronometro reanuda su operación cuando el indicador en el cuadrante llega al arranque o a la posición indicada con el punto. El motor del cronometro y del ventilador será desactivados. El interruptor de cierre debe ajustarse manualmente antes de continuar la operación.

Falla de la llama; si la llama se apaga durante la operación normal el detector no percibe la llama, el relevador de la llama 2K responderá antes 4 segundos para desactivar el circuito y detener el flujo del combustible. El motor del ventilador continua funcionando aproximadamente 30 segundos mas tarde, el interruptor de cierre responde para activar el relevador principal 1K. El indicador de falla de llama se activa. El cronometro reanuda su operación. Cuando el indicador en el cuadrante llega al arranque o a la posición indicada con el punto, el motor del cronometro y el del ventilador serán desactivados. El interruptor de cierre debe ajustarse manualmente antes de continuar la operación. Si el quemador no enciende o se paraliza el sistema por motivos de seguridad, refiérase a la sección diagnostico de averias en el manual de operación. La familiaridad con este relevador de programación y otros controles en el sistema se pueden obtener estudiando el contenido del manual. El conocimiento del sistema y de sus controles hará más fácil la localización de problemas en caso sea necesario. Paralizaciones y demoras costosas pueden prevenirse por medio de verificaciones sistemáticas de la operación actual, en contraste con la secuencia normal para determinar en que etapa el rendimiento se desvía de lo normal. Seguir una rutina posiblemente elimina pasar por alto una condición obvia, a menudo una que se relativamente fácil de corregir. Recuerde que este es un dispositivo de seguridad y por lo general esta funcionando como diseñado cuando paraliza la operación o rehusa funcionar. Nunca intente circunvenir ninguno de los dispositivos de seguridad. Es aconsejable poner en practica un mantenimiento preventivo e inspección programada de todos los



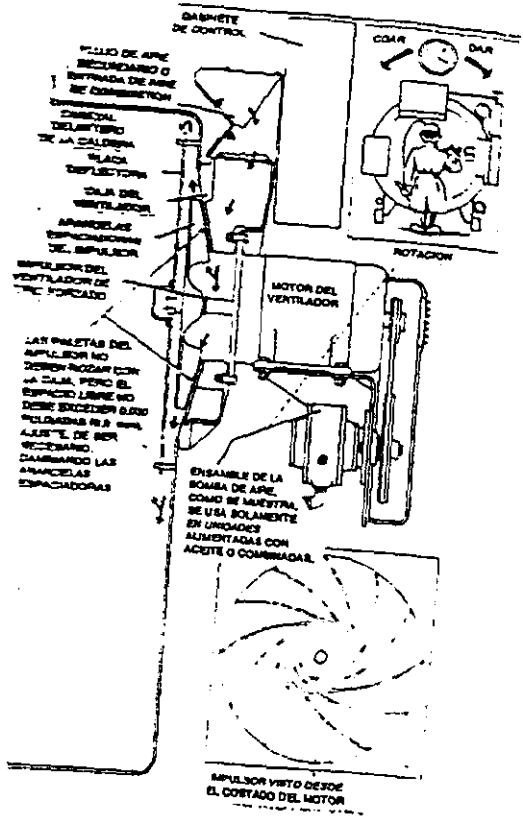
componentes. Se recomienda la inspección periódica del relevador para verificar que una paralización por motivos de seguridad ocurrirá en caso no se encienda cualquier piloto de la llama principal o si llama se apaga.

#### 6.14 INSPECCION Y MANTENIMIENTO.

Un programa de mantenimiento bien planificado puede ayudarle a evitar paralizaciones de trabajo innecesarias o reparaciones costosas, promover seguridad y asistir a los inspectores de calderas. Se debe establecer un programa de inspección con una lista de procedimientos. Se recomienda mantener un diario o registro de la caldera. El registro de las actividades de mantenimiento diarios, mensuales y anuales, proporciona una guía valiosa y ayuda a obtener servicio duradero y económico del equipo.

Aunque la caldera tiene dispositivos eléctricos y mecánicos que hacen que la operación sea automática o semi - automática, estos requieren mantenimientos sistemáticos y periódico. Cualquier característica automática no releva al operador de sus responsabilidades sino que lo libera de efectuar ciertas tareas rutinarias y le proporciona tiempo extra para el cuidado y mantenimiento de la caldera. La limpieza adecuada ayuda a tener una apariencia profesional del cuarto de calderas. Solamente personal entrenado y autorizado debiera ser permitido operar, ajustar o reparar la caldera y equipo relacionado. El cuarto de calderas debiera mantenerse libre de todo material o equipo que no sea necesario para la operación de la caldera o sistema de calefacción. La habilidad de reconocer ruidos anormales, lectura incorrecta de indicadores, fuga etc., puede ayudar al operador a identificar el comienzo de un funcionamiento defectuoso, permitiendo una acción correctiva inmediata que podría evitar reparaciones extensas o interrupciones de trabajo inesperadas. Cualquier fuga de vapor, agua o aire debe repararse tan pronto como sea posible. Las fugas son antieconómicas lo mismo que peligrosas. El mantenimiento diario debe incluir una verificación de la operación del quemador, incluyendo la operación del combustible, presión del aire atomizado o del vapor, apariencia visual, etc., incluya en el programa medidas de mantenimiento preventivo tales como verificar regularmente si están bien apretadas las conexiones, tuercas de seguridad, tornillos de fijación, portaempaques, etc. Debe verificarse a menudo la verificación la proporción de aire combustible a fin de alertar al operador de pérdidas en la eficiencia de combustión, ya que no producen cambios visibles en la llama. Las variaciones en la composición del combustible pueden requerir nuevos ajustes en el quemador. Se debe utilizar un analizador de combustión para ajustar la entrada de combustible de manera que se obtenga máxima eficiencia de operación y economía.

Inspección periódica; regulaciones de pólizas de seguros o leyes locales requieren inspecciones periódicas del recipiente a presión por un inspector autorizado. Las inspecciones de este tipo son generalmente aunque no necesariamente programadas durante periodos de paralización de la caldera. Esta inspección principal a menudo se puede utilizar. Para efectuar servicios de mantenimiento, reemplazo o reparaciones que no se pueden realizar fácilmente en otros periodos. Esto también sirve para establecer programas de mantenimiento anual mensual o periódico. Aunque esta inspección corresponde principalmente a las superficies del fogón y borde interior del recipiente a presión, esta le proporciona al operador una excelente oportunidad de efectuar una inspección detallada y



**FLUJO DE AIRE SECUNDARIO O DE COMBUSTION**

verificación de todos los componentes de la caldera, incluyendo tuberías, válvulas, empaques, refractarios etc., se debe planificar en esta oportunidad efectuar una limpieza completa, retoques o repintados y reemplazo de piezas gastables. De ser posible cualquier reparación mayor o reemplazo que se requiera también debería coordinarse durante este periodo. Piezas de repuesto, de no tenerlas en inventario, deberán ordenarse antes de una suspensión programada de la caldera. Buenas practicas de operación, mantenimiento consciente y cuidado promoverán eficiencia y economía de su operación y contribuirán a lograr muchos años de rendimiento.

*Limpieza de las argas de combustión(fogón).* El hollín y materiales no - combustibles son aisladores efectivos, y si se permite su acumulación, disminuirán el transferimiento de energía al agua lo que aumentara el consumo de combustible. El hollín y otros depositados pueden absorber la humedad, formando ácidos corrosivos que deterioran el metal del fogón. La eliminación de estos materiales debe efectuarse a intervalos frecuentes y regulares dependiendo de la carga, tipo y calidad de combustible, temperatura interna de la caldera y eficiencia de combustión. Un termómetro para la temperatura del cañón de la chimenea de usarse puede servirle como guía para determinar los intervalos de limpieza, ya que la acumulación de depósitos de hollín aumentara la temperatura del cañón de la chimenea.

La limpieza de los tubos se logra abriendo las puertas delanteras y trasera. Estos se pueden cepillar desde cualquier extremo. Todo el hollín suelto y acumulaciones deben removerse, todo el hollín u otros depósitos deberán removerse del horno y de las placas tubulares. El deflector del respiradero y el cañón de la chimenea deberán inspeccionarse anualmente y limpiarse de ser necesarios. Existen firmas comerciales que pueden hacer este trabajo, la chimenea también puede inspeccionarse y repararse si esta dañada. El fogón debe limpiarse minuciosamente antes de una interrupción prolongada de la caldera. Dependiendo de las circunstancias este podría necesitar un revestimiento productivo.

Controles del nivel del agua y superficie interior de la caldera. Hay que enfatizar la necesidad de inspeccionar periódicamente los controles del nivel de agua y la superficie interior del recipiente a presión. Los mayores daños de la caldera se originan por operación con bajo nivel de agua o el uso de agua sin tratamiento o tratada incorrectamente. Verifique el nivel de agua de la caldera. El indicador del agua debe purgarse rutinariamente. Inspeccione muestras de agua de la de la caldera y condensación de acuerdo con los procedimientos recomendados por su consultor de agua. En vista que el fabricante original generalmente instala dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua, no se debe intentar el ajuste de estos controles para alterar el punto de interrupción del bajo nivel de agua o el punto en que la bomba se activa o se desactiva. Si la operación de este dispositivo se vuelve irregular o si varían los ajustes de los niveles establecidos, busque el motivo y corrija, repárelo reemplácelo de ser necesario. La placa incluida en la caldera de vapor con instrucciones sobre el nivel de agua deberán seguirse al pie de la letra, estos generalmente funcionan durante largos periodos de tiempo, lo que pudieran ocasionar un descuido en la comprobación del mismo si se presume que la operación normal continuara indefinidamente. En una caldera de vapor el mecanismo principal de los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua debe sacarse del recipiente por lo menos una vez al mes para verificar y limpiar el flotador, las piezas móviles internas y el recipiente o columna de agua. Remueva los tapones de las conexiones en T o en cruces y asegúrese de que las conexiones estén libres de obstrucciones, los controles deben instalarse a plomo para tener mejor rendimiento. Verifique que la tubería este en alineación vertical después de haberse instalado y luego durante la vida útil del equipo. En calderas de vapor se debe mantener un

programa de purga de los controles de agua. No es práctico purgar los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua en calderas de agua caliente ya que incluiría todo el agua en el sistema. Muchos sistemas de agua caliente están completamente sellados y cualquier pérdida de agua requeriría agua de reemplazo y tratamiento de agua adicional que en caso contrario no sería necesario. En vista que la caldera y el montaje del sistema hace que no sea práctico efectuar servicio de mantenimiento diario y mensual de los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua, es esencial verificar la operación adecuada y remover anualmente, o con mayor frecuencia de ser posible el mecanismo del recipiente para inspeccionar y limpiar el flotador las piezas móviles internas y el recipiente. También inspeccione las conexiones de la tubería para asegurarse que estén limpias y libres de obstrucciones. La operación segura del generador requiere inspección y mantenimiento periódicos de todos los dispositivos de interrupción de bajo nivel de agua. , Abra e inspeccione por lo menos una vez al mes, bajo vigilancia constante del quemador con llama baja, verifique la operación frecuentemente cerrando el flujo de agua al generador, si los controles no apagan el quemador al nivel de agua adecuado o parecen estar en malas en malas condiciones repare o reemplace de inmediato.

Tubo de vidrio del indicador del nivel de agua. Reemplace de inmediato un tubo de vidrio roto o descolorido. Reemplazo periódicos deben de ser parte del programa de mantenimiento. Use un empaque de hule nuevo y del tamaño adecuado siempre que reemplace el tubo. No use empaques holgados que pudieran ser forzados debajo del tubo de vidrio y posiblemente tapan el orificio de la válvula. Cierre las válvulas cuando reemplace el tubo de vidrio. Coloque una tuerca de empaque una arandela y un anillo empaquetador en cada extremo del tubo dentro del cuerpo de la válvula superior del indicador lo suficiente para que permita que el otro extremo calce en el cuerpo inferior. Deslice las tuercas de empaque dentro de cada válvula y apriete. Si el tubo de vidrio se reemplaza cuando la caldera esta funcionando abra la llave de drenaje y permita que el tubo de vidrio se caliente a la temperatura de operación abriendo despacio las válvulas del indicador. Después que el tubo de vidrio se caliente cierre la llave de drenaje y abra completamente las válvulas del indicador. Inspeccione las llaves de prueba y de nivel para verificar su operación y límpielas de ser necesario. Es imperativo que las llaves de nivel estén instaladas en un alineamiento preciso. Si no lo están, el vidrio quedara forzado y puede fallar prematuramente.

Controles eléctricos, la mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento aparte de la inspección periódica. Verifique la tensión de las conexiones eléctricas y mantenga limpio los controles. Elimine cualquier suciedad acumulada en el interior del control usando aire de baja presión y tenga cuidado de no dañar el mecanismo. Verifique si están dañados o rotos los interruptores de mercurio. Una espuma oscura sobre la superficie de mercurio generalmente brillante podría conducir a una acción errática del control. Asegúrese que los controles de este tipo estén nivelados correctamente empleando el indicador de nivelación. De ser necesario se debe limpiar la tubería que va a los controles que operan a presión. Se debe mantener las tapas en los controles todo el tiempo. El polvo y la suciedad pueden causar desgaste excesivo y recalentamiento de los contactos del arranque del motor y del relé. Los contactos del arranque tienen un revestimiento de plata y no se dañan por descoloración o picaduras leves. No use limas o materiales abrasivos como papel lija en las puntas de los contactos ya que se eliminaría la capa de plata metálica con la que están cubiertos. Use un bruñidor o un papel de lija para pulir y limpiar los contactos. El reemplazo de los contactos es necesario solamente cuando la capa de plata este muy fina

por el desgaste. Los relevadores térmicos son del tipo de aleación fundida y cuando saltan se le debe dar tiempo a la aleación para que se resolidifique antes que el relevador pueda ser restablecido. Reemplace estas unidades si saltan repetidamente cuando la corriente del motor es normal. Si la condición persiste es necesario determinar la causa del consumo excesivo de energía. El suministro de corriente a la caldera debe protegerse con fusibles de doble elemento fusetrón o fusible de tiempo o interruptores protectores de cortacircuitos. Se debe usar fusibles similares en circuitos derivados. No se recomiendan fusibles monoestables.

Control de programación, este control no requiere ajuste ni se debe intentar alterar el ajuste de los contactos. Los contactos pueden que requieran limpieza ocasional. No use materiales abrasivos mantenga cerrada la puerta del gabinete de control durante la operación normal. Los lentes del detector de la llama deben limpiarse tan a menudo como lo permitan las condiciones de operación. De ser necesario use un trapo suave humedecido con detergente. No se recomienda ni es práctico el reemplazo de los componentes internos a menos que sea el amplificador enchufable. Cuando reemplace un control o limpie los contactos cerciórese de desconectar el interruptor de la corriente principal ya que el control tiene corriente aunque el interruptor del quemador este apagado. Se debe establecer un procedimiento de verificación de seguridad para comprobar todo el sistema de seguridad de la llama por lo menos una vez al mes o más a menudo. Las pruebas deben verificar que los dispositivos de seguridad detengan la operación de la unidad de haber fallas en el encendido del piloto, falla en encender la llama principal y por pérdida de llama. Cada una de estas condiciones debiera verificarse en base a un programa planificado. Estas pruebas también sirven para verificar el ajuste de la válvula de combustible.

