

870117

Universidad Autónoma de Guadalajara
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



2²
Gen.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"EQUIPOS Y SISTEMAS DE LAS CENTRALES
TERMoeLECTRICAS".

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
JUAN BOSCO AMAYA TORRES
GUADALAJARA, JAL., 1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EQUIPOS Y SISTEMAS DE LAS CENTRALES TERMoeLECTRICAS

INDICE

	Pag.
Introducción	1
1.- Generador de Vapor	5
2.- Turbina	41
3.- Generador Eléctrico	71
4.- Ciclo Agua-Vapor	88
5.- Combustión	135
6.- Lubricación	164
7.- Enfriamiento	173
8.- Agua	189
9.- Aire	206
10.- Sistemas Eléctricos	219
11.- Instrumentación y Control	234
Comentarios Conclusiones	290
Apéndices	292
Bibliografía	301

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Las Centrales Termoeléctricas por su número y capacidad son muy importantes en el Sistema Eléctrico de la República Mexicana. El 56.41% de la generación de energía eléctrica esta dado por este tipo de centrales.

La Central Termoeléctrica cuenta con el equipo necesario para realizar una serie de transformaciones de la energía, y así conseguir su objetivo: Producir Energía Eléctrica.

La energía química que se encuentra en el combustible es liberada por medio de la combustión, obteniéndose así la primera transformación de energía, energía química en energía calorífica. Esta energía calorífica es utilizada posteriormente para calentar agua y producir vapor, vapor con una energía térmica. Estas transformaciones de la energía se realizan en el Generador de Vapor.

La siguiente transformación de energía se lleva a cabo en la Turbina, en la cual la energía térmica del vapor es transformada en trabajo mecánico. En el generador eléctrico este trabajo mecánico es transformado en el producto final: Energía Eléctrica.

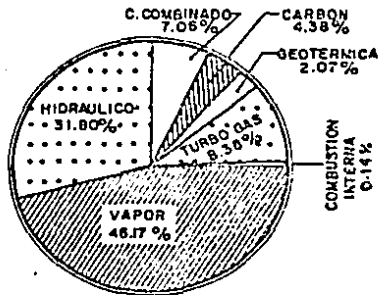
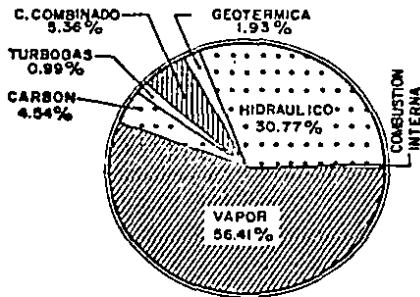
Los equipos con que cuenta una Central Termoeléctrica son muchos, pero se consideran como equipos principales a tres que son: El Generador de Vapor, La Turbina y El Generador Eléctrico. Además se cuenta con muchos otros equipos, como son: Bombas, Ventiladores, Extractores, Calentadores, Enfriadores, Compresores, Eyectores, Desgasificador, tanques, etc.

Dentro del sistema de Generación de Energía Eléctrica Nacional, la Central Termoeléctrica es un subsistema que puede a su vez considerarse como sistema, el cual también puede dividirse en subsistemas para facilitar su estudio y comprensión. Estos subsistemas o sistemas están compuestos por los equipos y fluidos mencionados anteriormente.

Para facilitar la comprensión de cada uno de los equipos y sistemas que comprende una Central Termoeléctrica presento un diagrama general de la misma, de esta forma se ubicará cada uno de los mismos dentro del sistema y se comprenderá mejor su función.

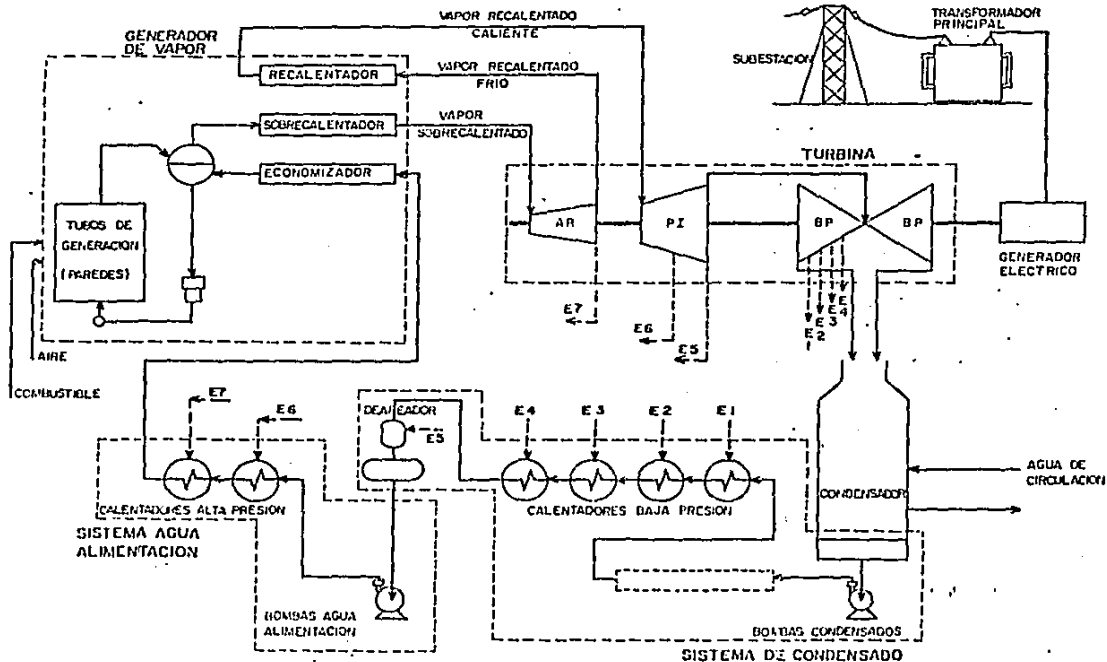
PRODUCCION Y CAPACIDAD POR TIPO DE GENERACION DEL SECTOR ELECTRICO MEXICANO DE 1985

TIPO	PRODUCCION		POTENCIA INSTALADA (MW)		
		%		%	
VAPOR (COMBUSTOLEO)	47 857	56.41	9 486	46.17	
HIDRAULICO	26 007	30.77	6 532	31.80	
CICLO COMBINADO	}	14 554	5.36	1 450	7.06
GAS DIESEL					
CARBOELECTRICA					
GEOTERMICA	1 641	1.93	425	2.07	
TURBOGAS (GAS, DIESEL)	841	0.99	1721	8.38	
COMBUSTION INTERNA (DIESEL)	1	—	30	.14	
	84 833		20544		



— PRODUCCION —

— POTENCIA INSTALADA —



1

GENERADOR DE VAPOR

GENERADOR DE VAPORES

Es el Generador de Vapor en donde se llevan a cabo las transformaciones de la energía química en calorífica y posteriormente a energía térmica del vapor, esto a través de la combustión y de intercambio de calor. De esta forma consigue su objetivo: Producir vapor -- con determinadas características de Presión y Temperatura.

La Combustión es una forma especial de oxidación en la cual las partículas del combustible y el oxígeno se combinan rápidamente y producen calor. El objetivo de una buena combustión es liberar todo este calor minimizando las pérdidas por combustión imperfecta y aire incesario; es decir, que mientras más completa y limpia es la combustión, mayor es el calor producido y aprovechado y menor la contaminación ambiental.

El calor liberado en la combustión es aprovechado por las partes -- del Generador de Vapor, para:

- + Calentar agua
- + Transformar el agua en vapor
- + Sobrecalentar el vapor
- + Calentar aire

Las partes principales del Generador de Vapor son las que contribuyen directamente a la realización del objetivo, al realizarse en -- ellas un intercambio de calor; dichas partes son:

- + La Caldera
- + El Sobrecalentador
- + El Recalentador
- + El Economizador
- + Los Precalentadores de Aire

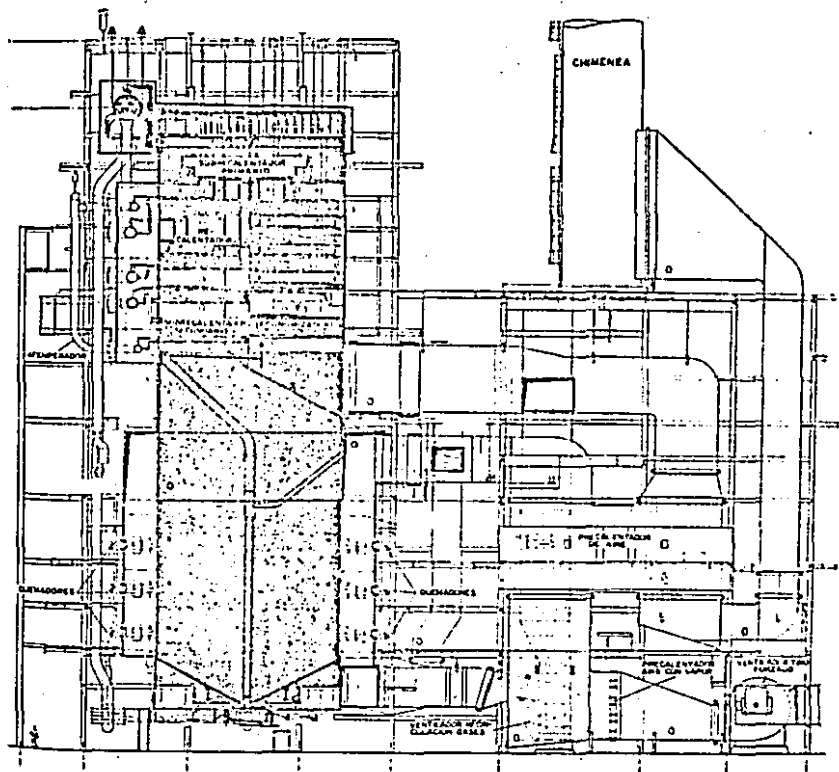
A continuación presento una descripción de cada una de estas partes y de las otras que constituyen también al Generador de Vapor.

LA CALDERA

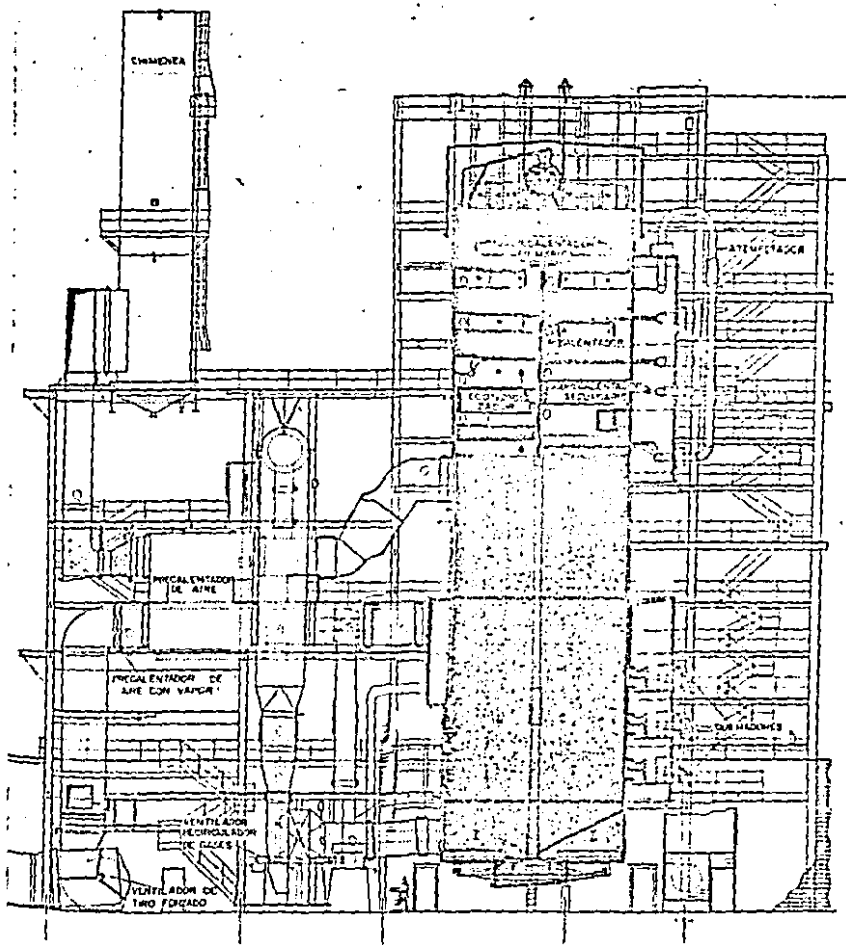
Aunque se ha acostumbrado llamar "Caldera" a todo el Generador de -- Vapor completo, la Caldera es solamente una de las partes principales que lo constituyen.

La Caldera según su origen histórico es esencialmente un recipiente con agua al que se le aplica calor para convertirla continuamente -- en el vapor requerido para otros procesos.

Es evidente que se puede aumentar la cantidad de calor aplicado si se aumenta la superficie calentada debido a que más agua está en -- contacto con la superficie caliente y se produce más vapor. Una forma de aumentar la superficie es haciendo recipientes más grandes, -- lo cual no es práctico ni económico, o sustituyendo el recipiente -- por un conjunto de tubos (más superficie) o también haciendo que -- los gases calientes circulen por el interior de unos tubos que atra-- vezan el recipiente.



EJEMPLO DE UN GENERADOR DE VAPOR



EJEMPLO DE UN GENERADOR DE VAPOR

Las Calderas pueden clasificarse según la distribución de los gases calientes y el agua en dos tipos:

- + Acuotubulares
(Tubos de agua)
- + Piro-tubulares
(Tubos de humo)

Acuotubulares.- El agua se encuentra en el interior de los tubos y los gases pasan por el exterior.

Piro-tubulares.- Los gases circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra en el exterior.

Las calderas de los Generadores de Vapor modernos y de grandes capacidades como los instalados en las Centrales Termoelectricas son del tipo de tubos de agua y están constituidas por grandes cantidades de tubos alineados uno junto a otro y formando una pared continua que envuelve al hogar, dejando un espacio interior en donde se produce la combustión. Los tubos están llenos de agua que al calentarse produce el vapor. Los cabezales sirven para interconectar a los tubos y no están expuestos al calor.

Las calderas de Tubos de humo presentan ciertos riesgos y no se aplican para capacidades altas. Pueden encontrarse calderas Piro-tubulares para muy pequeñas capacidades en procesos industriales.

Cuando se está calentando la superficie de un tubo que contiene agua para producir vapor debe existir interiormente una circulación efectiva del agua para evitar que las partes sometidas al calor sufran un calentamiento excesivo y lleguen a fallar. En las calderas de los Generadores de Vapor modernos está previsto este fenómeno y se dispone de diferentes medios para producir una circulación efectiva del agua y el vapor dentro de los tubos y recipientes. Las formas de lograr esta circulación se conocen como formas de circulación.

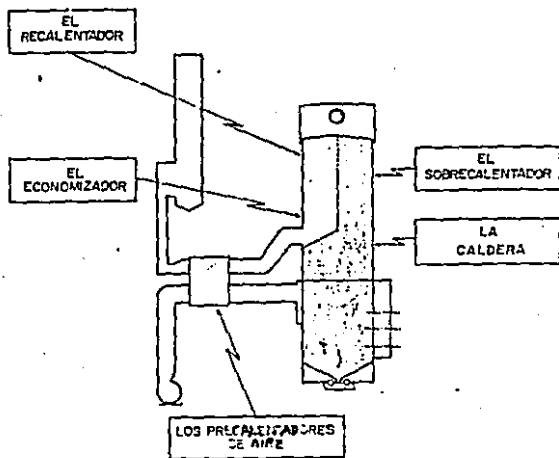
La caldera es aquella parte del Generador de Vapor constituida por tubos, cabezales y recipientes que forman parte del circuito de circulación de agua o de la mezcla agua-vapor sometidos a presión.

Las partes que constituyen este circuito de circulación de agua o de la mezcla agua-vapor son:

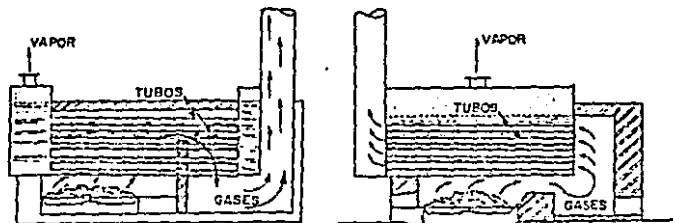
+ Tubos de Generación.- En ellos se realiza el calentamiento del agua y parte de ésta se convierte en vapor. Los tubos se agrupan alineándolos uno junto a otro para constituir las paredes del hogar (y también las paredes de los pasajes de los gases).

+ Tubos Elevadores.- Son tubos de enlace entre los tubos de generación y el domo. En su interior llevan una mezcla de agua-vapor producida en los tubos de generación, con destino hacia el domo. Los tubos elevadores no están expuestos al calor.

+ Domo.- Es un recipiente cilíndrico horizontal con determinado nivel de agua. Aquí se realiza la separación del vapor producido y el



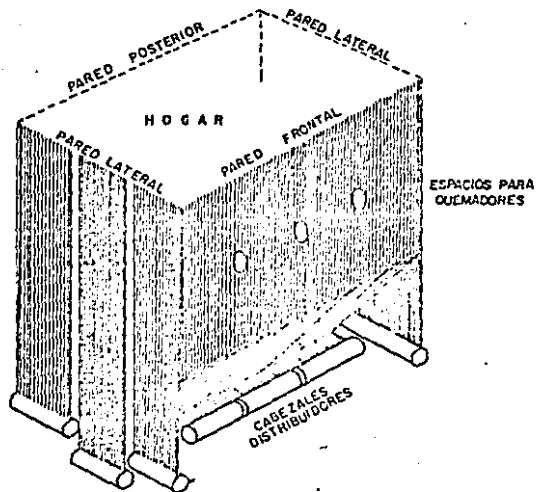
PARTES PRINCIPALES DEL GENERADOR DE VAPOR .



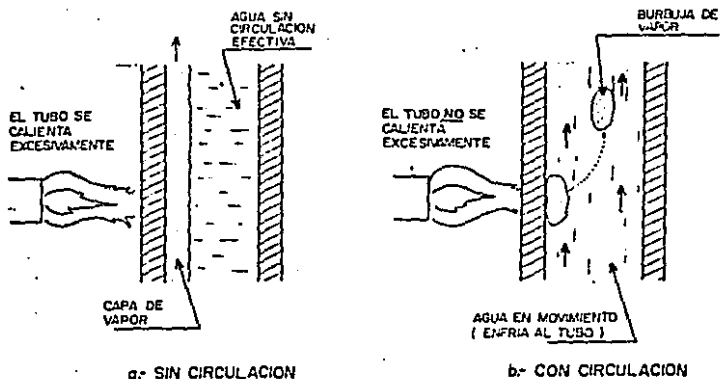
a).-LOS TUBOS SUSTITUYEN AL RECIPIENTE

b).-GASES POR INTERIOR DE TUBOS

MAYOR SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO EN UNA CALDERA.



PAREDES DE UNA CALDERA.



CIRCULACION DEL AGUA Y EL VAPOR EN EL INTERIOR DE UN TUBO

agua. El vapor sale por la parte superior con destino a otros elementos del Generador de Vapor.

En ocasiones se lo llama Domo Superior para diferenciarlo de otro domo inferior, pero, la simple palabra Domo es más usual. El domo no está expuesto al calor.

+ Bajantes.- Son unas tuberías de mayor diámetro que viajan por el exterior del hogar y por lo tanto no están expuestas al calor. Con ellas tienen agua que debe circular hacia abajo y por esta razón su nombre de bajantes (en algunos lugares se les llama "Down Comers")

+ Domo Inferior.- Es un recipiente cilíndrico horizontal en la parte inferior del hogar. Su diámetro es menor al del domo superior. Sirve como un cabezal distribuidor y es el enlace entre los tubos bajantes y los tubos de generación. Todos los tubos de generación parten del domo inferior. El domo inferior no está expuesto al calor.

Cuando las calderas no tienen domo inferior, se cuenta con varios cabezales distribuidores.

+ Cabezales.- Son depósitos que sirven como distribuidores o descargas comunes de un grupo de tubos. Enlazan a los tubos de generación con los bajantes o con los elevadores. No están expuestos al calor.

Las formas de circulación en una caldera son:

- + Natural
- + Forzada (Controlada)

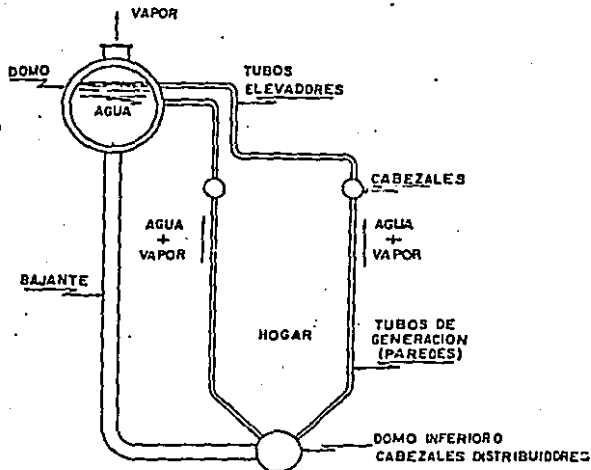
Como su nombre lo dice, la circulación natural se logra en forma natural. Al calentar los tubos de generación se empiezan a producir burbujas de vapor. El peso de la columna de agua con vapor dentro de los tubos de generación es menor al peso de la columna de agua que hay en el interior de los bajantes.

De esta diferencia de peso se obtiene una fuerza resultante que inicia la circulación: del agua, hacia abajo en los bajantes; y de la mezcla agua-vapor, hacia arriba en los tubos de generación.

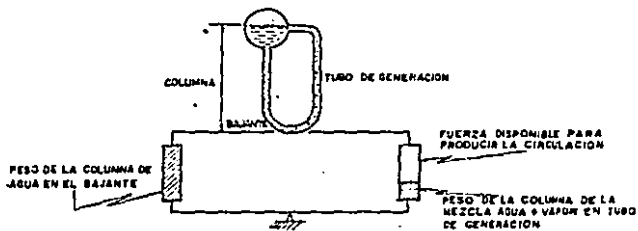
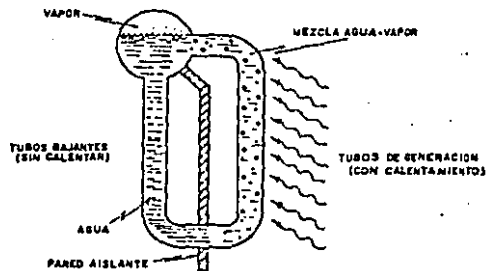
Mientras se está aplicando calor a los tubos de generación, este circuito mantiene la circulación, haciendo que continuamente llegue al domo una mezcla de agua-vapor en donde el vapor se separa y sale por la parte superior con destino a otro elemento del Generador de Vapor.

Como se está produciendo vapor, es necesaria la reposición continua de agua de alimentación para evitar la disminución del nivel y que la caldera quede seca.

En las instalaciones reales se tienen varios bajantes; un solo bajante (de mayor diámetro) alimenta a un grupo numeroso de tubos de generación. Los tubos de generación pueden seguir diferentes trayectorias.



PARTES DE LA CALDERA



PRINCIPIO FISICO DE LA CIRCULACION NATURAL

A diferencia de la circulación natural, la circulación forzada se produce con una bomba. En este caso la bomba es la que suministra la presión necesaria para lograr la circulación.

El uso de la bomba permite que los tubos puedan tener menor diámetro, más cambios de dirección, bajadas, etc. que implican mayor resistencia al flujo y no serían tolerables en la circulación natural.

En la circulación forzada se tiene un domo inferior (o más) que actúa como distribuidor y tiene unos orificios que sirven para compensar las diferentes resistencias cuando hay trayectorias más complicadas que otras.

La separación del agua y del vapor se realiza en el domo. Como el vapor tiende a arrastrar gotas de humedad al desprenderse de la superficie de agua y esto es perjudicial para otros elementos del Generador de Vapor y la turbina, es necesario contar con dispositivos que eviten este fenómeno haciendo que el vapor sea seco.

Si no se contara con estos dispositivos, al trabajar con baja carga tendríamos arrastre de agua; al trabajar con alta carga seguiría habiendo arrastre de agua y además contaríamos con una falsa indicación del nivel del domo y se iría vapor por los tubos bajantes. Otro problema que se presenta al no tener dispositivos de separación es el nivel irregular en el domo.

Los dispositivos de separación de agua y vapor van dentro del domo y efectúan la separación en forma mecánica. Los dispositivos de separación más comunes son:

+ Separadores primarios.- Inducen un movimiento rotativo ciclónico al vapor. La fuerza centrífuga sobre las gotas de agua arrastrada (más pesada) hace que éstas se proyecten a la periferia de un cilindro y escurran hacia abajo.

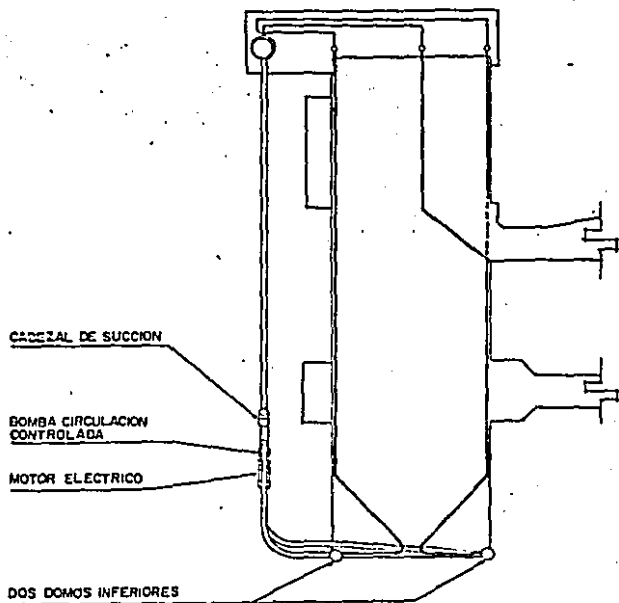
+ Separadores secundarios.- Formados por paquetes de lámina acanalada. El vapor pasa por una ruta tortuosa en los espacios entre dos láminas. Los cambios de dirección hacen que el agua se proyecte hacia las láminas y escurra por los bordes.

+ Secadores.- También formados por lámina acanalada, corrugada o en U que efectúan una acción final de separación o secado, de tal forma que en las salidas de vapor saturado se obtiene vapor sin arrastre de agua.

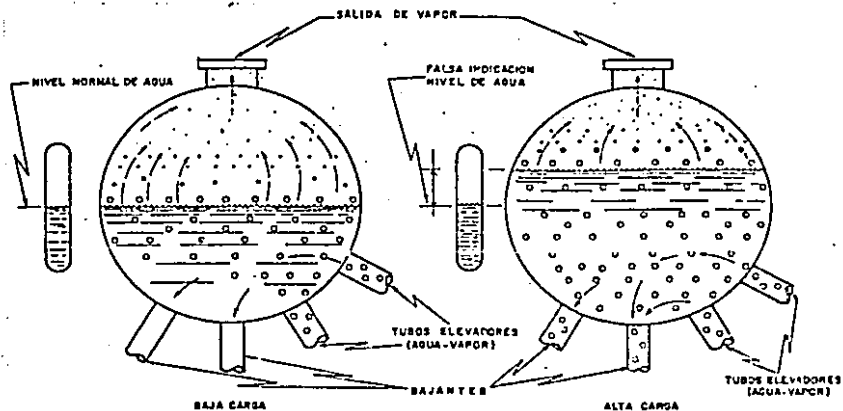
EL SOBRECALENTADOR

Continuando con las partes del Generador de Vapor que absorben calor tenemos el Sobrecalentador. Este recibe vapor saturado que sale del domo y lo sobrecalienta hasta la temperatura requerida por la turbina de vapor.

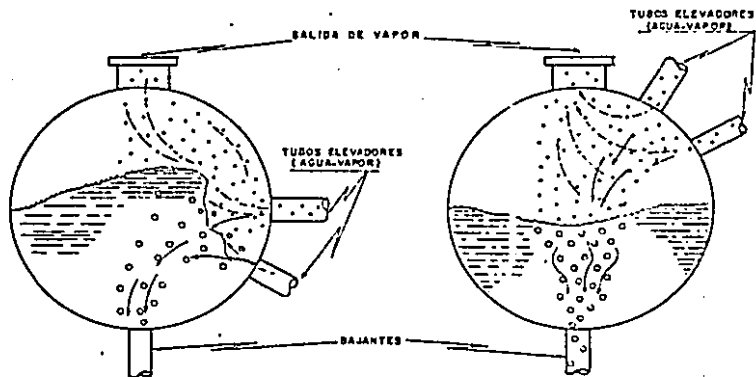
El vapor sobrecalentado se dirige a la turbina y va realizando un trabajo al mismo tiempo que va perdiendo su energía.



GENERADOR DE VAPOR CON
CIRCULACION CONTROLADA



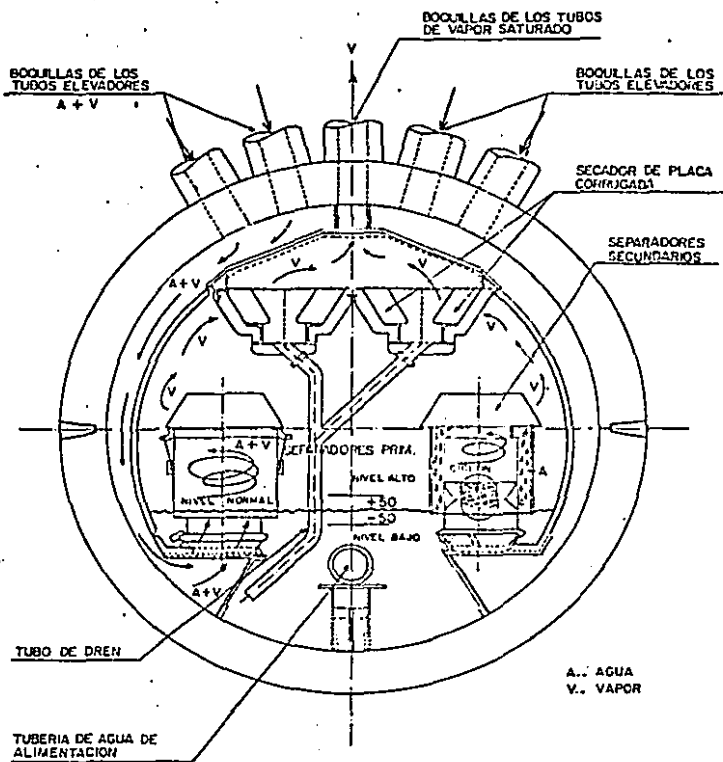
EFFECTO DE LA CANTIDAD DE VAPOR PRODUCIDO EN UN DOMO SIN DISPOSITIVOS DE SEPARACION



a).-DESCARGA DE LOS TUBOS CERCA DE LA LINEA CENTRAL DEL DOMO

b).-DESCARGA DE LOS TUBOS ABAJO DE LA LINEA CENTRAL DEL DOMO.

EFFECTO DE LA LOCALIZACION DE LA DESCARGA DE LA MEZCLA AGUA-VAPOR EN UN DOMO SIN DISPOSITIVOS DE SEPARACION



SEPARADORES DE AGUA-VAPOR EN EL DOMO

Si se usara el vapor saturado que sale del domo para enviarlo directamente a la turbina, sin sobrecalentarlo, la pérdida de energía en la turbina produciría condensación (formación de humedad), de una porción del vapor y esta humedad es perjudicial para la turbina, -- por lo que el trabajo que puede efectuar el vapor está limitado por la cantidad de humedad que puede manejar la turbina.

Quando se usa vapor sobrecalentado, puede obtenerse mayor trabajo, -- y más pasos en la turbina antes de que se forme humedad en el vapor. Además el uso del sobrecalentador hace que la eficiencia de la central sea mayor.

Los sobrecalentadores están formados por una gran cantidad de tubos que se conectan a un cabezal de entrada y a otro de salida. Los tubos forman una red por donde circulan los gases de la combustión.

Los sobrecalentadores pueden ser horizontales o verticales.

Los sobrecalentadores pueden estar formados por varias secciones conectadas en serie, de tal forma que la salida de una sección va a la entrada de otra sección posterior, es decir que la temperatura -- se va elevando por pasos.

A la primera sección se le llama Sobrecalentador primario; a la segunda secundario, y así sucesivamente. También se les puede denominar Sobrecalentador de Baja temperatura, Temperatura Intermedia, Alta Temperatura, etc.