Verificación de falla en la llama del piloto, cierre la llave de cierre del piloto de gas también cierre el suministro principal de combustible. Encienda el quemador, el sistema del piloto se activara al final del periodo de la pre - purga, ya que no hay ninguna llama del piloto que detectar la válvula del piloto será desactivara y las válvulas principales del combustible no se activaran, cerciórese que haya chispa en la ignición pero que no haya llama, el programador completara su ciclo durante el cual el interruptor de seguridad conectara un cierre de seguridad activando la luz indicadora de falla de llama. Apague el interruptor del quemador, restablezca el interruptor de seguridad después de que se enfríe el elemento térmico durante un rato.

Verificación de falla en el encendido de la llama principal, deje abierta la llave de cierre del piloto del gas, corte el suministro principal de combustible al quemador. Encienda el interruptor del quemador, el piloto encenderá después de completar el periodo de la pre - purga las válvulas principales del gas se activaran pero no debe encenderse la llama principal. El relevador 2K se desengancha antes de cuatro segundos después de finalizar el periodo de prueba del quemador principal. El interruptor de seguridad soltara y cerrada aproximadamente 30 segundos después del final del periodo de prueba de ignición. La luz indicadora de falla de llama se activara. Apague el interruptor del quemador, restablezca el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico durante un rato restablezca el suministro principal de combustible.

Verificación de pérdida de llama, con el quemador en operación normal corte el suministro principal de combustible al quemador para apagar la llama principal. El relevador 2k se desengancha antes de cuatro segundos después de apagar la llama, el motor soplador funciona durante el periodo de post - purga, el interruptor de seguridad soltara y cerrada aproximadamente 30 segundos después mas tarde desactivando el relevador principal 1k, la

luz indicadora de falla de llama se activara. Apague el interruptor del quemador, restablezca el interruptor de seguridad después de permitir que se enfríe el elemento térmico un rato, restablezca el suministro principal de combustible.

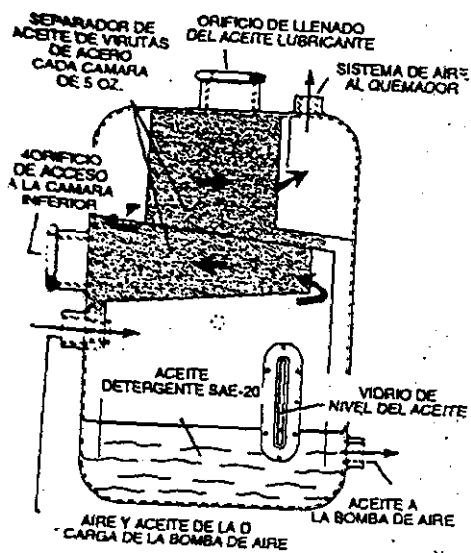
Mantenimiento del quemador de aceite, el quemador debe inspeccionarse para ver si ha ocurrido daño debido a un ajuste inadecuado de la combustión, el ajuste de la boquilla del aceite con relación al difusor y otros componentes es importante para el encendido apropiado y debiera verificarse. El sellamiento entre la cámara del quemador y el revestimiento del horno es de suma importancia. Su condición debiera verificarse periódicamente y repararse cuando se requiera. Coladores de aceite, se deben dar mantenimiento frecuente a los coladores de aceite a fin de mantener un flujo libre y completo de combustible.

Coladores para aceite liviano, el cedazo del colador del aceite combustible debe secarse y limpiarse periódicamente, se recomienda mover el cedazo cada mes y limpiándolo bien y sumergiéndolo en solvente y secándolo con aire comprimido, para sacarlo afloje el tornillo de la tapa teniendo cuidado de no perder el empaque de cobre, golpee ligeramente la tapa para aflojarla, inspeccione el empaque de la tapa, deslice las puntas de un alicate en la cruz en la parte superior del colador y gire hacia la izquierda para sacar la canasta. Vuelva a montar en el orden inverso.

Coladores para aceite pesado, mantenga despejado el cartucho del colador dándole regularmente una vuelta en cualquier dirección a la manija exterior. Haga esto a menudo hasta que la experiencia le indique la frecuencia de limpieza necesaria para mantener en óptimas condiciones el flujo. Si la manija ofrece resistencia para darle vuelta por descuido ocasional gire la manija hacia atrás y hacia delante hasta darle una vuelta completa. No forcé con llave u otra herramienta drene el colector de aceite tan a menudo como sea necesario, remueva el colector o cabezal y el ensamble del cartucho para darle limpieza e inspección completa a intervalos frecuentes, tenga cuidado de no dañar los discos del cartucho o las aletas de limpieza, lave los cartuchos con solvente no intente desarmar el cartucho.

Tratamiento del aceite combustible, las condiciones y calidad del aceite combustible que llegan al quemador pueden variar a tal extremo y grado que sea aconsejable el uso de aditivos para el aceite combustible para obtener la combustión apropiada y ayudar en el bombeo de aceite. Los tanques de almacenaje deben inspeccionarse periódicamente y eliminarse cualquier depósito que se haya eliminado.

Limpieza de la boquilla del aceite, el diseño del quemador junto con el sistema de purga del aceite de un quemador de aceite pesado hace innecesario limpiar la boquilla durante periodos de operación. Se debe efectuar una inspección rutinaria y una limpieza durante periodos ociosos o cuando el quemador esta quemando gas. Si en cualquier momento la llama del quemador aparenta estar filamentososa o floja es posible que la punta de la boquilla o el rotor se hayan obstruido parcialmente o gastado, cualquier bloqueo en la punta causara que el indicador de presión de aire aumente fuera de el normal. Para desarmar quite el pasador y el inyector del quemador. Meta el cuerpo de la boquilla en la prensa y use una llave de boca plana o una llave de horquilla para remover la punta. Remueva cuidadosamente el rotor y el resorte de fijación teniendo cuidado de no dejar caer o dañar ninguna pieza. De ser necesario limpie con un solvente adecuado para limpiar use un cepillo o un palito puntiagudo de madera suave en vez de un alambre o un objeto de metal cortante que pueda raspar o deformar los orificios y las superficies esmeriladas a precisión del rotor y de la punta, inspeccione si hay raspones o señas de desgaste que puedan



**TANQUE RECEPTOR  
AIRE-ACEITE**

inutilizar la boquilla, tome las precauciones necesarias cuando trabaje con solventes. La punta y el rotor son un juego parejo que fueron pulidos a precisión durante el ensamble. No intercambie piezas si se mantiene un juego de repuesto, cuando se arme de nuevo cerciorea de que el resorte de fijación quede en su lugar y que esta manteniendo firmemente el rotor contra la punta de la boquilla, el rotor es estacionario y no gira, pero le da un movimiento de remolino al aceite, el aro torico en el bloque de distribución del quemador sirve de sello para el tubo interno del aceite. Se recomienda reemplazarlo durante la inspección anual, al mismo tiempo inspeccione la superficie interna del tubo, al instalar el inyector vea que el orificio obstruido quede en la parte inferior del cuerpo de la boquilla, ver figura 6.15A de la pagina 116A.

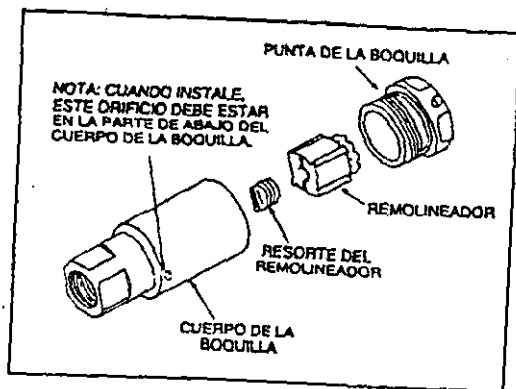
Sistema de ignición, para obtener una buena ignición mantenga la abertura y dimensión adecuada del alertado, inspeccione la punta del electrodo por si hay señas de picaduras o depósitos de combustión y reacondícelos con una lima fina. Verifique que el aislador de porcelana no este rajado, de estarlo reemplace el electrodo ya que el agrietamiento puede conducir el voltaje de la ignición a tierra, ya que el carbón es un conductor de la electricidad es necesario mantener la porción aislante del electrodo bien limpia, el amoniaco ayuda a eliminar el hollín o carbón, inspeccione los cables de la ignición para grietas en el aislamiento, también verifique que todas las conexiones entre el transformador y el electrodo estén apretados. Remueva periódicamente el tapón de acceso del aspirador del piloto de gas y quite la pelusa o material extraño que se haya acumulado.

Mantenimiento del quemador de gas, hay poco mantenimiento que efectuar en el quemador de gas fuera de inspeccionar los componentes para ver si hay evidencia de daño alguno debido a un ajuste inadecuado de la combustión, verifique periódicamente que haya un sello adecuado entre el extremo de la cámara del quemador y del refractario del horno, verifique también que le difusor no este cubriendo los orificios de salida en la cámara del quemador. Verifique el ajuste del electrodo y revise que el aislador de porcelana no este agrietado, de estarlo reemplace el electrodo ya que el agrietamiento puede conducir el voltaje de la ignición a tierra, inspeccione la punta del electrodo por si tiene señas de picadura o depósitos de combustión y reacondícelo con una lima fina de ser necesario para los ajustes del electrodo. Remueva periódicamente el tapón de acceso del aspirador del piloto de gas, y elimine la pelusa o material extraño que se haya acumulado. Inspeccione los cables de la ignición para grietas en el aislamiento, también verifique que todas las conexiones entre el transformador y los electrodos estén apretados.

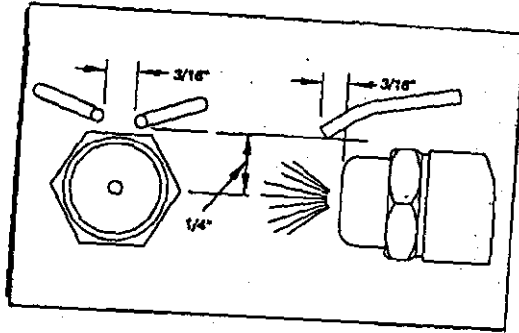
Válvula de gas motorizada, en caso la válvula no funcione cheque su operación y aplicando el voltaje adecuado en las terminales 1 y 2 del actuador, cerciórese de que la llave de paso principal este cerrada antes de la prueba, si el actuador no funciona reemplácelo, el actuador no se puede reparar y no debe desarmarse. Para sacar el actuador afloje los dos tornillos de fijación de allen que mantiene el collarín del actuador en el casquete de la válvula. Después de reemplazarlo haga funcionar la válvula cerrando la entrada de combustible para ver si abre y cierra, si la válvula tiene un indicador visual, observe el indicador a colores, amarillo - cerrado, rojo - abierto. El interruptor auxiliar normalmente utilizado como interruptor indicador de válvula cerrada es reemplazada como componente.

Válvulas solenoide, válvulas del piloto de gas, del aceite y respiraderas. Cualquier material extraño entre el sello de la válvula y el disco del sello puede causar filtraciones, las válvulas se pueden desarmar fácilmente, sin embargo se debe tener cuidado al desarmarlas y asegurar que no se dañen las piezas internas al sacarlas, lo mismo que al armar de nuevo la unidad. Cuando la bobina se energiza se puede oír un leve zumbido, si se oye un sumido



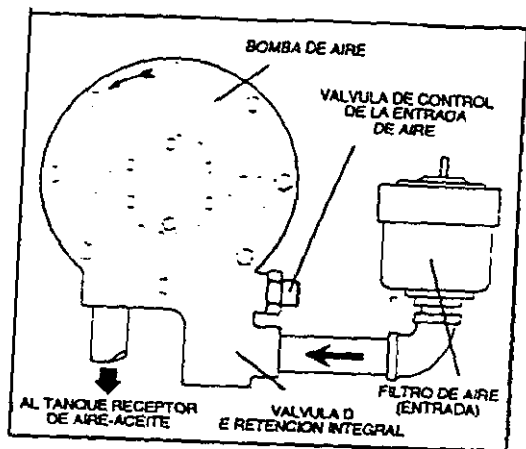


/ VISTA ESQUEMATICA DE LA BOQUILLA DEL QUEMADOR



✓ AJUSTE DEL  
ELECTRODO - PILOTO DE ACEITE

PAG. 113 A



**DETALLES DE LA  
BOMBA DE AIRE**

fuerte en la válvula o un ruido traqueteador verifique que el voltaje sea el adecuado y limpie detalladamente el ensamble del embolo y el tubo interior del mismo, no use aceite asegúrese que el tubo del embolo y solenoide queden bien apretados al armarse de nuevo, tenga cuidado de no amellar, abollar o dañar el tubo del embolo. Las bobinas pueden reemplazarse sin remover la válvula de la línea, asegúrese de desconectar la energía a la válvula, cheque la posición de la bobina y asegúrese de reinstalar las arandelas aisladoras o resortes de retención en el orden apropiado.

Resorte de la leva. Se debe inspeccionar mensualmente el resorte perfilado de la leva de combustible para ver si tiene desgaste, rayas o esta deformado. Si se encuentra alguna de estas condiciones se debe reemplazar inmediatamente el resorte para evitar que se rompa durante el funcionamiento. Teniendo cuidado de no dañar el resorte durante la instalación. Lubrique de vez en cuando el resorte de la leva con un lubricante de alta temperatura que no sea pegajoso ni gotee como el grafito o un derivado de silicón.

Ventilador de tiro forzado. La figura se muestra el flujo secundario o aire de combustión a través del orificio de la admisión, la cámara del conducto de conexión y el impulsor. La posición de las paletas del impulsor con relación a la cámara de entrada de aire es de extrema importancia a la capacidad de salida del ventilador, las paletas del impulsor no deben rozar o hacer contacto con la caja pero al mismo tiempo el espacio libre no debe ser mayor de 8 mm preferiblemente menos. El cuadro inserto en la parte superior derecha muestra una designación de rotación igual a la dirección de las agujas del reloj y rotación contraria a la dirección de las agujas del reloj. Verifique periódicamente que el ventilador este bien asegurado al eje del motor. Si la caldera se instala en un sitio polvoroso, verifique que las paletas no tengan depósitos de suciedad o tierra ya que esta acumulación puede disminuir la capacidad de ventilación o puede conducir a una condición desbalanceada.

Válvulas de seguridad. La válvula de seguridad es un dispositivo muy importante y merece la atención correspondiente él, propósito de las válvulas es la de prevenir una acumulación de presión mayor que la especificada para la caldera. El tamaño, capacidad y número de válvulas en una caldera se determina por el código ASME para calderas. La instalación de una válvula es de gran importancia para su duración. La válvula debe ser montada en posición vertical de manera que la tubería de descargue y los drenajes requeridos por el código puedan ser dirigidos apropiadamente para evitar acumulación de contrapresión y de materiales extraños alrededor del asiento de la válvula. Aplique solamente una cantidad moderada de compuesto para tuberías a la rosca y evite apretar demasiado ya que puede deformar los asientos. Use solamente llaves de boca lisa. Cuando instale una válvula de bridas use un empaque nuevo y apriete las tuercas de montaje uniformemente, no instale o remueva las válvulas de salida exteriores usando un tubo o llave en la salida. Se recomienda usar un codo colector o una conexión flexible entre la válvula y el tubo de escape, la tubería de descargue debiera estar dirigida y soportada de tal manera que no haga peso sobre la válvula. No pinte o aceite ninguna de las piezas internas de la válvula de seguridad, la válvula no necesita lubricación o capa protectora para funcionar apropiadamente. Sigán las recomendaciones del inspector de calderas, con relación a la inspección y prueba de la válvula, las frecuencias de las pruebas, ya sea usando la palanca elevador o aumentando la presión de vapor debiera basarse en la recomendación del inspector de calderas o el fabricante de la válvula. Evite la operación excesiva de la válvula de seguridad ya que solo abrirla una vez puede ocasionar filtraciones, las válvulas de seguridad deben operar solamente lo necesario para asegurar que están funcionando bien, cuando se requiera una prueba rápida eleve la presión de operación a la presión ajustada de la válvula de seguridad,

permitiendo que abra y se asiente de nuevo como si estuviera en la forma normal de servicio. No opere a mano la válvula con menos del 75% de la presión clasificada ejercida sobre la superficie de abajo del disco, cuando la opere con la mano, asegúrese de sostenerla en la posición abierta el tiempo suficiente para purgar el material extraño acumulado en el área del asiento y luego permítala que cierre. El uso frecuente de la válvula de seguridad causara que el disco y el asiento se gaste y que no selle adecuadamente. Esto causara fuga en la válvula, necesitando paralizar la caldera para repararla o reemplazarla, la reparación de la válvula debe ser efectuada únicamente por el fabricante o por su representante autorizado. Evite tener la presión de operación muy cerca de la presión clasificada de la válvula de seguridad, se recomienda un diferencial de 10 %, un diferencial más amplio es deseable asegurándole un mejor asiento y una vida mas larga de la válvula. Generar vapor es caro y por motivación económica, el desperdicio debe evitarse siempre que sea posible.

## CAPITULO 7

### REGLAMENTOS

#### 7.1 REGLAMENTOS PARA LA INSPECCIÓN DE GENERADORES DE VAPOR Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN.

Corresponde a la secretaria del trabajo y previsión social, por conducto de la dirección general de previsión social, vigilar la instalación, la operación y el mantenimiento en condiciones de seguridad de los generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, que se encuentre instalados y de los que en lo futuro se instalen en la república mexicana; resolver las dudas y los problemas que se presenten en la interpretación de este reglamento y mencionar sus infracciones.

La construcción de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, que se lleve a cabo dentro del territorio nacional, será vigilada exclusivamente y en la misma forma por la propia secretaria del trabajo y previsión social.

Así mismo, la secretaria inspeccionara la reparación de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, que se efectúa en fabricas o talleres, debiendo dará aviso en cada caso al propietario de unas y a otros, por escrito y a la misma secretaria, con el fin de que un inspector verifique si los trabajos fueron ejecutados de acuerdo con las disposiciones del presente reglamento.

Todos los generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, ya sean nuevos o reparados, deberán llevar un sello especial a golpe, que ele inspector designara aplicara en todos los casos, levantando el acta respectiva y sin cuyo requisito ningún fabricante o reparador podrá venderlos.

La violación de las disposiciones anteriores, será sancionado de acuerdo con él artículo 127 de este reglamento.

Artículo 3º . Los usuarios o sus representantes están obligados a hacer, plazos razonables, todas las reparaciones ordenadas por la secretaria del trabajo directamente o por sus inspectores, y tomar todas las medidas de seguridad que sean necesarias aun cuando no hayan sido señaladas dando en aquellos y estos casos, aviso previo y posterior por escrito a dicha autoridad.

#### 7.2 SOLICITUDES Y AUTORIZACIONES.

Artículo 6º. Todo usuario que pretenda utilizar generadores de vapor o recipientes sujetos a presión, deberán obtener de la secretaria del trabajo y previsión social, las autorizaciones de instalación y funcionamiento correspondiente.

Para obtener las autorizaciones de instalación y funcionamiento de generadores de vapor o recipientes sujetos a presión, los solicitantes deberán presentar los siguientes documentos.

#### CUANDO EL GENERADOR O RECIPIENTE SEA NUEVO:

Una solicitud que incluya:

- a) Nombre y dirección del usuario, o en su caso, *nombre de su representante legal* indicando lugar para recibir notificaciones.
- b) Determinación genérica y específica de la industria o negociación.
- c) Ubicación detallada del lugar en donde se pretenda hacer la instalación, cuando se haga en ciudad o poblado.
- d) Superficie de calefacción en metros cuadrados.
- e) Presión máxima de trabajo que se obtenga por él calculo o la administrada por el fabricante.
- f) Presión en kilogramos por centímetro cuadrado, a la que se pretenda sea reguladas las válvulas de seguridad.
- g) Copia fotostatica del certificado de construcción y
- h) Dos copias heliograficas del plano de construcción e instalación, a escala inconveniente y debidamente acotado en milímetros; indicando un corte transversal, un corte longitudinal, la planilla de cimentación, el lugar de ubicación con respecto al local de la factoría, un croquis de la costura longitudinal de las laminas cuando no están soldadas, los cálculos de superficie de calefacción, eficiencia de la unión, o costura, eficiencia de los ligamentos de tubos cuando los hubiere, presión máxima de trabajo y diámetro de la válvula de seguridad.

#### CUANDO EL GENERADOR RECIPIENTE SEA USADO.

- a) Solicitud y requisitos enunciados en el punto 1 anterior.
- b) Si el colector o *envolvente del generador de vapor* o recipiente a presión, tuviere parches debiera asentarse en los planos, debidamente acotado, un croquis que contenga el lugar en que aquellos estén colocados, si se hallan interior o exteriormente, espesor del material empleado, tipo de costura y diámetro y paso de los remaches.
- c) Para él calculo de la presión de esta especie de generadores de vapor, o recipientes sujetos a presión, se empleara siempre el *factor de seguridad a 5.5*.

Artículo 7°. Cumplido con lo que se expresa en él artículo anterior, si están satisfechas las condiciones de seguridad exigidas por este reglamento, la secretaria concederá al usuario la autorización respectiva para la instalación, devolviéndole aprobada una copia del plano de las instalaciones.

Artículo 8°. En casos especiales la secretaria podrá dar al usuario un *permiso provisional* para la instalación concediéndole a la vez un plazo no mayor de 30 idas para que cumpla con lo prevenido en él artículo 6° de este reglamento.

Artículo 9°. El usuario esta obligado a avisar a la secretaria la fecha probable de la terminación de la instalación para que la propia secretaria fije la fecha que debiera practicarse la inspección inicial y otorgue en su caso la autorización del funcionamiento respectiva.

La inspección no debiera retardarse mas de ocho idas de la fecha indicada por el usuario, y si la secretaria no pudiere practicarla dentro de este periodo podrá extender un permiso provisional de funcionamiento bajo la absoluta responsabilidad del usuario.

Artículo 10°. Cuando un generador quede permanentemente fuera de servicio, o sea vendido o trasladado a *otro lugar* (siempre que no sea portátil), el usuario en un plazo no mayor de 15 idas, dará aviso por escrito a la secretaria. Cuando haya suspensión temporal

mayor de seis meses en el funcionamiento del generador (siempre que no sea portátil) el usuario deberá solicitar nueva autorización.

### 7.3 INSPECTORES E INSPECCIONES.

Artículo 12°. El usuario avisara a la secretaria del trabajo la fecha probable de la instalación para que fije la fecha en que debe practicarse la inspección inicial; si el usuario recibiera algún perjuicio, lo manifestara así a la secretaria del trabajo y esta podrá fijar una nueva fecha para la practica de la diligencia.

Artículo 13°. Para efectuar la inspección periódica, la secretaria del trabajo avisara por escrito al usuario la fecha en que se practicara dicha inspección.

En caso de que la fecha señalada para la inspección no fuese posible hacerla por causa que justificara el usuario, la secretaria fijara, oyendo al usuario, la fecha para practicarla y que no podrá retardarse mas de 15 días de la fecha fijada primeramente.

Artículo 14°. La secretaria del trabajo asignara a cada generador de vapor y recipiente sujeto a presión, un numero oficial que el inspector deberá marcar en un lugar visible, con punzones de golpe de numero y letras.

Queda estrictamente prohibido alterar, cambiar o hacer desaparecer el numero oficial de cualquier generador o recipiente a presión. Dicho numero deberá conservarse durante todo el tiempo que dure en servicio el artefacto correspondiente.

Artículo 15°. La inspección comprenderá tres fases principales, en el orden siguiente:

Reconocimiento en frío. El usuario hará que el generador tenga todos sus registros de mano y nombre abiertos, y las superficies de calefacción limpias de escoria y de hollín, o de incrustaciones que pudieran haberse formado. El inspector tomara personalmente los datos necesarios para llenar el informe de inspección correspondiente cerciórese de que el generador o el recipiente se encuentren de acuerdo con las prescripciones del presente reglamento. La superficie de calefacción que se utilizara para el calculo de la potencia, deberá ser la dada por el fabricante y ratificara por el inspector, entendiéndose de que si la diferencia obtenida no fuera mayor o menor de 10% se utilizara siempre la suministrada por el fabricante. Si no existiera este dato, en las inspecciones periódicas se aceptara siempre la calculada por el inspector en la inspección inicial. Prueba hidrostática. Antes de practicar esta prueba el inspector calculada la presión máxima de trabajo, a la que pueda trabajar el generador o el recipiente. Si el usuario deseara operarlos a menor presión, la prueba se hará usando la siguiente tabla:

Presión máxima de trabajo:

$$P = Kg/cm^2$$

Igual o menor de 2

De 2 a 10

De 10 o mayor

presión de prueba:

$$P = Kg/cm^2$$

$$P = p \text{ mas } 1$$

$$P = 1.5 \text{ veces } p$$

$$P = p \text{ más } 5$$



El usuario hará que el generador este perfectamente cerrado en todos sus registros y conexiones, lleno de agua con su válvula o válvulas de seguridad desconectadas o amordazadas, los niveles incomunicados y conectada la bomba de prueba.

- a) El inspector tendrá especial cuidado que la elevación de presión sea paulatina, y se cerciorara a medida que esta se eleve, de que no haya fugas o deformaciones perceptibles del material. En el caso de haber fugas, ordenara que sean reparadas, efectuando nuevamente la prueba hasta lograr que sea satisfactoria.
- b) En caso de que se presenten deformaciones al hacer la prueba, el inspector la suspenderá hasta que sea reparada, en tal forma que al efectuarse la nueva prueba, los materiales no presenten deformación alguna. En este ultimo caso el usuario pagar nuevos derechos de inspección.
- c) El abatimiento de presión no debiera ser mayor de 10% en 10 minutos de duración y la presión hidrostática no debiera ser superior de al 6% de la necesaria.
- d) La prueba hidrostática durara el tiempo necesario para que el inspector revise el generador cerciorándose de su estado, y será forzosa en la inspección inicial, así como las que se hagan inmediatamente después de concluidas las reparaciones efectuadas a las partes que determinen la seguridad del generador.
- e) En las inspecciones periódicas o extraordinarias, la prueba hidrostática se aplicara únicamente si el inspector la juzga conveniente o si ha recibido instrucciones especiales de la secretaria.
- f) El inspector en caso de que no practique la prueba hidrostática debiera justificar inmediata y plenamente a la secretaria las causas que determinaron su abstención. Los recalentadores deberan ser probados a presión hidrostática, al mismo tiempo que el generador, haciéndose esta prueba hasta la primera válvula de servicio instalada en la tubería principal del vapor, y cuando sean necesarios se probaran también los separadores.

Prueba de vapor. Se llevara a cabo después de la prueba hidrostática, si se hubiera efectuado o del reconocimiento en frío.

- a) El inspector se cerciorara de que no hay fugas y regulara la o las válvulas de seguridad haciéndolas que escapen varias veces, hasta lograr que lo efectúen a la presión máxima de trabajo que se permita con las tolerancias que este reglamento fija en su artículo 45. Igualmente comprobara la capacidad de la misma por el método de acumulación para regular y sellar la o las válvulas de seguridad cerrando todas las tomas de vapor y forzando a su máximo los fuegos.
- b) Se revisaran los aparatos y accesorios siguientes: tanques para agua de alimentación y para combustible, bombas de alimentación e inyectores, tuberías para agua de alimentación y para combustible con sus válvulas y conexiones, economizadores y filtros instalados en las líneas de alimentación, calentadores de combustible y quemadores, sistema de combustible, carboneras, válvulas de toma de vapor y descarga sistema tiro, aparatos de seguridad en caso de que los haya, niveles y manómetros.
- c) Las tuberías y accesorios auxiliares deberan estar de acuerdo con las especificaciones de este reglamento.

Artículo 16°. Una vez terminada la inspección, el inspector formara su documento, debiendo remitir a la secretaria los originales de: acta e informe de inspección, orden de reparaciones y aviso de pago sellado por la oficina federal de hacienda, ante la cual corresponda hacer el pago. El inspector entregara al usuario copia del acta, del aviso de

pago y de la orden de reparaciones, debiendo proporcionar otra copia de la orden de reparaciones a la comisión de seguridad de la fabrica o empresa.

Si las reparaciones que ordene el inspector ameritan el paro inmediato del funcionamiento del generador, lo anotara así en el pliego de ordenes de reparaciones y el usuario no podrá poner en servicio el generador hasta que las reparaciones hayan sido debidamente ejecutadas.

En todo caso el inspector fijara de acuerdo con lo estipulado en el párrafo siguiente, el plazo dentro del cual deberan ser hechas las reparaciones al terminarlas, el usuario dará aviso por escrito a la secretaria.

El plazo señalado por la secretaria y por el inspector y dentro del cual deban efectuarse una o más reparaciones, será fijado por escrito y se contara a partir de la fecha en que se conceda. Al fijarlo se tomara en cuenta la facilidad para conseguir materiales en la localidad en que se encuentre el generador y las comunicaciones normales.

Los inspectores nunca podrán fijar plazos mayores de 30 dias y el usuario podrá solicitar por escrito a la secretaria, presentando pruebas determinantes, la ampliación de dichos plazos.

Si el estado del generador de vapor o recipiente a presión no presenta seguridad, aun en el caso de haber sido reparados, el inspector marcara con punzón de letras, en un lugar perfectamente visible y al frente las palabras: FUERA DE SERVICIO.

Artículo 17°. Certificado de inspección. Cuando el generador o el recipiente se encuentra en buen estado de funcionamiento al terminarse la inspección y las reparaciones ordenadas, la secretaria del trabajo extenderá un certificado de inspección autorizando el funcionamiento, y que deba ser colocado en un cuadro con vidrio en lugar visible, cercano al que ocupa el generador de vapor o recipiente a presión.

Artículo 18°. Cuando un inspector comprueba debidamente ante la secretaria que un generador o un recipiente exigen reparaciones o medidas de seguridad importantes, y que notoria y substancialmente están indicadas, se aplicaran sanciones al usuario así como al jefe de planta o encargado, cuando hayan dejado de cumplir con lo prescrito en el artículo 84.

Artículo 19°. Cuando un inspector no exija una reparación o medida de seguridad que sea necesaria y notoria a juicio del jefe de planta o encargado del generador o recipiente esta ultima persona deba hacer la anotación respectiva en el libro diario y el usuario procederá como en el caso del artículo 84, pero poniendo desde luego los hechos en conocimiento de la secretaria.

Artículo 20°. Si un inspector no exige las medidas de seguridad o reparación notorias y substancialmente necesarias a juicio de la secretaria esta aplicara al jefe de planta o encargado a que se alude en el artículo anterior, las sanciones correspondientes cuando no hay las anotaciones de que habla el artículo, así como el usuario que no de aviso a la secretaria en el termino de 10 días.

Artículo 21°. El usuario tiene la misma obligación que impone el artículo 19 al jefe de planta o encargado independientemente del aviso a que se refiere el propio artículo. La falta de cumplimiento será sancionada.

Artículo 22°. Los usuarios y jefes de planta o encargados tienen la obligación de dar a los inspectores especiales o generales, todas las facilidades para el desempeño de su función, así como los informes que la secretaria les pida sobre la conducta de los inspectores.

Artículo 23°. La secretaria mantendrá los inspectores generales necesarios y organizara su servicio en la forma adecuada para realizar sus fines de vigilancia y supervisión.