Las secciones del sobrecalentador no necesariamente están adyacentes (en el recorrido de los gases), pudiendo existir otros elementos del Generador de Vapor (que también los gases calientan) entre las secciones del sobrecalentador.

Dependiendo de su localización dentro del Generador de Vapor y de la forma como absorben calor, los sobrecalentadores pueden ser de dos tipos:

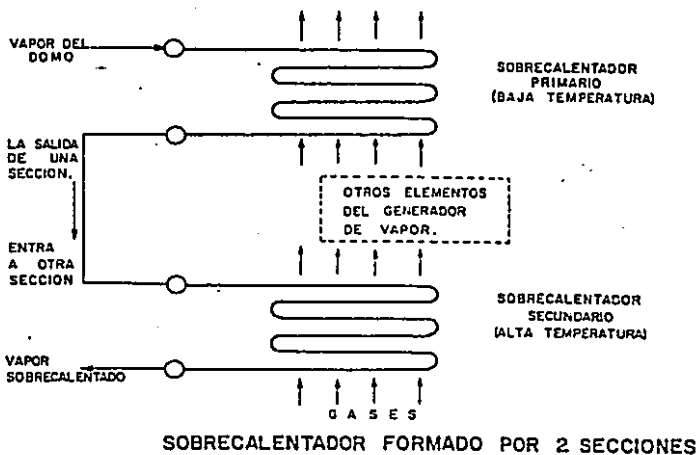
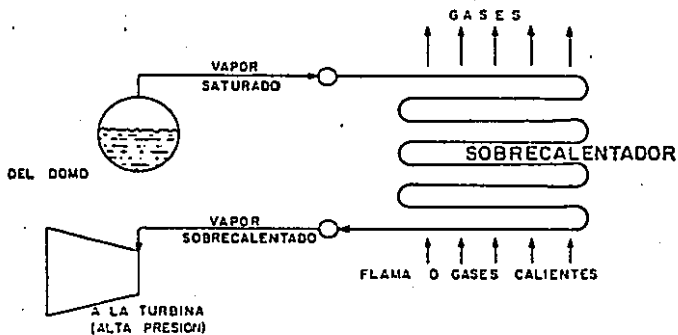
- + Radiantes
- + Convectivos

Los sobrecalentadores radiantes están localizados en la parte superior del hogar y reciben el calor directamente de la flama, por radiación. Con este tipo de sobrecalentadores, la temperatura del vapor de salida disminuye cuando se aumenta la carga.

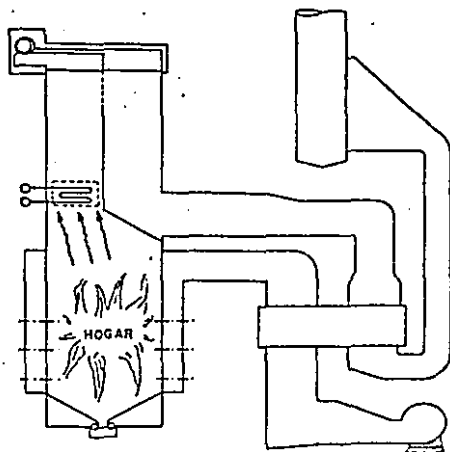
Los sobrecalentadores convectivos están localizados en los pasadizos de los gases calientes y reciben el calor de estos por convección. -- En este caso, los sobrecalentadores no alcanzan a "ver" la flama -- del hogar. Su comportamiento es tal que la temperatura de salida -- del vapor aumenta cuando se aumenta la carga.

Quando un sobrecalentador se encuentra en una zona intermedia entre los dos descritos anteriormente, será una combinación de ambos, es decir, un sobrecalentador Radiante-Convectivo.

Como la turbina requiere una temperatura constante de vapor para su

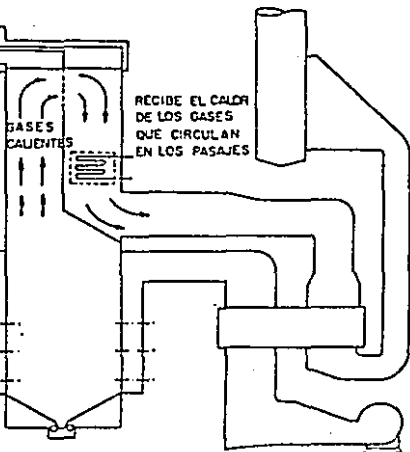


RECIBE EL CALOR
DIRECTO DE LA
FLAMA DEL HOGAR
POR RADIACION



SOBRECALENTADOR RADIANTE

RECIBE EL CALOR
DE LOS GASES
QUE CIRCULAN
EN LOS PASAJES



SOBRECALENTADOR CONVECTIVO

operación, independientemente de la carga, y los sobrecalentadores -- anteriormente descritos no proporcionan temperatura uniforme, se acostumbra combinar los dos tipos, conectando un sobrecalentador con un recalescador en serie con otro radiante logrando así un comportamiento más uniforme en todos los rangos de carga.

EL RECALENTADOR

El vapor que ya trabajó en una turbina, sale con menor presión y -- temperatura, pero puede volverse a recalentar para seguir aprove -- chándose y trabajar en las etapas restantes o en otra turbina.

El recalentador recibe vapor denominado "Recalentado Frío" prove -- niente de la salida de la turbina de alta presión y lo recalienta a la temperatura requerida por las etapas restantes de la turbina.

Las características y el comportamiento del recalentador son some -- jantes a los del sobrecalentador, pero el recalentador opera a una presión menor.

EL ECONOMIZADOR

Aprovecha el calor de los gases antes que escapen a la atmósfera -- por la chimenea. Recibe agua de alimentación "fría" y la calienta -- hasta una temperatura muy cercana a la de ebullición (saturación) para enviarla al domo.

Por la forma de los tubos que constituyen el economizador estos pueden ser:

- + Lisos
- + Aleteados

Los economizadores aleteados permiten mayor absorción de calor por que presentan mayor superficie de calentamiento.

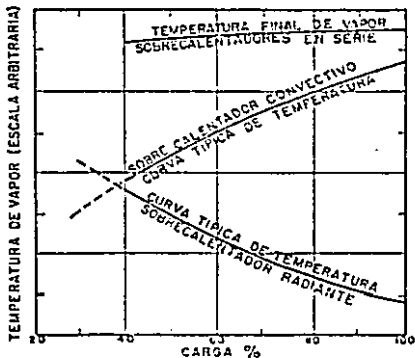
Con el uso del economizador, el agua (más caliente) que llega al domo requiere menos calor extra para evaporarse.

Se le llamó economizador por estas dos razones:

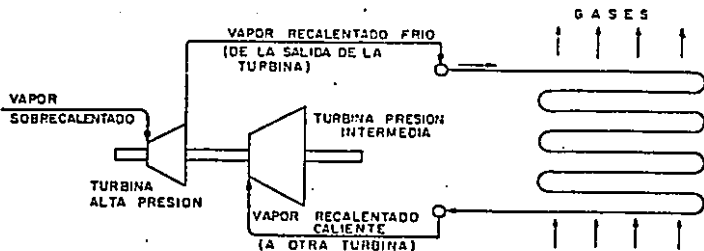
+ Aprovecha el calor de los gases que de otra forma se tirarían a la atmósfera sin aprovecharse.

+Se requiere menos calor para evaporar el agua en la caldera y por lo tanto menos combustible.

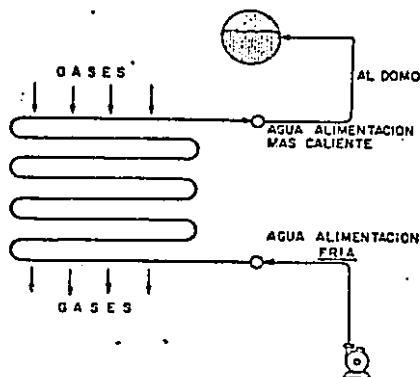
El economizador siempre se encuentra en la salida de los gases, después de los Sobrecalentadores y del recalentador.



COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DE SALIDA EN LOS SOBREALENTADORES



EL RECALENTADOR



EL ECONOMIZADOR

LOS PRECALENTADORES DE AIRE

En nuestra lista de partes principales que absorben calor en el Generador de Vapor, tenemos en último término a los precalentadores de aire.

El uso de aire caliente para la combustión mejora las condiciones de ésta y además aumenta la eficiencia del Generador de Vapor. Los precalentadores de aire reciben aire frío del exterior y lo calientan para enviarse al hogar.

Los precalentadores de aire se pueden clasificar según el medio calefactor en:

- + Precalentador Aire-Vapor
- + Precalentador Aire-Gases

En los precalentadores Aire-Vapor el medio calefactor es vapor obtenido de otro punto en el proceso. El aire se calienta con el vapor, produciendo finalmente aire caliente; el vapor que perdió su energía se transforma en condensado. El aire y el vapor no se mezclan.

En los precalentadores Aire-Gases el medio calefactor son los gases calientes que salen del economizador y aún contienen energía. Antes de tirar estos gases a la atmósfera por la chimenea, pasan por el precalentador aire-gases, en donde ceden el calor al aire necesario para la combustión.

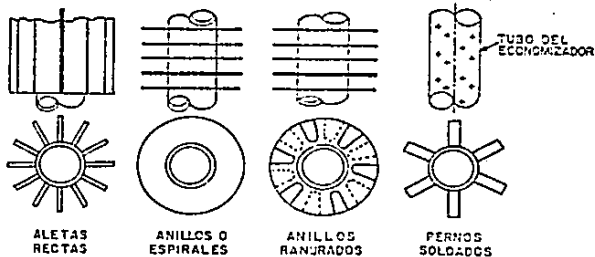
Los gases que salen del precalentador aire-gases están más fríos y ahora sí pueden enviarse a la chimenea sin que se desperdicien grandes cantidades de calor. El aire y los gases no se mezclan.

En general, los combustibles que se usan en los Generadores de Vapor contienen algo de azufre, por lo tanto, los gases producto de la combustión contienen óxidos de azufre. Si estos gases se hacen pasar por un precalentador aire-gases, van enfriándose y cediendo su calor al aire. Si la temperatura de los gases baja mucho puede llegarse hasta un punto llamado "Punto de Rocío". En este punto se forman ácidos corrosivos (producto de los óxidos de azufre y la humedad), que atacan a los componentes metálicos del precalentador aire-gases.

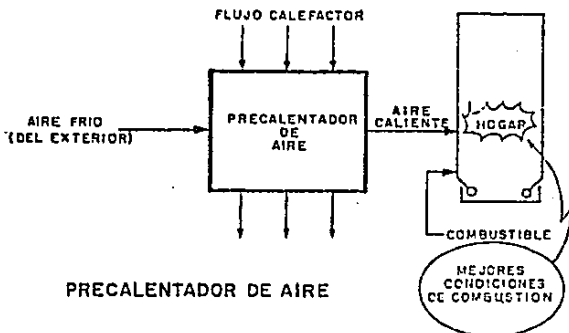
Una forma de evitar la corrosión, en los precalentadores aire-gases es haciendo que el aire por calentarse no llegue muy frío al precalentador, así los gases no se enfrían tanto. Como los gases no se enfrían más abajo de la temperatura del aire que entra, la corrosión se evita calentando un poco el aire antes que entre al precalentador aire-gases. El precalentamiento previo del aire se efectúa en un precalentador aire-vapor.

Según la forma en que se realiza la transferencia de calor, los precalentadores de aire pueden ser:

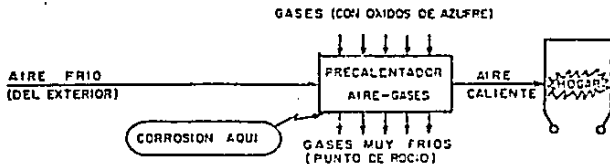
- + Recuperativos
- + Regenerativos



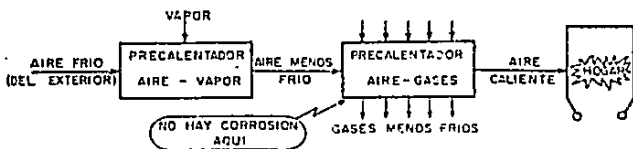
FORMAS DIVERSAS DE ECONOMIZADORES ALETEADOS



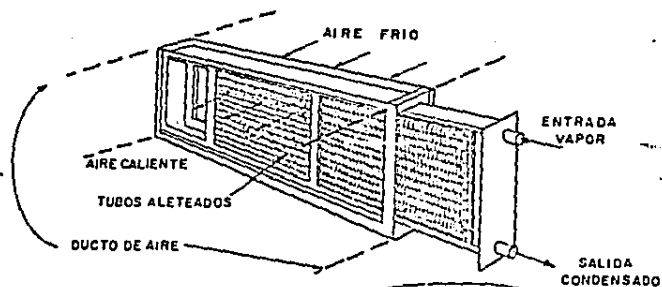
PRECALENTADOR DE AIRE



CORROSION EN UN PRECALENTADOR AIRE GASES



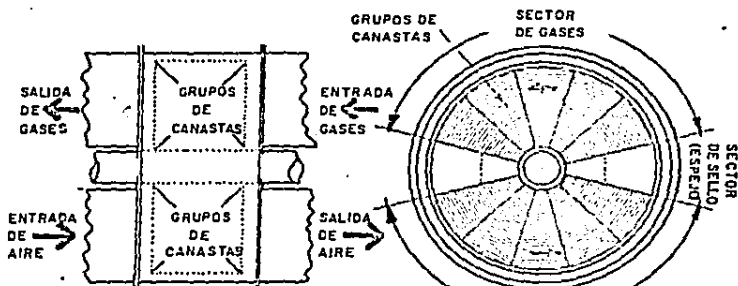
COMBINACION DE PRECALENTADORES PARA EVITAR LA CORROSION



EL AIRE ES CALENTADO
POR VAPOR

**PRECALENTADOR AIRE-VAPOR
TIPO RECUPERATIVO**

TRANSMISION
DIRECTA DEL
CALOR



**PRECALENTADOR AIRE-GASES
REGENERATIVO**

EL AIRE ES CALENTADO
POR LOS GASES

TRANSMISION INDIRECTA
DEL CALOR

En los precalentadores recuperativos el calor se transfiere directamente (de los gases calientes o del vapor) en un lado de una superficie, al aire en el otro lado. Generalmente son de tipo tubular.

En los precalentadores regenerativos el calor se transfiere indirectamente (de los gases calientes) al aire a través de un elemento intermedio almacenador de calor.

Los tipos de precalentadores más usados en las centrales termoeléctricas son:

+ Precalentador Aire-Vapor tipo recuperativo.- Está formado por un conjunto de tubos horizontales con aletas. En el interior circula el vapor que cede calor al aire. El conjunto se instala en un ducto de aire del generador de vapor.

+ Precalentador Aire-Gases tipo regenerativo.- Está formado por un tambor conteniendo paquetes de laminillas (llamados canastas) que son los elementos almacenadores de calor. La corriente de gases pasa por las canastas y las calienta, como el tambor está girando - continuamente por medios mecánicos, las canastas calientes llegan a una corriente de aire frío y le ceden su calor, calentando el aire. Un sistema de sellos rotatorios evita que los gases y el aire se mezclen.

TIRO Y VENTILADORES

En un generador de vapor se requiere de un flujo de aire para producir la combustión, también se requiere que circulen los gases calientes (producto de la combustión).

El aire y los gases se confinan en ductos y pasajes durante su recorrido dentro del generador de vapor.

Para producir el flujo dentro de estos pasajes se requiere crear - una diferencia de presiones mediante ventiladores y otros medios.

Tiro es el término usado comúnmente para referirse a la presión (estática) en el hogar, en un ducto de aire o en un pasaje de gases.

El término tiro aplicado a un generador de vapor se refiere a la forma en que se logra la circulación del aire y los gases.

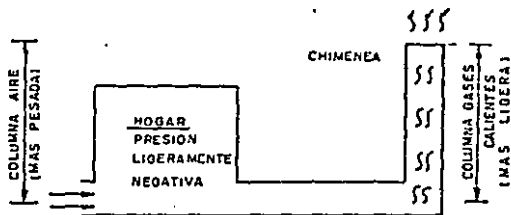
Físicamente un ventilador es esencialmente un rotor con aspas y una carcasa que lo envuelve y dirige al aire o gases descargados por el impulsor.

Por la forma en que manejan el fluido, los ventiladores pueden ser de dos tipos:

- + Radiales o Centrifugos
- + Axiales

TIRO NATURAL

DEPENDE DE LA ALTURA DE LA CHIMENEA



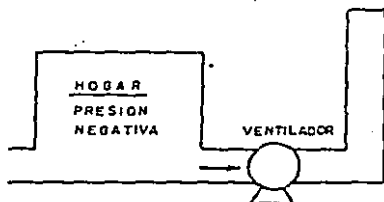
TIRO FORZADO

UN VENTILADOR QUE DESCARGA AIRE AL HOGAR.



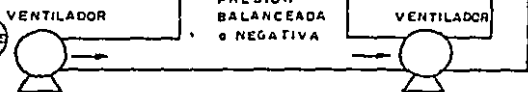
TIRO INDUCIDO

UN VENTILADOR QUE SUCCIONA GASES DEL HOGAR.

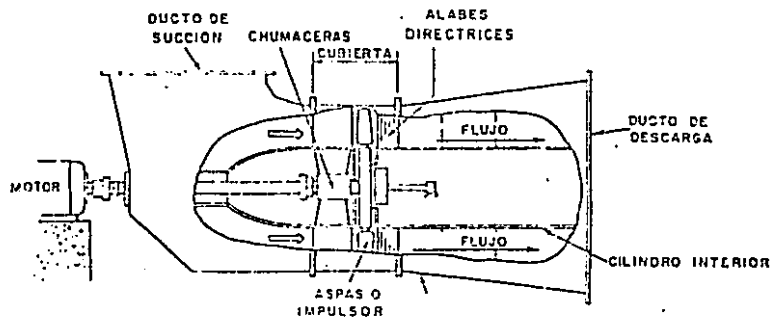
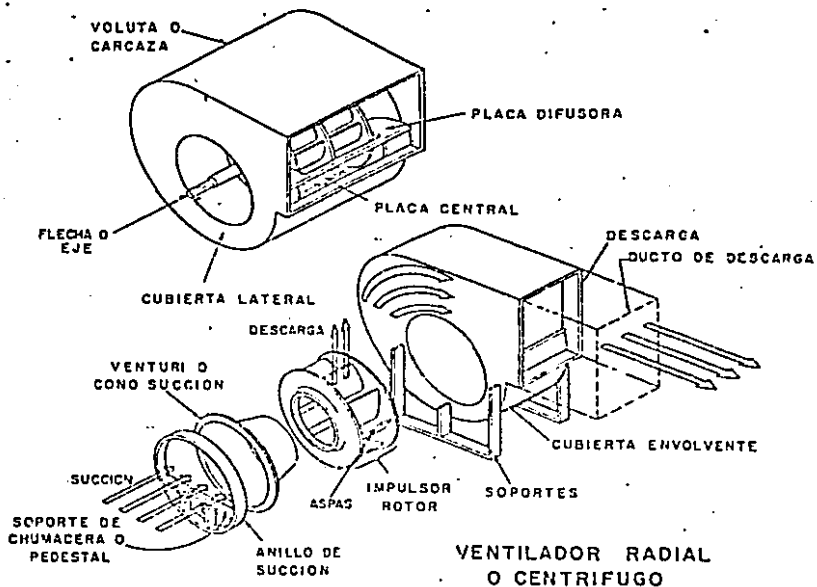


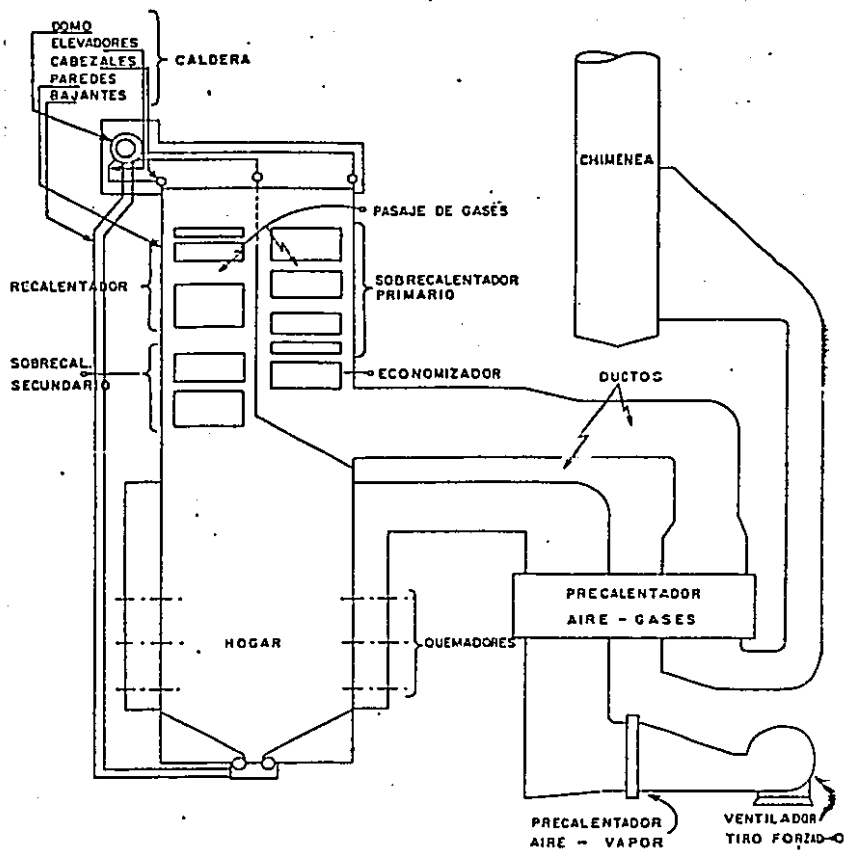
TIRO BALANCEADO

COMBINACION DE LOS 2 ANTERIORES

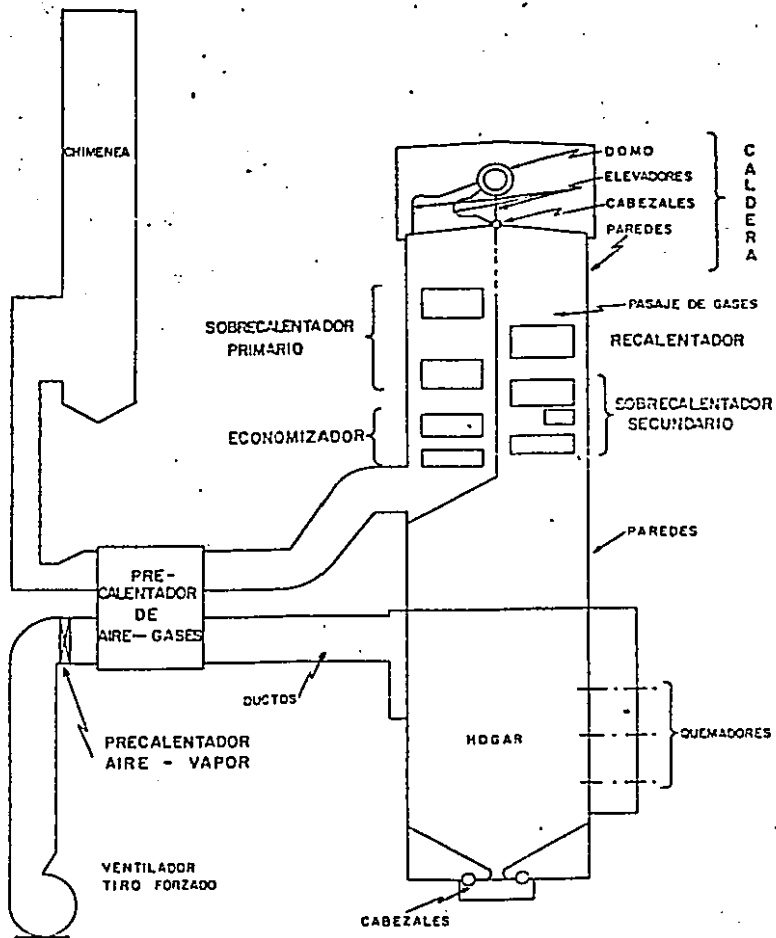


FORMAS DE TIRO EN UN GENERADOR DE VAPOR





EJEMPLO DE PARTES DEL GENERADOR DE VAPOR



EJEMPLO DE PARTES DEL GENERADOR DE VAPOR

Ventilador Radial o Centrifugo. Es muy semejante a una bomba centrífuga. El aire o gas se mueve radialmente hacia el exterior de las aspas y descarga en una carcasa que rodea al impulsor, en forma de caracol.

Ventilador Axial. El aire o gas se mueve en forma paralela al eje de giro del ventilador.

CONTROL DE TEMPERATURA

Los consumos reducidos de energía en las unidades termoeléctricas modernas se deben en gran parte a las mejores eficiencias del ciclo que son posibles gracias a las altas temperaturas de vapor usadas. Es evidente que se requieren medios para controlar la temperatura del vapor dentro de un margen estrecho para obtener las eficiencias esperadas.

Otras razones importantes para la regulación correcta de la temperatura del vapor son: la prevención de fallas causadas por calentamiento excesivo en algunas partes del sobrecalentador, el recalentador o la turbina; la prevención de expansiones térmicas en los puentes de la turbina con huelgos reducidos de tal manera que no se presenten daños; evitar la erosión causada por la humedad excesiva en las últimas etapas de la turbina, etc.

Es importante el control de las fluctuaciones en la temperatura debidas a aspectos inciertos en la operación, como la acumulación de hollín o escoria. Sin embargo, la temperatura del vapor sobrecalentado y recalentado en la generación de vapor son afectadas principalmente por las variaciones en el flujo de vapor.

En los generadores de vapor con domo, el flujo de vapor y la presión se mantienen en función del flujo de combustible, mientras que las temperaturas resultantes de el vapor sobrecalentado y recalentado dependen del diseño básico y de otras variables de operación importantes, tales como la relación de superficies de transferencia de calor convectivas y radiantes, el exceso de aire, la temperatura del agua de alimentación, los cambios en el combustible que afectan las características de la combustión, los depósitos de hollín en las superficies de transferencia de calor y la combinación particular de quemadores en servicio.

Muchas variables de operación afectan a la temperatura del vapor en un generador de vapor. Con el objeto de mantener constantes las temperaturas del vapor, deben aplicarse los medios para compensar el efecto de tales variables, de las cuales las más importantes son:

+ Carga.- Conforme la carga se incrementa, la cantidad y la temperatura de los gases se incrementan. En un sobrecalentador convectivo, la temperatura del vapor se incrementa con la carga, con una pendiente de la curva menos pronunciada cuando se recorre el sobrecalentador más cerca del hogar. En un sobrecalentador radiante, la temperatura del vapor disminuye conforme la carga aumenta. Algunas veces se instalan en serie un sobrecalentador radiante y uno convectivo,

con las debidas proporciones, para mantener sustancialmente constante la temperatura del vapor dentro de un rango considerable de carga.

+ Exceso de Aire.- Para un cambio en la cantidad del exceso de aire que entra a los quemadores, existe un cambio correspondiente a la cantidad de gases que fluyen sobre un sobrecalentador convectivo, y por lo tanto, un incremento en el exceso de aire tiende a aumentar la temperatura del vapor.

+ Temperatura de agua de Alimentación.- Un aumento en la temperatura del agua produce una reducción en la temperatura del sobrecalentador; considerando que para un flujo determinado de vapor, se requiere menos combustible y menos gases pasan por el sobrecalentador.

+ Limpieza de las Superficies.- La eliminación de los depósitos de hollín o escoria en las superficies de transferencia de calor localizadas antes que el sobrecalentador, reduce la temperatura de los gases y por lo tanto del vapor. La eliminación de los depósitos de el sobrecalentador aumenta la absorción de calor e incrementa la temperatura del vapor.

+ Uso de vapor auxiliar.- Si se usa vapor del generador de vapor para los sopladores de hollín o los servicios auxiliares, se requiere mayor flujo de combustible para mantener constante el flujo de vapor (carga) y esto eleva la temperatura del vapor.

+ Purgas.- El efecto de las purgas es similar al uso de vapor auxiliar pero en menor grado debido a la menor entalpía del agua comparada con el vapor.

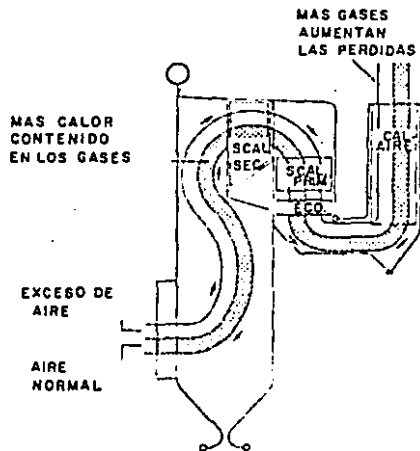
+ Quemadores en operación.- La distribución del calor entre los quemadores en diferentes posiciones o un cambio en el ajuste de un quemador comúnmente produce efecto en la temperatura del vapor, debido a los cambios en las relaciones de absorción de calor en el hogar.

+ Combustible.- Pueden producirse variaciones en la temperatura del vapor derivadas del cambio en el combustible quemado o de cambios en las características de un determinado combustible.

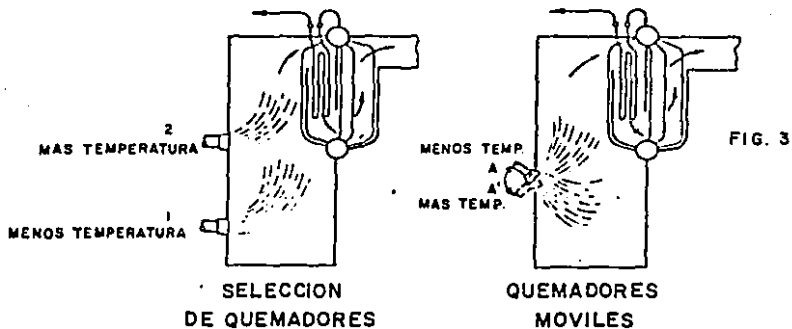
Entre los medios de control para regular la temperatura del vapor, los más usados son:

- + Exceso de aire
- + Selección de quemadores
- + Quemadores móviles
- + Desviación de gases
- + Recirculación de gases
- + Atemperación de gases
- + Atemperación de vapor

Exceso de aire.- Los operadores de centrales saben, mediante la experiencia, que la temperatura del vapor de calidad del sobrecalentador convectivo puede incrementarse, a cargas parciales, disminuyendo la absorción de calor en el hogar mediante un incremento en el exceso del aire para la combustión. En este caso, la mayor masa de los gases resultantes hacia la chimenea incrementa las pérdidas en



EXCESO DE AIRE



los gases y por lo tanto no es recomendable.

Selección de quemadores.- Frecuentemente es posible regular la temperatura del vapor mediante la operación selectiva de los quemadores. En cargas parciales, pueden obtenerse temperaturas más altas del vapor usando los quemadores que proporcionan la más alta temperatura de salida del hogar.

Quemadores móviles.- Puede afectarse la temperatura del vapor cambiando los patrones de absorción en el hogar mediante el uso de quemadores móviles que se operan para desplazar la zona principal de combustión en el hogar. Para este propósito se utilizan quemadores basculantes.

Desviación de gases.- Si los bancos de convección de una unidad generadora de vapor, están separados mediante deflectores heráuticos, en dos o más pasajes paralelos aislando porciones del sobrecalentador y del recalentador, puede variarse la proporción de los gases que fluyen sobre una parte o todo el sobrecalentador y recalentador mediante compuertas regulables. Este método tiene la ventaja de tener un bajo costo inicial y que no requiere de agua de alta calidad para la atemperación como en un atemperador de mezcla.

Algunas de las desventajas que presenta son:

O- Es difícil mantener operables las compuertas, a menos que estén colocadas en una zona de gases fríos.

O- Se incrementa la resistencia del sistema aire-gases.

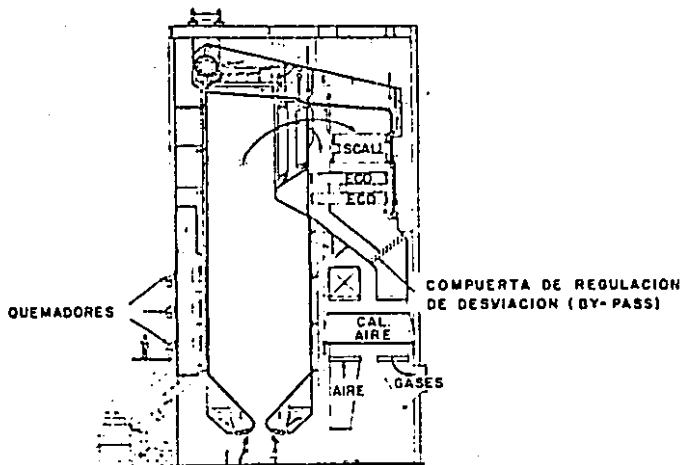
O- El control es más burdo comparado con el de los atemperadores.