Artículo 24°. Las inspecciones a ferrocarriles de concesión federal, podrán ser efectuadas por inspectores especiales de la propia empresa, siempre que reúnan los requisitos fijados en el artículo II y que sean trabajadores de la empresa. Estos inspectores estarán registrados en la secretaría del trabajo, se ajustaran en todo el presente reglamento, y sus inspecciones causaran los derechos respectivos.

## 7.4 INSTALACIONES.

Artículo 25°. Para la instalación de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, se tomara en cuenta su potencia y el lugar en donde se van a instalar, así como las prescripciones siguientes:

A.- Instalación, en poblado, de generadores de 201 metros cuadrados de superficie de calefacción o más.

1. - Deberan ser instalados en un departamento o cuarto especial fuera de casa habitada o de local muy frecuentado y no habrá encima talleres en que haya personal fijo.
2. - Las paredes, pisos y techos del departamento o cuarto para los generadores de vapor deberan ser contruidos de material incombustible.
3. - Las paredes del departamento o cuarto de generadores de vapor, deberan quedar a una distancia mínima de tres metros de la vía publica o predio vecino, si el generador se instala al mismo nivel exterior, y solo podrán hacerse instalaciones en foso, en casos especiales y con autorización de la secretaría del trabajo y previsión social.
4. - La distancia mínima entre el generador de vapor y las paredes del departamento o cuarto de generadores será de un metro.
5. - Debera existir un espacio libre de dos metros, sobre la parte superior del generador y el techo o estructura del mismo.

B.- instalación, en poblado, de generadores de vapor comprendidos entre 76 y 200 metros cuadrados de superficie de calefacción.

- 1- Podrán ser instalados dentro del taller, pero fuera del local habitado.
- 2- La distancia mínima entre el generador y la vía publica, predio vecino o locales habitados, debera ser de tres metros.
- 3- La distancia mínima entre el generador de vapor y cualquier pared, que no sea del predio vecino o local habitado será de un metro.
- 4- El espacio libre mínimo sobre la parte superior de los generadores, será el señalado en el inciso cinco, fracción A, de este artículo.

A.- Instalación, en poblado, de generadores de vapor comprendidos entre 2 y 75 metros cuadrados de superficie de calefacción.

B.- Podrá hacerse en cualquier sitio, a condición de que sean instalados a una distancia mínima de tres metros de la vía publica o predio vecino, y un metro de distancia mínima de cualquier pared.

C.- Instalación en poblado de generadores de vapor portátiles.

D.- Los que tengan una duración mayor de 2 años sé regirán por las disposiciones anteriores, de acuerdo con la potencia del generador y lugar de instalación.

E.- Instalación en poblado de generadores de vapor del tipo llamado inexplosible.

F.- Sin distinción de potencia, podrá hacerse en cualquier sitio y a distancias mínimas de un metro entre el generador y lugares transitados, de tres metros de predio vecino, y de un

metro de cualquier otro muro o pared. En todos los casos el generador debera estar dotado, de medios aislantes que protejan las paredes del predio vecino o del lugar en que este instalado, contra la acción del calor irradiante.

G.- Instalación de generadores en despoblado.

H.- Cualquier que sea la potencia de un generador, este podrá ser instalado a la distancia mínima de un metro entre el generador, o batería de ellos y los lugares transitados, de tres metros de predio vecino y de un metro a cualquier pared.

Artículo 26°. Autorizaciones para instalar generadores y recipientes en poblado. Toda autorización para la instalación de generadores o recipientes en el distrito federal y ciudades de mas de 50 mil habitantes, estar condicionara a la licencia que expida el departamento del distrito federal o la autoridad municipal correspondiente, solo en lo que se refiere a su ubicación.

Artículo 27°. Cimentación, o base sobre la que se pretenda hacer la instalación de generadores, debera construirse con la solidez y rigidez necesarias para soportar todo el peso del generador, chimenea y demás accesorios sin sufrir deformaciones.

Artículo 28°. Registros en la mampostería, de los generadores de vapor deberan dejarse aberturas de cuarenta y cinco centímetros por lado como mínimo y en numero necesario, a fin de permitir la inspección de las costuras longitudinales y el acceso a cualquier parte del generador, con el objeto de inspeccionarlo sin necesidad de destruir la mampostería. Las aberturas deberan estar provistas de puertas u otros medios de cierre.

Artículo 29°. Espacio entre parte del generador y de su mampostería, en los lugares en que las partes del generador o sus conexiones deben atravesar la mampostería, deberan dejarse espacios libres no menores de 25 milímetros, que se rellenaran con asbesto y otros materiales de calidades semejantes.

Artículo 30°. Conductor de gases, en la instalación de los generadores y construcción de sus mamposterías deberan tenerse especial cuidado en evitar la acumulación de gases en los recodos de los conductos que constituyen un serio peligro y pueden ser causa de serios perjuicios a los generadores.

Artículo 31°. Hogares, en los generadores de hogar interno, que utilicen combustible liquido o gaseoso cuya flama incida sobre la superficie de calefacción deberan estar protegidas con materiales refractarios en un espesor mínimo de diez centímetros.

Artículo 32°. Hogares independientes, todos los generadores que utilicen combustibles líquidos, gaseosos o bagazo y cuyos hogares tengan dimensiones insuficientes para la compleja combustión, deberan estar dotados, siempre que el tipo de construcción del generador lo permita, de hogares independientes que llenen los requisitos siguientes:

1. - Deberan tener las dimensiones suficientes para que la combustión sea completa dejando pasar únicamente los gases producidos sin flama alguna.

2.- deberan ser construido de ladrillo u otro material refractario en un espesor mínimo que corresponda al material empleado, revestido en el exterior de ladrillo rojo de buena calidad o lamina de fierro.

3. - Entre el material refractario y el revestimiento exterior se dejara un espacio no menor de cinco centímetros que se rellenara con carbón vegetal sólido, asbesto, magnesio y otro material, a fin de evitar que el revestimiento exterior se caliente demasiado.

Artículo 33°. Chimeneas, deberan reunir los requisitos siguientes:

1. - Tendrán la capacidad suficiente para dar salida a todos los gases producidos por la combustión.

2. - tendrán la altura necesaria para que llenen debidamente su objeto y en todo caso, la mínima debiera ser tal, que sobresalga un metro veinticinco centímetros del techo del edificio o cuarto de generadores cuando no haya edificio cercano, o tres metros del edificio mas alto que se encuentre dentro del perímetro de diez metros alrededor de ellas.

3. - Deberan ser construidas de manera que garanticen su completa estabilidad y podrán ser metálicas, de concreto armado, de piedra o de ladrillo con mortero de cemento. Cuando se utilicen materiales alterables al fuego deberan revestirse interiormente con materiales a prueba de fuego, hasta la altura que fuere necesaria, según la temperatura de los gases de salida, deberan estar convenientemente atirantadas para lograr su estabilidad.

4. - cuando las dimensiones de la chimenea lo requiera debiera contar con aberturas practicadas en su base con puertas de cierre para que pueda fácilmente ser limpiadas e inspeccionada.

Artículo 34°. Protección de tuberías, todas las tuberías de servicio de un generador que pasen por los hogares o conductos de gases, deberan ser revestidas con un aislante de material refractario. Al atravesar las mamposterías se le debiera dejar alrededor un espacio que permita sus libres contracciones o dilataciones y se rellenara este espacio con materiales aislantes.

Artículo 35°. Combustibles líquidos, las instalaciones para el empleo de combustibles líquidos de generadores de vapor, reunirán los siguientes requisitos.

1. - Los tanques de abastecimiento de los quemadores deberan ser construidos con lamina, completamente cerrados y provistos de un tubo de ventilación que lleven los gases que puedan formarse en aquellos, fuera del local ocupado por los generadores. El tubo de la ventilación tendrá en su extremo un cuello de ganso provisto con tela metálica de no menos de 15 hilos por centímetro lineal. Queda estrictamente prohibido el uso de tanques abiertos, para el almacenamiento de combustibles fluidos en un perímetro de diez metros del lugar ocupado por el generador o algún quemador o calorifero.
2. - los tanques deberan ser instalados sólidamente, de manera que garanticen por completo su estabilidad.
3. - no existirán fugas en las tuberías para el servicio del sistema, y este debiera estar provisto de las válvulas necesarias para incomunicar el tanque y el quemador o quemadores en caso necesario.
4. Al apagar el generador, sé tendrá cuidado de ventilar los lugares y conductos de gases para evitar accidentes en el incendio.
5. - Para la ignición del combustible en los quemadores deberan emplearse medios que permitan su fácil encendido sin que el combustible se derrame en el hogar, y eliminar así el peligro de que al encenderse, lo haga bruscamente.
6. - Cerca del generador y el alcance del operador, deberan tenerse siempre uno o más recipientes metálicos que en su máximo contengan arena y cuya capacidad mínima en conjunto sea de un metro cubico. Además se tendrá un extinguido de incendio para cada generador o batería de ellos.
7. - Las válvulas de servicio de los tanques así como las de entrada de vapor o los interruptores eléctricos de las bombas para el aceite combustible, deberan contar con medios eficientes para ser operadas.
8. - Los tanques para combustible deberan tener los medios necesarios para llenarlos, sin que existan derrames, y para calentarlos, se empleara el sistema de serpentines.

9.- Cuando, utilizándose combustible sólidos se pretende utilizar combustible líquido deberá solicitarse a la secretaria del trabajo el permiso respectivo, adjuntando los planos del proyecto y la memoria descriptiva correspondiente.

Artículo 36°. Combustibles sólidos, para usar combustibles sólidos se deberán tener las herramientas necesarias para el manejo de los fuegos, y en lugar cercano al cuarto de generadores los extinguidos de incendio necesarios.

## 7.5 REPARACIONES.

Artículo 37°. Las reparaciones a los generadores, sistemas y materiales empleados en ellos, además de llenar las prescripciones del presente capítulo deberán reunir los requisitos que para la construcción señalan las especificaciones tipo aceptadas universalmente.

Artículo 38°. Los parches que hubiere necesidad de colocar en los generadores deberán llenar los requisitos siguientes:

1.- El procedimiento que se empleara para su colocación será el de remachado a costura sencilla o el de soldadura por medio del arco eléctrico, si el parche si el parche su utiliza en superficies atirantadas.

2. - Ninguna costura de mas de tres pasos del remachado, en el sentido longitudinal del generador podrán estar en contacto directo con la flama.

3.- Podrán ser proyectados mediante el sistema de costuras diagonales y serán calculados de acuerdo con las indicaciones contenidas en el anexo de este reglamento.

4.- los parches circulares o semicirculares, solo podrán colocarse cuando su diámetro no exceda de 20 centímetros y no serán tomados en consideración al calcularse la presión máxima de trabajo del generador.

5. - En reparaciones de carácter permanente, queda prohibido el uso del llamado tornillo de parche, pudiéndose utilizar solo en reparaciones provisionales y en las partes del generador en que no fuere posible la colocación de remaches, pero previa aprobación de la secretaria.

Artículo 39°. Soldadura a fusión la soldadura a fusión solo se empleara cuando la seguridad del generador no dependa únicamente de la resistencia de la soldadura. Se permitirá en superficies atirantadas, o en las que se atiranten para reforzar un parche, así como para recalcar las uniones. En general se permitirá el uso de la soldadura a fusión en todos los casos previstos por los códigos de calderas universalmente reconocidos como autoridades en la materia siempre que la soldadura sea aplicada por un perito que además use los materiales adecuados.

Artículo 40°. Cuando por causa de fuerza mayor, hubiere necesidad de efectuar reparaciones en partes que afecten la seguridad de los generadores aun cuando estos no hubieren sido inspeccionados o habiéndolo sido, no hubiere existido la necesidad de ordenar tales reparaciones, el usuario procederá a hacerlas desde luego y conforme a las prescripciones de este capítulo. Al concluir de hacer estas reparaciones el usuario deberá dar aviso inmediato y por escrito a la secretaria, especificándolas e indicando todas las pruebas que hubiera llevado a cabo.

## 7.6 APARATOS AUXILIARES Y ACCESORIOS.

Artículo 43°. Válvulas de seguridad, todo generador cuya superficie de calefacción sea menor de 50 metros cuadrados o que su capacidad evaporativa sea hasta de mil kilogramos

de agua por hora, tendrá una válvula de seguridad. Cuando su superficie de calefacción o capacidad evaporativa sea mayor de que los valores indicados anteriormente tendrá dos o más válvulas de seguridad.

Todo recipiente sujeto a presión debiera tener las válvulas necesarias para su seguridad debidamente calculadas.

Artículo 44°. Tipo de válvulas de seguridad permitidos, solo se permitirá el empleo de válvulas de seguridad del tipo resorte de carga directa. Queda prohibido el empleo de válvulas de seguridad llamadas palanca y peso directo.

Artículo 45°. Ajuste, una o más válvulas de seguridad del generador se ajustaran a la presión máxima de trabajo permitida pudiéndose ajustar el resto de ellas dentro de un tres por ciento de exceso para cada una sin que la suma de por cientos de exceso en el ajuste de todas ellas exceda del diez por ciento de la presión máxima de trabajo permitida.

Artículo 46°. Capacidad, la capacidad máxima de descarga de una válvula de seguridad debiera determinarse a una presión de tres por ciento mayor a la que tenga de ajuste, con una diferencia entre las presiones de apertura y de cierre no mayor de cuatro por ciento de la de ajuste, no debiendo ser esa diferencia en ningún caso menor de ciento cuarenta y un gramos por centímetro cuadrado. El diámetro de las válvulas o válvulas de seguridad se calculara dé acuerdo con la formula señalada en el artículo 108.

Artículo 47°. Instalación, la instalación de las válvulas de seguridad en los generadores debiera llenar los requisitos siguientes.

1. - Todo generador debiera tener conexiones apropiadas para la válvula o válvulas de seguridad requeridas independientemente de cualquiera otra conexión de vapor, debiendo ser el área del orificio igual al área o la suma de las áreas de la válvula o válvulas que de el dependan.

2. - las válvulas de seguridad deberan colocarse lo mas cerca posible del generador y, en ningún caso se permitirá que haya válvulas de cierre entre ambos, ni tampoco en el tubo de descarga de las mismas a la atmósfera.

3.- Cuando se usen tubos de descarga estos deberan tener una área no menor que la de la válvula y estarán equipados con dispositivos de desagüe para evitar que el agua se acumule en la parte superior de la válvula.

4.- Cuando se coloque un codo en el tubo de descarga de la válvula se pondrá cerca de esta debiendo estar el tubo fijamente sostenido.

5.- Si se usa un silenciador en la válvula, el área de salida debiera ser lo suficientemente amplia para evitar que la contrapresión entorpezca la operación o disminuya la capacidad de descarga. Además estará construido de manera de evitar que se obstruya la salida de vapor, depósitos o desprendimientos de sus partes constitutivas.

6.- La descarga de la válvula o válvulas de seguridad debiera hacerse siempre fuera de las plataformas o andamios de trabajo de los generadores.

Artículo 48°. Válvulas de seguridad de recalentadores, dentro de la capacidad de descarga de la válvula o válvulas de seguridad de todo recalentador, unido a su generador, debiera estar incluida la de las válvulas de seguridad del generador, siempre que no haya válvulas intermedias entre la de seguridad del recalentador y la del generador y siempre también que la capacidad de descarga de la válvula o válvulas de seguridad del generador sea por lo menos de setenta y cinco por ciento de la capacidad total requerida.

Artículo 49°. Tubos de nivel, nivel mínimo será aquel en que no haya peligro de recalentamiento en cualquiera de las partes del generador cuando sea operado a este nivel y debiera quedar por lo menos a setenta y seis milímetros arriba del nivel peligroso.

Todo generador debiera tener por lo menos un tubo de nivel colocado de manera que la parte visible más baja del mismo de agua permitido.

Artículo 50°. Columnas de agua, además de los tubos de nivel podrán usarse en los generadores las llamadas columnas de agua. Las conexiones a la columna de agua deberan estar en relación con la potencia del generador. En los generadores que trabajen a presiones de 17.5 kilogramos por centímetro cuadrado, las conexiones deberan ser de bronce, y para presiones mayores deberan ser tubos de acero, hierro forjado o cualquier otro material capaz de resistir con seguridad las temperaturas correspondientes a la presión máxima de trabajo permitido. Queda prohibido hacer conexiones de tomas de vapor en los tubos que comunican al generador con la columna de agua o tubos de nivel.

Artículo 51°. Cuando se usen medios de incomunicación en los tubos entre los generadores y las columnas de agua o tubos de nivel, estos medios deberan ser, válvulas de compuerta del tipo de yugo y cuerda exterior o espitas, o grifos de cierre con las palancas sujetas permanentemente a ellos y marcadas en línea con el paso de vapor. En generadores que trabajan a mas de siete kilogramos por centímetro cuadrado, los grifos de cierre serán del tipo de macho sostenido en su lugar por prensa estopa.

Artículo 52°. La columna de agua o tubo de nivel debiera estar provista de un grifo o válvula de purga por conexión conveniente al cenicero u otro punto de desagüe seguro. Si la conexión de agua tiene una curvatura levantada o lazo que no pueda ser desaguado por medio de la purga de la columna de agua, debiera colocarse una purga en esta conexión con el objeto de que pueda ser descargada, limpiando de sedimento la tubería. La tubería de purga de la columna de agua debiera tener un diámetro suficiente para efectuarla.

Artículo 53°. Los tubos de nivel deberan estar dotados de defensa apropiada para evitar que al romperse, estando en servicio el generador pueda lesionar a las personas que se encuentren cerca del.

Artículo 54°. En los tubos de nivel se podrá usar válvulas automáticas del tipo esfera.

Artículo 55°. Grifos de prueba, todo generador debiera tener dos o más grifos de prueba colocados dentro del espacio correspondiente a la parte visible de los tubos de nivel, excepto cuando el generador tenga dos tubos de nivel con conexiones independiente para cada uno de ellos y deberan estar colocados en la misma línea horizontal a una distancia no menor de 61 centímetros entre sí.

Artículo 56°. Manómetros, todo generador debiera tener un manómetro conectado a su cámara de vapor y para los de doble frente uno por cada lado. El manómetro debiera estar dotado de un sifón o dispositivo equivalente de capacidad suficiente para conservar su espiral lleno de agua. Para presión y temperaturas mayores de 17.5 kg/cm<sup>2</sup> y 205°C las conexiones que deben estar llenas de vapor deberan ser de acero y otro material capaz de resistir las temperaturas correspondientes a la presión máxima de trabajo permitida.

Cuando para la instalación de los manómetros sea necesario utilizar una tubería larga, podrá usarse una válvula de cierre o un grifo tan cerca como sea posible del generador y que marque claramente la posición abierto. Dicha tubería debiera estar dotada de un grifo de prueba ser de dimensión suficiente para el buen funcionamiento del manómetro o manómetros y montada de manera que pueda ser fácilmente limpiada en su interior.

Artículo 57°. La carátula del manómetro debiera estar graduada en kilogramos por centímetro cuadrado hasta una presión aproximada del doble de la presión máxima de trabajo a la que este ajustada la válvula de seguridad y en ningún caso a menos de 50% en exceso de dicha presión. Los manómetros deberan estar montados en sitios en que puedan ser vistos fácilmente por el personal encargado del manejo del generador y dotados por



medio de alumbrado directo en los casos en que la luz natural no fuere suficiente para hacer con facilidad la lectura del mismo.

Artículo 58°. Todo generador deba estar provisto de una conexión para tubería de 6.35 milímetros de diámetro interior con válvula y niple con el objeto exclusivo de que el inspector pueda conectar el manómetro patrón, a fin de comprobar la exactitud del manómetro del generador.

Artículo 59°. Alimentación de agua, todo generador deba tener un sistema de alimentación de agua y los de tipo locomotora y mayores de cincuenta metros cuadrados de superficie de calefacción deban tener dos sistemas independientes instalados, en los cuales uno de ellos será de bomba pulsometro o inyector. Cuando para alimentar el generador se cuenta con un medio de alimentación a una presión de seis por ciento mayor de la máxima de trabajo permitido, este medio se considerara como uno de los sistemas. En los generadores cuyas superficies de calefacción sean mayores de nueve metros cuadrados, la tubería de alimentación deba tener un diámetro interior mínimo de 15 milímetros.

Artículo 60°. El agua de alimentación deba introducirse al generador de manera que no descargue directamente contra las superficies expuestas a los gases a altas temperaturas o a la radiación directa del fuego ni cerca de las juntas remachadas de las planchas que forman la envolvente, el colector u hogar.

Artículo 61°. Cuando se usen tubos internos y externos para la alimentación estos deban formar un paso continuo y estar arreglados de tal manera que la remoción de uno no interfieran con el otro.

Artículo 62°. Toda tubería de alimentación tendrá conectada una válvula de retención cerca del generador y una de cierre o grifo entre la de retención y el generador. Cuando haya dos o más generadores, que se alimenten con la misma tubería, además de la válvula de retención habrá una de cierre en cada derivación para los generadores. Cuando se usen válvulas de globo en el tubo de alimentación, la admisión está abajo del cono de la válvula.

Artículo 63°. Tuberías de extracción, todo generador deba tener un tubo de extracción de fondo, provisto de una llave macho o llave especial, conectada directamente al generador en la parte más baja posible de su cámara de agua. El diámetro interior mínimo del tubo o llave de macho y conexiones deba ser de 25 milímetros, en los generadores cuyo envolvente o colector tenga un diámetro menor de 610 milímetros, el diámetro interior mínimo del tubo o llave y conexiones podrán ser de 19 milímetros. Podrán usarse conexiones de retorno de las mismas dimensiones o mayores de las indicadas anteriormente a las que se podrán conectar la tubería de extracción pero en tal forma que la conexión pueda ser completamente desaguada.

Artículo 64°. Cuando se empleen llaves de macho, en las extracciones de fondo deban tener el macho sostenido en su lugar por medio de prensa estopa. El extremo del macho deba tener una marca clara que indique la posición de abierto. La tubería de extracción deba ser de fierro forjado o de acero del tipo reforzado.

Las tuberías entre el generador y las llaves deban ser del tipo reforzado. Para presiones mayores de 17.5 kilogramos por centímetro cuadrado, las llaves y conexiones que se empleen deban ser de acero.

Artículo 65°. En todos los generadores cuando la presión máxima de trabajo sea mayor de 8.75 kilogramos por centímetro cuadrado, las tuberías de extracciones de fondo deban tener dos llaves del tipo forzado. En los generadores que tengan tuberías múltiples de descarga una sola llave maestra deba colocarse en la tubería común en la descarga del generador y una en cada descarga individual.

Podrán usarse dos llaves independientes o combinadas en un solo cuerpo siempre que la combinación equivalga a dos llaves independientes o de manera que el desperdicio de una no afecte la operación de la otra.

Artículo 66°. Cuando se usare extracción de superficie esta no deba ser mayor que la correspondiente a tubería de 38 milímetros de diámetro interior y los tubos internos y externos deberán formar un paso continuo de tal manera que la remoción de uno no interfiera con el otro.

Artículo 67°. Tomas de vapor, toda tubería de vapor deba estar provista de una válvula de cierre colocada tan cerca del generador como sea posible. Cuando tales salidas sean mayores de 15 centímetros la válvula o válvulas usadas en la conexión deberán ser del tipo de vástago ascendente cuerda exterior y yugo y el volante podrá estar unido sea al yugo y al vástago.

Artículo 68°. Cuando la presión máxima de trabajo permitida sea superior a nueve kilogramos por centímetro cuadrado, las válvulas principales de cierre de los generadores y accesorios de tubería, entre el generador y la válvula o válvulas, deberán ser del tipo reforzado o extrareforzado, de acuerdo con la presión máxima de trabajo.

Artículo 69°. Cuando dos o más generadores que tengan registros de hombre estén conectados a una misma tubería principal de vapor, deberán tener, entre el generador y la tubería principal, dos válvulas de cierre y un purgador suficiente entre ellas. El escape del purgador deba ser visible al operador mientras opere las válvulas. Una de las válvulas de cierre deba ser de preferencia, de retención colocada cerca del generador, y la otra del tipo de cuerda exterior y yugo, o bien dos de estas.

Artículo 70°. Cuando una válvula de cierre este colocada de tal manera que pueda acumularse agua, deba proveerse a la tubería de un purgador suficiente.

Artículo 71°. Las tuberías principales de vapor deberán estar provistas de medios o dispositivos para compensar su expansión o contracción, así como estar ancladas fuertemente en los puntos en que sea conveniente de tal manera que no se transmitan esfuerzos inmoderados a los generadores. Deberán usarse colectores de vapor en la tubería principal, cuando haya pulsaciones fuertes debidas a las corrientes de vapor que causen vibraciones en las placas del generador.

Artículo 72°. Los recalentadores de vapor están equipados por lo menos con un purgador colocado de tal manera que proporcione la mayor eficiencia para la operación apropiada del recalentador.

Artículo 73°. Los accesorios de hierro fundido con brida para tubería deberán del tipo reforzado siempre que estén abajo del nivel mínimo de agua. Para presiones mayores de 16.5 kilogramos por centímetro cuadrado deberán aumentarse el espesor de la brida para darle un factor de seguridad por lo menos igual al de dos accesorios de construcción normal y de acuerdo con las presiones máximas de trabajo.

Artículo 74°. Los accesorios y tuberías deberán roscar en orificios con cuatro hilos como mínimo.

Artículo 75°. Cuando la presión máxima de trabajo sea mayor de siete kilogramos por centímetro cuadrado las conexiones al generador mayores de 76 milímetros no deberán tener uniones con cuerda. Se emplearán accesorios de brida remachados directamente a la envolvente o al fondo, o podrán conectarse directamente al generador por medio de una brida plana montada con espárragos. Estos no serán menores de 19 milímetros de diámetro y deberán tener no menos de 10 hilos en cada 2.5 centímetros de longitud y el espesor de la plancha del generador no deba ser menor que el diámetro de los espárragos.

El esfuerzo de tensión permitido en los espárragos no deberán ser mayor que el esfuerzo tolerado para las conexiones de brida del mismo diámetro con tornillos.

Artículo 76°. Los generadores que tengan la boca del hogar provista de protector con camisa de agua o dispositivos semejantes con tuberías de conexión al generador y con válvulas en ellas, serán del tipo de paso directo y construidas para la presión máxima de trabajo y deberán tener un índice que señale claramente la posición de abierta. El protector o dispositivo deberá tener una válvula de seguridad que descargue la sobrepresión que se presenta.

## 7.7 JEFES DE PLANTA, OPERADORES Y FOGONEROS.

Artículo 77°. Para ser jefe de planta, operador o fogonero encargado de un generador de vapor o planta de generadores, se necesitara ser mayor de 21 años y satisfacer cualquiera de los requisitos siguientes:

A) para jefe de planta:

1. - Tener título de ingeniero cuyos estudios directos o suficientemente sé relacionen con la materia, y además haber trabajado al lado de un jefe de planta durante no menos de un año ininterrumpido; o.

2. - haber trabajado como maquinista naval o ferroviario, o como jefe de planta de generadores de vapor por un periodo *no menor* de dos años ininterrumpidos.

B) para operador:

1. - haber sido fogonero durante tres años o más teniendo certificado y sustentar por escrito examen de acuerdo con el cuestionario respectivo; o.

2. - Conocer el oficio de paílero sustentar por escrito examen de competencia y tener certificado de fogonero.

A) para fogonero:

1. - haber sido fogonero durante seis meses o más y sustentar un examen por escrito de acuerdo con el cuestionario respectivo.

Artículo 78°. Los jefes de planta o encargados de generadores y recipientes tienen la obligación de gestionar en todo tiempo ante el usuario por los medios más rápidos, haciendo siempre la anotación correspondiente en el libro diario que se ejecuten las reparaciones y se tomen las medidas de seguridad que consideren necesarias.

Artículo 79°. Todo generador o planta de generadores que operen en poblado y cuya potencia sea mayor de 300 metros cuadrados o que operando en despoblado su potencia sea mayor de 600 metros cuadrados, deberá estar a cargo de un jefe de planta ayudado por los operarios y fogoneros que consideren conveniente.

El generador o planta de generadores, que opere en poblado y cuya potencia sea igual o menor de 300 metros cuadrados o que operando en despoblado su potencia sea igual o menor de 600 metros cuadrados, estará al cuidado de un operador ayudado por los fogoneros que sean necesarios.

Todo generador o planta de generadores, que opere en poblado y cuya potencia sea igual o menor de 150 metros cuadrados o que operando en despoblado su potencia sea igual o menor de 300 metros cuadrados podrá estar al cuidado de un fogonero de por turno.

Artículo 80°. Los inspectores durante las inspecciones que practiquen a los generadores efectuaran el examen de las personas que se encuentran encargadas del manejo de los mismos cuando no estén escritas en el registro al que se refiere el artículo siguiente y siempre que no satisfagan los requisitos anotados en el artículo anterior. El inspector rendirá a la secretaria el informe del examen respectivo y esta expedirá en su caso la constancia de registro de competencia.

Si el resultado del examen fuera desfavorable el inspector levantara un acta por cuádruplicado enviando el original y una copia a la secretaria del trabajo y entregara una copia al interesado, el cuarto ejemplar al usuario.

Artículo 81°. En la dirección general de previsión social de la secretaria del trabajo se llevará un registro de jefes de planta, operadores y fogoneros que lleven los requisitos señalados en el artículo 77, sin la constancia del registro nadie podrá desempeñar los cargos indicados.

Artículo 82°. Los jefes de planta, operadores y fogoneros encargados de generadores de vapor, que no estén en servicio activo y desearan tener constancia de competencia, solicitaran a la secretaria su inscripción en el registro respectivo de acuerdo con los requisitos estipulados en el artículo 77.

Artículo 83°. El derecho de registro será pagado por el interesado por una sola vez, y será:

Para jefes de planta.....	\$ 10.00
Para operadores.....	\$ 6.00
Para fogoneros encargados de generadores.....	\$ 3.00

Artículo 84°. Los jefes de planta o encargados de generadores, están obligados a dar aviso al usuario o a su representante, de todas las reparaciones y medidas de seguridad que juzguen necesarias de acuerdo con el presente reglamento. Lo harán siempre por anotaciones en el libro diario. Y enviaran una copia de este a la secretaria del trabajo cuando el usuario no haya contestado de acuerdo en el término de diez días, ni indicando los plazos razonables en que se harán las reparaciones o se tomaran las medidas de seguridad.

En caso de desacuerdo en lo indicado por el jefe de planta o encargado del generador y lo que el usuario juzgue pertinente, ambos se dirigirán a la secretaria dentro de los diez días siguientes y en un solo escrito para que esta determine lo que deba hacerse. Por falta de contestación del usuario al precitado aviso, la secretaria aplicara las sanciones correspondientes. La contestación se hará por anotación en el libro diario.

Artículo 85°. Los jefes o encargados, así como el personal subalterno ocupados en los generadores y recipientes, tienen la obligación de denunciar ante la secretaria cualquier amenaza de despido por este reglamento les impone.

Artículo 86°. Los operadores, fogoneros, ayudantes y demás personal subalterno, tienen la obligación de dar a conocer por escrito a la comisión de seguridad respectiva, cualquier deficiencia notoria y substancial de los generadores o recipientes.