O- Se tiene alta temperatura de gases en las compuertas de desviación, a menos que existan superficies para la absorción de calor en el pasaje de derivación.

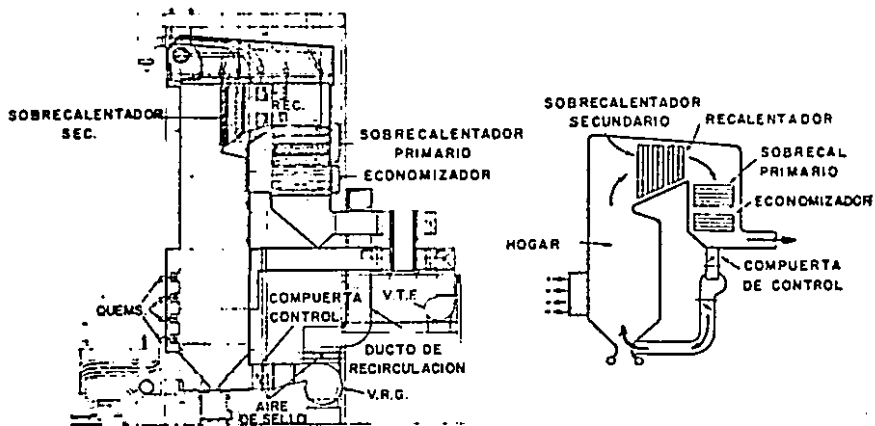
Recirculación de gases y atemperación de gases.- Uno de los métodos más atractivos para controlar la temperatura de vapor sobrecalentado y recalentado, es la recirculación de gases. Como el término lo dice, implica un método mediante el cual se reintroducen al hogar los gases procedentes de otro punto del generador de vapor (la salida del economizador o del precalentador de aire) por medio de un ventilador y los ductos adecuados.

Para mayor claridad, a los gases recirculados que se introducen en la vecindad inmediata de la zona inicial de la combustión y que se usan para control de la temperatura del vapor, se les denomina "Recirculación de gases". Los gases recirculados que se introducen cerca de la salida del hogar y que se usan para control de la temperatura de los gases se les denomina atemperación de gases.

En la mayoría de los casos, los gases se obtienen de la salida del economizador. El punto de reintroducción se dicta en función del efecto deseado. Los gases recirculados deben de introducirse al hogar de tal forma que no produzcan interferencia en la combustión del hogar. La cantidad de gases recirculados se expresa generalmente



DESVIACION DE GASES



RECIRCULACION DE GASES

te como un porcentaje de los gases que continúan por la trayectoria normal después del punto de extracción de los gases recirculados.

La recirculación de gases puede usarse para propósitos diversos, pero su función principal es proporcionar los medios para alterar los patrones de absorción de calor en el interior de una unidad generadora de vapor.

Una característica importante de la recirculación de gases, es que su aplicación cambia únicamente los patrones de absorción de calor en el generador de vapor y tiene un efecto negligible sobre la absorción total de calor, la cantidad de gases que se escapan por la chimenea y la eficiencia del generador de vapor.

El efecto térmico de los gases recirculados depende de la cantidad de gases recirculados, la localización de la introducción y la carga de la unidad.

La introducción de gases en la base del hogar produce una reducción pronunciada en la absorción del hogar y aumenta la absorción en las zonas convectivas. La absorción total de calor permanece sin cambio

La absorción de calor en el hogar es primordialmente función de la temperatura de los gases y del patrón de temperatura a lo largo del hogar, dado que la transferencia de calor se realiza primordialmente por radiación. Por tanto, la introducción de recirculación de gases en la base del hogar reduce la absorción de calor mediante la alteración del patrón de temperaturas de los gases.

La mayor parte del calor absorbido en el sobrecalentador, recalentador y economizador se realiza por convección, la cual depende de la temperatura de los gases y de la velocidad de la masa de los gases. Ambas son afectadas por la recirculación de gases. Por lo tanto, cuando se incrementa la velocidad de la masa de gases a través de un banco de convección mediante la recirculación de gases, la cantidad de calor transferido puede incrementarse, disminuirse o permanecer sin cambio, dependiendo de los cambios en las relaciones entre la temperatura de los gases y la cantidad (en masa) de los gases que entran al banco. Si se incrementa la cantidad de recirculación de gases, se incrementa la cantidad de absorción de calor en el sobrecalentador secundario. También se incrementa la absorción de calor en el recalentador, el sobrecalentador primario y el economizador, con los mayores incrementos en las zonas más frías de la unidad. Este es un ejemplo típico de las variaciones en los patrones de absorción de calor en los pasajes de convección por medio de la recirculación de gases.

Mientras que la recirculación de gases a la base del hogar siempre reduce la absorción de calor en el hogar su efecto en la temperatura de los gases de salida del hogar depende primordialmente de la carga de la unidad. La temperatura de los gases de salida del hogar puede aumentarse, disminuirse, o permanecer esencialmente sin cambio mediante la recirculación de gases. En general, la recirculación de gases introducida a la base del hogar disminuye la temperatura de los gases del hogar de una unidad operando a alta carga y aumenta esta temperatura de los gases a baja carga.

En el caso de introducir la atemperación de gases en un punto cercano a la salida del hogar y considerando que los gases recirculados no afectan a la porción del hogar en donde ocurre la mayor absorción de calor, esta absorción de calor sólo disminuye ligeramente. Sin embargo, hay una gran disminución en la temperatura de los gases de salida del hogar, producida por la dilución de los gases de combustión calientes con los gases recirculados más fríos.

En la atemperación de gases, introducida cerca de la salida del hogar, la reducción de la temperatura de salida de los gases del hogar es comúnmente suficiente para contrarrestar el efecto del aumento en la masa de gases, y entonces se reduce la absorción de calor en el sobrecalentador secundario. El efecto de la atemperación de gases en el sobrecalentador primario y en el economizador sigue los patrones mostrados en los gráficos, con los mayores cambios en la absorción de calor nuevamente ocurriendo en el extremo más frío. Debido a la localización física del recalentador en el caso mostrado en los gráficos, su absorción permanece constante sin considerar el porcentaje de atemperación de gases.

Atemperación de Vapor.— En los tipos de atemperadores usados generalmente, la temperatura del vapor se regula extrayendo calor al vapor o diluyendo vapor de alta temperatura con agua de baja temperatura.

Los atemperadores se clasifican en dos tipos:

- + Atemperadores de superficie
- + Atemperadores de mezcla

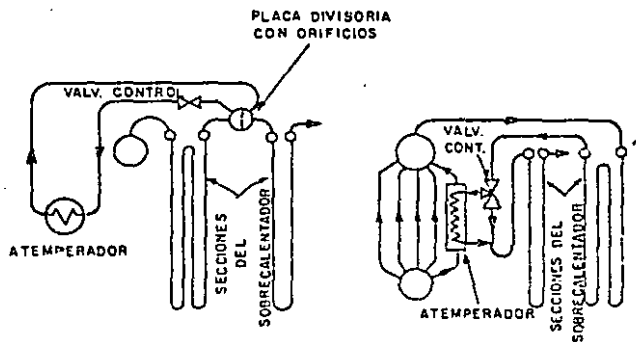
En el tipo de superficie, el vapor se encuentra aislado del medio de enfriamiento, por la superficie de un intercambiador de calor.

En el tipo de mezcla, el vapor y el medio de enfriamiento (agua) se mezclan.

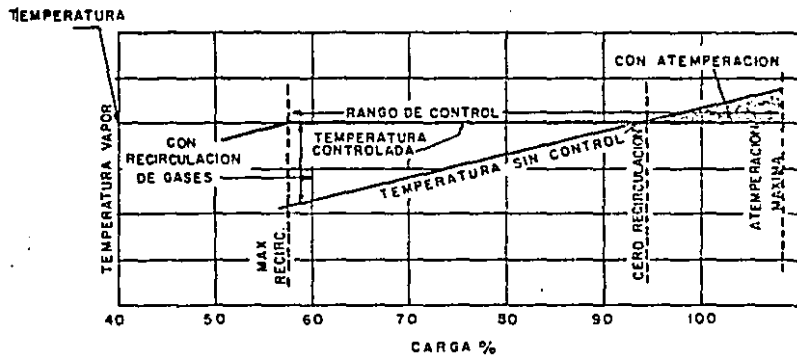
Cuando se usa un atemperador de superficie parte del vapor procedente del sobrecalentador primario, se desvía mediante una válvula automática. El vapor desviado reduce su temperatura cediéndole calor al agua de la caldera, y después se mezcla con el resto del vapor procedente del sobrecalentador primario. La temperatura final del vapor se regula mediante la posición de la válvula automática que controla la cantidad de vapor desviado hacia el atemperador.

El atemperador de superficie puede ser un haz de tubos instalado dentro de una coraza cilíndrica a través de la cual circula agua del sistema de circulación de la caldera. Este tipo presenta la ventaja de tener poca accesibilidad a los tubos y espejos para inspección.

Otro diseño más satisfactorio de un atemperador de superficie es el tipo domo, en el cual los tubos están sumergidos en uno de los domos de la caldera. Sin embargo, puede ser necesario aumentar el tamaño del domo para acomodar a los tubos del atemperador.



ATEMPERADORES DE SUPERFICIE



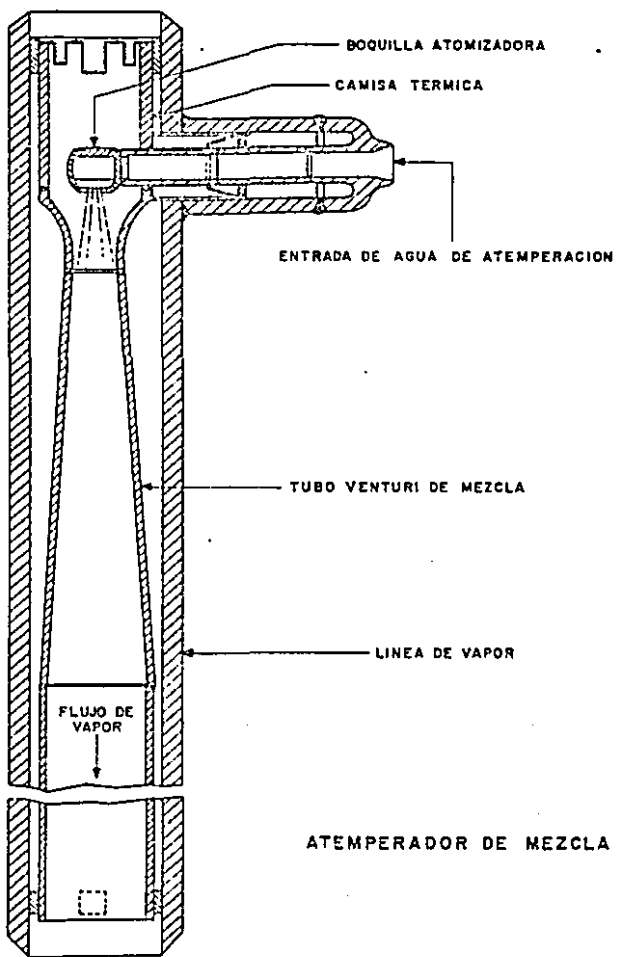
CONTROL DE TEMPERATURA CON RECIRCULACION DE GASES Y ATEMPERACION

Una forma de control se logra mediante una válvula derivadora que recibe todo el vapor sobrecalentado, conduciendo una parte hacia el atemperador mientras que el resto pasa por una desviación. Otra forma de control que se adapta para bajas temperaturas, se logra mediante un orificio en la línea de desviación, que produce la caída de presión requerida para conducir parte del vapor hacia el atemperador, y una válvula estranguladora localizada en la entrada o salida del atemperador. Usando este método, se requiere una simple válvula en lugar de una válvula derivadora más complicada; y si la válvula se encuentra a la salida del atemperador, sólo maneja vapor atemperado y entonces no requiere un diseño para alta temperatura.

En los atemperadores de mezcla, el más comúnmente usado es el tipo de atomización, por ser el más satisfactorio para controlar la temperatura del vapor. Se introduce agua de alta calidad en la línea de vapor sobrecalentado, a través de una boquilla atomizadora localizada en la garganta de un tubo venturi dentro de la línea de vapor. Debido a la acción atomizadora en la boquilla y a la alta velocidad del vapor a través de la garganta del venturi, el agua se vaporiza, se mezcla con el vapor y lo enfría. Una característica de construcción importante es la prolongación de la sección del venturi dentro de una camisa térmica, aguas abajo de boquilla atomizadora, para proteger a la tubería de alta temperatura, de choques térmicos que podrían resultar como consecuencia de una evaporación incompleta y que las gotas de agua impacten la superficie caliente de la tubería.

La atemperación con atomización permite un control rápido y sensible para regular la temperatura del vapor. Es importante que el agua de atemperación sea de muy alta calidad, dado que los sólidos que lleva el agua entran al vapor y si son excesivos, pueden causar deósitos problemáticos en los tubos del sobrecalentador, las líneas principales o en los álabes de la turbina.

Generalmente se usa agua del sistema del agua de alimentación y la presión necesaria para la atomización la proporcionan las bombas de agua de alimentación. Una contaminación en el sistema de agua de condensado o del agua de repuesto producirá contaminación del agua de alimentación y por lo tanto, del agua disponible para atemperación.



2

TURBINA

TURBINA

La Turbina de vapor es una máquina de fluidos que transforma la energía del vapor en trabajo mecánico; éste se obtiene en una flecha giratoria y puede ser aprovechado en múltiples aplicaciones.

Debido a que pueden construirse unidades de gran capacidad en forma relativamente fácil, a las eficiencias logradas y a la extrema confiabilidad que presentan, la turbina de vapor es ideal como primomotor en el accionamiento de generadores en centrales de energía eléctrica. También es un elemento motriz importante en las plantas industriales en donde no sólo accionan generadores y maquinaria de la industria petrolera, azucarera o del papel, sino también bombas centrífugas, compresores, sopladores y diversos tipos de maquinaria en prácticamente todas las ramas de la industria.

En los últimos años, no solamente se han incrementado en forma importante las capacidades, sino también las presiones y temperaturas de operación como un esfuerzo para mejorar la eficiencia y economía. Actualmente muchas turbinas operan con vapor a valores comunes de temperatura de 556°C (1050°F) ó 523°C (1000°F) y a presiones de 137 a 170 Kg/cm² (1800 a 2400 lb/pulg²).

También existen algunas unidades que operan a presiones "supercríticas" de 346, 316 y 352 Kg/cm² (3500, 4500 y 5000 lb/pulg²) con temperaturas tan altas como 650°C (1200°F). El punto crítico del vapor ocurre en las proximidades de 226 Kg/cm² (3210 lb/pulg²) y 374°C (705°F).

Las turbinas pequeñas operan a altas velocidades de hasta 20,000 r.p.m. con las velocidades más comunes en el rango de 4,000 a 12,000 r.p.m. Las unidades de gran capacidad operan usualmente a 3600 r.p.m. para generación de energía eléctrica a 60 Hz. y 3,000 r.p.m. para 50 Hz.

PRINCIPIOS DE OPERACION

En una turbina el vapor se expande en toberas estacionarias o móviles, saliendo a éstas con una velocidad alta. La fuerza de los chorros de alta velocidad hace que las partes móviles tengan una rotación, esto es, hacen que la energía disponible del vapor produzca trabajo mecánico útil.

La expansión del vapor puede ocurrir en toberas estacionarias o móviles, y dependiendo de este hecho, el principio de operación puede ser:

Turbina de Acción.- Expansión en la tobera estacionaria.

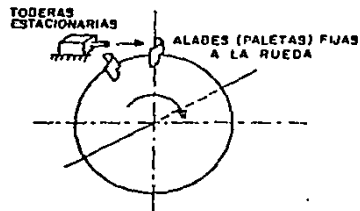
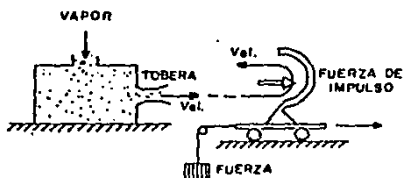
Turbina de reacción.- Expansión en la tobera estacionaria y en la tobera móvil.

Las partes de una turbina de vapor pueden agruparse en los siguientes conjuntos o grupos:

Partes estacionarias

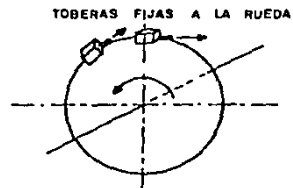
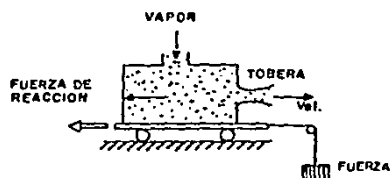
ESQUEMAS DE LOS PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACION DE LAS TURBINAS

100% IMPULSO (ACCION)



LA ENERGIA TERMICA SE TRANSFORMA EN VELOCIDAD DEL VAPOR EN LAS TOBERAS FIJAS; LA VELOCIDAD DEL VAPOR SE TRANSFERIDA A PAR DE GIRO DE LA RUEDA UNICAMENTE POR CAMBIO DE DIRECCION DEL VECTOR VELOCIDAD DEL VAPOR, EL CUAL PRODUCE UNA FUERZA DE IMPULSO.

100% REACCION (COHETE)



LA ENERGIA TERMICA SE TRANSFORMA EN VELOCIDAD DEL VAPOR EN LAS TOBERAS MOVILES; EL PAR DE GIRO DE LA RUEDA SE PRODUCE UNICAMENTE POR LA FUERZA DE REACCION.- DEBIDO A QUE NO ES POSIBLE PRODUCIR EL VAPOR DENTRO DE LA RUEDA GIDATORIA, LAS TURBINAS DE REACCION TAMBIEN LLEVAN LAS TOBERAS ESTACIONARIAS PARA ALIMENTAR EL VAPOR. (REACCION < 100%).

Partes rotativas
 Sistema de gobierno y protección
 Sistema de lubricación
 Equipo auxiliar y accesorios

Las partes estacionarias principales son la carcasa o cilindros, las válvulas de admisión y control de vapor las toberas o álabes estacionarios, los diafragmas, los sellos de la flecha y las chumaceras

Otras partes estacionarias son los sellos que van en los extremos de cada carcasa para dos propósitos: Minimizar las fugas de vapor al exterior bajo presión y minimizar la entrada de aire cuando existe vacío, por ejemplo, en las turbinas de baja presión. Las turbinas pequeñas frecuentemente usan sellos de anillos de carbón; las turbinas de mayor capacidad normalmente están equipadas con sellos de tipo laberintico con vapor. Además se requieren otro tipo de sellos de vapor en el interior de la turbina para evitar el paso de vapor en la periferia del rotor entre las etapas sucesivas de la turbina.

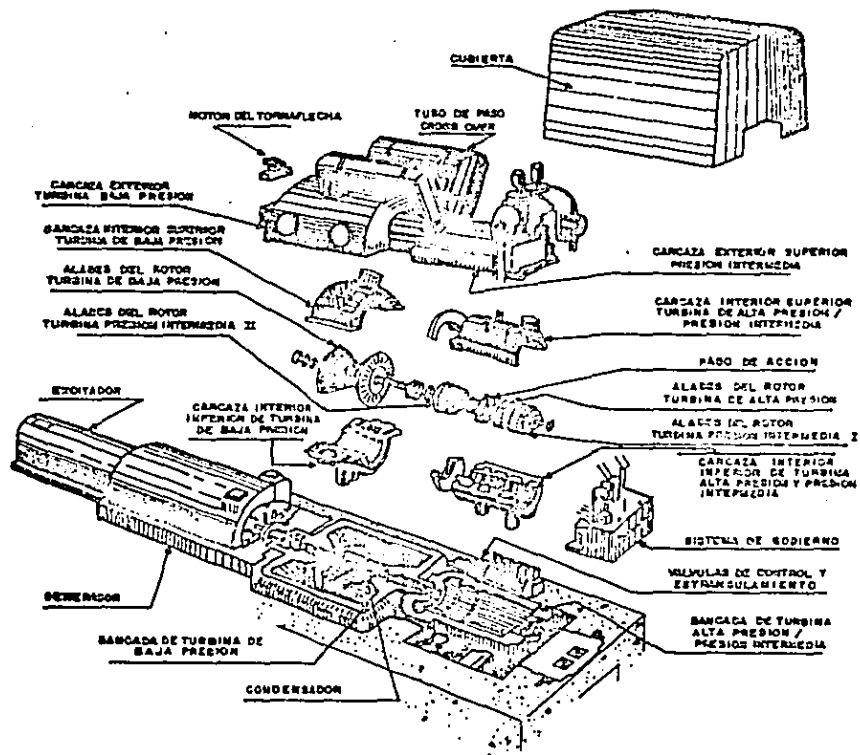
Las partes rotativas se integran para formar un rotor, que dependiendo del tipo de la turbina, puede consistir de ruedas o discos montados en un flecha, o puede ser una pieza maquinada a partir de una pieza sólida forjada, o una pieza forjada construida de piezas soldadas. En cualquier caso, este rotor lleva los álabes radiales o paletas debidamente instalados.

Los sistemas de gobierno y protección son extremadamente diversos; para las unidades pequeñas pueden ser dispositivos mecánicos realmente simples que permiten operar directamente las válvulas de admisión y control de vapor. Para las máquinas de mayor capacidad, pueden ser sistemas muy complejos, del tipo hidráulico, eléctrico, electrónico o la combinación de estos tipos, que no solamente controlan la velocidad regulando la admisión de vapor, sino que también controlan la presión de vapor de las extracciones para procesos industriales y la operación de válvulas o dispositivos de seguridad que automáticamente protegen a la turbina en caso de condiciones anormales o que operan dispositivos separados de la turbina.

El sistema de lubricación puede consistir desde simples depósitos de aceite en los pedestales de las chumaceras lubricadas por anillos hasta sistemas elaborados de lubricación incluyendo bombas, enfriadores, filtros, acondicionadores de aceite, centrifugadores, etc.

El equipo auxiliar y los accesorios incluyen elementos que no pertenecen propiamente a la turbina, y que pueden no ser necesarios para bajas capacidades, pero con el aumento de la capacidad van adquiriendo importancia y algunos de ellos se hacen imprescindibles. Entre estos podemos citar al virador o Tornaflecha que mantienen girando a baja velocidad al rotor cuando la unidad está fuera de servicio y evita su deformación, y a los elementos del sistema Supervisor que permiten conocer continuamente los parámetros y estado de operación de la unidad.

Las turbinas de vapor pueden clasificarse según diferentes criterios, entre los cuales se encuentran:



EJEMPLO DE UNA TURBINA TANDEM-COMPOUND
CON RECALENTAMIENTO

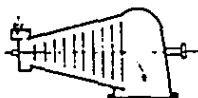
- a) Principio de operación
 - + Acción.- La expansión del vapor tiene lugar solamente en las toberas fijas.
 - + Reacción.- La expansión del vapor tiene lugar tanto en las toberas fijas como en los álabes móviles.
 - + Acción y reacción combinadas
 - + Mixtas.- El álabe en la raíz es de acción y en la punta es de reacción.
- b) Presión en el escape
 - + Con condensación
 - + De Contrapresión (para un proceso industrial)
- c) Extracciones
 - + Con extracciones
 - + Sin extracciones
- d) Recalentamiento del vapor
 - + Con recalentamiento
 - + Sin recalentamiento
- e) Número y arreglo de cuerpos y flechas
 - + Sencilla
 - + Compuesta (compound).- El vapor que sale de una turbina entra a otra.
 - + En línea (tandem).- Varias turbinas en la misma flecha.
 - + Cruzadas (cross).- Varias turbinas en diferentes flechas.
- f) Número de escapes de vapor
 - + Flujo simple
 - + Flujo múltiple (doble, triple, etc.)
- g) Dirección del flujo de vapor
 - + Axial
 - + Radial
- h) Construcción del rotor
 - + Con tambor
 - + Con discos
 - + Combinadas
- i) Forma de acoplamiento
 - + Directo
 - + Con reductor
- j) Velocidad de operación
 - + Constante
 - + Variable
- k) Aplicación
 - + Generación de Energía Eléctrica
 - + Industriales

SISTEMA DE SELLOS DE VAPOR

La función del sistema de vapor de sellos es evitar fugas de vapor en los extremos de la turbina de presión alta e intermedia y evitar entradas de aire en los extremos de la turbina de baja presión.

Para lograr lo anterior se dispone de sellos laberínticos colocados entre las carcizas y los extremos del rotor.

EJEMPLOS COMUNES DE LA CLASIFICACION
DE LAS TURBINAS DE VAPOR



MONOCILINDRICA
CON CONDENSACION



MONOCILINDRICA
CON ESCAPE A CONTRA-PRESION



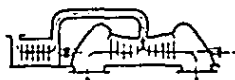
CON EXTRACCION CONTROLADA



CON EXTRACCIONES SIN CONTROL



CON RECALENTAMIENTO



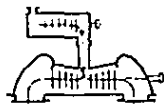
TANDEM-COMPOUND
DOS CARCAZAS
FLUJO DOBLE



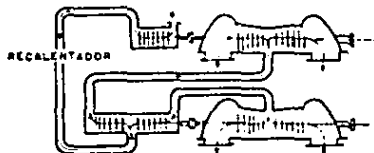
TANDEM-COMPOUND
TRES CARCAZAS
FLUJO DOBLE Y RECALENTAMIENTO



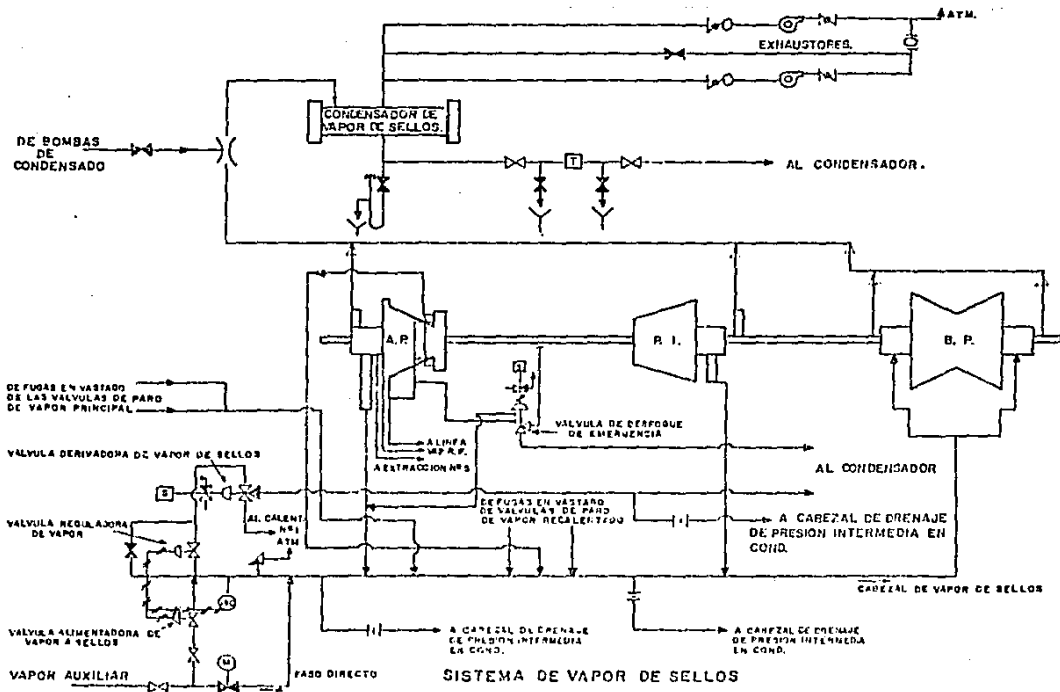
TANDEM-COMPOUND
CUATRO CARCAZAS
FLUJO TRIPLE Y RECALENTAMIENTO



CROSS-COMPOUND
DOS CARCAZAS
FLUJO DOBLE



CROSS-COMPOUND
CUATRO CARCAZAS
FLUJO CUADRUPL E Y RECALENTAMIENTO



Los componentes principales de este sistema son los siguientes:

a) Sellos laberínticos.- Tienen la finalidad de limitar el flujo de vapor a través de los claros de la carcasa de la turbina y sellar esos claros cerca de las fugas de vapor al exterior o de las entradas de aire a la turbina. Los sellos laberínticos están formados de dientes estacionarios y rotativos arreglados concéntricamente con pequeños huecos radiales presentando de esta forma una alta resistencia al flujo de vapor reduciendo así las fugas.

Los elementos rotativos consisten de una serie de pasos maquinados directamente en el rotor de la turbina, mientras que los elementos estacionarios son anillos segmentados provistos de dientes.

Longitudinalmente, los dientes por empaque están ensamblados en las ranuras de empaque maquinados en el rotor de la turbina, de tal forma que no existan rozamientos en dirección axial durante las condiciones transitorias de carga.

b) Válvula de alimentación de vapor a sellos.- Es una válvula actuada neumáticamente que mantiene la presión en el cabezal de vapor a sellos durante arranque u operación a bajas cargas.

c) Válvula reguladora de vapor a sellos.- Es una válvula actuada neumáticamente, que en cargas altas de la turbina, controla la presión en el cabezal de vapor a sellos y envía cualquier exceso de vapor hacia la válvula derivadora.

d) Válvula derivadora de vapor a sellos.- Es una válvula de tres vías actuada neumáticamente a través de una solenoide. La válvula derivadora recibe el exceso de vapor del cabezal de vapor a sellos y lo envía normalmente hacia el calentador de baja presión #1, y en condiciones emergentes hacia el condensador principal.

e) Válvula de desfogue de emergencia.- La válvula de desfogue de emergencia tiene por objeto abrir para desalojar el vapor que queda contenido en la turbina de alta en caso de cierre de las válvulas de paro (principales y de recalentado) e interceptoras. Dicho vapor se envía directamente al condensador principal.

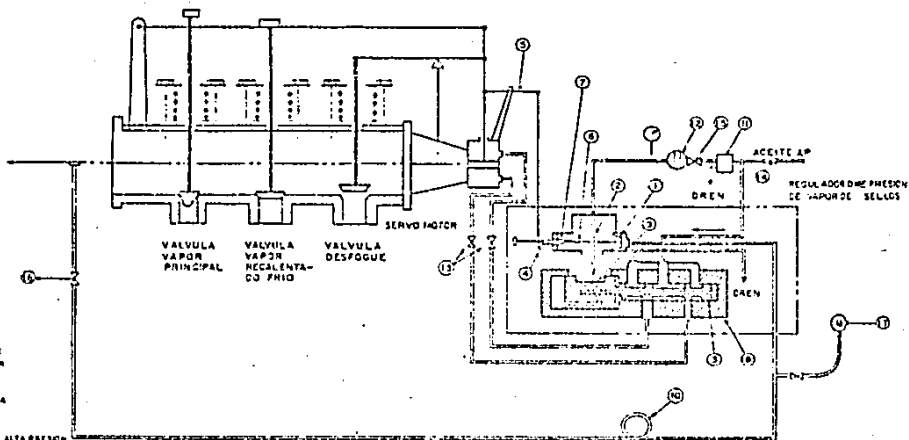
De no ocurrir lo anterior y en caso de desgaste de los sellos de la flecha entre las secciones de alta presión y presión intermedia, el vapor atrapado tendería a fugarse y expandirse hacia el extremo de presión intermedia con el peligro de daño a la turbina por sobrevelocidad.

f) Condensador de vapor de sellos.- Es un intercambiador de calor de superficie. Tiene la finalidad de condensar el vapor de sellos que se utilizó en la turbina y retornar dicho condensado al condensador principal.

g) Exhaustores.- Son ventiladores accionados eléctricamente que sirven para extraer los gases incondensables del condensador de vapor de sellos y enviarlos a la atmósfera.