Las comisiones de seguridad, o las auxiliares, en su caso, deberan visitar los departamentos de generadores y recipientes, cuando menos cada cinco meses, y pedirán a los encargados los informes que crean necesarios relativos a la seguridad de los mismos.

Artículo 87°. Al jefe de planta o encargado que no de aviso al usuario de las reparaciones o medidas que juzgue necesarias, o que en cualquier acto u omisión, relativos a recipientes y generadores. Afecte la seguridad de estos, se aplicaran las sanciones correspondientes a lo mismo al personal subalterno.

Artículo 88°. Los jefes de planta, operadores o fogoneros, en su caso así como los usuarios, los inspectores dependientes de la secretaria, y las comisiones de seguridad, están obligados

a poner en conocimiento de la secretaria, cualquier infracción cometida por el personal de trabajo. Previa investigación, la secretaria aplicara las sanciones que previene este reglamento.

## 7.8 OBLIGACIONES DE LOS USUARIOS.

Artículo 89°. El usuario debe presentar para su aprobación, a la dirección general de previsión social de la secretaria del trabajo, el reglamento interior del trabajo en lo que respecta únicamente al servicio de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión.

Artículo 90°. El usuario pondrá a la disposición de los inspectores al personal y útiles necesarios para hacer las inspecciones y pruebas que fija el presente reglamento, debiendo dar toda clase de facilidades para el objeto. Los últimos citados deberán ser, por lo menos, los siguientes: Martillo de bola, cincel, llaves inglesas, y de tubos de 35 cm de largo, llave especial para registros, caimán de 61 cm y un juego de juntas para registros.

El inspector y el usuario se pondrán de acuerdo para la practica de los inspectores con el fin de que estas sean rápidas y de acuerdo con las prescripciones del presente reglamento.

Artículo 91°. El usuario esta obligado a tener y conservar en buen estado por cada recipiente generador o batería de ellos, un libro diario empastado, rayado y tamaño no menor de 21 por 28 cm autorizado por la secretaria del trabajo y previsión social, en el que se anotaran por orden de fechas todos los datos y observaciones acerca del funcionamiento, conservación y reparación de cada uno de los recipientes o generadores, aunque formen batería.

El inspector en cada una de sus inspecciones, tomara conocimiento de las anotaciones hechas en el libro diario y firmara al calce de la ultima anotación, dando las instrucciones en caso necesario para que sea llevado en debida forma.

La comisión de seguridad designara, en su sesión mensual, uno o dos de sus miembros mas capacitados para que se encarguen en el mes siguiente en revisar el libro diario e informar, a la comisión de las demandas de seguridad de los operadores de recipientes y generadores, que no se hayan dado aviso a la secretaria del trabajo y previsión social.

Artículo 92°. El usuario debera dar aviso por escrito, a la secretaria de haber terminado las reparaciones ordenadas por el inspector, si este ha fijado plazos distintos para cada una de las reparaciones el usuario dará el aviso correspondiente a la secretaria dentro de los diez días siguientes a la terminación de la reparación de plazo mas largo, pero señalando, a la vez las fechas en que se hayan concluido las reparaciones de plazos más cortos.

Artículo 93°. En los casos en que los generadores se encuentren en lugares apartados, y no estén ligados, por servicios públicos regulares los usuarios quedan obligados a suministrar medios de transportes y alimentos, así como alojamiento decoroso a los inspectores a quienes deberan cobrar el justo precio de los servicios prestados que por ningún momento serán gratuitos.

Artículo 94°. Los usuarios quedan obligados a conservar las marcas o sellos oficiales que los inspectores pusieren en los generadores y sus accesorios, así como no alterar ni permitir que sean alteradas en ninguna forma las válvulas de seguridad debiendo dar aviso inmediato por escrito a la secretaria cuando por las necesidades del servicio o por causa de fuerza mayor se hubieren alterado, indicando con toda claridad las causas. Igualmente los

usuarios quedan obligados a conservar en el mejor estado de funcionamiento sus generadores recipientes aparatos auxiliares y accesorios.

Artículo 95°. Los usuarios deben de denunciar por escrito ante la secretaria todas las irregularidades que los inspectores cometan en el desempeño de sus funciones. Así mismo, los usuarios deben facilitar y coadyuvar en las investigaciones que se hagan sobre dichas irregularidades bajo las penas que establecen las leyes en caso de no hacerlo.

Artículo 96°. Los usuarios están obligados a cumplir todas las disposiciones que les señala el presente capítulo así como las demás que les fija este reglamento.

## 7.9 SANSIONES.

Artículo 109°. Por instalar un generador de vapor o recipiente sujeto a presión sin la autorización basada en documentos y datos a que se refiere el artículo 6 de \$500 a \$ 2000

Artículo 110°. Por poner en servicio un generador de vapor o un recipiente sin autorización relativa de \$500 a \$5000

Artículo 111°. Por no avisar que un generador de vapor o recipiente sujeto a presión fue puesto fuera de servicio, vendido o trasladado a otro lugar, siempre que no sea portátil, de \$500 a \$5000

Artículo 112°. Por negarse o por demorar una inspección sin causa justificada de \$500 a \$2000

Artículo 113°. Por negarse en absoluto a la inspección, de \$500 a \$5000

Artículo 114°. Por incidir a las infracciones a que se refiera cualquiera de los artículos anteriores, se triplicara la sanción. Si no obstante esta última sanción, el usuario insistiere en violar el presente reglamento se le retirara la autorización de funcionamiento.

Artículo 115°. Por alterar, cambiar o desaparecer el número o los sellos oficiales de un generador de vapor o recipiente sujeto a presión, de \$250 a \$5000

Artículo 116°. Por poner en servicio un generador de vapor o recipiente sujeto a presión que haya sido marcado fuera de servicio de \$1000 a \$5000

Artículo 117°. Por no hacer las reparaciones ordenadas dentro de los plazos fijados de \$250 a \$5000

Artículo 118°. Por no dar a la secretaria aviso oportuno de haber terminado las reparaciones ordenadas, de \$100 a \$2000

Artículo 119°. Por no contestar el aviso que el encargado del generador gire al usuario en relación con las reparaciones que el primero juzgue necesarias, de \$50 a \$1000

Artículo 120°. Por no colocar cerca del generador de vapor o recipiente a presión el certificado de inspección, de \$50 a \$500

Artículo 121°. Por no llevar al corriente o carecer del libro diario de los generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, de \$50 a \$500

Artículo 122°. Por alterar las válvulas o dispositivos de seguridad y por no conservar sus marcas y sellos oficiales sin causa justificada, de \$1000 a \$10000

Artículo 123°. Por no pagar en un plazo de 30 días contados a partir de la fecha de aviso correspondiente de los derechos por concepto de inspección que corresponde de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 97, se recargara la cuota en un 2% mensual o fracción hasta completar el 48%, fecha en la que si no se ha efectuado el pago total se declarara FUERA DE SERVICIO el generador de vapor o recipiente a presión.

Artículo 124°. Por contravenir lo previsto en el artículo 38 la secretaria del trabajo y previsión social aplicara al trabajador hasta de 15 días. Si reincidiera se podrá autorizar su definitiva separación del empleo.

Artículo 125°. La reincidencia en cualquiera de las infracciones anteriores señaladas motivara la aplicación de una sanción igual al doble de la correspondiente a la infracción de que se trate.

Artículo 126°. Por falsedad de datos informes y registros, de \$200 a \$5000

Artículo 128°. Los inspectores que incurran en responsabilidad serán sancionados con destitución o suspensión hasta por un mes sin pago de sueldo según la gravedad de la falta. Los destituidos por falta grave a juicio de la secretaria y previa investigación no podrán en un termino de dos años contados a partir de la fecha de destitución volver a fungir como inspectores de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, cualquiera que sea la denominación presupuesta del empleo.

Siempre será causa de destitución de inspector el hecho de que haya señalado un plazo notoriamente corto o largo para una reparación o medida de seguridad, así como la circunstancia de abstenerse de exigir una reparación o medida de seguridad cuya necesidad sea notoria y substancial

Artículo 129°. Se sancionara siempre con destitución del inspector la simulación total o parcial de la inspección.

Artículo 130°. Por infracción de cualquiera de las disposiciones contenidas en este reglamento no especificadas en los artículos anteriores se aplicara la sanción prevista en el artículo 638 de la ley federal del trabajo.

**NOTA : el reglamento para la inspección de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión, es fácilmente obtenible en la secretaria del trabajo y previsión social, siendo su distribución gratuita.**

**Este es el reglamento principal en la república mexicana en lo que se refiere a la inspección de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión. De acuerdo a esto y a la importancia que tiene, se transcribe a continuación los puntos más importantes de este reglamento.**

## APENDICE

Este apendice es aplicable para las ilustraciones que se encuentran en ingles para la traducción de los lectores.

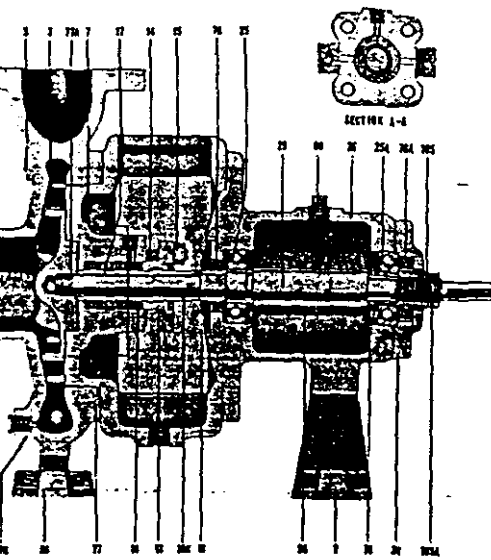
El contenido de este apendice se basa en los manuales que sirvieron de consulta para la realización de esta tesis.



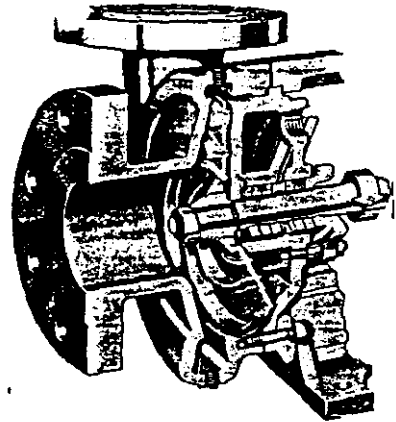
Table  
Approximate Capacity-Head Ranges For  
Centrifugal Pumps

Type	Max. GPM*	Max. Head* Ft.	Figure No.
Single Stage (H).....	600	225	3-1 and 3-2
Single Stage (V).....	> 150	250 ±	3-3
Double Suction, Single Stage (H).....	15,000	300	3-4 and 3-5
Multistage (H).....	3,000	5,000	3-6, 7, and 8
Single and Multistage (V)			
a. Mixed Flow (V).....	100,000	75	3-11
b. Axial Flow (V).....	100,000	25	3-10
c. Centrifugal (V).....	400 ±	5,750	3-9, 12 and 13

\* Not necessarily at same point.  
(H) = Horizontal.  
(V) = Vertical.

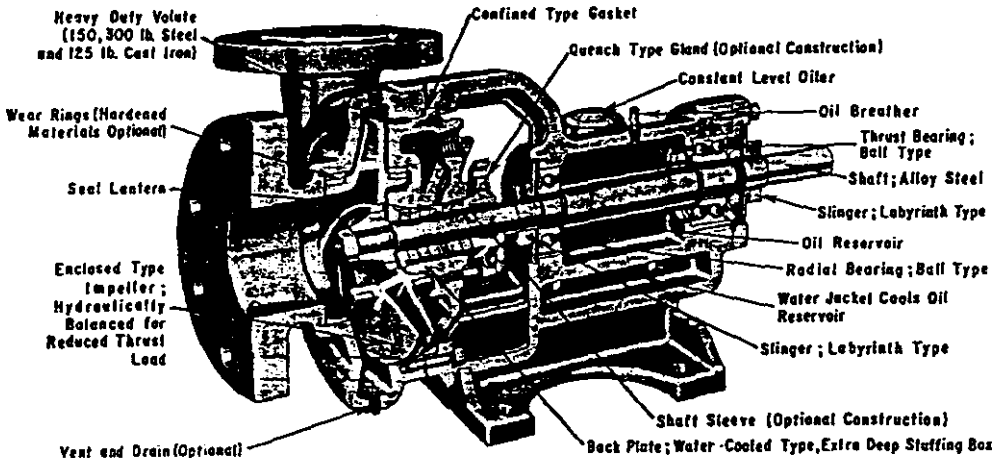


- Impeller
- Casing
- Back Head Cradle
- Bearing Housing Foot
- Shaft Sleeve
- Shaft Sleeve Key
- Stuffing Box Gland
- Stuffing Box Gland Stud
- Stuffing Box Gland Stud Nut
- Seal Cage
- Splash Collar
- Shaft Bearing—Radial
- Shaft Bearing—Thrust
- 26 Bearing Housing
- 28 Bearing End Cover
- 29 Pump Shaft
- 35 Oil Disc (Flinger)
- 56 Casing Foot
- 73 Retaining Ring
- 76 Oil Seal—Front
- 76A Oil Seal—Rear
- 77 Gasket—Casing
- 77A Gasket—Sleeve
- 77B Gasket—Drain Plug
- 80 Oil Vent
- 105 Shaft Adjusting Sleeve
- 105A Sleeve Lock Nut



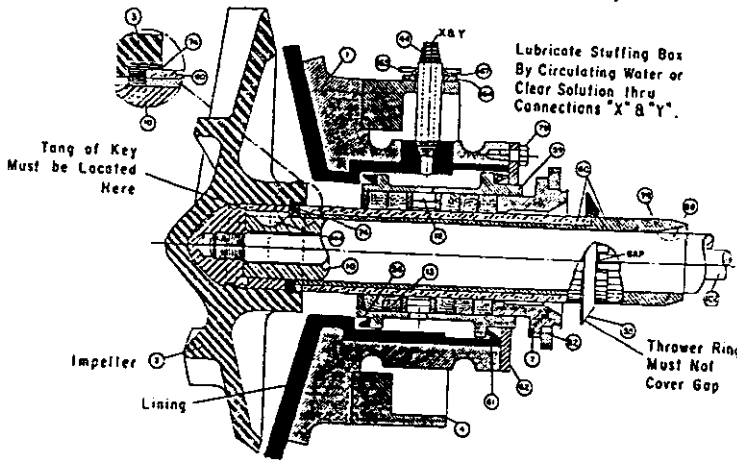
Cut-a-way section of single stage pump. Part 1 (above): Enclosed type impeller, Part 2 (lower left): Open type impeller. (Courtesy Peerless Pump Div., FMC Corp.)

General service centrifugal pump. (Courtesy Dean ers Pumps, Inc.)



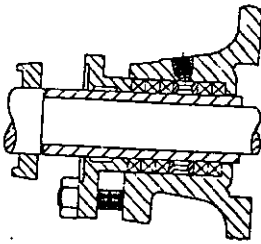
(Courtesy Dorr-Oliver, Inc.)

Turn Pump Over by Hand before Starting Motor to see that it Turns Freely.