Descripción Operativa.-

AL SISTEMA DE
SÉLLOS DE LA
TURBINA



NOTA

- 1 PUELLOS
- 2 TORNILLO
- 3 MANGUERA ELÉVACION
- 4 PIEDE AJUSTABLE
- 5 PALANCA SENSIBIDA
- 6 RESORTE SENSIBIDA
- 7 TORNILLO AJUSTABLE
- 8 CILINDRO RELEVACION
- 9 PUERTO RECEPTO
- 10 CUBRE DE SELLO
- 11 VALVULA REDUCTORA
- 12 COLADOR
- 13 VALVULA DE AGUA
- 14 VALVULA DE ACEITE DE ALTA PRESION
- 15 VALVULA DE BLOQUEO

El cabezal de vapor de sellos recibe el vapor de dos fuentes: durante los arranques o bajas cargas se utiliza vapor de la entrada del sobrecalentador terciario y en altas cargas se utiliza el vapor que escapa por los extremos de la turbina de alta presión y de presión intermedia.

La presión en el cabezal de vapor de sellos se mantiene al valor de ajuste por medio de la válvula de alimentación y la válvula reguladora de vapor a sellos.

Durante los arranques o bajas cargas, la válvula de alimentación suministra vapor desde la entrada del sobrecalentador terciario al cabezal de vapor a sellos, debiendo permanecer cerrada la válvula reguladora.

En operación a altas cargas, el suministro de vapor al cabezal de vapor de sellos es del vapor de escape de los extremos de la turbina de alta e intermedia.

La válvula reguladora controlará automáticamente la presión en el sistema descargando el vapor excedente hacia la válvula derivadora. La válvula alimentadora debe permanecer cerrada.

La válvula de derivación normalmente pasa el exceso de vapor de sellos al calentador de baja presión #1. Si existe algún problema en este calentador, ya sea que se inunde o esté fuera de servicio por mantenimiento, la válvula derivadora recibirá la señal para mandar el exceso de vapor hacia el condensador principal, protegiendo de esta forma a la turbina de baja presión de cualquier contrapresión en las líneas de vapor de extracción al calentador. Esta válvula derivadora también desviará el exceso de vapor hacia el condensador principal, si por alguna causa la válvula de alimentación permaneciera abierta con cargas altas en la turbina.

En la sección de los sellos laberínticos se tienen dos cámaras: una que recibe el suministro del cabezal de vapor de sellos conocida como cámara X en la que se mantiene una presión positiva y la cámara Y comunicada con el condensador de vapor de sellos, que se encarga de mantener un vacío parcial en dicha cámara y asegura el flujo de vapor de la cámara Y al condensador de vapor de sellos.

El vapor una vez condensado se envía al condensador principal y los gases incondensables que pudieran existir son expulsados a la atmósfera por medio de dos exhaustores que se encuentran instalados en el condensador de vapor de sellos, permaneciendo en servicio normal uno de ellos y quedando el otro de reserva.

Al cabezal de vapor de sellos también llega una línea que conduce vapor de fugas de los vástagos de las válvulas de vapor de vapor principal, y dos líneas de vapor de fugas de los vástagos de las válvulas de paro de vapor recalentado.

Otro tipo de control de vapor de sellos de la turbina es el que emplea aceite de alta presión del sistema de control de la turbina. Este sistema de control de presión de vapor de sellos consta de un controlador accionado por un servomotor y un regulador de presión.

El controlador de vapor de sellos opera de la siguiente manera: el vapor se suministra a la caja de distribución a través de un par de válvulas macho, una de ellas admite vapor de la línea de entrada -- después de las válvulas de estrangulamiento y la otra admite vapor de la línea de vapor recalentado frío, contando con una válvula de retención en esta línea para evitar el flujo de vapor de la caja a la turbina a través de la línea de recalentado frío.

El controlador está ajustado de tal manera que durante el arranque de la turbina todo el vapor a sellos es suministrado por la línea de vapor de alta presión. A medida que se incrementa la velocidad de la turbina y aumenta la carga de la unidad, el vapor de sello es suministrado a través de ambas válvulas, la de vapor de alta presión y la de recalentado frío. Cuando la turbina alcanza aproximadamente un 50% de la carga se cierra la válvula de vapor de alta presión y la válvula de vapor de recalentado frío abre.

Cuando la carga se incrementa más allá del 50% cierran ambas válvulas de vapor y la válvula de desfogue comienza a abrir, pasando el exceso de vapor a una zona de baja presión a fin de mantener la presión de vapor de sello deseada, determinada por el ajuste del controlador de presión.

SISTEMA DE CONTROL

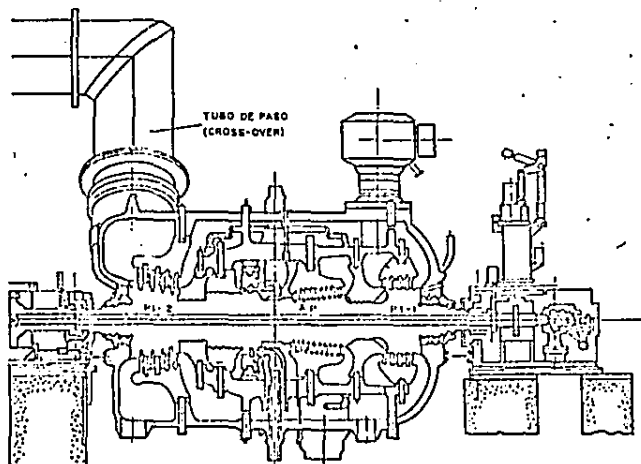
Para hacer más clara la descripción de este sistema voy a referirme a un tipo específico de turbina como la que describo a continuación.

Esta turbina es del tipo tandem de dos cilindros, doble escape, de condensación y con recalentamiento, diseñada para dar un rendimiento elevado y máxima confiabilidad.

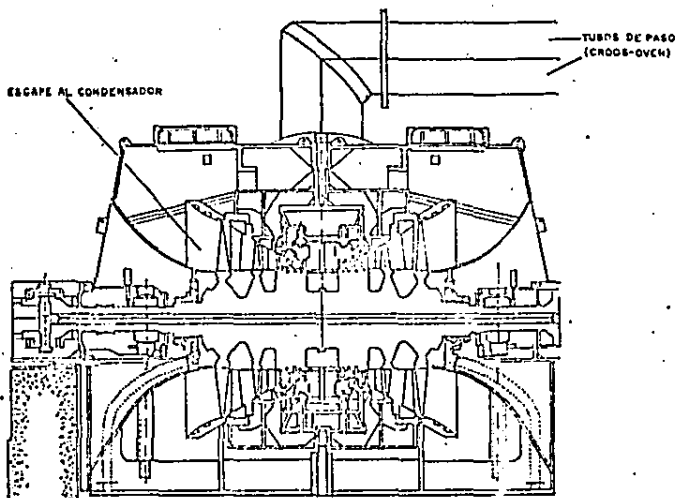
La turbina de alta presión y las de intermedia están localizadas en una misma carcasa, y estas son del tipo de acción-reacción. El vapor entra a la turbina de alta presión a través de dos válvulas de estrangulamiento, montadas conjuntamente en sus respectivas cajas de vapor y que se encuentran a cada lado de la turbina. Las cajas de vapor descargan a la turbina de alta presión por medio de 2 tuberías múltiples y a través de 2 válvulas de gobierno, estas válvulas se encuentran montadas en las cajas de vapor; es decir 4 válvulas en cada caja de vapor.

El vapor que ya pasó a través de la turbina de alta presión es conducido al recalentador del Generador de Vapor, y su retorno de éste (con temperatura adecuada) pasa por dos válvulas de paro y dos válvulas interceptoras siendo descargado a las turbinas de presión intermedia 1 y 2.

El vapor que ya efectuó su trabajo en las turbinas de presión alta e intermedia, es conducido por medio de dos tubos de transferencia (cross over), a la admisión de la turbina de baja presión. La turbina de baja presión es de reacción con doble flujo y doble escape al condensador principal.



TURBINA DE BAJA PRESION



Las turbinas de alta, intermedia y baja presión están montadas en una sola flecha, de un lado de la turbina de baja presión está acoplado el Generador Eléctrico, formando el conjunto denominado turbogenerador.

El turbogenerador está soportado en 7 cojinetes. Además tiene un cojinete de empuje el cual absorbe los desplazamientos axiales. Todos los cojinetes son lubricados con aceite a una presión de 207 KPa y una temperatura de 40°C. Ahora para el control de velocidad el turbogenerador está provisto con un sistema de control, el cual con sus válvulas, mecanismos y fluido hidráulico hacen posible los siguientes objetivos:

- 1.- Poder efectuar rodado desde velocidad tornaflecha hasta la de régimen. (4 a 3,600 r.p.m.)
 - + Arco pleno de 4 a 3,380 r.p.m.
 - + Arco parcial de 3,380 a 3,600 r.p.m.
- 2.- Sincronización, toma carga mínima
- 3.- Incremento de carga de la mínima al 100% y viceversa.
- 4.- Protección de turbina contra situaciones adversas. Ejemplo: Bajo vacío, baja presión de lubricación, alta posición chumacera de empuje, sobrevelocidad, disparos de solenoide, etc.
- 5.- Protección turbina contra condiciones externas anormales.
- 6.- Regulación primaria de velocidad para colaborar con el Sistema Interconectado Nacional en la estabilidad con la frecuencia.

La obtención de alimentación de aceite de lubricación y de control (fluido hidráulico) se logra mediante el siguiente equipo:

Bomba auxiliar de lubricación.- Esta bomba cuenta con dos impulsos acoplados a la misma flecha de los cuales, uno suministra el aceite de lubricación (117 KPa) y el otro el aceite de alta presión (2.4 MPa) para el sistema de control, y su uso queda restringido a condiciones de arranque del turbogenerador o por falla de la bomba principal.

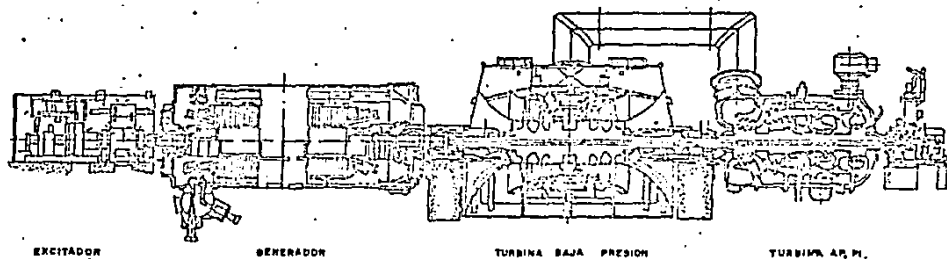
Bomba tornaflecha.- Esta bomba sólo suministra aceite de lubricación cuando la turbina está en tornaflecha.

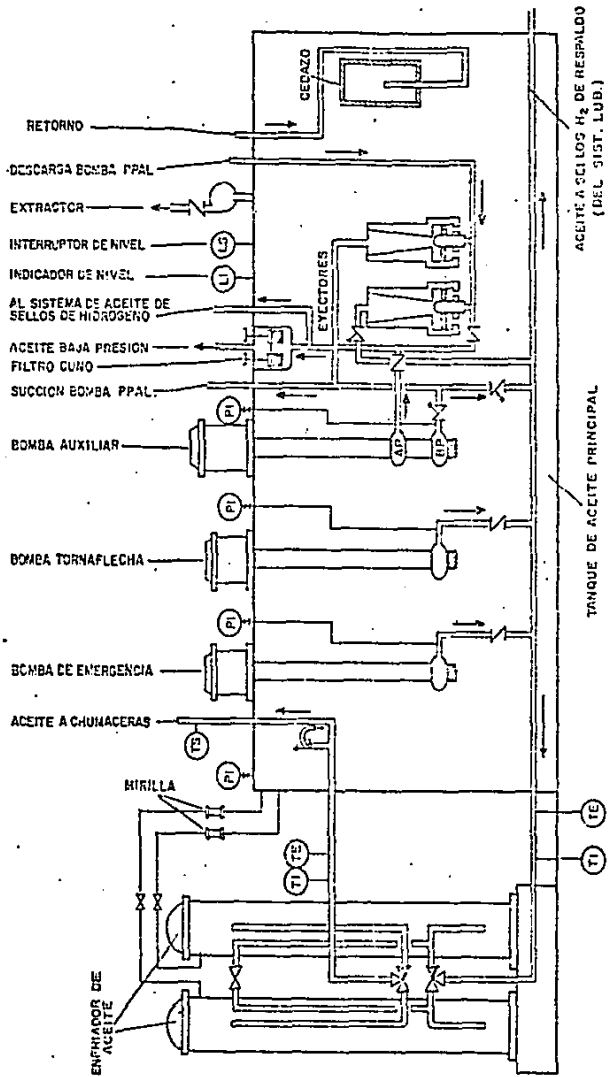
Bomba de corriente directa o de emergencia.- Tiene la misma función que la bomba de tornaflecha, o cuando hay pérdida de potencial (CA)

Bomba principal.- Esta bomba se encuentra montada en el extremo de la flecha de la turbina y tiene la misma función que la bomba auxiliar, cuando la velocidad de la flecha o turbina es de 3,600 r.p.m. Siendo sus características de operación de 176 KPa de succión y descarga a 2.4 MPa.

Todas las bombas succionan del tanque principal de aceite, que tiene una capacidad suficiente para dar el flujo requerido por el sistema de lubricación y control.

TURBOGENERADOR





RETORNO

DESCARGA BOMBA PPAL

EXTRACTOR

INTERRUPTOR DE NIVEL

INDICADOR DE NIVEL

AL SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS DE HIDROGENO

ACEITE BAJA PRESION

FILTRO CUENO

SUCCION BOMBA PPAL

BOMBA AUXILIAR

BOMBA TORNAFLECHA

BOMBA DE EMERGENCIA

ACEITE A CHUMACERAS

MIRILLA

ENFRIADOR DE ACEITE

ACEITE A LOS LOS H₂ DE RESPALDO (DEL SIST. LUB.)

TANQUE DE ACEITE PRINCIPAL

TE

TI

EYECTORES

CECAZO

T1

T2

Fundamentalmente, todos los controles son operados hidráulicamente utilizando aceite suministrado por las bombas, principal o auxiliar como ya se mencionó anteriormente.

El control de turbina puede ser dividido en control de protección y control de flujo de vapor. Estos controles están unidos mediante el aceite de auto-paro o restablecimiento, y dependen del estado en que se encuentre dicho aceite.

De los dos tipos de control, se encontrarán varias funciones que hacen el aceite y del que toma el nombre, y son los siguientes:

Acetite de alta presión.- Tiene la finalidad de suministrar potencia y abastecer todos los sistemas como se dijo anteriormente, este es suministrado por la bomba principal y/o auxiliar según sean las condiciones de operación.

Acetite de emergencia.- Este acetite tiene como función generar o abajar la presión del acetite de auto-paro.

Acetite de auto-paro.- Este acetite al generarse o abatirse la presión por el acetite de emergencia, activa o inhibe el acetite de control.

Acetite de control.- Al generarse o abatirse la presión del acetite de auto-paro, abre o cierra la válvula de disparo de emergencia la cual restablece o inhibe el acetite de control, que a su vez obtiene sus características por medio de los mecanismos del limitador de carga, gobernador principal, gobernador auxiliar y regulador de presión inicial.

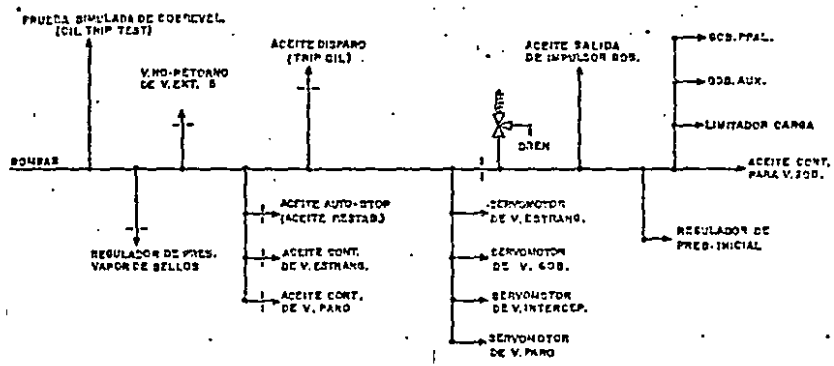
El control de protección incluye las válvulas de estrangulamiento y válvulas de paro de recalentado y sus mecanismos de operación.

La primera función de las válvulas de estrangulamiento es la de cortar el flujo de vapor a la turbina, cuando sea alcanzado el disparo por sobrevelocidad o por algún disparo presente en el dispositivo de protección.

Además las válvulas de estrangulamiento tienen la función adicional de controlar el flujo de vapor durante el rodado de la turbina.

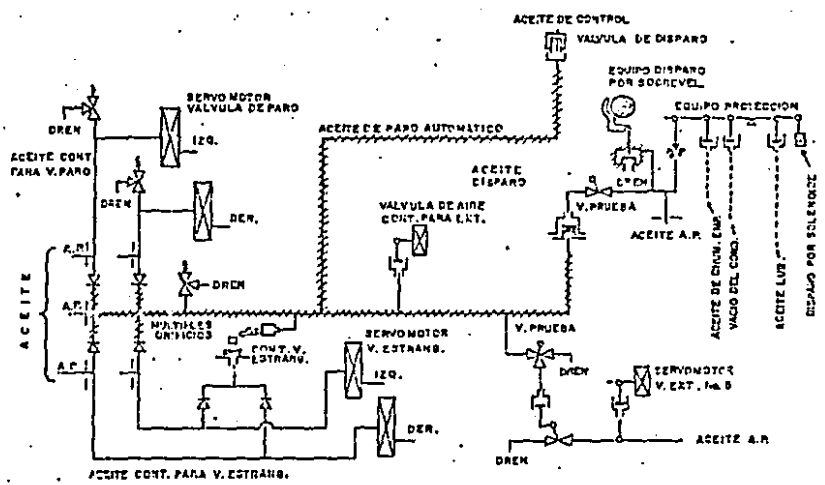
Las válvulas de paro de recalentado operan en forma totalmente cerrada o abierta y nunca en posición intermedia. La apertura o cierre de estas válvulas depende de la creación o abatimiento de la presión del acetite de auto-paro.

La operación del servomotor de las válvulas de estrangulamiento es la siguiente, la presión de acetite de control de estrangulamiento del controlador de esta válvula, es admitido a la cámara izquierda del pistón relevador y ejerce una fuerza tendiente a mover hacia la derecha a dicho pistón. Esta fuerza es opuesta por la tensión del resorte que tiende a arrastrar el pistón relevador hacia la izquierda. Por consiguiente, cualquier cambio en la presión de control de balancea las fuerzas en el pistón relevador y origina que éste se mueva hacia la izquierda, hasta que la fuerza del resorte balancee



SISTEMA DE ACEITE DE CONTROL DE LA TURBINA Y ACEITE ALTA PRESION

CONTROL DE PROTECCION



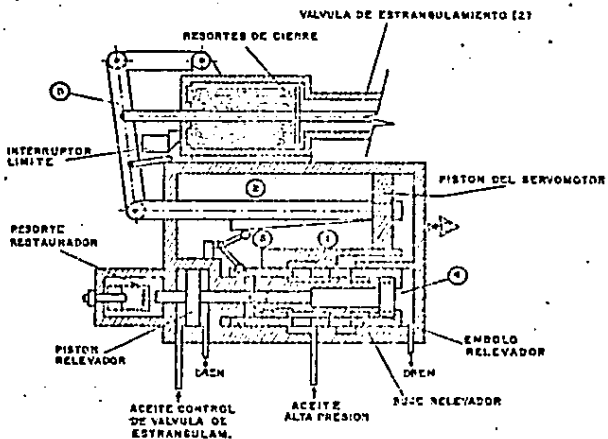
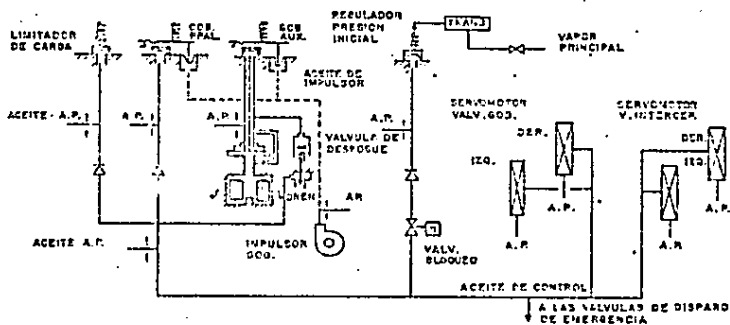
otra vez la fuerza de la presión de control. Este movimiento del -- pistón relevador en turno produce un movimiento correspondiente del émbolo relevador. Cuando el émbolo relevador se mueve hacia la derecha, en respuesta a un incremento en la presión de aceite de control de estrangulamiento el aceite de alta presión fluirá a la cámara de rocha del pistón del servomotor, a través de los orificios, originando que el émbolo se mueva hacia la izquierda para abrir la válvula de estrangulamiento. La leva 1 montada en el vástago 2, permite entonces a la palanca de operación 3, mover el buje relevador hacia la derecha para cerrar los orificios y parar el movimiento del pistón del servomotor, tan pronto como el émbolo relevador para su movimiento. Así para cada presión de aceite de control de estrangulamiento debe haber una posición correspondiente del pistón relevador, del pistón del servomotor, del buje relevador y del vástago de la válvula de estrangulamiento.

En el caso de una disminución en la presión del aceite de control, el pistón relevador se moverá hacia la izquierda, debido al resorte restaurador. El émbolo relevador también se moverá hacia la izquierda, debido al resorte de compresión 4 y a la caída en la presión de aceite en la cámara de la izquierda del émbolo relevador. Esto abre el pasaje de aceite de operación de la cámara derecha del pistón del servomotor para ir al dren, permitiendo así al pistón moverse hacia la derecha hasta que el buje relevador haya sido reposicionado por la palanca seguidora para controlar el pistón del servomotor a una nueva posición. Para no sobrecargar el dren, cuando el servomotor cierra rápidamente, un orificio interno que no está mostrado en el dibujo, permite al aceite de operación del pistón del servomotor descargar a través del émbolo relevador y del buje, a la cámara izquierda del pistón del servomotor, lo mismo que si descargara a través del dren. Así, el aceite de operación removido de la cámara derecha del pistón de operación, tiene suficiente área de dren, aún para un cierre rápido.

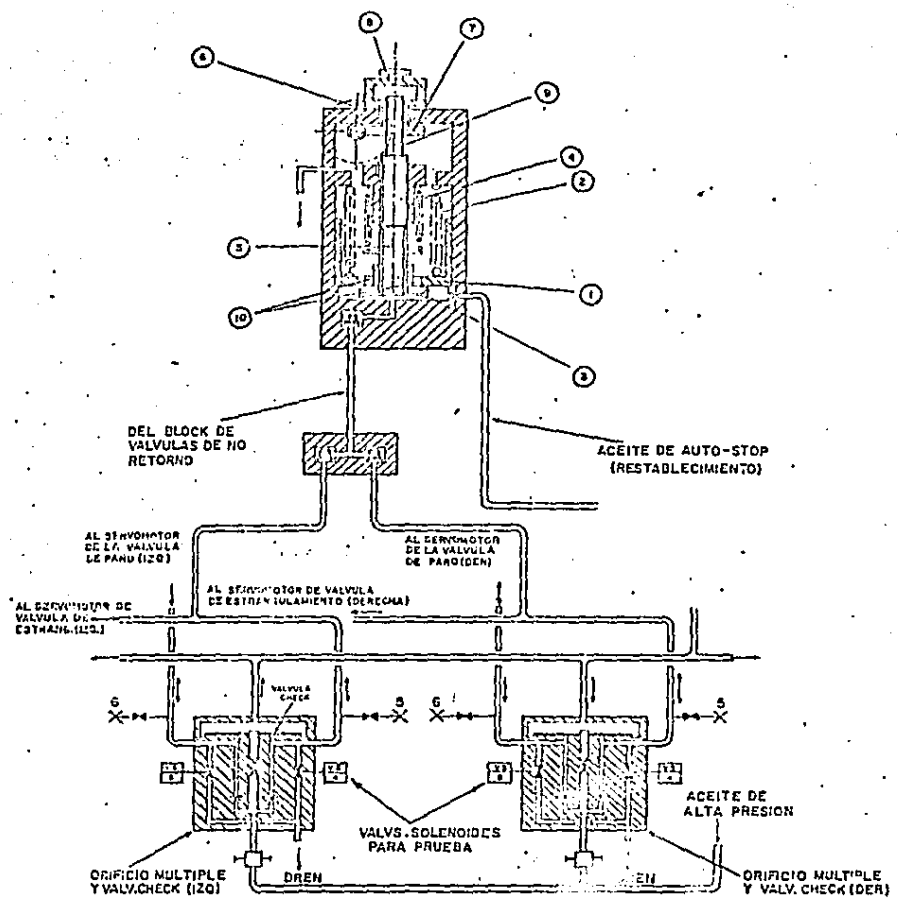
Los movimientos del pistón de operación del servomotor y del vástago 2 son transmitidos al vástago de la válvula a través de la palanca de operación 5, de manera que el movimiento hacia la derecha del pistón de operación del servomotor cierra la válvula de estrangulamiento y el movimiento hacia la izquierda la abre.

Controlador de válvulas de estrangulamiento.- Consta de un pistón principal 1 y su resorte correspondiente 2, que cuando está restablecido trabaja a compresión y desarmado sin tensión. En este pistón 1 está integrada la válvula de copa 3 y su resorte de balance 4. Por otra parte concéntricamente al cuerpo y a la válvula de copa se tiene un orificio de drenaje el cual es obturado cuando está rearmado el mecanismo del controlador de válvulas de estrangulamiento y restablecido el aceite de auto-paro. El rearmado consiste en lo siguiente: por medio del motor 6 y el mecanismo 7 accionado local 3 o a control remoto (sala de control), se mueve un vástago 9 hacia abajo, axialmente al cuerpo y válvula de copa 3 el cual obtura el orificio 5. Al tenerse la situación anterior se incrementa por consecuencia la presión en la cámara inferior del pistón principal 1, estableciéndose una fuerza tal sobre ese pistón que comprime los resortes de desarme 2 y balance 4, manteniéndose obturado desde este momento y en adelante el orificio de drenaje 5 y quedando abiertos los

CONTROL DE FLUJO DE VAPOR.



SERVOMOTOR DE LAS VALVULAS DE ESTRANGLAMIENTO



CONTROLADOR DE VALVULAS DE ESTRANGULAMIENTO.

talmente los orificios de drenaje del pistón principal 10 cuya regulación dependerá en lo sucesivo de la fuerza del resorte de balance 4 y su equilibrio cuando el mecanismo del controlador de válvulas - de estrangulamiento es accionado hacia abrir.

Servomotor de la válvula de paro de recalentado.- Este servomotor - está constituido y opera de la misma manera como el que se describió en el punto anterior. (Servomotor de la válvula de estrangulamiento).

Disparo por sobrevelocidad.- Este mecanismo protege a la turbina de la sobrevelocidad y consiste en un peso excéntrico montado al final de la flecha de la turbina, el cual es balanceado en su posición interior por un resorte y sólo si se alcanza el 110% de la velocidad, la fuerza centrífuga vence la fuerza del resorte y el peso se desliza hacia afuera golpeando el gatillo, el cual desarma el mecanismo de disparo por sobrevelocidad conectando al dren el aceite de alto-paro, y como ya mencioné, provoca el cierre de todas las válvulas de turbina evitando que se desboque.

Este disparo actúa en forma directa mientras que los siguientes disparos como son: de bajo vacío, por solenoide, etc. actúan en forma indirecta, ya que están montados en un dispositivo de protección aparte, y éste está conectado hidráulicamente al mecanismo de disparo por sobrevelocidad a través del aceite de emergencia.

Disparo por bajo vacío.- El dispositivo de disparo por bajo vacío - protege a la turbina en caso de aumento considerable en la presión de descarga.

Este disparo está constituido por un fuelle sensible a la presión a la que está sometido el condensador (vacío). Cuando el valor disminuye a un valor abajo de 55.9 KPa, suena una alarma de bajo vacío - en la sala de control, y si el vacío baja a un valor inferior de -- 50.6 KPa, el resorte cargado por el fuelle causa el levantamiento de la palanca, y ésta conecta al dren el aceite de emergencia entre los dispositivos de protección y el mecanismo de sobrevelocidad, -- causando con esto el desarme de este último y el disparo de unidad.

Disparo por baja presión de lubricación a cojinetes.- Este dispositivo consiste en un diafragma y resorte cargado directamente por la presión de aceite a cojinetes. Si la presión baja a un valor ajustado de 39 a 49 KPa, el resorte se restablecerá y moverá la palanca hacia abajo, provocando el disparo de la unidad como ya se explica en el disparo por bajo vacío.

Dispositivo de disparo por chumacera de empuje.- Esto consiste en dos pequeñas toberas abiertas que pueden ser cerradas por la superficie del collar de empuje. El aceite de alta presión, es suministrado a cada tobera a través de un orificio, lo cual hace que se genere una presión en la línea a través de la válvula de no retorno - de bola a un diafragma cargado con resorte. En el caso de que ocurriera un excesivo desgaste en el cojinete de empuje, el collar de este cojinete se moverá hacia una de estas toberas y la presión de la línea se incrementará. Cuando esta presión rebasa los 205.9 KPa un contacto cierra y hace sonar una alarma. Si la presión continúa

incrementándose y cuando alcanza los 540 KPa el diafragma vencerá - el resorte de carga y moverá la palanca hacia arriba y así, provocará (de la misma manera como ya se explicó en el disparo por bajo vacío) el disparo de la unidad.

Disparo por solenoide.- Este disparo cuenta con una solenoide la cual permite establecer el interlock de protección entre el generador, turbina y caldera, ya que cuando es energizada provoca el disparo de la turbina de la misma manera que los demás dispositivos de disparo. La característica de disparo por solenoide permite el disparo remoto desde la consola de control o por estas causas: Falta eléctrica del generador, disparo de aceite combustible principal o disparo de caldera, alto nivel en el domo, válvulas de gobierno en posición de no carga e interruptor principal del generador cerrado por más de 60 segundos.

Disparo manual local.- Este dispositivo consiste en una palanca accionada directamente al mecanismo de disparo por sobrevelocidad. Este dispositivo se utiliza cuando el disparo a control remoto desde la sala de control no opera en casos de emergencia.

Mecanismo de prueba de disparos.- Este mecanismo consiste en una palanca de prueba, estando ésta en posición de prueba (sostenida) evita que la válvula de disparo por sobrevelocidad sea abierta, de tal manera que se puede efectuar la prueba de disparo (sobrevelocidad, bajo vacío, etc.), sin poner la unidad fuera de servicio.

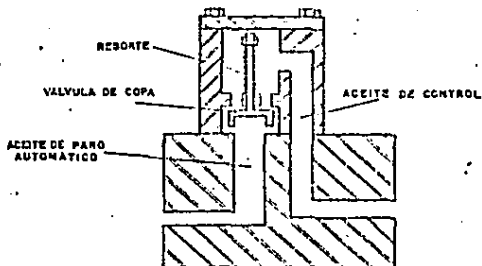
Válvula de aire de control para extracciones.- Es usada para permitir el paso de aire de control de las válvulas de no retorno, su apertura y cierre queda sujeto al restablecimiento o abatimiento respectivamente, del aceite de auto-paro.

Control de flujo de vapor.-

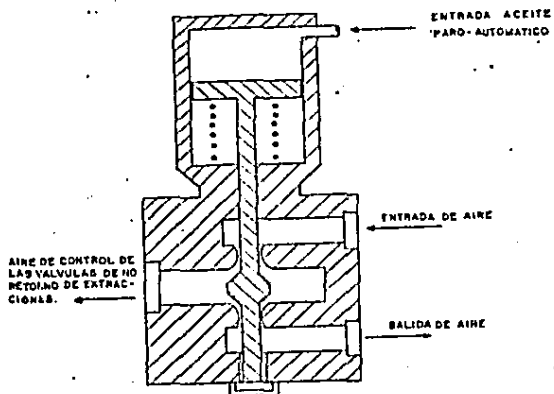
El control de flujo de vapor tiene como elementos finales: válvulas de gobierno e interceptoras, las cuales determinan el flujo de vapor dentro de la turbina. Estas válvulas son posicionadas por la presión de aceite de control producida por los distintos dispositivos (gobernador, limitador de carga, regulador de presión de entrada, regulamiento y gobernador auxiliar) siempre y cuando esté establecido el aceite de auto-paro. De estos dispositivos el que esté mantenido a la presión más baja asumirá el control de las válvulas de gobierno y consecuentemente la carga llevada por la unidad.

Impulsor del gobernador y sensor de velocidad. El impulsor del gobernador consiste de un cuerpo cilíndrico hueco (montado en la flecha), con una serie de tubos radiales insertados y que conectan la cámara interna con la cámara del impulsor.

Con el impulsor girando, la fuerza centrífuga crea una presión en la cavidad de descarga del impulsor del gobernador, la cual varía con el cuadrado de la velocidad de la turbina. La descarga del impulsor del gobernador está conectada al sensor del gobernador (y al gobernador auxiliar) y los cambios de presión en esta descarga producidos por cambios de velocidad, constituyen la fuerza motriz que controla los servomotores de las válvulas gobernadoras (siempre y

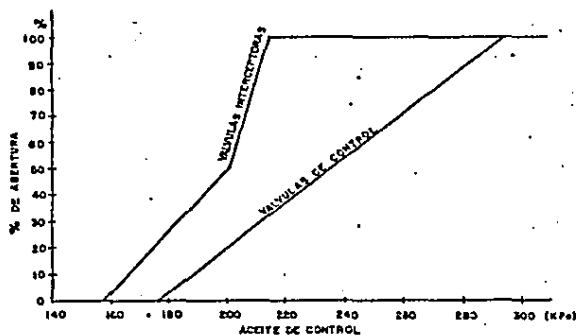


VALVULA DE DISPARO DE EMERGENCIA.



VALVULA DE AIRE OPERADA CON ACEITE.

CURVA CARACTERISTICA DE ACEITE DE CONTROL VS. POSICION DE VALVULAS



cuando la presión de aceite de control está mantenida por el gobernador principal). Si la velocidad de la turbina aumenta, la presión de descarga del impulsor aumenta, y si ésta disminuye, la presión de descarga disminuye.

Gobernador principal.— Como ya se mencionó anteriormente éste puede generar la presión de aceite de control de gobierno y lo hace de la siguiente manera: La posición del gobernador determina la fuerza del resorte actuando sobre la válvula de drenaje (copa). Para cada posición del gobernador ocurrirá un cambio en la presión de aceite de control y en la velocidad de la turbina si aún no se sincroniza el generador con el sistema, se aumenta o disminuye la velocidad de la turbina hasta que la presión en la descarga del impulsor balancea el incremento o decremento de fuerza del resorte.

Con frecuencia normal y el generador sincronizado al sistema, la posición del gobernador actúa de acuerdo a los cambios de carga.

Gobernador auxiliar.— No es más que un duplicado del gobernador principal, contiene la característica especial de respuesta por aceleración. Este no controla ni limita la carga de la unidad en operación normal, pero actuará como resultado de pérdida completa de carga o pérdida de carga suficiente para producir una aceleración de 3% por segundo. El incremento brusco de velocidad causa un aumento en la descarga del impulsor y éste a su vez provoca el abatimiento del aceite de control del gobernador auxiliar, ocasionándose con esto una aceleración como característica de respuesta del mismo, y el cual momentáneamente asume el control de la turbina, decrecentando la presión de aceite de control causando el cierre rápido de las válvulas de gobierno e interceptoras.

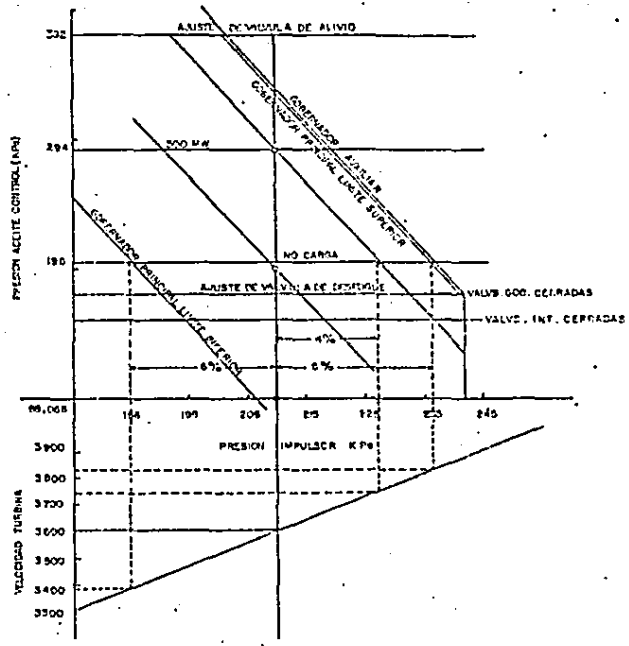
Limitador de carga.— Es un mecanismo sensible cargado por resorte, el cual puede ser ajustado a limitar la presión de aceite de control en el cabezal quedando en posición fija las válvulas gobernadoras y carga de la unidad a cualquier valor deseado y no es afectado por los cambios de frecuencia.

Anticipador de rechazo de carga.— Es un dispositivo para detectar una pérdida repentina de carga, cerrando las válvulas de gobierno y las interceptoras antes de que la velocidad de la turbina se eleve.

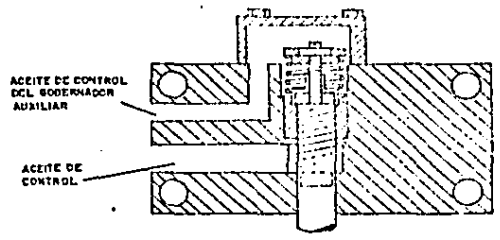
Este dispositivo consta con los componentes siguientes:

- a) un interruptor de presión que es operado por presión de vapor de entrada a la turbina de presión intermedia. Este interruptor cierra cuando la presión de entrada es proporcional a un 50% de la carga.
- b) Relevador de corriente que cierra cuando la carga del generador es menor del 30%.
- c) Válvula solenoide, normalmente cerrada y que abre al ser energizada, cuando los interruptores de presión y el relevador de corriente (conectados en serie) cierran, de esta manera se drena el aceite de control.

Regulador de presión de estrangulamiento.— Tiene como objetivo evi-

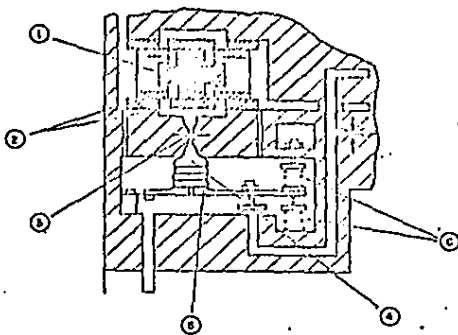


CURVAS DE AJUSTE DE ACEITE DE CONTROL

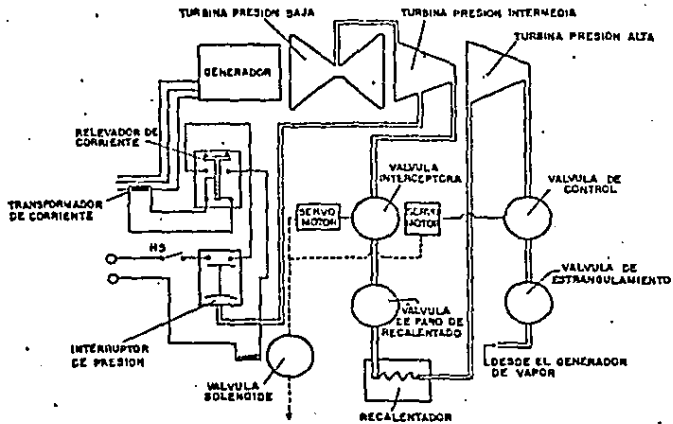


DREW

VALVULA DE DESFOQUE O AMORTIGUAMIENTO



RELEVADOR DE TRANSFERENCIA Y CONTROL



ANTICIPADOR DE RECHAZO DE CARGA

tar arrastres de humedad a la turbina por la alta velocidad que se genera en los separadores agua-vapor del domo, al tenerse caída de presión considerable. Está provisto para proteger a la turbina contra fallas repentinas de presión de vapor de entrada. Este dispositivo detecta la presión de entrada de vapor y si la presión cae abajo de un valor predeterminado, cerrarán parcialmente las válvulas de gobierno. Si la presión en caldera sigue bajando, la carga baja.

SUPERVISORIO DE TURBINA

El sistema supervisorio de turbina proporciona al operador un medio de supervisión continua, monitoreando las condiciones de operación de la turbina. El sistema de Instrumentos Supervisorios de Turbina (TSI) es un sistema de instrumentos controlados por un microprocesador para medición, despliegue y registro de varios parámetros físicos y de operación de la turbina.

Las partes principales que integran este sistema (TSI) son las siguientes:

- 1.- Gabinete de equipo electrónico
- 2.- Detectores localizados en la turbina para medir vibración, expansión, posición, detección de agua.
- 3.- Tablero de despliegue para indicación de la medición del ángulo de fase de vibración.
- 4.- Registrador multipunto para la medición de temperaturas de diferentes puntos de la turbina y además en éste también se registran las mediciones de expansión diferencial y expansión carcasa.
- 5.- Registrador multipunto para vibraciones.
- 6.- Registrador multipunto para detección de agua.
- 7.- Registrador continuo de una plumilla para medición de posición de válvulas de control, velocidad (rpm) y excentricidad.
- 8.- Monitor de tubo de rayos catódicos TCO del sistema de adquisición de datos (SAD) para despliegue de los distintos parámetros en forma de gráficas, barras, etc.

GENERADOR ELECTRICO

3

GENERADOR ELECTRICO

La tercera transformación de la energía consiste en transformar la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica por medio del generador, de tal manera que la energía así obtenida se puede transportar o transmitir a grandes distancias para ser aprovechada en los centros de consumo. En las Centrales Termoelectricas los generadores son de alta velocidad (3,600 r.p.m.) y de dos polos, para tener la frecuencia nominal de 60 Hz.

A continuación describiré los elementos más importantes de que consta un generador de CA de gran capacidad (300 KW).

Cubierta.- En esta cubierta se encuentran soportados: el estator, los enfriadores de hidrógeno y el sistema de aceite de sellos que evita que el hidrógeno fugue al exterior por las uniones de la cubierta con la flecha del rotor.

Estator.- Formado por delgadas láminas de acero al silicio, troqueladas para formar las ranuras donde van alojadas las bobinas del estator o inducido. Estas láminas llevan una capa de barniz aislante con el fin de reducir las pérdidas por efecto Joule.

A través del laminado del núcleo se tienen canales de ventilación que permiten el paso del hidrógeno refrigerante, el cual es impulsado por un ventilador de dos pasos localizado en el extremo del rotor (lado turbina)

Rotor.- El rotor consta de un cilindro de acero forjado, montado en un eje que lo habilita para girar. El rotor al igual que el núcleo del estator se encuentra ranurado para alojar las bobinas que forman el campo magnético (inductor).

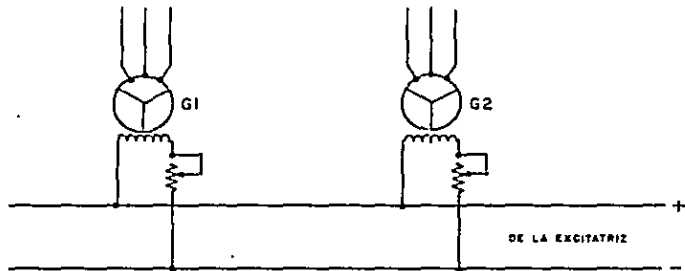
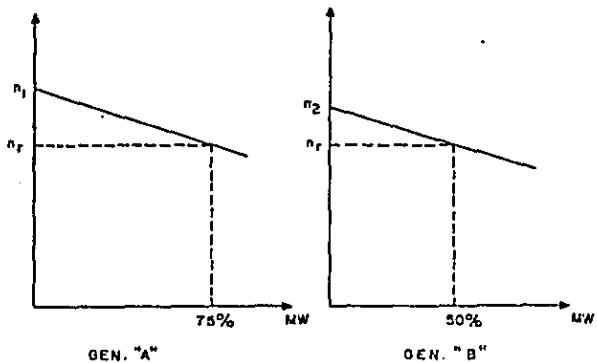
Chumaceras.- El rotor del generador se encuentra soportado en sus extremos por las chumaceras Nos. 5 y 6, así como también el rotor de la excitatriz por la chumacera No. 7.

Para mantener la flecha libre de esfuerzos indebidos, por causa de deflexión de la flecha o por un mal alineamiento, las chumaceras en su parte exterior son esféricas para que resulten autoalineables por su parte interna las chumaceras están cubiertas por una camisa de metal Babbitt antifricción y lubricadas por aceite a presión del sistema de lubricación de la turbina.

Enfriadores de Hidrógeno.- El generador cuenta con 4 enfriadores de hidrógeno que pueden estar en las esquinas del generador o bien en grupos de dos en el extremo lado turbina. Dichos intercambiadores de calor tienen la finalidad de extraerle el calor al gas hidrógeno después de que éste ha recorrido los pasajes del estator y del rotor.

Existen varias razones por las cuales es necesario conectar dos o más generadores en paralelo, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

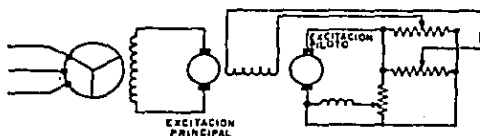
- para compensar la demanda de energía.
- Para lograr la flexibilidad del sistema de potencia al cual están enlazados.



SISTEMA DE EXCITACION INDEPENDIENTE



EXCITACION CON EXCITATRIZ AUTOEXCITADA



EXCITACION CON EXCITATRIZ EXCITADA CON OTRO PILOTO

Se tienen varias ventajas con la conexión en paralelo de los generadores:

- a) Se proporciona un servicio más eficiente a los usuarios.
- b) Se tiene la posibilidad de elaborar un programa de mantenimiento preventivo, la posibilidad de proporcionar mantenimiento correctivo y sus consecuencias que implica son menores, por lo tanto resulta en una buena economía.

Para efectuar la sincronización de dos o más generadores, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) Que las tensiones por fase de los generadores sean de igual magnitud y vectorialmente en fase.
- b) Que la frecuencia sea del mismo valor.
- c) Que la secuencia de fases sea la misma.

Si se tiene diferentes magnitudes de tensión, es necesario incrementar o disminuir la corriente de excitación mediante el réostato de campo.

SISTEMA DE EXCITACION

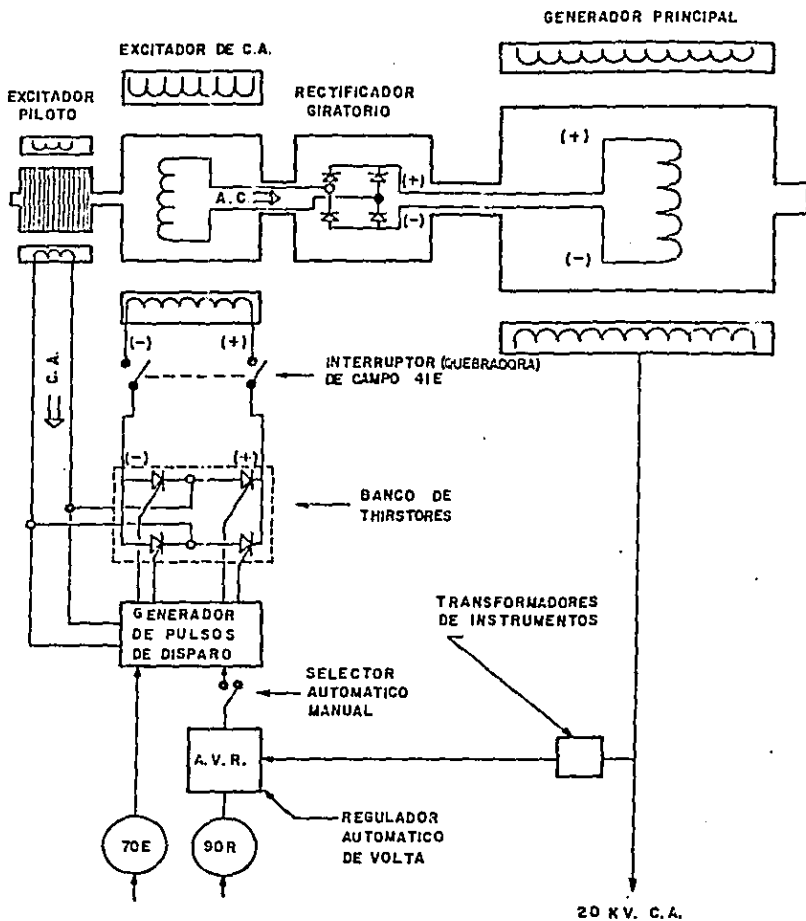
El sistema de excitación de un generador, es el conjunto de elementos que generan y regulan la corriente directa que se suministra a las bobinas del rotor, con el objeto de producir en ellas un campo magnético que induce una fem en las bobinas del estator que hará que por éstas circule una corriente eléctrica, cuyas características serán regidas por el sistema de excitación.

Existen varios arreglos para los sistemas de excitación del tipo rotatorio entre los que se pueden mencionar los siguientes:

1.- Excitación independiente común para varios generadores. Ya que está en desuso por que adolece de varios inconvenientes: inestabilidad en la zona de regulación para bajos valores de la tensión; no permite una regulación suficientemente fina de dicha tensión; tiene pérdidas grandes de energía en el réostato de regulación; y no se presta al uso de reguladores automáticos que pueden actuar satisfactoriamente con corrientes reducidas y con sistemas de excitación de rápida respuesta.

2.- Excitación con excitatriz autoexcitada en derivación. Este sistema presenta los mismos inconvenientes que el anterior.

3.- Excitación por una excitatriz excitada por otra auxiliar o piloto. El presente sistema se emplea en algunos generadores modernos y tiene varias ventajas sobre los tipos anteriores, como son: Se elimina el réostato de campo del generador; se obtiene una mayor amplitud de regulación y se consigue mayor rapidez de la variación del flujo inductor del generador; también aumenta la sensibilidad de regulación ya que ésta se efectúa sobre un circuito secundario provisto de una producción muy fina.



SISTEMA DE EXCITACION

Además de los sistemas rotatorios se tienen el sistema semiestático y el sistema estático.

El tipo semiestático sin escobillas (BRUSHLESS), de operación continua y respuesta rápida, consta de las partes importantes siguientes:

- 1.- Rectificador giratorio
- 2.- Excitador de CA
- 3.- Excitador piloto
- 4.- Regulador de voltaje.

Al girar el excitador piloto (accionado por la flecha del turbogenerador) genera una corriente alterna que alimenta al generador de pulsos de disparo y al banco de thyristores.

El generador de pulsos de disparo, de acuerdo a la señal que recibe del ajustador manual 70E o del automático 90R, activará un número determinado de thyristores; la salida del banco de thyristores será de CD y su magnitud será proporcional al número de thyristores que el generador de pulsos haya activado. Con la corriente de salida del banco de thyristores, ya rectificada y regulada se alimenta a las bobinas de campo del excitador de CA o principal a través del interruptor de campo o quebradora de campo (41E).

El sistema estático consta básicamente de un transformador trifásico que se alimenta de las salidas del generador y de su secundario se alimenta un puente trifásico de rectificación de onda completa a base de thyristores cuya salida de corriente rectificadas será la que alimenta al campo del generador.

La regulación de la corriente de excitación y por lo tanto la regulación del voltaje de salida del generador, se efectúa por medio de componentes estáticos, que comparando los parámetros previstos de operación provocan el "disparo" de los thyristores en el ángulo adecuado para sostener o rectificar las características de entrega de energía del generador.

SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS

El sistema de aceite de sellos tiene como función principal suministrar aceite a presión exento de aire, para evitar la fuga del gas H_2 del generador eléctrico. En principio el aceite del sistema de sellos se obtiene del sistema de lubricación, además cuando es necesario reponer aceite al sistema de sellos o en su defecto al existir sobrante, el aceite se repone o descarga según el caso en sistema de lubricación. Debido a la comunicación entre los dos sistemas es de vital importancia eliminar toda contaminación de aire e H_2 en el aceite. El equipo principal que constituye este sistema es el siguiente:

- 1.- Tanque desgasificador
- 2.- Bomba de aceite de sellos lado aire de CA
- 3.- Bomba de emergencia para aceite de sellos CD
- 4.- Regulador de presión diferencial
- 5.- Bomba de flotación

- 6.- Anillos de sello
- 7.- Tanques desespumantes
- 8.- Tanque regulador de drenes
- 9.- Bomba de aceite de sellos lado hidrógeno
- 10.- Válvulas igualadoras de presión
- 11.- Regulador de respaldo de turbina

Tanque desgasificador.- El objetivo de este tanque es evitar el paso de gas al tanque principal de aceite en caso de ruptura del sello o simplemente fuga de hidrógeno a través de la tubería de drenaje de aceite. En la parte superior el tanque desgasificador tiene una línea de venteo que descarga a la atmósfera logrando eliminar el hidrógeno que fluye en el aceite por la tubería de drenaje de aceite de cojinetes del generador.

Regulador de presión diferencial.- Su propósito es mantener una presión diferencial de 0.85 Kg/cm² entre el aceite de sello lado aire y la presión interna del generador, en caso de un exceso de presión en la presión del aceite de sello lado aire, abre la válvula reguladora enviando el excedente de presión a la succión de la bomba de aceite de sellos lado aire.

Bomba de flotación de aceite de sellos.- El propósito principal de la bomba de flotación es operar cuando la flecha del generador desarrolla una vibración anormal. En esta condición la bomba envía aceite a mayor presión para hacer que los anillos de sello estén en flotación ya que cuando se fijan provocan incremento en las vibraciones de las chumaceras del generador.

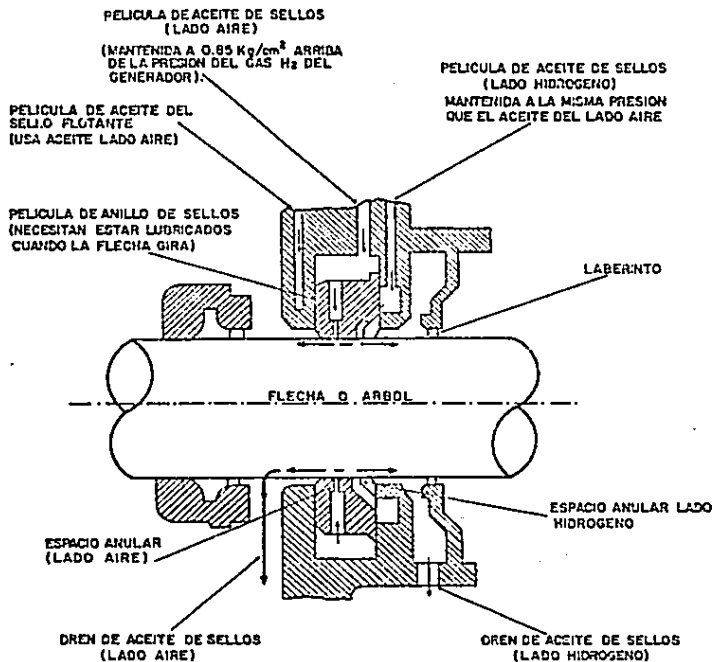
Tanques desespumantes.- El aceite de sello lado hidrógeno fluye dentro de los tanques desespumantes donde la mayor parte del gas mezclado con el aceite es eliminado.

Tanque regulador de drenes.- Tiene como propósito hacer un sello al gas hidrógeno que se hubiere escapado en forma de burbujas mezcladas con el aceite, descargando dicho gas y vapor de aceite a la atmósfera. El tanque regulador de drenes mantiene su nivel por medio de dos válvulas de flotador, una que abre por alto nivel y descarga el aceite sobrante a la succión de las bombas de aceite de sellos lado aire. La otra válvula abre por bajo nivel permitiendo la entrada de aceite del cabezal de descarga de las bombas de aceite de sellos lado aire.

Válvulas igualadoras de presión.- Tienen el propósito de igualar las presiones de aceite en la entrada a los sellos lado aire y lado hidrógeno.

Regulador de respaldo de turbina.- El sistema de aceite de sellos cuenta con un respaldo del sistema de alta presión de turbina, debido a la alta presión del aceite de respaldo (85 Kg/cm²) es necesario pasarlo a través de una válvula reductora de presión, la cual se ajusta para que proporcione una descarga de 6.8 Kg/cm².

Descripción operativa.- Este sistema se origina en el tanque desgasificador, donde se elimina el gas hidrógeno mezclado con el aceite y los vapores de éste. De él sale la línea de succión para las bombas de aceite de sellos lado aire.



PELICULA DE SELLOS (TIPO DOBLE FLUJO)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

A esta línea se une la línea proveniente del tanque regulador de drenes con el objeto de descargar en ella cuando exista alto nivel en dicho tanque.

La descarga de las bombas de aceite de sellos lado aire se unen en un cabezal común, que cuenta con una válvula de alivio y una válvula reguladora de presión diferencial, estas dos válvulas descargan el excedente de presión en el cabezal de succión. Una válvula de no retorno se localiza antes de la unión de la línea de aceite de respaldo, para prevenir el retorno de aceite en caso de que ambas bombas de aceite de sellos lado aire estén F/S.

La secuencia de operación del sistema de aceite de sellos lado aire es el siguiente: La bomba de CA mantiene normalmente una presión diferencial (hidrógeno-aceite de sello) de 0.85 Kg/cm^2 , si por alguna causa esta presión baja a 0.6 abrirá la válvula de respaldo, que tratará de normalizar la presión de 0.85 ; si esto no sucede y la presión continúa descendiendo hasta llegar a 0.35 , entonces arrancará la bomba de emergencia de CD. En el caso de que esta bomba falle, se tiene un recurso más para mantener sellado el generador. Este es por medio del aceite de lubricación, que requiere ventear el hidrógeno del generador para disminuir la presión en éste, hasta un valor en que el aceite de lubricación (2 Kg/cm^2) pueda realizar el sello.

Siendo la línea de descarga tenemos al enfriador de aceite, el cual utiliza agua del circuito de enfriamiento de auxiliares como elemento refrigerante, la temperatura que se pretende mantener en el aceite a la salida del enfriador es de 40°C . El enfriador tiene válvula de by-pass, utilizable para darle mantenimiento al enfriador, con el sistema de sellos E/S y el turbogenerador en funcionamiento. Después del enfriador, se cuenta con un elemento filtrante tipo cono (duplex) con el fin de eliminar las partículas extrañas del aceite.

Cuando el aceite ha sido filtrado, sigue directamente hacia los sellos del generador, aunque una parte puede derivarse para reponer nivel en el tanque regulador de drenes en caso de que éste tenga bajo nivel y otra parte sirve como aceite de flotación.

Cuando ha pasado por los sellos lado aire, el aceite dreña mezclándose con el aceite de lubricación de los cojinetes del generador, regresando nuevamente a el tanque degasificador.

El circuito de aceite de sello lado hidrógeno, se origina en el tanque regulador de drenes, en donde se lleva a cabo un control de nivel con la ayuda del circuito de aceite de sellos lado aire. La presión de succión en la bomba de aceite de sellos lado hidrógeno, es mantenida por el nivel del tanque regulador de drenes. A la descarga de la bomba está instalada una válvula de alivio ajustada para operar a 8.5 Kg/cm^2 , además se tiene una válvula para ajuste manual y ambas descargan el excedente de presión en la succión de la bomba. Al igual que en el circuito lado aire, se cuenta con un enfriador de aceite y un elemento filtrante. Con el fin de mantener iguales las presiones en el aceite de sellos lado aire y lado hidrógeno, se cuenta con dos válvulas igualadoras de presión de diafragma, una

para cada lado del generador. Estas válvulas reciben señal de cada uno de los circuitos en la llegada a los sellos, dichas señales varían la posición de las válvulas igualmente, variando la presión del aceite lado hidrógeno para igualarlo con el de lado aire.

El aceite después de pasar por los sellos, se drena a los tanques desecpantes, donde se elimina en su mayoría el contenido de hidrógeno existente. De los tanques desecpantes sale una línea común a los dos tanques, la cual drena el aceite por derrame en la línea, cayendo de nueva cuenta en el tanque regulador de drenes.

SISTEMA DE GASES N_2 , CO_2 e H_2

Este sistema se puede clasificar en los siguientes:

- + Sistema de H_2 y CO_2
- + Sistema de N_2

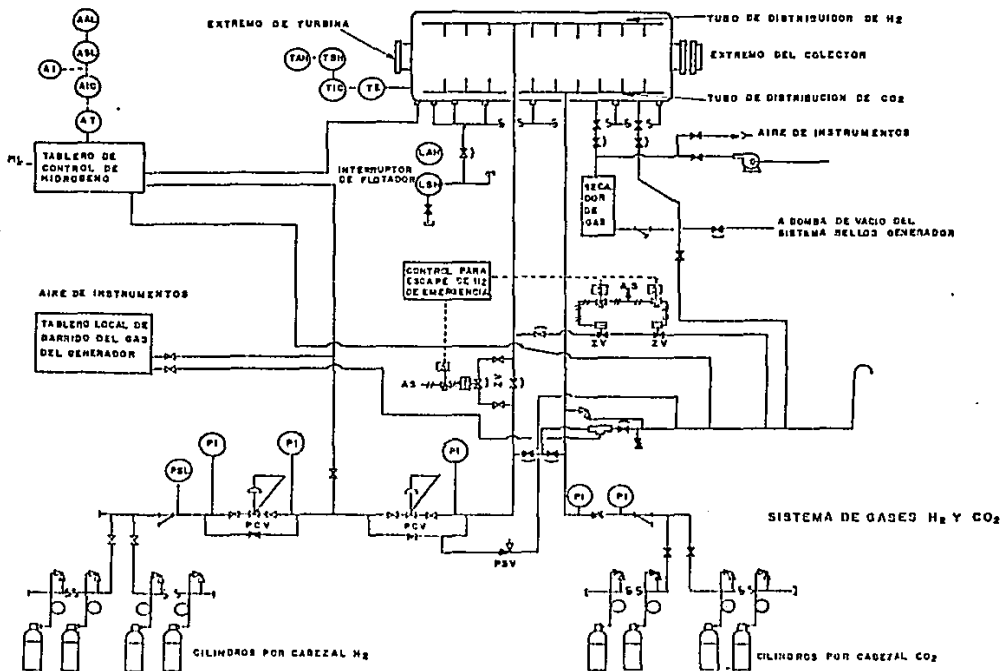
El sistema de hidrógeno y bióxido de carbono se emplea en el generador eléctrico y tiene las siguientes funciones:

- a) Mantener la presión adecuada de hidrógeno en el interior del generador, mediante un suministro continuo.
- b) Evitar la humedad del hidrógeno empleando un secador de gas.
- c) Efectuar el llenado del generador con hidrógeno, sin que se mezcle con aire. Para lograr esto se efectúa un barrido de aire con bióxido de carbono y posteriormente un barrido de bióxido de carbono con hidrógeno.
- d) Efectuar el vaciado del generador, barriendo el hidrógeno con bióxido de carbono y finalmente barriendo el bióxido de carbono con aire. De esta manera se evita que se mezcle hidrógeno con aire en el interior del generador.

El sistema de nitrógeno se emplea en los elementos del generador de vapor y en los calentadores de alta y baja presión. Tiene la función de almacenamiento de los equipos anteriores cuando van a quedar fuera de servicio por un tiempo prolongado con la finalidad de evitar la corrosión provocada por el oxígeno del aire atmosférico.

El sistema de hidrógeno, bióxido de carbono y nitrógeno cuenta con el siguiente equipo:

- 1.- Cabezal para conectar las botellas de hidrógeno
- 2.- Cabezal para conectar las botellas de bióxido de carbono
- 3.- Dos válvulas autorreguladas de control de presión de hidrógeno
- 4.- Válvula de corte de hidrógeno
- 5.- Válvula de escape de emergencia de hidrógeno
- 6.- Secadora de hidrógeno
- 7.- Detectores de líquidos
- 8.- Tablero de control de hidrógeno
- 9.- Enfriadores de hidrógeno
- 10.- Cabezal para conectar las botellas de nitrógeno
- 11.- Válvulas autorreguladas de control de presión de nitrógeno.



Descripción operativa.- El generador eléctrico es enfriado mediante hidrógeno que circula por el interior de él, en un circuito cerrado. Se elige el hidrógeno como medio refrigerante porque presenta las siguientes ventajas:

a) La densidad del hidrógeno es 14 veces menor que la densidad del aire, por tanto, las pérdidas por ventilación (que son proporcionales a la densidad del fluido empleado) son 14 veces menores usando hidrógeno en lugar de aire.

b) La conductividad térmica del hidrógeno es 7 veces mayor que la del aire, por lo que las partes calientes del generador ceden más rápidamente su calor al hidrógeno y éste transmite más rápidamente su calor a los tubos del enfriador.

c) El intercambio de calor se hace más fácil a medida que se aumenta la presión del hidrógeno. Comparativamente a igual presión de hidrógeno y aire, se genera casi un 50% más de potencia utilizando hidrógeno.