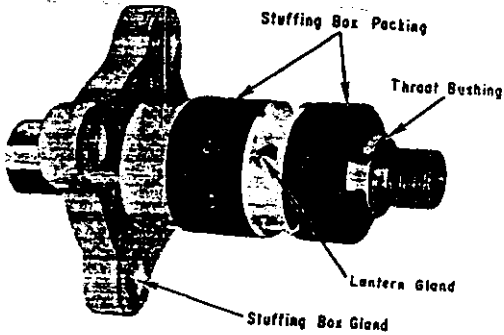
No.	Part Name
1.	Pump Casing
3.	Impeller
4.	Pump Frame
7.	Split Gland
10.	Shaft
12.	Lantern Ring
13.	Packing
44.	Nipple (2)
55.	Thrower Ring
56.	Rubber Ring
59.	Resilient Sleeve
60.	Shaft Sleeve
61.	Rubber Ring
62.	Retaining Ring
74.	Rubber Ring
79.	Capscrew (6)
82.	Gland Yoke
88.	Key
98.	Shaft Sleeve Ext'n.
106.	Tie Rod
144.	Key
164.	Washer (2)
165.	Retainer (2)
167.	Rubber Ring (2)

Stuffing box details lined pump with porcelain or teflon shaft sleeve. (Courtesy Dorr-Oliver, Inc.)

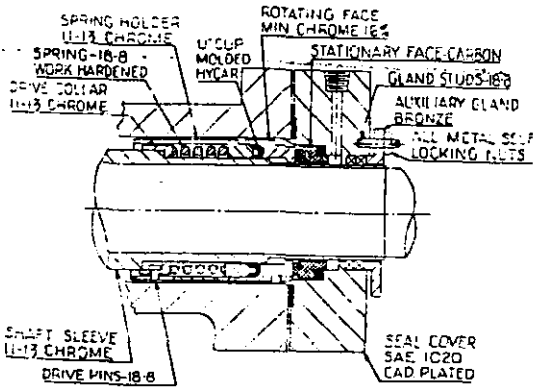
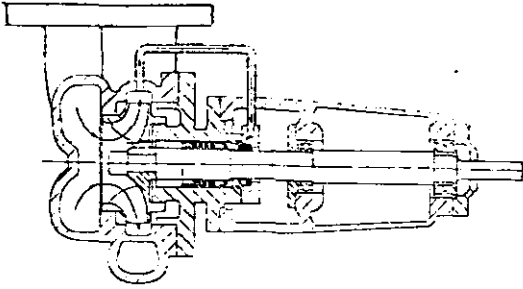


Longitudinal section with Lantern Gland.

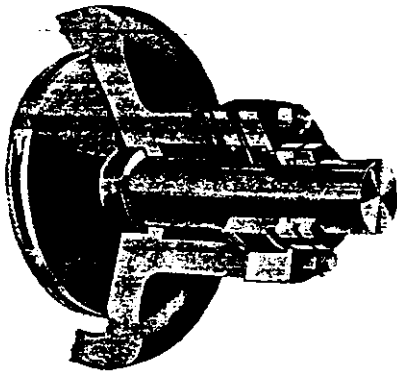
FIGS. 1.5 A PAG. 9 B



\* Packed stuffing box. (Courtesy Dean Brothers Pumps, Inc.)



Typical single mechanical seal inside pump stuffing.  
 (Courtesy Borg-Warner Co.)



Outside balanced seal (single). (Courtesy Durametallic Corp.)

The water softener should be installed with the inlet, outlet and drain connections made in accordance with manufacturer's recommendations and to meet applicable plumbing codes.

1. Remove control box cover.
2. Make "Time of Day" setting and set "Skipper Wheel." (See time control instructions.)
3. Observe regeneration cycle settings. (These are factory preset and need no adjustment.)
4. Add three inches of water to brine tank.
5. NOTE: To set the control to the various positions noted below -- turn the manual regeneration knob slowly in a clockwise direction until the drive motor runs and positions the valve drive shaft (located in the lower center of the control box).  
Control Valve Positions (see pages 8 and 9)  
Service -- Drive shaft out  
Backwash -- Drive shaft in  
Brine and Rinse -- Drive shaft 1/2 way out  
Brine Tank Fill -- Drive shaft out but brine cam holds brine valve stem in.
6. Run water through softener with control in service position for at least three (3) minutes to settle bed.
7. Position valve to backwash and check to make sure that drain line flow remains steady for ten (10) minutes.
8. Position valve to brine tank fill and check to see if tank is filling.
9. Position valve to brine position and check suction.
10. Position valve to start of brine tank fill cycle. Brine valve drive cam will hold valve in at this position to fill the brine tank for the first regeneration.
11. Replace control box cover.
12. Check power cord connection. (Note: Make sure control is plugged into a non-interrupted electrical circuit).
13. Put salt in brine tank. (Do not use granulated salt.)

Instructivo de operación de un suavizador automático.

### How To Set Days On Which Water Conditioner Is To Regenerate:

Rotate the skipper wheel until the number "1" is at the red pointer. Set the days that regeneration is to occur by sliding tabs on the skipper wheel outward to expose trip fingers. Each tab is one day. Finger at red pointer is tonight. Moving clockwise from the red pointer, extend or retract fingers to obtain the desired regeneration schedule.

### How To Set The Time Of Day:

Press and hold the red button in to disengage the drive gear.

Turn the large gear until the actual time of day is at the time of day pointer.

Release the red button to again engage the drive gear.

### How To Manually Regenerate Your Water Conditioner At Any Time:

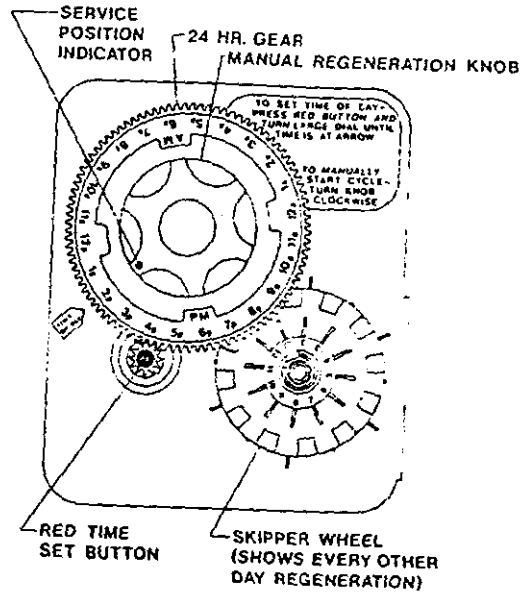
Turn the manual regeneration knob clockwise.

This slight movement of the manual regeneration knob engages the program wheel and starts the regeneration program.

The black center knob will make one revolution in the following approximately three hours and stop in the position shown in the drawing.

Even though it takes three hours for this center knob to complete one revolution, the regeneration cycle of your unit might be set only one half of this time.

In any event, conditioned water may be drawn after rinse water stops flowing from the water conditioner drain line.



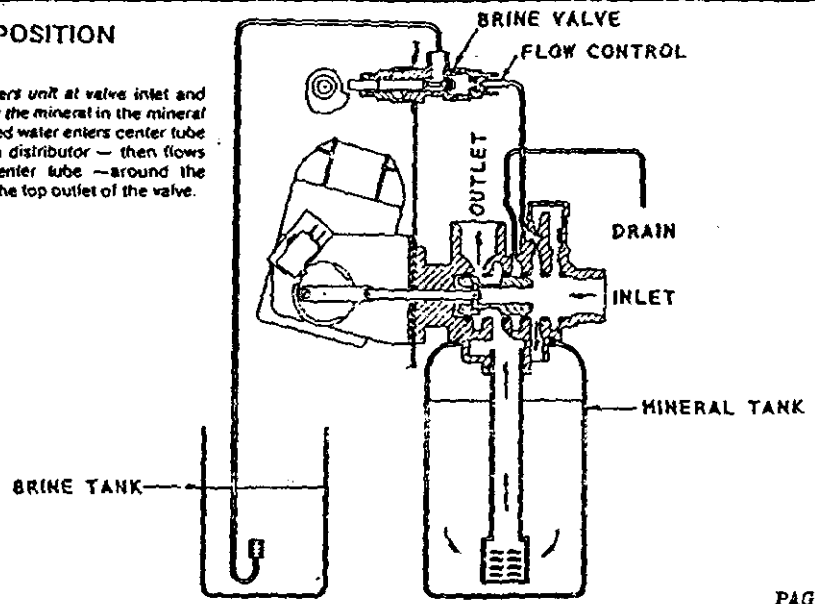
### IMPORTANT!

SALT LEVEL MUST ALWAYS BE ABOVE WATER LEVEL IN BRINE TANK.

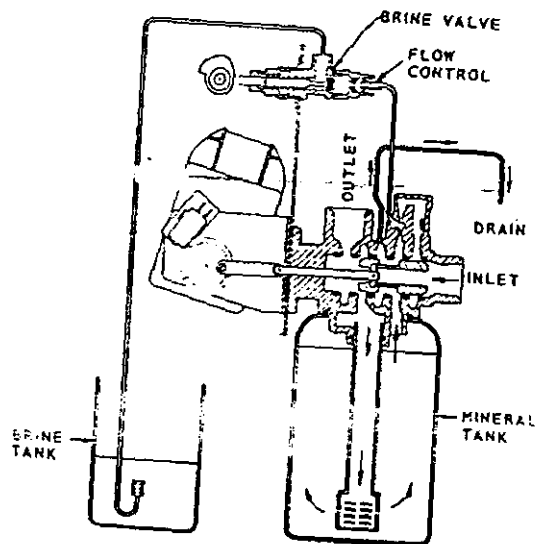
# water conditioner flow diagrams

## 1. SERVICE POSITION

Hard water enters unit at valve inlet and flows down thru the mineral in the mineral tank. Conditioned water enters center tube thru the bottom distributor — then flows up thru the center tube — around the piston and out the top outlet of the valve.

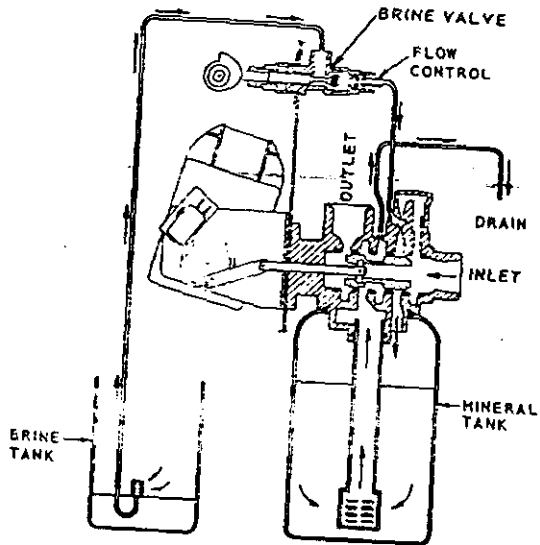


## 2. BACKWASH POSITION



Hard water enters unit at valve inlet — flows thru piston — down center tube — thru bottom distributor and up thru the mineral — around the piston and out the drain line.

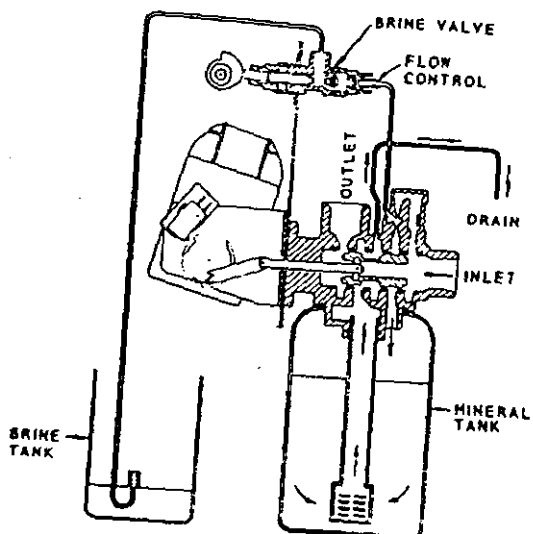
### 3. BRINE POSITION



Hard water enters unit at valve inlet — flows up into injector housing and down thru nozzle and orifice to draw brine from the brine tank — brine flows down thru mineral and enters the center tube thru bottom distributor — flows up thru center tube — around the piston and out thru the drain line.

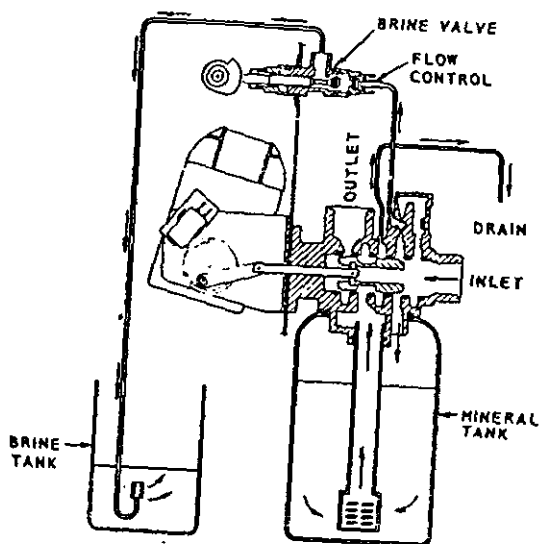


#### 4. SLOW RINSE POSITION



Hard water enters unit at valve inlet — flows up into injector housing and down thru nozzle and orifice — around the piston — down thru mineral — enters center tube thru bottom distributor — flows up thru center tube — around piston and out thru drain line.

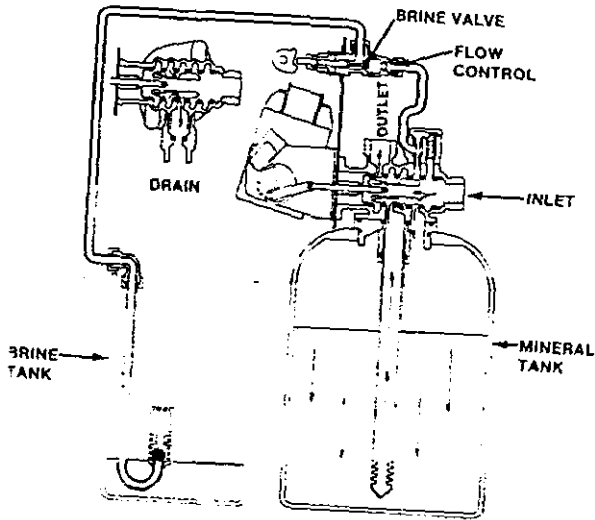
## 5. RAPID RINSE & BRINE TANK FILL



Hard water enters unit at valve inlet — flows up thru injector housing and thru brine valve to fill brine tank — hard water also flows directly from inlet down thru mineral into center tube bottom distributor and up thru center tube — around piston and out thru the drain line.

FOR SEPARATE

### 5. RAPID RINSE

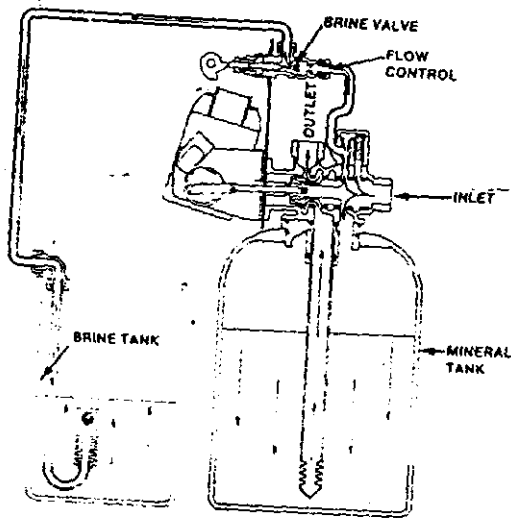


Hard water enters unit at valve inlet — flows up thru injector housing and thru brine valve to fill brine tank — hard water also flows directly from inlet down thru mineral into center tube bottom distributor and up thru center tube — around piston and out thru the drain line.