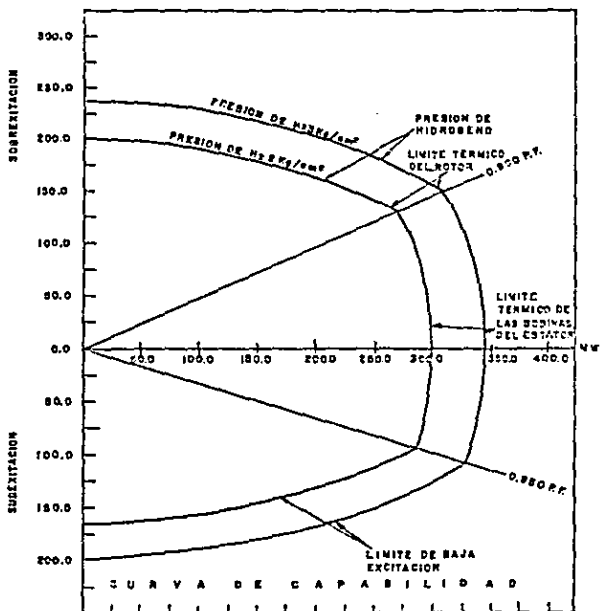
d) Una atmósfera de hidrógeno reduce el efecto corona y además se obtiene mayor duración del aislamiento de las bobinas conservando su flexibilidad por un período de tiempo más prolongado.

Cuando se operen generadores eléctricos enfriados por hidrógeno, se deberá cuidar que los sellos de aceite funcionen adecuadamente, para evitar fugas de hidrógeno o entradas de aire al generador, ya que el hidrógeno mezclado con el aire en una proporción del 5 al 73% de hidrógeno, es altamente explosivo (la mezcla más peligrosa es de 35% de hidrógeno y 65% de aire).

El hidrógeno circula formando un sistema cerrado, a través del estator y de los enfriadores de hidrógeno, accionado por un ventilador instalado en el rotor del generador eléctrico. Para mantener la presión en el sistema se debe reponer las fugas, las cuales no deben ser excesivas.

El hidrógeno se alimenta por medio de cilindros, los cuales están conectados a un cabezal donde descargan según sea necesario. A la salida del cabezal se tienen 2 válvulas en serie autorregulables por presión, las cuales se encargan de mantener en forma constante la presión de admisión de hidrógeno al generador. Se cuenta con una válvula de corte actuada por aire a través de una solenoide. Esta válvula de corte está colocada después de las válvulas de regulación. Finalmente el hidrógeno descarga a través de orificios colocados en un cabezal interior al generador y colocado en la parte superior. Existe también un paso directo, el que se utiliza para efectuar el llenado rápido del generador.

Para garantizar que el hidrógeno se mantenga libre de humedad se cuenta con un secador de gas, el cual consiste en un depósito lleno de una sustancia deshidratante (sílica gel), por el cual circula continuamente el hidrógeno del generador. El secador dispone de una mirilla por donde se puede observar el color de la sustancia deshidratante. Cuando ésta cambia de color azul a rosado es indicativo de que se encuentra saturada y será necesario recargarla, para lo cual



se dispone de un ventilador y una resistencia calefactora que sirven para pasar por el secador aire caliente hasta que la sustancia secadora vuelve a su color original.

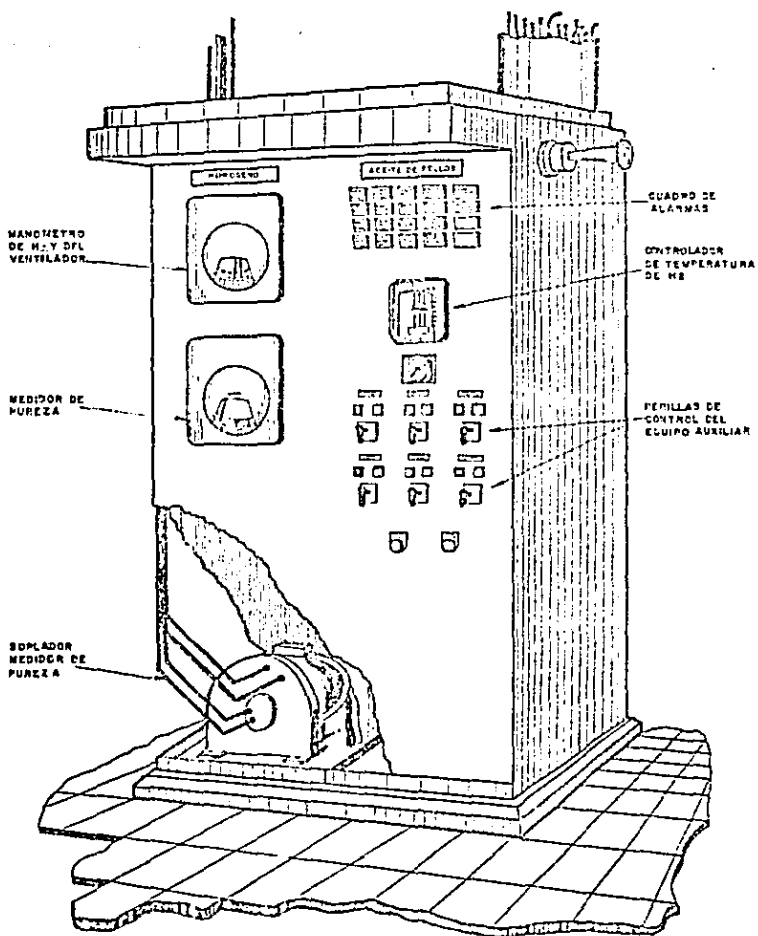
El sistema también cuenta con un detector de líquidos cuya finalidad es alertar al operador a través de una alarma en caso de que coleccionen líquidos (agua o aceite) en la parte inferior del generador. En caso de presencia de líquidos, estos deberán ser drenados e investigarse la causa posible de su presencia.

El enfriador de hidrógeno generalmente es un intercambiador de calor de superficie formado por tubos aletados por cuyo interior fluye agua refrigerante y por el exterior el hidrógeno.

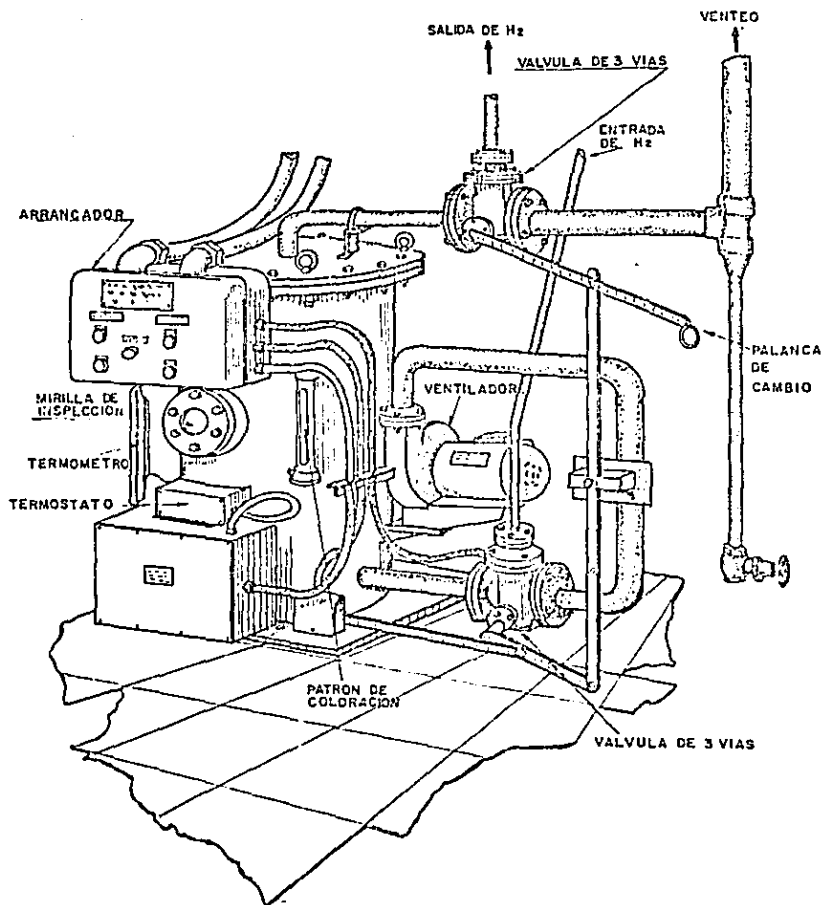
Si se presentara alguna falla en el sistema de hidrógeno, por ejemplo pérdida de la presión diferencial de aceite de sellos, en forma automática se debe cerrar la válvula de corte y abrir la válvula de escape de emergencia la cual venteará el hidrógeno directamente a la atmósfera.

El tablero de control de hidrógeno, contiene entre otros elementos al indicador de pureza, el manómetro indicador de la presión de hidrógeno, el interruptor del ventilador y la resistencia calefactora del secador.

El sistema de gas nitrógeno consta de un cabezal donde están conectados los cilindros. El cabezal alimenta a través de válvulas reguladoras al área del generador de vapor y al área de calentadores. Se emplea nitrógeno ya que éste es un gas inerte y por tanto previene la corrosión interna provocada por el oxígeno del aire atmosférico.



TABLERO DE CONTROL DE HIDROGENO



SECADOR DE GAS HIDROGENO

4

CICLO AGUA-VAPOR

CICLO AGUA-VAPOR

El fluido de trabajo de una Central Termoeléctrica, sufre una serie de procesos, como la evaporación y sobrecalentamiento en la caldera, expansión en la turbina, condensación en el condensador y compresión en las bombas de agua de alimentación. Por medio del paso a través de esta serie de procesos y regresando a su estado original, se dice que el fluido ha sufrido un ciclo. Este es un ciclo cerrado debido a que el fluido circula continuamente desde la fuente de calor (Generador de Vapor) hacia un dissipador de calor (Condensador) y nuevamente regresa hacia la fuente de calor.

El vapor que se genera en la caldera pasa al sobrecalentador, obteniendo una alta presión y temperatura, a continuación va a la turbina de alta presión (desarrollando ahí una parte de la potencia que acciona al generador eléctrico). Posteriormente este vapor regresa al Generador de Vapor, para recuperar sus condiciones de temperatura en el Recalentador. De ahí regresa a las turbinas de presión intermedia y después a la de baja presión. Una vez que el vapor ya trabajó en la turbina es descargado al condensador, en donde el agua de enfriamiento le quita calor y lo convierte en agua. Así el vapor ya condensado se bombea entonces del condensador a través de los calentadores de baja presión hasta el degasificador, de donde se bombea a través de los calentadores de alta presión y del economizador hasta la caldera; para así de nuevo iniciar el ciclo.

SISTEMA DE CONDENSADO

El sistema de condensado tiene la función principal de suministrar agua al degasificador tomándola originalmente del pozo caliente - del condensador mediante la bomba de condensado la cual la impulsa a través de los calentadores de agua de alimentación de baja presión donde incrementa gradualmente su temperatura con lo que se logra aumentar la eficiencia del ciclo.

1.- Tanque de almacenamiento de condensado.- Es un tanque cilíndrico vertical, de techo cónico, construido de láminas metálicas. Este tanque se utiliza para almacenar el agua que ha sido desmineralizada en la planta de tratamiento químico, para de ahí tomar la que sea necesaria para reponerla al ciclo, así como también para retornar a él, el excedente de agua cuando se tiene un alto nivel en el pozo caliente.

2.- Condensador principal.- Tiene por objeto condensar el vapor que descarga la turbina de baja presión, que al condensarse desciende y se almacena en la parte inferior del condensador denominada "pozo caliente", de donde será succionado por las bombas de condensado. - Aquí en el condensador el aire y otros gases no condensables son - evacuados en forma continua mediante la acción de los eyectores, - también llega el condensado proveniente de los drenajes de diferentes servicios y equipos, tanto de arranques, como en operación y pa-
ros.

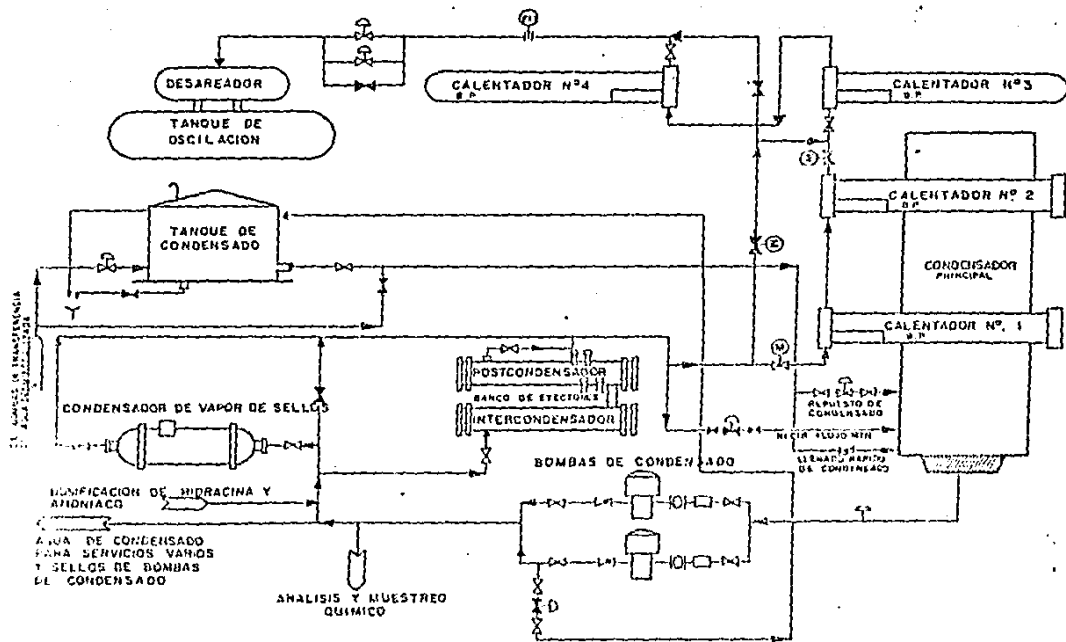


DIAGRAMA SIMPLIFICADO: SISTEMA DE CONDENSADO

3.- Bombas de condensado.- El sistema cuenta con dos bombas de condensado. Estas bombas son centrífugas verticales, tipo barril, de varios pasos, con doble succión en el 1er paso del impulsor y accionadas por motor eléctrico; cada bomba es del 100% de capacidad, es decir que mientras una se encuentra en operación, la otra está en reserva; succionan el agua del pozo caliente a una presión de vapor similar a la del condensador y descargan entre 20 y 25 lit/cad. hora, para alimentar el sistema de una unidad de 500 KW.

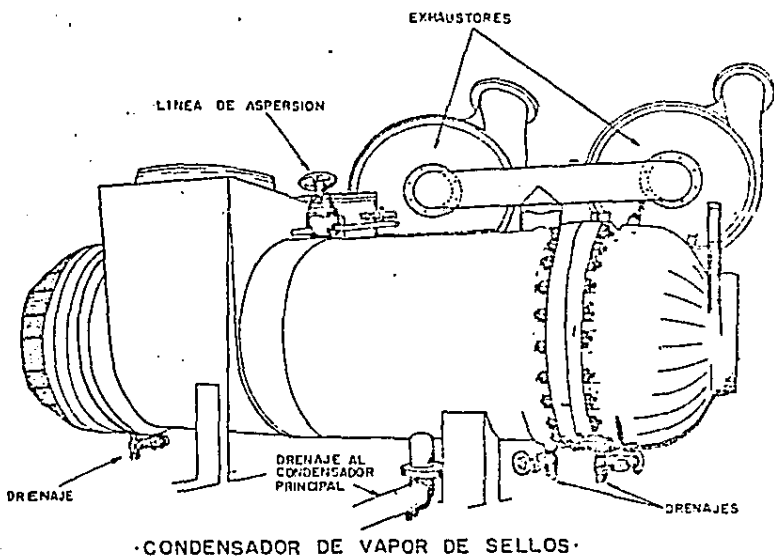
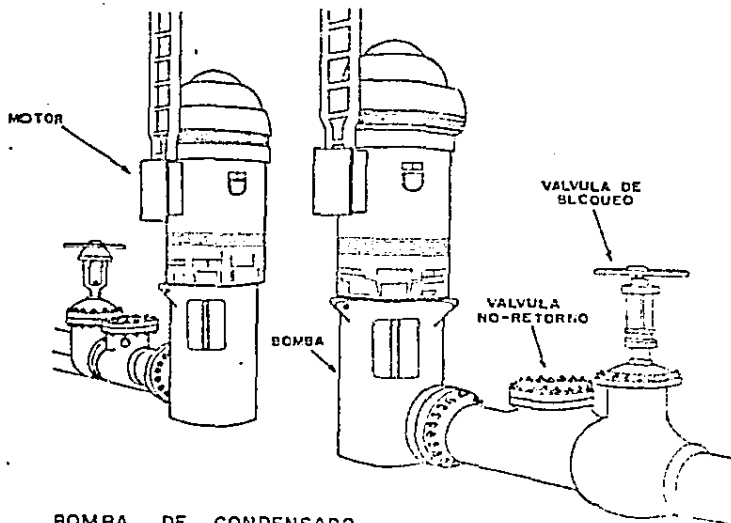
4.- Condensador de vapor de sellos.- Es un pequeño intercambiador de calor de superficie, vapor-agua, de tubos rectos, de un solo paso, por el interior de los tubos circula el agua y por el exterior el vapor. Cuando se requiere suspender el agua de condensado a través del condensador de vapor de sellos, para hacer alguna reparación, se dispone de una línea de aspersión de agua sobre la cámara de vapor, con la cual se efectúa la condensación del vapor y el aire se sigue expulsando por el exhaustor que se encuentra en servicio.

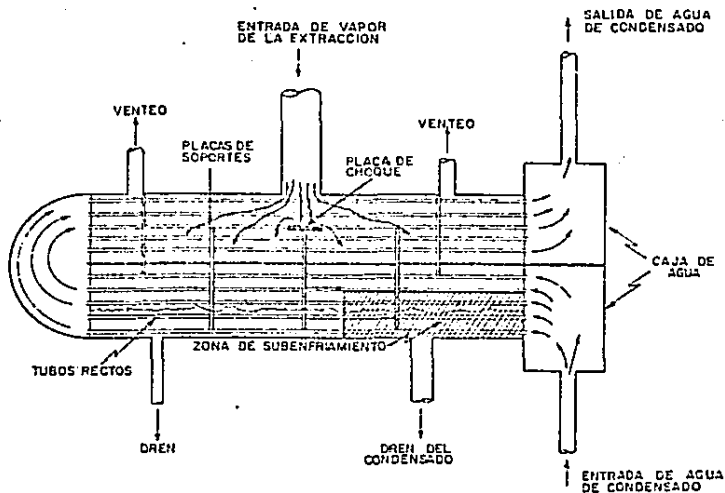
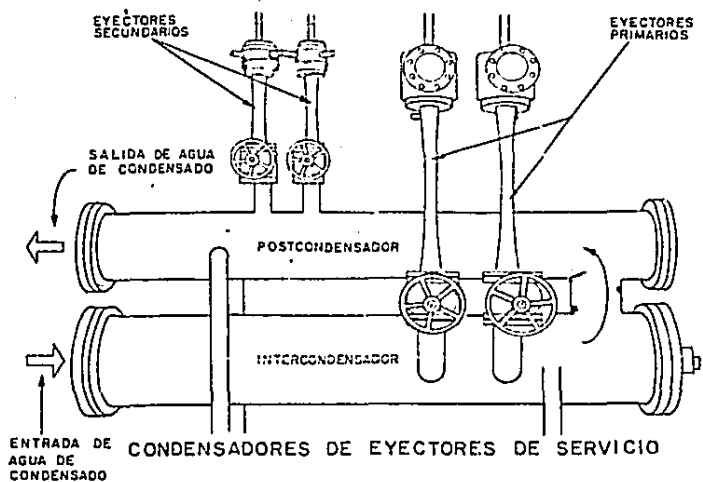
5.- Condensadores de eyectores de servicio.- La succión de los eyectores primarios se encuentra conectada a la línea de succión del vapor del condensador principal y la descarga de la mezcla de gases no condensables y vapor, va a una sección del banco de eyectores denominada intercondensador, donde la mayor parte del vapor que contiene dicha mezcla, se condensa al ceder su calor al agua de condensado que circula por el interior de los tubos de que está formado dicho condensador.

El eyector secundario succiona del intercondensador el vapor que no se logró condensar junto con los gases no condensables y los descarga en otra sección del mismo banco de eyectores denominada postcondensador, donde igualmente que al intercondensador, el vapor que todavía contiene la mezcla de gases no condensables, se condensa al ceder su calor al agua de condensado. El condensado así formado es descargado al condensador principal a través de una trampa de vapor y los gases no condensables son descargados a la atmósfera. Estos eyectores utilizan vapor auxiliar proveniente de una de las etapas de sobrecalentamiento del generador de vapor.

6.- Calentadores de agua de alimentación de baja presión.- Estos calentadores tienen por objeto aprovechar el calor latente de condensación del vapor de las extracciones de la turbina, para calentar el agua de condensado y de esta forma mejorar la eficiencia del ciclo. Los calentadores 1, 2, 3 y 4 son calentadores de superficie de dos pasos (el agua hace dos recorridos a todo lo largo del calentador), de tubos rectos con una zona de condensación y otra de subenfriamiento de drenaje (la temperatura del condensado de vapor quedo por debajo de la normal de líquido saturado, correspondiente a la presión del vapor contenido dentro del calentador).

En estos calentadores el agua de condensado circula por el interior de los tubos y el vapor por el exterior. Cuentan con ventosas para extraer los gases no condensables, los cuales se descargan al condensador principal (si no se extraen estos gases, forman una película alrededor de los tubos que disminuye la transmisión de calor), también cuentan cada uno de ellos con dos líneas de drenaje con su respectiva válvula de control, las cuales son operadas por control





CALENTADOR DE AGUA DE BAJA PRESION

dores de nivel instalados en el calentador; una de estas válvulas se encarga de mantener el nivel normal en el calentador y otra abre cuando la primera no es suficiente y el nivel tiende a subir más de lo normal, descargando directamente al condensador principal.

El calentador No. 5 mejor conocido como desgasificador, es un calentador de mezcla (el agua se mezcla con el vapor), que tiene por objeto calentar el agua de condensado y a la vez eliminar los gases (deairar) que van disueltos en ella, principalmente oxígeno (O_2) y bióxido de carbono (CO_2) ya que estos gases producen corrosión en la tubería tanto en la de agua de alimentación como la del generador de vapor. Estos gases se eliminan en el desgasificador, atomizando el agua de condensado por medio de eeyras y chorros y suministrando el flujo de vapor de tal forma que choque con las gotas de agua, para que por efecto del impacto y del calentamiento, se desprendan los gases, los cuales se hacen pasar por un condensador interno de venteo, donde se condensó el vapor que tiende a escapar a la atmósfera, junto con los gases.

El suministro de vapor al desgasificador, normalmente se hace de una extracción de la turbina, pero además se cuenta con una línea de vapor auxiliar que suministra vapor en los arranques para calentamiento, cuando todavía no se dispone de vapor de la extracción.

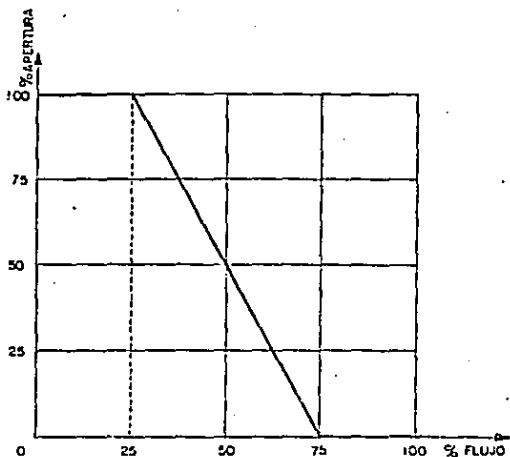
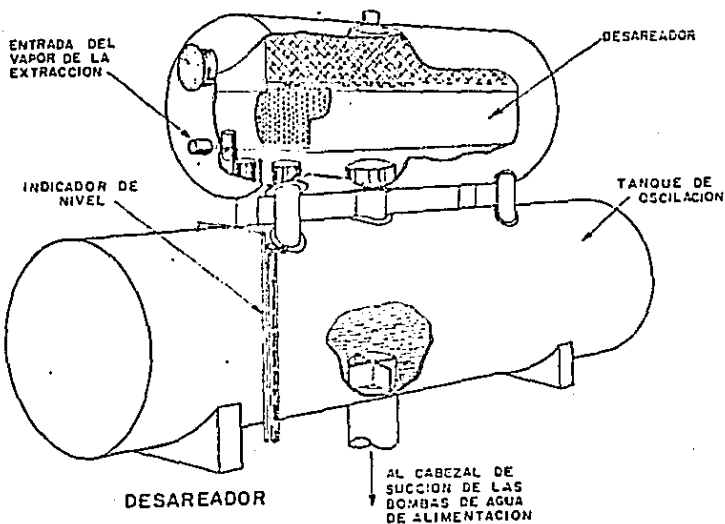
Descripción Operativa.- A través de una línea de succión común, que conecta con el pozo caliente del condensador, se suministra el volumen de agua para la succión de dos bombas de condensado.

A la bomba de condensado se conecta una línea importante llamada línea de agua de sellos, proveniente del cabezal de descarga de la misma bomba cuya función es suministrar el sello al estopero de la bomba para evitar entrada de aire con la consecuente pérdida de vacío en el condensador principal.

En el cabezal de descarga de las bombas se encuentra una línea que recircula agua al tanque de almacenamiento de repuesto de condensado a través de una válvula de control que abre en forma automática cuando existe alto nivel en el pozo caliente del condensador y cierra cuando el nivel regresa al nivel normal en dicho pozo caliente.

En el caso contrario de que exista un bajo nivel en el pozo caliente el repuesto de agua se efectúa mediante la acción automática de dos válvulas de control de nivel que operan bajo la acción de un mismo controlador y en rango dividido. Estas válvulas se localizan en una línea que conecta el tanque de almacenamiento de repuesto de condensado con el pozo caliente del condensador y son las encargadas de mantener un nivel normal de operación en dicho pozo caliente.

El cabezal de descarga de las bombas se divide en tres líneas: una hacia el condensador de vapor de sellos de la turbina, otra hacia los condensadores del banco de eyectores y la línea de derivación - la cual se utiliza cuando se desea dejar fuera de servicio uno ó los dos equipos antes mencionados a la salida de los cuales se unen de nuevo las líneas en una sola para dirigirse hacia el calentador No. 1 de baja presión. En este tramo se tiene una línea muy importante denominada "recirculación mínima" la cual recircula agua hacia



CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LA VALVULA DE RECIRCULACION MINIMA DEL SISTEMA DE CONDENSADO.

el condensador principal a través de una válvula de control que opera de la siguiente forma:

Entre 0 y 25% de carga la válvula se encuentra totalmente abierta, entre 25 y 75% cierra de acuerdo a la gráfica de la figura quedando cerrada 100% a partir del 75% de carga (el porcentaje de carga es referido al % de flujo de agua de condensado al desgasificador).

La finalidad de esta válvula es mantener como su nombre lo indica - un flujo mínimo de agua de condensado, a través de los condensadores tanto de vapor de sellos como del banco de economizadores, necesario para efectuar la condensación del vapor en cada uno de dichos condensadores. También es necesario un flujo mínimo para protección de la bomba de condensado pero es menor que el requerido en los condensadores antes mencionados.

Posteriormente el agua de condensado fluye por el interior de los tubos de los calentadores de baja presión 1, 2, 3 y 4 donde incrementa gradualmente su temperatura hasta antes de llegar al desgasificador.

Después de pasar por el calentador No. 4 de baja presión el agua de condensado se dirige hacia el desgasificador que es el punto final de este sistema.

SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

Este sistema tiene como función principal suministrar el agua de alimentación al generador de vapor tomándola inicialmente del tanque de oscilación del desgasificador y mediante la bomba de agua de alimentación incrementar la presión del agua para poder vencer la presión existente en el domo del generador de vapor donde finalmente llega el agua de alimentación después de pasar por los calentadores de agua de alimentación de alta presión donde incrementa gradualmente su temperatura con lo que se aumenta la eficiencia del ciclo.

1.- Tanque de oscilación del desgasificador. Este tanque tiene como función almacenar el agua proveniente del desgasificador el cual se encuentra unido mediante dos líneas de descarga y dos líneas iguales de presión. Este volumen de agua almacenado sirve como suministro a la succión de las bombas de agua de alimentación. El suministro de agua a este tanque proviene del sistema de condensado.

2.- Bombas de agua de alimentación. Se cuenta con 3 bombas de agua de alimentación, cada una de ellas del 50% de capacidad, es decir que cuando la unidad se encuentra generando el 50% de carga ó menos solamente se requiere tener una bomba en servicio y cuando se aumenta la generación a más del 50%, se tiene que poner en servicio la segunda bomba, mientras la tercera queda de reserva.

Estas bombas generalmente son centrífugas horizontales, tipo barril, de 6 pasos, doble succión, accionadas por un motor eléctrico de velocidad constante cuya potencia es de 3000 H.P., ó más, a través de un cople hidráulico de velocidad variable.

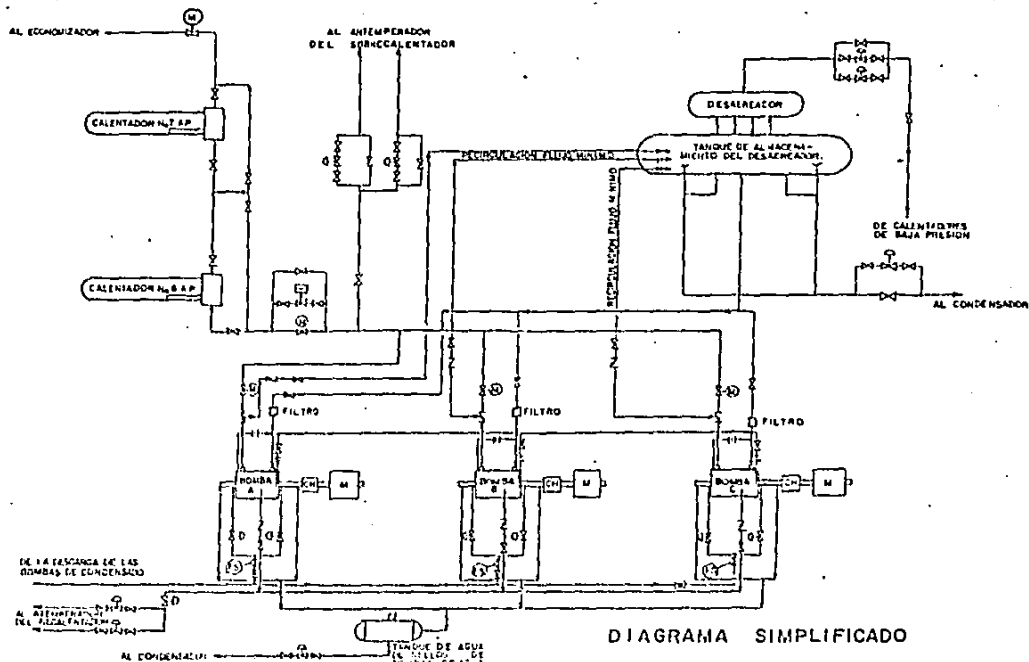


DIAGRAMA SIMPLIFICADO
 DEL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

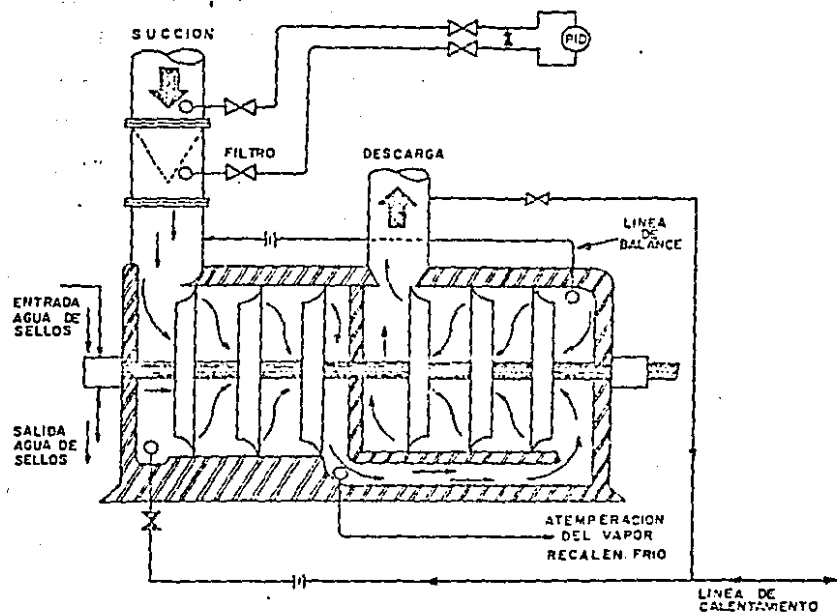


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA BOMBA DE
AGUA DE ALIMENTACION.

En la succión de cada una de las bombas se encuentra instalado un filtro, que evita la entrada de impurezas a las bombas, el cual cuenta con un manómetro diferencial que accionará una alarma en la sala de control cuando se encuentre obstruido.

Para evitar choques térmicos, las bombas se encuentran interconectadas por medio de una línea llamada de calefacción ó calentamiento, a través de la cual se establece un flujo de agua, de las bombas que se encuentran en servicio, a la que se encuentra de reserva, gracias al cual dicha bomba se mantiene "caliente" lista para entrar en servicio cuando se requiera.

Las bombas de agua de alimentación cuentan con el siguiente equipo auxiliar:

a.- Bomba de prelubricación. Cada bomba de agua de alimentación cuenta con una bomba auxiliar de aceite lubricante, accionada por motor eléctrico y denominada de prelubricación, la cual le suministra aceite de lubricación durante los arranques, paros y emergencias. Cuando el operador acciona el interruptor de la bomba de agua de alimentación a la posición de arranque, inmediatamente entra en servicio la bomba de prelubricación y después de cierto tiempo arrancará la bomba de agua de alimentación, inmediatamente después de que arranca la bomba de agua de alimentación, la bomba auxiliar sale de servicio automáticamente.

Al sacar de servicio la bomba de agua de alimentación, arranca automáticamente la bomba de prelubricación permaneciendo en operación algunos minutos, después de este tiempo la bomba sale de servicio automáticamente.

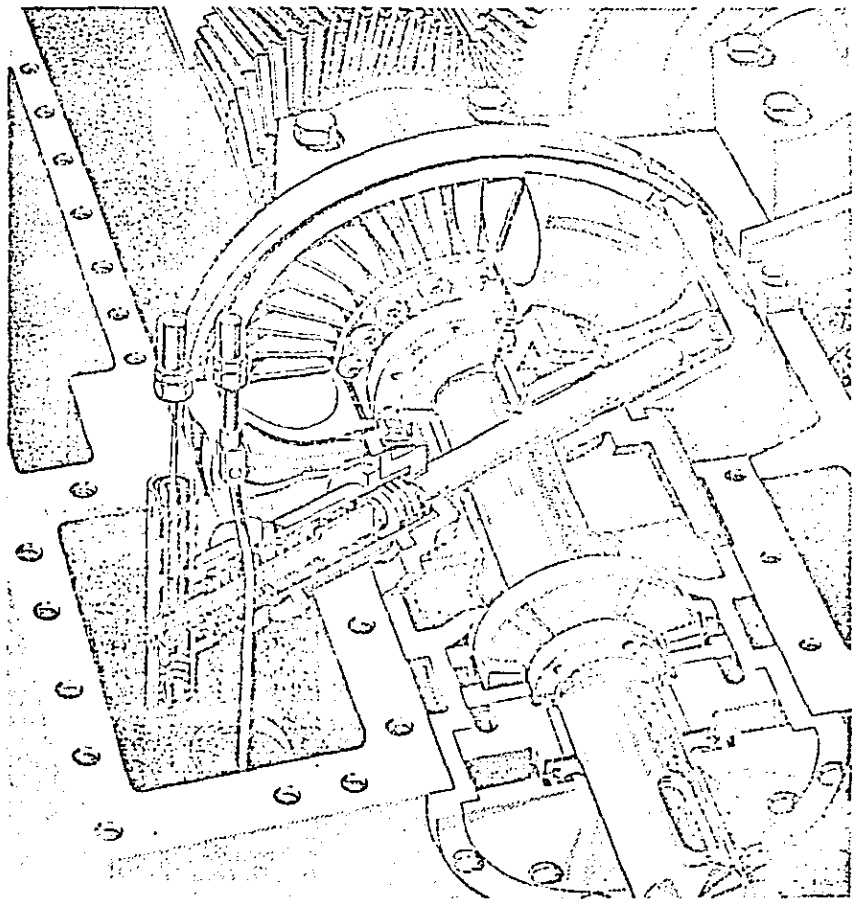
b.- Bomba principal de lubricación. Esta bomba es de tipo centrífuga de un sólo impulsor y se encuentra acoplada a la flecha de la bomba de agua de alimentación, en su extremo exterior. La función de esta bomba es succionar el aceite lubricante del cárter y distribuirlo a la presión requerida a las chumaceras, durante la operación normal de la bomba.

c.- Cople hidráulico de velocidad variable. Cada bomba de agua de alimentación cuenta con un cople hidráulico de velocidad variable, el cual consta de un tren de engranes y de un turbo-cople. El tren de engranes aumenta la velocidad inherente del motor a la requerida por el cople y éste provee la regulación de la velocidad de salida de acuerdo con los requerimientos de la bomba para mantener el nivel del domo.

El rango de operación del cople hidráulico es desde el 25% hasta el 100% de carga. Cada cople cuenta con un posicionador de velocidad, el cual regulará la velocidad del mismo.

d.- Enfriadores de aceite de lubricación y de trabajo. Cada bomba de agua de alimentación está equipada con un enfriador de aceite de lubricación y uno de aceite de control o trabajo (para el cople hidráulico).

Estos enfriadores constan de una serie de tubos, por el interior de



Variador de Velocidad

los cuales circula agua de enfriamiento y por el exterior aceite, ya sea de lubricación o de control y tiene como finalidad enfriar dicho aceite a la temperatura requerida por las chumbeeras y por los cople hidráulicos respectivamente.

e.- Sistema de agua de sellos de las bombas de agua de alimentación. El agua que requieren los sellos mecánicos de las bombas de agua de alimentación, es suministrada por las bombas de condensado, cuyo flujo es regulado por dos válvulas de control, instaladas en las líneas de suministro, en cada extremo de la flecha de la bomba, para mantener constante la temperatura del agua de salida y por lo tanto de los sellos mecánicos.

La descarga de agua, de los sellos mecánicos, es enviada al tanque colector de agua de sellos, el cual mantiene su nivel normal por medio de la válvula de control que descarga al condensador principal. Este tanque colector de agua de sellos, es común a las 3 bombas de agua de alimentación y funciona como un sello de agua para evitar entradas de aire al condensador.

3.- Variador de velocidad de la bomba de agua de alimentación. Generalmente, los turboacopladores regulables con reductor reúnen en un solo cárter cerrado un reductor mecánico y un turboacoplador regulable. La parte inferior de este cárter se utiliza como depósito de aceite.

El turboacoplador regulable es un acoplador hidrodinámico que trabaja según el principio de Fottinge. La potencia suministrada por la máquina motriz es transformada en energía cinética en el rodete de la bomba (rodete primario) del turboacoplador y de nuevo en energía mecánica en un rodete de turbina (rodete secundario) el cual está unido a la máquina impulsada. Esta transmisión se realiza exento de desgaste ya que no existe unión mecánica de ningún tipo entre el rodete primario y el secundario. Como fluido de trabajo se emplean aceites hidráulicos con aditivos. El grado de llenado del turboacoplador puede variarse a voluntad en curso de funcionamiento. De esta forma se consigue regular la capacidad de transmisión del turboacoplador, y se regulan sin escalonamientos en dependencia de la carga las revoluciones de la máquina impulsada.

Forma de trabajo del cople hidráulico. Una bomba accionada por el circuito primario suministra aceite a la cámara de trabajo desde el cárter dispuesto en la parte inferior del acoplador, a través de una válvula de mando. El nivel del aceite en la cámara de trabajo (y con ello la capacidad de transmisión del acoplador), se regula mediante la posición radial de un tubo extractor deslizable, cuya capacidad de extracción es superior al caudal de la bomba de aceite. El aceite recogido por el tubo extractor es conducido a la válvula de mando a través de un enfriador de aceite y desde allí nuevamente al circuito hidrodinámico del acoplador. El intercambiador de calor intercalado en el circuito de aceite disipa el calor producido por deslizamientos en el acoplador.

El mecanismo del tubo extractor de los turboacopladores regulables con reductor puede accionarse por medio de cualquiera de los servosistemas conocidos: eléctrica, hidráulica o neumáticamente.

Circuito de trabajo.- Una bomba de trabajo 8 accionada por el eje de entrada del reductor aspira el aceite del depósito 1, incorporando en la parte inferior del cárter; este aceite pasa a través de la válvula de mando de circulación 9 a la zona de trabajo 10 del acoplador. Esta zona de trabajo está compuesta del rodete primario " del secundario. La zona de trabajo y la cubierta del acoplador sobre el rodete secundario están concebidos como vasos comunicantes. Debido a la fuerza centrífuga el aceite que allí se encuentra adopta la forma de un anillo, cuyo diámetro interior queda determinado por la posición radial del tubo extractor 13 dispuesto en la zona de extracción 12.

El aceite extraído por el tubo extractor pasa a través del enfriador de aceite 14 a la válvula de mando de circulación 9 y después - de aquí es conducido nuevamente a la zona de trabajo o al depósito.

La válvula de mando de circulación trabaja en dependencia de la posición del tubo extractor y controla el caudal de aceite. El aceite sobrante retorna al cárter.









Con esta válvula se consiguen tiempos de respuesta muy cortos, ya que cuando la válvula regula en sentido ascendente, deja totalmente libre el paso de aceite de la bomba y cuando la hace en sentido descendente corta completamente el paso a la zona de trabajo.

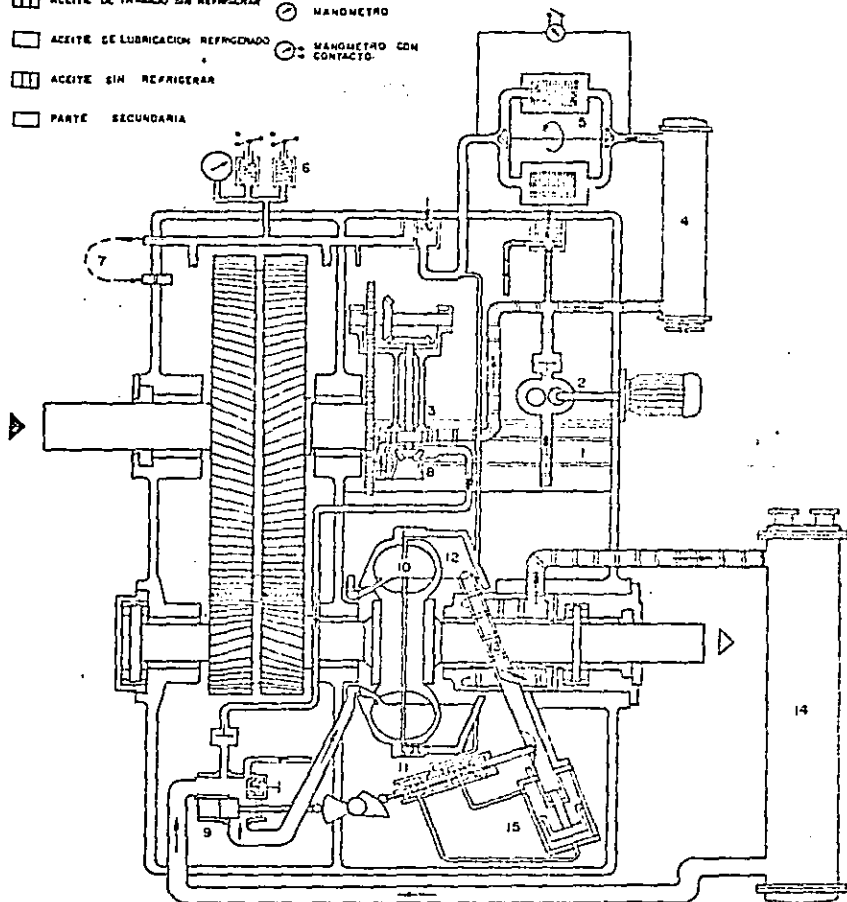
El sistema de lubricación.- El sistema de lubricación es independiente, aunque utiliza el mismo aceite.

La bomba de engrase principal 3 dispuesta en el eje de la bomba de llenado aspira el aceite del cárter y a través de un enfriador de aceite de lubricación 4 y un filtro doble 5 dispuesto a continuación lo envía a los diversos cojinetes y a los engranes. Con el objeto de que ya en el arranque exista una película lubricante, antes del arranque los puntos de lubricación del turbocomplador regulable reciben aceite de una bomba auxiliar de lubricación 7, hasta que al aumentar las revoluciones de la bomba de lubricación 3 accionada automáticamente acum sus funciones. La bomba de lubricación se para automáticamente con el interruptor de presión 6 para la regulación de la lubricación y si baja la presión (por ejemplo al desconectar el grupo de accionamiento) entra nuevamente al servicio.

Para asegurar el funcionamiento continuo, existe un filtro incorporado en el circuito de lubricación. Sólo trata una parte del filtro y si éste se ensucia, entra automáticamente la otra parte por medio de un manómetro diferencial y un contacto de alarma bática o acústica indica el cambio de filtro. Entonces la parte del filtro obstruida debe desmontarse y limpiarse. El aceite lubricante del turbocomplador regulable puede utilizarse para la lubricación del motor de accionamiento o de la máquina impulsora 7.

4.- Calentadores de agua de alimentación de alta presión. Son intercambiadores de calor vapor-agua, horizontales, de tubos curvos de 2 pasos y tres zonas (descobrecalentamiento, condensación y subenfriamiento de drenes) en los cuales el agua de alta presión circula por el interior de los tubos y el vapor por el exterior. Su finalidad, al igual que los calentadores de baja presión, es incrementar la tem

- | | | | |
|--|-----------------------------------|---|--|
|  | ACEITE DE TRABAJO REFRIGERADO |  | INSTRUMENTO PARA LA VIGILANCIA DEL ACEITE DE LUBRICACION |
|  | ACEITE DE TRABAJO SIN REFRIGERAR |  | MANOMETRO |
|  | ACEITE DE LUBRICACION REFRIGERADO |  | MANOMETRO CON CONTACTO |
|  | ACEITE SIN REFRIGERAR | | |
|  | PORTE SECUNDARIA | | |



ESQUEMA DEL CIRCUITO DE ACEITE
DEL VARIADOR, DE VELOCIDAD

peratura del agua de alimentación, para mejorar la eficiencia del ciclo, aprovechando las calorías del vapor de las extracciones que se le hacen a la turbina.

Descripción operativa.- Como se mencionó anteriormente este sistema tiene su inicio en el tanque de oscilación del desgasificador donde debido a la presión existente y por gravedad, el agua ahí almacenada llega al cabezal de succión de las bombas de agua de alimentación. A partir del desgasificador el agua recibe el nombre de agua de alimentación en vez de agua de condensado.

El tanque de oscilación cuenta con una línea de descarga hacia el condensador a través de una válvula de control de acción neumática la cual opera de la siguiente forma:

- a) Cuando el nivel es normal o menor dicha válvula permanece cerrada 100%
- b) Cuando el nivel sube abre gradualmente.

El cabezal de succión es común a las tres bombas de agua de alimentación y la línea de llegada a cada bomba cuenta con una válvula de bloqueo y un filtro que previene la entrada de sólidos a la misma. Entonces la presión a la succión de la bomba será la misma que en el desgasificador más la columna de la línea de succión. La presión de descarga depende de la velocidad que tenga la bomba que a su vez dependerá de la posición del tubo captador en el receptor de hidrógeno. Para que la presión del agua de alimentación pueda vencer la presión del domo es necesario que la primera sea mayor que la segunda en un 5% aproximadamente.

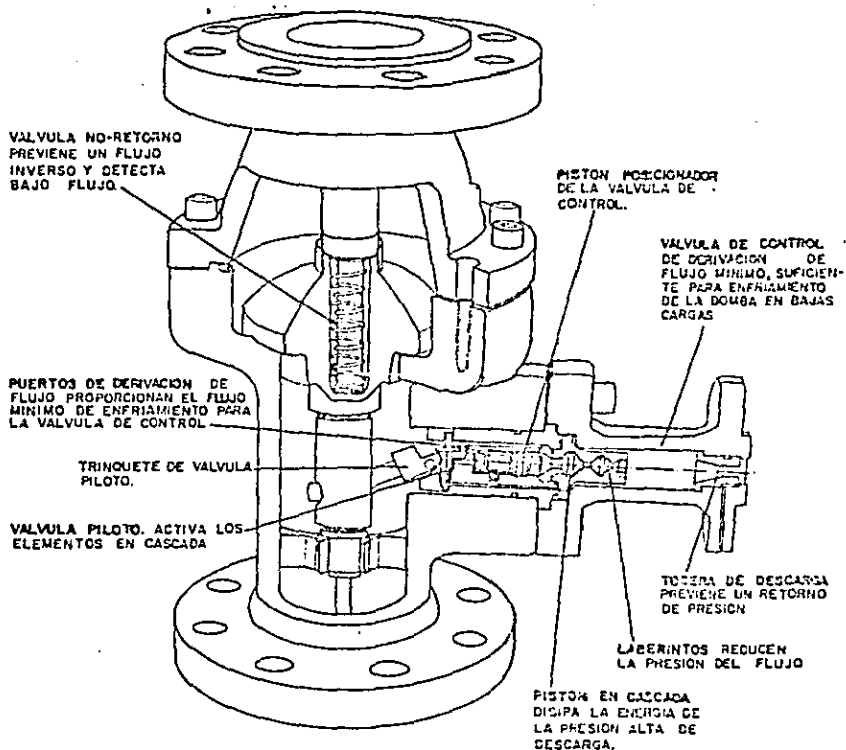
Del cuerpo de la bomba (3er paso) sale una línea que se une en un cabezal común y que va a la atemperación del recalentador.

Una línea de agua proveniente del sistema de condensado es utilizada para proporcionar el agua de sellos a las bombas de agua de alimentación, esto se hace a través de dos válvulas de control, una para el sello lado libre y otra para el sello lado copie de la bomba. Cada una de dichas válvulas de control opera en base a un controlador de temperatura cuyo elemento primario está colocado en la línea de salida de agua de sellos en el lado correspondiente.

En la línea de descarga de cada bomba de agua de alimentación se tienen dos válvulas que son:

- a) Una válvula no retorno con mecanismo integrado para recirculación de flujo mínimo.
- b) Una válvula de bloqueo (motorizada normalmente) que abre o cierra automáticamente cuando se arranca o para la bomba respectivamente.

El tipo comúnmente usado en centrales de alta capacidad, es el desarrollado por YARNAY, en el cual se emplea una válvula no retorno con disco levadizo que actúa como elemento sensor de flujo. El movimiento del disco hacia arriba o hacia abajo por la acción del flujo, abre o cierra una pequeña válvula piloto, la cual controla la apertura o cierre de la válvula interna de recirculación. Debido a que



**VALVULA DE RECIRCULACION MINIMA DE
 LA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION**

este sistema requiere sólo tres conexiones (entrada, salida y derivación), además de que no necesita sistemas complicados de control, es muy recomendable su uso.

Las descargas de las tres bombas de agua de alimentación se unen en un cabezal para continuar, como una sola línea hacia los calentadores de alta presión, de ésta se deriva la línea que suministra el agua de atemperación al sobrecalentador.

Otra línea que se deriva de la descarga de las bombas de agua de alimentación es la que suministra el agua de repuesto (en caso necesario) para el circuito de enfriamiento (inundado) de los motores - de las bombas de circulación forzada del generador de vapor.

Antes del primer calentador de alta presión, y después de las derivaciones antes mencionadas, se encuentra el cuadro de regulación de flujo de agua de alimentación el cual consta de una válvula motorizada, que abre o cierra al 100%, y una válvula neumática que opera gradualmente.

La válvula, neumática, regula los requerimientos de flujo y presión de 0 a 50% del nominal y la motorizada debe estar abierta totalmente desde el momento que se tenga el 50% de flujo permaneciendo así hasta el 100% del mismo. Esto se debe a que el 50% del flujo en agua ante el requerimiento de agua de alimentación del generador de vapor, se realiza mediante la acción del variador de velocidad de la bomba de agua de alimentación el cual regula el flujo necesario a la presión adecuada.

Después de pasar las válvulas de control de flujo de agua de alimentación, el agua sigue hacia los calentadores de alta presión donde incrementa su temperatura para finalmente dirigirse hacia el generador de vapor (al economizador).

Todos y cada uno de los calentadores de alta presión cuentan con -- los instrumentos necesarios de nivel, presión y temperatura. Cuentan además con una línea de drenado normal (hacia el calentador inmediato de más baja presión) y una línea de drenado de emergencia (hacia el condensador principal). Cada una de estas líneas lleva una válvula de control que depende de un controlador de nivel ubicado en el calentador.

SISTEMA DE VAPORIZACION Y SOBRECALENTAMIENTO

El sistema de vaporización y sobrecalentamiento tiene como objetivo principal efectuar la producción de vapor, su sobrecalentamiento y recalentamiento a las condiciones de temperatura y presión adecuadas para ser enviado a la turbina.

El equipo principal que constituye este sistema es:

- 1.- Economizador
- 2.- Domo superior
- 3.- Domo inferior

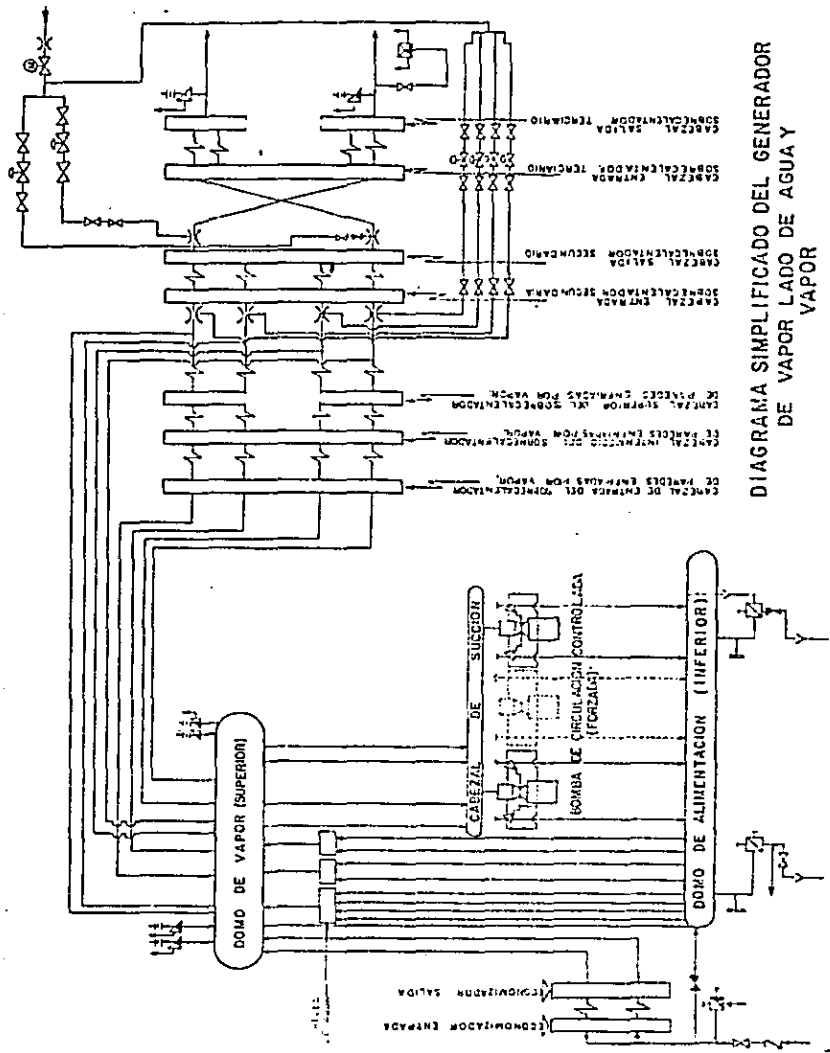
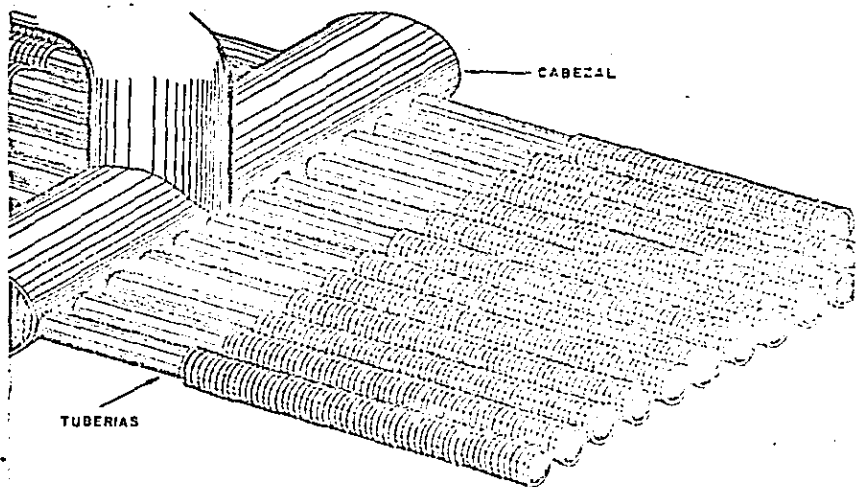
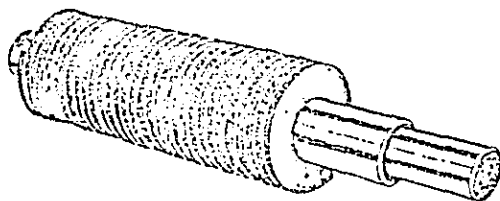


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL GENERADOR DE VAPOR LADO DE AGUA Y VAPOR

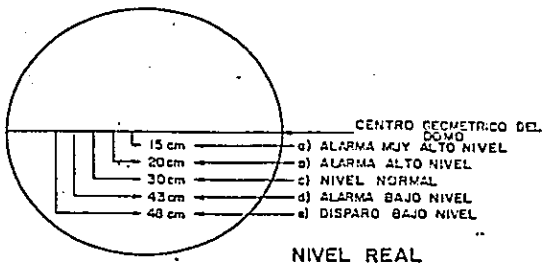
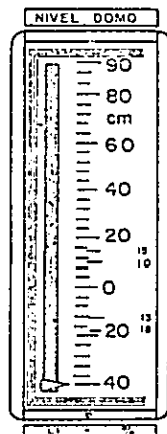
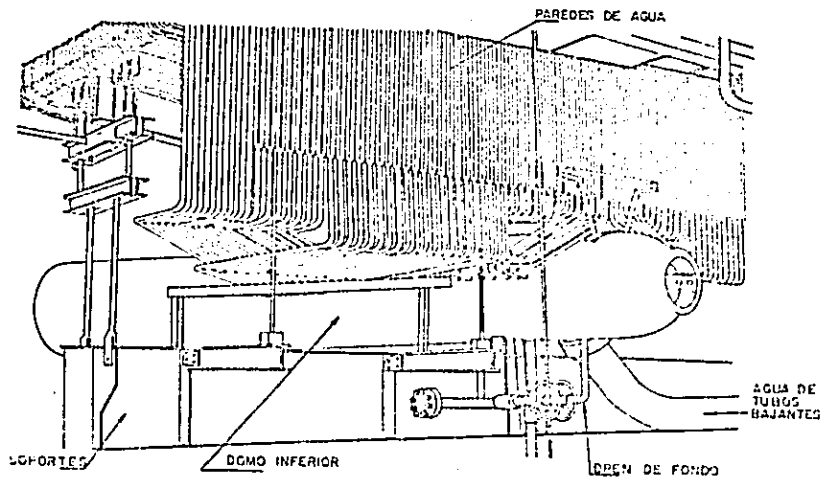


E C O N O M I Z A D O R



ALETEADO DE
TUBOS





- a) ALARMA MUY ALTO NIVEL
- b) ALARMA ALTO NIVEL
- c) NIVEL NORMAL
- d) ALARMA BAJO NIVEL
- e) DISPARO BAJO NIVEL

NIVEL INDICADO

- 4.- Sobrecalentador
- 5.- Recalentador
- 6.- Bombas de circulación forzada
- 7.- Tanque de evaporación instantánea (flasheo)
- 8.- Tanque colector de purgas

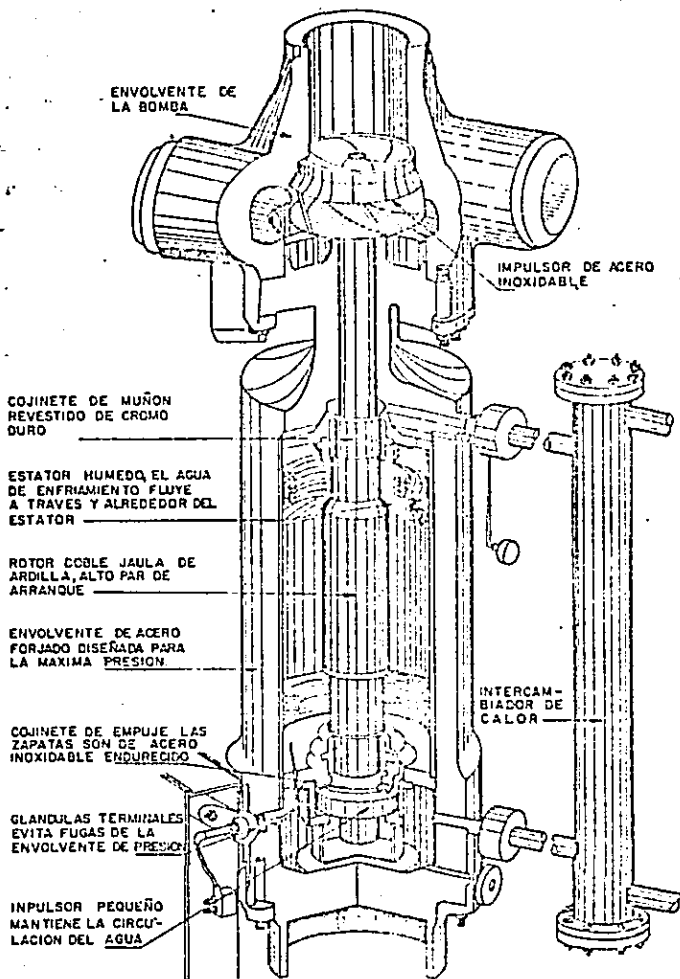
Bombas de circulación forzada.- El generador de vapor cuenta con 2 bombas de circulación forzada las cuales facilitan la circulación a través de las paredes de agua, haciendo con esto que la producción de vapor sea más eficiente. Estas bombas succionan de un cabezal común, alimentada por las seis tuberías de bajada provenientes del domo superior; cada bomba descarga a través de dos tuberías, que vienen a ser la continuación de las tuberías de bajada hasta el domo inferior.

Cada conjunto consta de una bomba centrífuga de un solo paso, impulsada por un motor eléctrico de inducción, del tipo de estator horizontal. El interior del motor se llena con agua desmineralizada (se conduce la electricidad) a la presión de trabajo del sistema, por lo cual, está embobinado con cables especiales sumergibles, sujetos a presión. Para mantener frío el motor su contenido de agua circula a través de un intercambiador de calor (externo al motor) por medio de un impulsor colocado en la base del motor, el cual hace circular el agua a través del motor y luego a través del intercambiador de calor, donde dicha agua desmineralizada es enfriada con agua de enfriamiento de auxiliares que circula por el exterior de los buses del intercambiador de calor, con lo cual se extrae del motor el calor generado por el mismo, así como también el calor transmitido a través de la flecha, por el agua que manejan las bombas (aproximadamente a 250°C).

Tanque de evaporación instantánea (flasheo).- Este equipo tiene como finalidad recibir el producto de la purga del domo con objeto de recuperar parte del agua y de las calorías que contiene.

La purga continua del domo se usa como un medio para controlar las concentraciones en el agua del generador de vapor (alcalinidad, sílice, etc.); cuando estas concentraciones se encuentran arriba de los valores permitidos se abre la válvula de purga del domo y una cantidad de agua es drenada al tanque de flasheo, en el cual parte de esta agua se evapora instantáneamente debido a que se encuentra a una alta presión y súbitamente se encuentra en un espacio "abierto". El vapor así formado es conducido hacia el desgasificador donde se reintegra al ciclo y el agua que queda en el tanque de evaporación con una alta concentración de sólidos será drenada al tanque colector de purgas misceláneas para posteriormente ser drenada al drenaje. En algunos diseños, durante un arranque de unidad la purga continua se manda directamente al tanque de purgas misceláneas.