PAG. 32 K

TIME FILL ONLY

6. BRINE TANK FILL POSITION

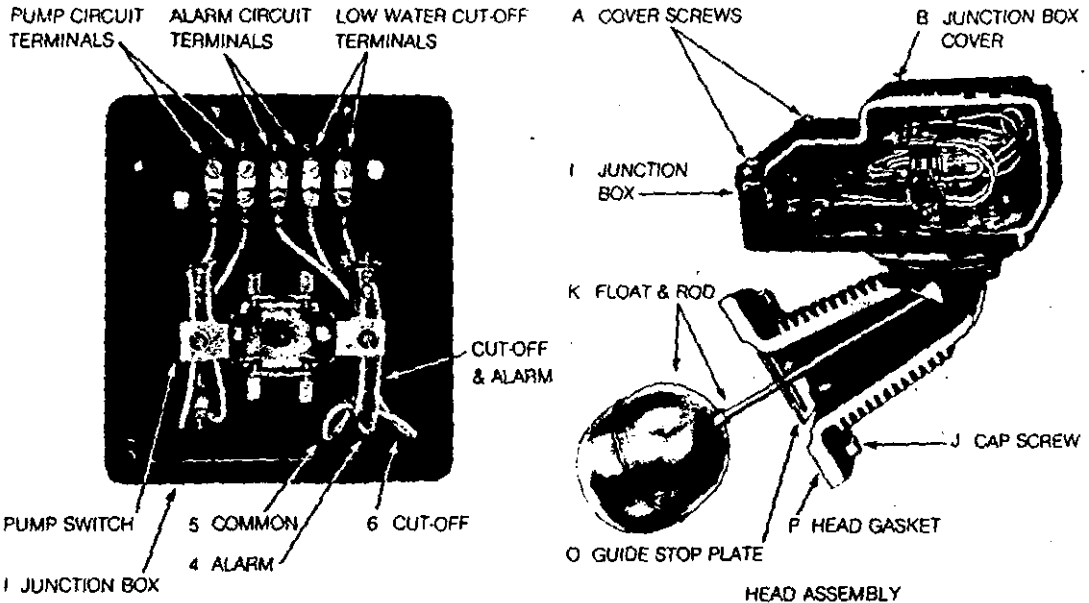


Hard water enters unit at valve inlet — flows up thru the injector housing — thru the brine valve to fill the brine tank.

# 150 HEAD ASSEMBLY REPLACEMENT INSTRUCTIONS

Used in McDonnell 150, 157, 158 and 159 Series Controls  
(No. 158 has two 3-wire switches; No. 159 has two 2-wire switches)

Please read all instructions carefully before starting work  
All work must be performed by qualified personnel in accordance with all applicable codes and ordinances



## REMOVAL OF HEAD ASSEMBLY

1. Cut off electrical power, allow boiler to cool and release boiler pressure. Drain water from boiler to a level which is below Float Chamber of Control.
2. Remove two Cover Screws (A) and four Junction Box Screws (B) and remove covers. On one piece cover models, remove four cover screws and cover.
3. Mark all supply wires so they can be replaced on correct numbered terminals.
4. Disconnect supply wires from switch terminals and conduit connections and remove from Junction Box (I).
5. Remove eight Cap Screws (J) and remove Head Assembly from Float Chamber of Control.

## INSTALLATION OF NEW HEAD ASSEMBLY:

6. Clean all gasket surfaces and the inside of Float Chamber.
7. Make sure Float Rod (K) is centered in brass Guide Stop Plate (O) and make sure that Rod is straight.
8. Replace Head Assembly on Float Chamber with new Head Gasket (P) insert the eight Cap Screws (J) and tighten securely.

9. Remove four Cover Screws (A) and remove cover from Head Assembly.
10. Reconnect conduit connections and supply wiring as marked in step three to Switch Terminals, replace Junction Box Cover (B) and four Cover Screws (A).
11. Turn on electrical power to equipment and restore water level to correct height.

## TEST OPERATION OF CONTROL AS FOLLOWS:

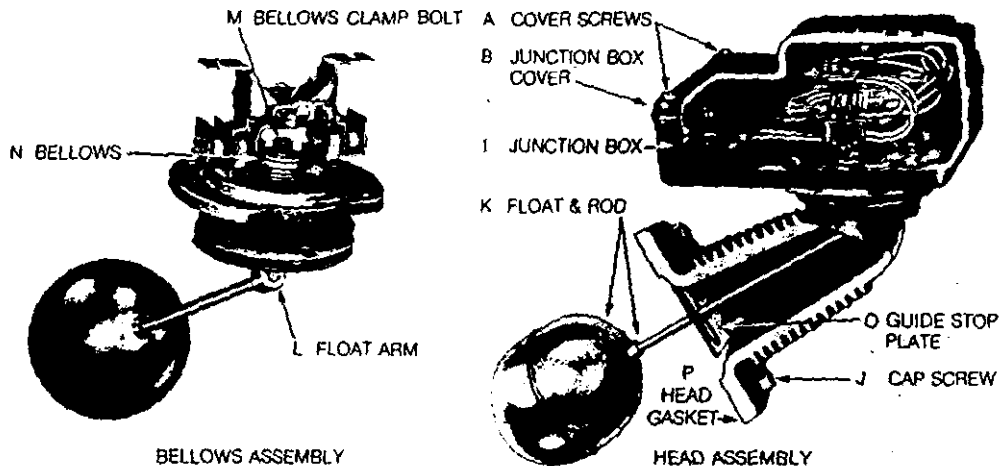
With boiler at normal water level and burner on, open blow-off valve. This causes the water level to drop in the float chamber of control. As the float drops, pump circuit will close first. A further drop in water level will open the cut-off circuit - stopping the burner and closing alarm circuit to sound an alarm.

Close blow-off valve. Restore water level in boiler to correct height and repeat test two or three times under actual operating conditions to make certain control is working properly.

# FLOAT AND ROD ASSEMBLY REPLACEMENT INSTRUCTIONS

Part No. 347800 (SA150-11)  
McDonnell 150 Series Pump Control and Low Water Cut-off

Please read all instructions carefully before starting work  
All work must be performed by qualified personnel in accordance with all applicable codes and ordinances



## REMOVAL OF ORIGINAL FLOAT AND ROD ASSEMBLY

1. Cut off electrical power, allow boiler to cool, and release boiler pressure.
2. Drain water from boiler to a level which is below float chamber of control.
3. Remove two Cover Screws (A) and four Junction Box Screws (B) and remove covers. On one piece cover models, remove four cover screws and cover.
4. Mark all electrical supply wires so they can be replaced on correct numbered terminals. Remove all electrical supply wires and conduit connections from Junction Box (I).
5. Remove eight Hex Head Bolts (J) holding head assembly on float chamber.
6. Carefully remove head assembly from float chamber and place head assembly in a vise.
7. With one hand, grasp Float (K) and move float to the upper-most travel position. Place allen wrench in Bellows Clamp Bolt (M) and hold securely. Unscrew Float and Rod Assembly (K) from Float Arm (L).

**NOTE: DO NOT LOOSEN BELLOWS CLAMP BOLT (M) OR PUT ANY STRAIN ON BELLOWS (N).**

## INSTALLATION OF NEW FLOAT AND ROD ASSEMBLY

8. Clean all gasket surfaces carefully both on head assembly and float chamber.
9. Screw new Float and Rod Assembly (K) into Float Arm (L) loosely. Grasp Float (K) and move float to the upper most travel position. Place allen wrench in Bellows Clamp Bolt (M), hold securely, and tighten Float and Rod Assembly (K) into Float Arm securely.

10. Move float up and down through its total travel to make sure the float moves freely, and that float rod is centered in Guide Stop Plate (O). If float rod is not centered, hold float firmly to support Float Arm (L) and carefully loosen Bellows Clamp Bolt (M). Center float rod between sides of Guide Stop Plate at bottom of travel (O) and retighten Screw (M). Recheck operation after adjustment.

11. Remove head assembly from vise.
12. Place head assembly onto float chamber using new gasket. Insert eight Hex Head Bolts (J) and tighten securely.
13. Reconnect electrical supply wiring as marked in step four to terminals, fasten conduit to junction box, replace cover and fasten with Screws
14. Turn electrical power on and restore boiler water level.
15. After boiler reaches operating pressure, make sure all gasket surfaces are leak tight.

## TEST OPERATION OF CONTROL AS FOLLOWS:

With boiler at normal water level and burner on, open blow-off valve. This causes the water level to drop in the float chamber of control. As the float drops, pump circuit will close first. A further drop in water level will open the cut-off circuit - stopping the burner and closing alarm circuit to sound an alarm.

Close blow-off valve. Restore water level in boiler to correct height and repeat test two or three times under actual operating conditions to make certain control is working properly.

## CONCLUSIONES :

Se ha visto que el tratamiento del agua es de suma importancia en pequeñas y grandes plantas de procesos, también se alcanza a percibir la importancia del tratamiento de efluentes o aguas residuales de los procesos para su recirculación en el proceso o para cumplir con ciertas normas ambientales que exige la secretaria de protección al medio ambiente.

Se destaca el tratamiento del agua para evitar daños a las calderas y equipos tales como evaporadores, intercambiadores de calor, condensadores, torres de enfriamiento etc.

A través de los temas se ve los diferentes procesos y equipos para tratar el agua y quitarles ciertas impurezas que nos son perjudiciales para los equipos y la misma caldera que nos perjudica en tiempo perdido y dinero para su corrección.

Entre las impurezas se clasifican en sólidos en suspensión y sólidos disueltos, se determino que para el tratamiento de los sólidos en suspensión se tienen los procesos de separadores mecánicos, decantación, coagulación y filtración. Para los sólidos disueltos se tienen los procesos de suavización, desmineralización y adición de químicos para acompletar este tratamiento de los sólidos disueltos, también se trato sobre el tratamiento de gases disueltos en el agua como el oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono, etc. Que se ven eliminados por los procesos de aereación, deareación y destilación. Para el tratamiento de microorganismos tales como algas se tiene el proceso de clorinación aunque después se tiene que utilizar filtros de carbón para eliminar el cloro en el agua para el caso de usarse en la caldera.

Los sólidos en suspensión son fáciles de detectar a simple vista, ya que se puede detectar la presencia de hojas, tierra, papel, plásticos, etc. Pero para los sólidos disueltos no se cuenta con esta ventaja de detección se cuentan con ciertos análisis químicos sencillos de hacer para eliminar la presencia de sólidos tales como calcio, magnesio, sodio, potasio, sulfatos, cloruros, nitratos, carbonatos, anhídrido carbónico, y sílice. En el proceso para la eliminación de los sólidos disueltos se tiene presente que se consigue básicamente por el intercambio ionico en el cual se tiene una cama de resina o soluciones que harán el intercambio ionico de los sólidos disueltos para tener como resultados desechos de iones positivos de hidrogeno y iones negativos del radical OH(hidróxidos).

Pero este intercambio ionico va de la mano ya que los mismos iones de los intercambios ionicos nos servirán para mantener estable nuestra alcalinidad y pH en la caldera, por lo que es necesario tener presente los parámetros permisibles que admitirán la caldera y equipos para evitar daños por incrustaciones y corrosión.

Los parámetros a respetar en el tratamiento del agua se tienen la dureza, alcalinidad, sílice sólidos totales disueltos pH, fosfatos, sulfitos.

La dureza la tenemos como temporal y permanente, de la temporal se tiene carbonatos que se puede ablandar fácilmente hirviendo el agua con lo que se libera el bióxido de carbono y formando precipitados relativamente insolubles de calcio y magnesio, para la dureza permanente se elimina los sulfatos cálcicos y magnesico por medio del cambio ionico del sodio que se obtiene por solución de salmuera. El pH es importante tener una cierta alcalinidad para evitar daños corrosivos dentro de nuestra caldera por la formación de los ácidos corrosivos surgidos por la descomposición de los cloruros y nitratos.

Los fosfatos nos ayudaran para eliminar la presencia del oxigeno disuelto y evitar la corrosión por la presencia de este gas, los sulfitos nos ayudaran para evitar las incrustaciones de la sílice que es muy perjudicial para la caldera y por ultimo el control de la alcalinidad nos ayudara para evitar el daño por la corrosión ácida, nos ayuda a mantener el agua que se encuentra dentro de nuestra caldera en cierto parámetro de alcalinidad necesaria para su protección es decir atrapando los iones ácidos que se forman de los tratamientos de suavización.

La conductividad es un parámetro de lectura más directa para indicarnos que el agua tratada si esta dentro de los parámetros requeridos para su utilización, pero siempre es necesario acompletar los análisis restantes del agua para poder determinar si le hace falta tratamiento químico o suavizar el agua.

Concretando el tratamiento del agua no es muy complicado pero si de suma importancia para evitar daños a los equipos, para evitar pérdidas de tiempo y dinero por cuestiones de mantenimiento no programados. También el buen tratamiento del agua se ve reflejado por el ahorro del combustible ya que si se tienen incrustación en los equipos se ve una alza de consumo de combustible por que el intercambio de calor se ve retardado, no es el mismo intercambio de calor más rápido que se tenía antes.

Una vez tratada el agua para la operación de calderas, también un tema de gran interés e importancia en la actualidad es el tratamiento de efluentes para la recirculación de esta agua en el proceso para ahorrar tanto agua, combustibles, y evitar la contaminación ambiental, aunque tarde se concientiza la sociedad para darle la importancia que merece este proceso en el tratamiento de efluentes.

Esperando que este trabajo sea de gran ayuda técnica y consulta para las generaciones que vienen por la importancia que se tiene en el tratamiento de este vital elemento que tenemos de sobra en el planeta pero que no lo sabemos cuidar y apreciar por la diversidad de ayuda de beneficios que tenemos de este elemento natural.

La gran ayuda que nos proporciona el tratamiento de agua en evitar tiempos de paro por mantenimiento correctivo, dinero, mano de obra en los equipos de procesos tales como torres de enfriamiento, evaporadores, condensadores, intercambiadores de calor, compresores, y calderas se ven beneficiados por el tratamiento de agua y se ve reflejado también en su rendimiento.

El tratamiento de efluentes para evitar daños al medio ambiente, destaca los parámetros a controlar son el pH y la temperatura en el cual se requiere un pH neutro, logrando esto con adición de sosa y ácido clorhídrico. Con respecto a la temperatura se logra utilizando torres de enfriamiento. Los parámetros que casi no se controlan por falta de espacios son los llamado DQO y DBO referente a la demanda química y biológica de oxígeno, estos parámetros los controlan las empresas que cuentan con grandes espacios para este tratamiento y las dependencias gubernamentales que cuentan con el recurso necesario, pero siempre y cuando las empresas cumplan con los parámetros obligatorios de pH y temperatura.



## **BIBLIOGRAFIA:**

Calderas, Tipos, Características y sus Funciones

CARLD D. SHIELD

Editorial Continental.

Centrales de Vapor.

G.A. GAFFERT.

Calderas Unitarias

CLEAVERS - BROOKS

División de agua - Cheminc, Milwaukee, WI, E.U.A.

Desmineralización del Agua

MANUFACTURING TECHNOLOGY STRATEGIE

Generadores de Vapor Compendio

ALFONSO VAZQUEZ ORTEGA

Inspector de generadores de Vapor de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social

Manual de Datos Técnicos

SELMEC EQUIPOS INDUSTRIALES

Manual de generadores de Vapor

INSTITUTO DE CAPACITACIÓN SELMEC

Plantas de Vapor

CHARLES DONALD SWIFT

La Producción de la Energía Mediante el Vapor de Agua, Aire y los Gases

W.H. SEVERNS, H.E. DEGLER, J.C. MILES.

Editorial Reverte

Termodinámica

FAIRES / SIMMANG

Editorial Uteha

Tratamiento de Agua

HISEMA QUIMICA

Técnicas Analíticas

DALCOQUIM