Tanque colector de purgas.- Este tanque tiene como función recibir los drenajes y purgas misceláneas de los elementos y equipo del generador de vapor. Mantiene un nivel constante de agua que es generalmente de servicios y que provoca la condensación del vapor que puede llegar por las líneas de drenaje. Se encuentra localizado en la parte inferior del generador de vapor. El condensado acumulado es enviado a la red de drenaje de la central.



BOMBA DE CIRCULACION CONTROLADA (FORZADA)

Descripción operativa.— El sistema de vaporización y sobrecalentamiento se inicia en la línea de llegada al economizador. A esta línea se une otra de menor diámetro que proviene de la descarga de las bombas de condensado cuya finalidad es efectuar el llenado inicial del generador de vapor cuando no se tiene presión en el mismo.

El agua de alimentación circula por el interior de los tubos del economizador y los gases de la combustión por el exterior, produciéndose un intercambio de calor de los gases al agua, lo que permite que el agua de alimentación incremente su temperatura y que al llegar al domo, tenga una temperatura cercana a la de saturación correspondiente a la presión existente en el domo.

El agua es conducida hasta el domo superior a través de dos tuberías e introducida a él por sus dos extremos a través de un cabezal interno que va a todo lo largo del domo, este arreglo es con el fin de evitar inestabilidad en el nivel del domo a la hora de ser alimentado y para mantener uniforme la temperatura a todo lo largo del mismo.

El nivel del agua en el domo se deberá mantener en el nivel cero de los indicadores que se localizan en la sala de control, pero realmente se encuentra a 30 cm aproximadamente abajo del centro geométrico del domo.

Una vez en el domo el agua desciende por los tubos bajantes hacia el cabezal de succión de las bombas de circulación forzada. Estas bombas son para capacidad teórica de 50% del total necesario en la unidad por lo que se tienen dos bombas como mínimo. Algunos diseños cuentan con tres bombas de las cuales dos están normalmente en servicio y una se tiene fuera de servicio, en reserva para usarse cuando sea necesario.

Las bombas de circulación forzada son un equipo muy importante que requiere de mucha supervisión durante la operación normal de las mismas. Uno de los puntos a supervisar continuamente es el flujo de agua de enfriamiento para el motor, el cual debe permanecer sin variaciones y a una presión adecuada para disipar el calor generado en los devanados del motor. Por lo anterior se cuenta con indicación de temperatura en el motor y en el cuerpo de la bomba, así como alarmas para alta temperatura en la sala de control.

Del cabezal de succión sale una línea para cada bomba cuya descarga es en dos líneas y cada línea cuenta con una válvula de bloqueo que también opera como válvula de retorno. Cada una de estas válvulas cuenta con un interruptor de posición que indica cuando se encuentra abierta la válvula y actúa como permisivo para poner en servicio la bomba.

Las dos líneas de descarga de la bomba van a unirse al domo inferior y un indicador de presión diferencial se localiza entre el cabezal de succión y el domo inferior, esto es para verificar la operación normal de la bomba cuya presión diferencial entre la succión y descarga debe mantenerse en 2.5 Kg/cm² aproximadamente.

Del domo inferior sale una línea que comunica con la entrada al eco

nomizador dicha línea se denomina "recirculación del economizador" y en operación normal se encuentra cerrada pero se debe abrir durante los arranques del generador de vapor ya que durante los mismos, no existe bastante consumo de agua de alimentación por lo tanto no existe mucho flujo a través del economizador. La línea de recirculación permite que del domo inferior el agua impulsada por las bombas de circulación forzada se derive hacia el economizador para proporcionar un flujo suficiente al mismo que sirva como enfriamiento para evitar sobrecalentamientos. Una vez sincronizada la unidad la línea de recirculación puede ser bloqueada.

Del domo inferior el agua se distribuye a las paredes de agua (laterales, frontal y posterior) por donde ascenderá debido a la presión proporcionada por las bombas de circulación forzada y por el fenómeno de convección hasta el domo superior. Dichas paredes de agua forman el hogar del generador de vapor por lo tanto están expuestas directamente a la flama de los quemadores y a medida que el agua sube a través de los tubos pierde densidad y se convierte en vapor saturado húmedo el cual se separa en el domo superior.

La mezcla de agua y vapor en el domo contiene aproximadamente entre 20 y 40% de agua. Esta separación del agua y el vapor se realiza en los separadores del domo. El caudal de vapor a la salida del separador secundario, descarga horizontalmente en el espacio superior del domo reduciéndose de esta forma el vector de velocidad ascendente. La acción de la gravedad en este paso, produce una importante reducción en la humedad y este representa realmente una etapa en el proceso total de separación.

El vapor saturado seco fluye desde el domo superior a través de una serie de tubos de conexión, el cabezal de entrada a la primera etapa del sobrecalentador denominado generalmente "sobrecalentador de baja temperatura". Aquí es donde se efectúa el sobrecalentamiento inicial. Esta primera etapa del sobrecalentador en diseños de unidad des de 300 MW es formada por paredes enfriadas por vapor y que forman un segundo tiro de circulación de gas.

Del cabezal de salida del sobrecalentador de baja temperatura el vapor fluye hacia el cabezal de entrada de una segunda etapa del sobrecalentador denominada "sobrecalentador de temperatura intermedia". En este tramo de recorrido, a cada una de las líneas de vapor, llega una línea de menor diámetro proveniente del domo cuya función es proporcionar una atemperación constante con vapor saturado.

En algunos diseños en un paso intermedio del sobrecalentador de temperatura intermedia, se tiene una atemperación primaria para control de temperatura del vapor antes de entrar a la última etapa de sobrecalentamiento.

Del cabezal de salida del sobrecalentador de temperatura intermedia el vapor se dirige hacia la última etapa de sobrecalentamiento denominada "sobrecalentador de alta temperatura". Este recorrido lo efectúa a través de dos tuberías en las cuales se encuentran instalados los atemperadores que se encargan de controlar la temperatura del vapor sobrecalentado que se dirigirá hacia la turbina. Esto lo logran introduciendo mayor o menor cantidad de agua proveniente de

la descarga de las bombas de agua de alimentación mediante una mayor o menor apertura de las válvulas de control de atemperación.

El vapor atemperado llega al cabezal de entrada del sobrecalentador de alta temperatura donde incrementa su temperatura al valor de diseño necesario para enviarlo a la turbina. Esto lo hace al pasar por cada uno de los elementos de dicho sobrecalentador para finalmente llegar al cabezal de salida del sobrecalentador de alta temperatura. De aquí el vapor sobrecalentado a la temperatura adecuada y con la presión de diseño es enviado como vapor principal a la turbina de alta presión.

Después de que el vapor a pasado a través de la turbina de alta presión y liberado parte de su energía, disminuyendo su temperatura y presión, regresa al generador de vapor con el nombre de "vapor recalentado frío" a través de dos tuberías en las que se encuentran instalados los atemperadores encargados de controlar la temperatura de el vapor "recalentado caliente" hacia la turbina. Dicho vapor recibe un incremento de temperatura en los elementos del recalentador - el cual cuenta con un cabezal de entrada y dos cabezales de salida de donde salen las dos líneas que conducen el vapor recalentado caliente hacia la turbina de presión intermedia para continuar el trabajo bajo en las demás etapas de la misma.

Del cabezal de entrada del sobrecalentador terciario se deriva una línea muy importante que es la que alimenta el sistema de vapor auxiliar, esta línea cuenta con sus válvulas de bloqueo para aislarla cuando sea necesario.

SISTEMA DE VAPOR PRINCIPAL

El vapor producido en el generador de vapor con las características de presión y temperatura adecuadas, es enviado hacia la turbina en la cual convierte la energía térmica que contiene, en trabajo mecánico para mover el generador eléctrico al cual se encuentra acoplada.

En las unidades modernas las turbinas generalmente constan de varias etapas y son denominadas "compuestas". La admisión de vapor se efectúa a través de válvulas cuya función puede ser de control o de corte total de flujo dependiendo de las condiciones operativas de la turbina.

El sistema de vapor principal y turbina tiene por objeto describir el camino que recorre el vapor en el interior de la turbina en cada una de sus etapas hasta llegar a la descarga hacia el condensador principal, incluyendo los componentes relacionados con la operación y protección de la misma.

El equipo principal que constituye este sistema es el siguiente:

Turbina de alta presión.- (TAP) Esta turbina se encuentra localizada entre las turbinas de presión intermedia # 1 y # 2. Se le denomina de alta presión por ser la que admite inicialmente el vapor al valor nominal de presión.

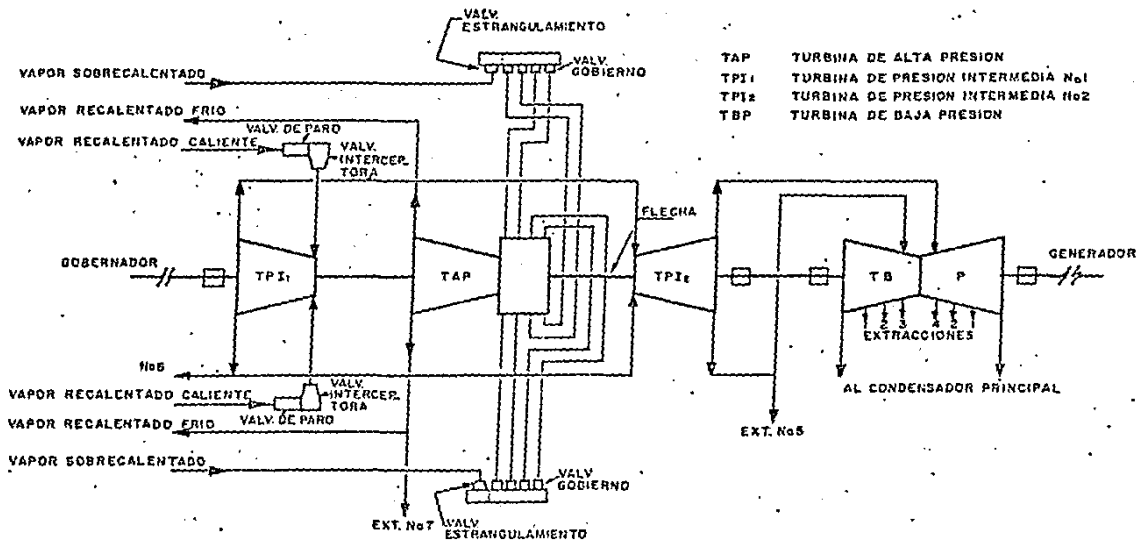


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE VAPOR PRINCIPAL

Esta turbina consta de un paso curtis o de acción y varios pasos de reacción. El paso curtis consta generalmente de dos hileras de álabes móviles y una hilera de álabes fijos o estacionarios.

Los álabes tienen una figura tal que forman un pasadizo para el flujo de vapor. Con el fin de reducir esfuerzos y vibraciones, estos álabes van en grupos, amarrados con una banda fija y con unos bordes remachados al extremo libre de los álabes.

La sección de álabes de reacción está constituida por diez ruedas - móviles fijas al rotor y non las que giran como consecuencia del paso del vapor a través de ellas.

Alternados en cada rueda de álabes móviles, se encuentran diez álabes fijos sujetos a la carcasa y en estos álabes es donde se da la dirección al vapor para que choque con los álabes móviles a medida que avanza a través de ellos.

Cada rueda de álabes móviles se amarra en su periferia exterior por medio de tetones en la punta de los álabes los cuales van remachados a una banda común.

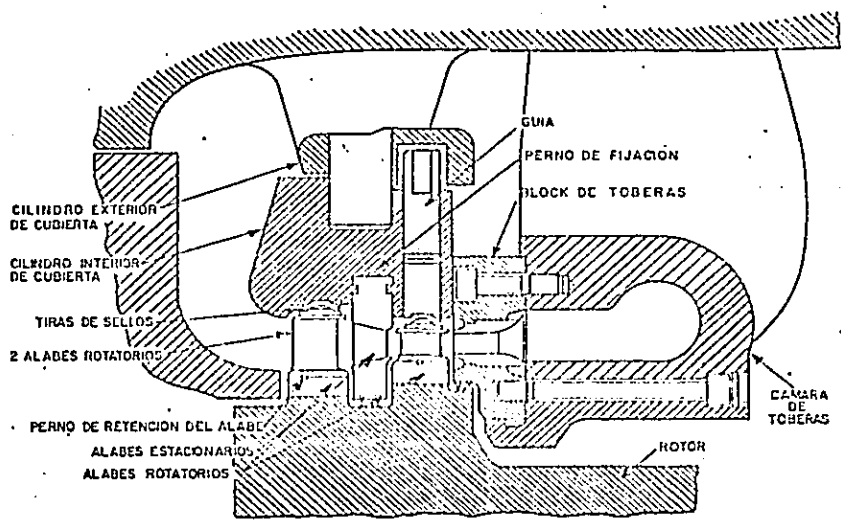
Cada rueda de álabes forma pequeños claros con los sellos. Estos sellos son anillos planos y delgados, los cuales sellan e impiden las fugas de vapor de un paso a otro, obligando al vapor a seguir la trayectoria adecuada a través del rotor.

Turbina de presión intermedia (TPI).- En algunos diseños se cuenta con dos turbinas de presión intermedia, y en otros se tiene únicamente una de dichas turbinas. En el primer caso, la turbina de presión intermedia # 1 se localiza en el extremo de la flecha del lado del gobernador y la turbina de presión intermedia # 2 se localiza entre la turbina de alta presión y la turbina de baja presión. Ambas turbinas son del tipo de reacción y constan de 4 ruedas de álabes móviles, fijas al rotor y 4 ruedas de álabes directrices (fijas) sujetas a la carcasa y que se encuentran alternadas una con otra. De la misma forma que en la turbina de alta presión se tienen una serie de tirillas metálicas, tanto en la periferia de las ruedas de los álabes móviles como en la periferia de las ruedas de álabes fijos que evitan que el vapor se comunique de un paso a otro a través de los claros que quedan entre rotor y carcasa.

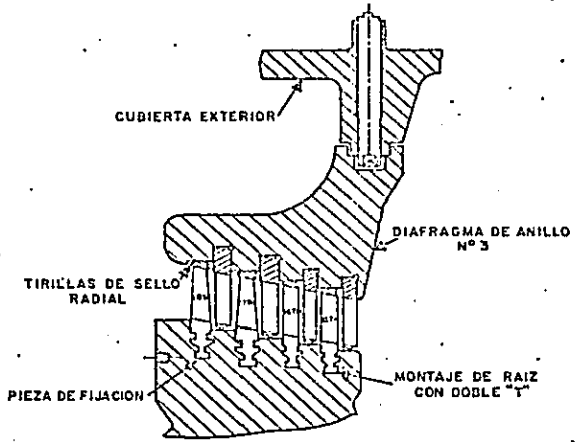
En el segundo caso, la turbina de presión intermedia se localiza entre la turbina de alta presión y la turbina de baja presión.

Cuando se cuenta con dos turbinas de presión intermedia, de la descarga de vapor de cada una de ellas, se deriva una línea de sangrado. La línea que se derive de la descarga de la turbina de presión intermedia # 1 constituye la extracción # 6 y la que se derive de la descarga de la turbina de presión intermedia # 2 constituye la extracción # 5.

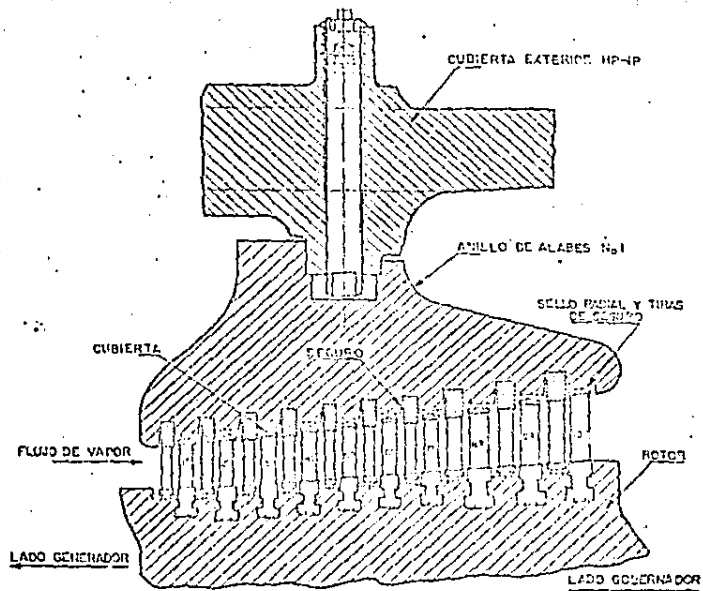
La dirección del vapor a través de la turbina de presión intermedia # 1 es hacia el lado del gobernador, mientras que en la turbina de presión intermedia # 2 es hacia el lado generador.



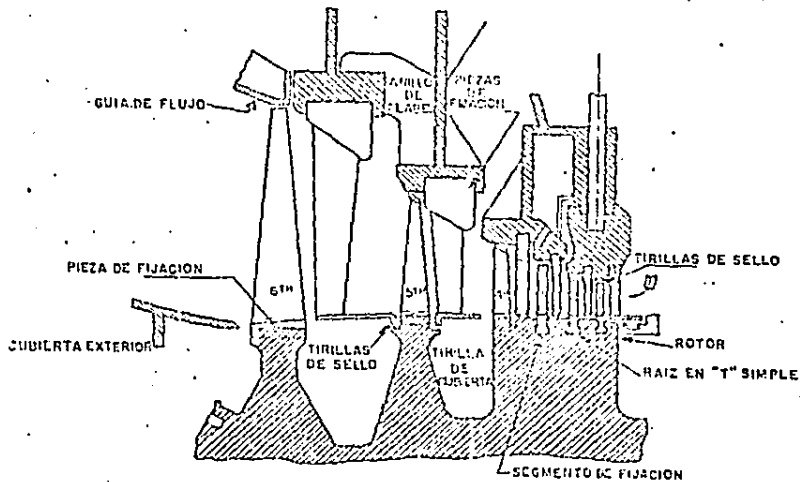
ALABES DE IMPULSO (PASO CURTIS)



ALABES DE REACCION (TURBINA IP)



TURBINA DE ALTA PRESION



TURBINA DE BAJA PRESION

Turbina de baja presión (TBP).— Esta turbina se encuentra localizada entre la turbina de presión intermedia y el generador eléctrico. Es del tipo de renección de doble flujo. Se le denomina de doble flujo porque consta de dos secciones opuestas, en donde el vapor es admitido por el centro y fluye hacia sus extremos, formando dos flujos simétricos. Cada sección consta de 5 o 6 ruedas de álabes móviles por el mismo número de álabes fijos alternados entre sí, por lo que el total de pasos de esta turbina será de 10 o 12 según sea el caso.

Los álabes móviles son maquinados o forjados y las últimas tres ruedas se aseguran al rotor por medio de raices en forma de sierra, y los restantes con raices en forma de T.

Debido a la humedad que contiene el vapor antes de abandonar la turbina y a la alta velocidad a la que giran los extremos de los álabes de la última rueda, estos están cubiertos en el filo de admisión con "estelite" para protegerlos contra la erosión producida por el vapor húmedo.

A la turbina de baja presión se le hacen sangrados, en diferentes pasos de las dos secciones que la constituyen. Estos sangrados son las extracciones de baja presión que se derivan a los calentadores.

Carcasas de la turbina.— La estructura de éstas y su forma de soporte están cuidadosamente diseñadas permitiéndoles los movimientos libres y simétricos ocasionados por los cambios térmicos.

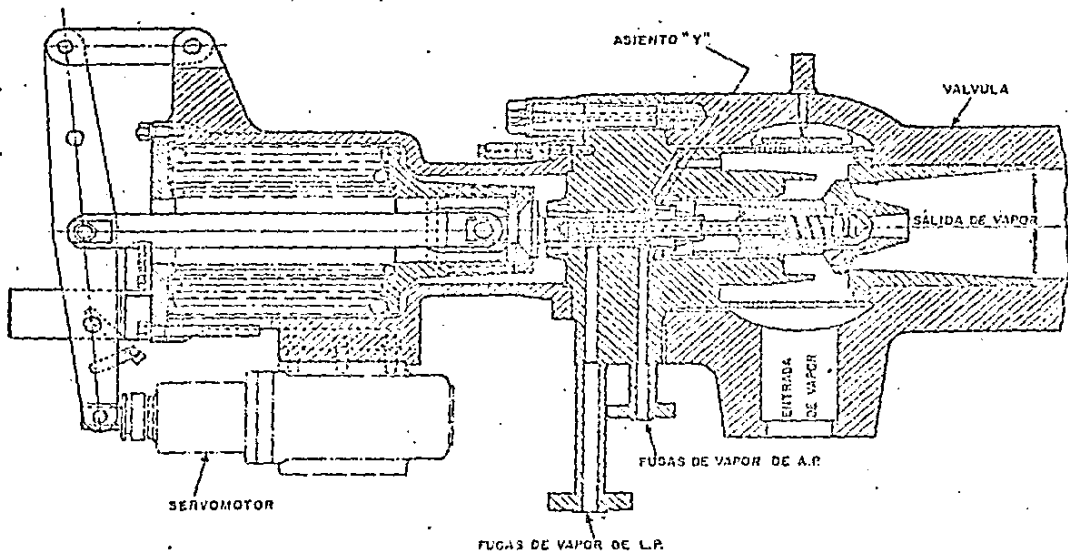
En el caso de contar con dos turbinas de presión intermedia, el espacio libre entre la carcasa exterior y la interior de la turbina de alta presión/presión intermedia, se utiliza para conducir el vapor que ya trabajó en la turbina de presión intermedia # 1 a la turbina de presión intermedia # 2.

Cajas de vapor.— La caja de vapor está constituida por una válvula de corte principal (estrangulamiento) y un grupo de válvulas (control), generalmente son dos cajas de vapor idénticas en su construcción y colocadas simétricamente una a cada lado de la turbina.

La entrada de vapor a estas cajas es a través de la válvula de estrangulamiento y dicho vapor posteriormente es controlado mediante las válvulas reguladoras para el suministro a la turbina de alta presión.

Válvulas de paro principales (de estrangulamiento).— Esta es un tipo de válvula de operación de doble tapón, operada por aceite, en posición horizontal con el cuerpo forjado como parte integral de la caja de distribución del vapor.

Esta válvula está compuesta de dos válvulas desbalanceadas de asiento sencillo, una colocada dentro de la otra. A la válvula interior se le denomina válvula piloto. Cuando la válvula está en posición cerrada la presión del vapor de entrada, se combina con la carga de los resortes de compresión, que actúan sobre el vástago para mantener cada válvula firmemente sobre su asiento.



VALVULA DE ESTRANGULAMIENTO

La primera en abrir es la válvula piloto, el movimiento del vástago origina que la válvula piloto tope en un bulo roscado a la válvula exterior para producir la apertura de ésta última.

Cada válvula de estrangulamiento cuenta con 2 líneas, una que drena las fugas de vapor de alta presión hacia las líneas de vapor recalentado frío y la otra que drena las fugas de vapor de baja presión hacia el condensador de vapor de collos. Estas fugas de vapor tienen la finalidad de autocerrar el vástago de las válvulas.

Válvulas reguladoras (de control).- Estas válvulas son del tipo de tapón simple, ordenadas en la caja de vapor linealmente y de manera que todas ellas sean presurizadas aproximadamente a la presión de estrangulamiento del vapor, los asientos de las mismas están maquinados en el cuerpo, cada una de las válvulas está formada por dos piezas, para constituir una conexión flexible a su vástago, de forma tal que pueda auto-alinearse fácilmente a su asiento cuando está en su posición.

El vástago de cada una de estas válvulas se encuentra acoplado a una palanca de operación, la cual en uno de sus extremos se encuentra apoyada en un soporte y en el otro extremo está acoplado al vástago del pistón del servomotor, de manera que el movimiento del pistón hacia arriba eleva la palanca de operación abriendo las válvulas de gobierno, primero abre las que se encuentran más próximas al servomotor y por último las que se encuentran más alejadas.

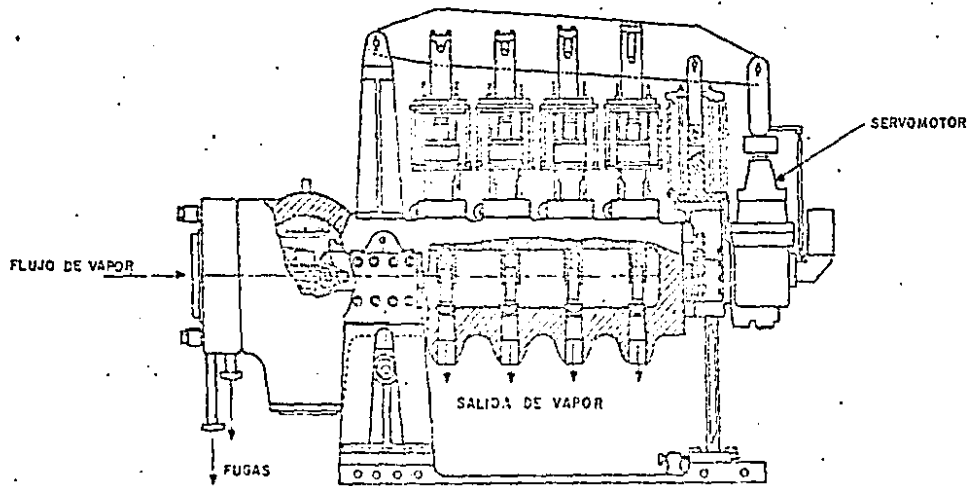
Válvulas de paro de recalentado.- La válvula de paro de recalentado está instalada entre el recalentador y la válvula interceptora. Su propósito es proporcionar una mayor seguridad para evitar la sobrevelocidad de la turbina cuando cierra la válvula interceptora por la operación del mecanismo de disparo por sobrevelocidad.

Esta válvula consiste en un asiento de disco que está suspendido de un eje mediante un soporte que permite girar el asiento del disco libremente alrededor del eje, el cual se encuentra conectado al pistón operado por aceite mediante una palanca de operación.

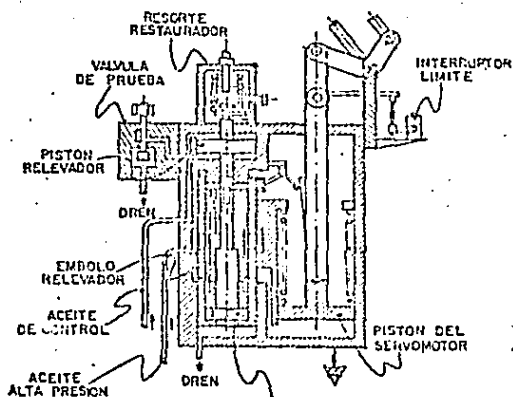
Válvulas interceptoras.- Esta válvula se localiza en la línea de vapor recalentado caliente, entre la válvula de paro y la turbina de presión intermedia.

Descripción operativa.- El vapor producido por el generador de vapor es conducido a través de dos tuberías hasta las cajas de vapor; en cada una de estas tuberías, antes de que se unan a las cajas de vapor, se encuentra una línea de drenaje con su válvula motorizada, controlada desde la sala de control. Este drenaje se utiliza durante los arranques de unidad para calentar las tuberías y controlar la temperatura del vapor que se admite a la turbina. Durante el paro de unidad, este drenaje se abre para eliminar el condensado que llegase a formar con cargas menores de 20% y cuando las válvulas de estrangulamiento se hayan cerrado, para drenar el condensado formado por el vapor que queda atrapado en las líneas.

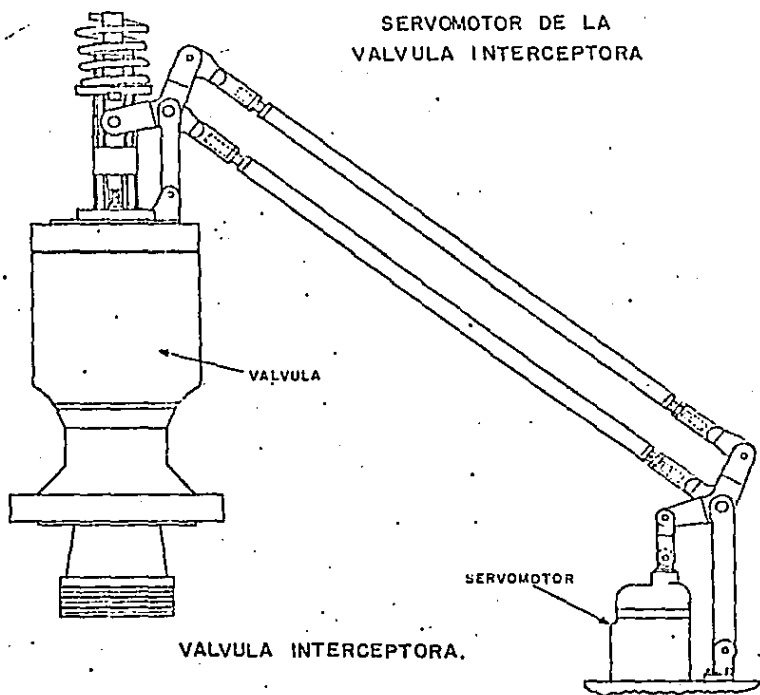
En seguida el vapor llega a las válvulas de estrangulamiento, las cuales, en operación normal se deberán encontrar totalmente abiertas



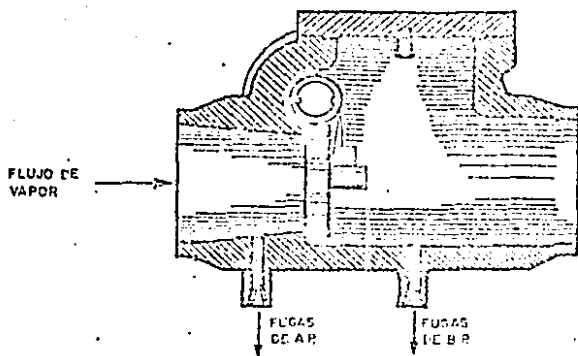
VALVULAS GOBERNADORAS (CONTROL)



SERVOMOTOR DE LA VALVULA INTERCEPTORA



VALVULA INTERCEPTORA.



VALVULA DE PARO DE RECALENTADO

y al presentarse un disparo de turbina deberán cerrar instantáneamente, cortando el flujo de vapor. Durante el rodado de la turbina las válvulas de estrangulamiento regulan el flujo (las válvulas de gobierno se encuentran totalmente abiertas), el vapor admitido a la turbina es regulado por la válvula piloto.

Después de las válvulas de estrangulamiento, se encuentran las válvulas de gobierno, encargadas de regular en operación normal el flujo de vapor de la turbina, las cuales son controladas por el gobernador principal, cuya función es posicionar las válvulas gobernadoras de tal forma que la turbina gire con una velocidad constante de 3600 r.p.m.

Las cuatro válvulas gobernadoras de cada caja de vapor, descargan - cada una de ellas en una tubería que termina en las toberas del paso curtis. De las cuatro válvulas gobernadoras colocadas en cada caja de vapor, dos de ellas dirigen su flujo hacia la parte superior de la turbina y las dos restantes hacia la parte inferior.

Así pues, el vapor es admitido al paso curtis, donde la velocidad - que lleva el vapor (proporcionada por las toberas) produce un par en los álabes sobre los que incide y la magnitud de este par depende del número de toberas que se encuentren arrojando vapor sobre los álabes y que a su vez depende del número de válvulas de gobierno que se encuentren abiertas, de las 8 que contienen las cajas de vapor. Por lo anterior, es que el paso curtis constituye el elemento de regulación de velocidad de la turbina.

El vapor al fluir a través de la turbina de alta presión, proporciona un par al rotor, perdiendo por ello gran parte de su presión y temperatura, por lo que al salir de ella es retornado a través de dos tuberías denominadas de vapor recalentado frío, a la caldera, para que recupere la temperatura perdida y pueda volver a trabajar en las siguientes etapas de la turbina.

El vapor retorna del generador de vapor a través de dos tuberías denominadas de vapor recalentado caliente, con la temperatura que recupera en los elementos del recalentador. Las válvulas de paro de recalentado tienen la función de cerrarse cuando se presente un disparo de turbina cortando el suministro de vapor recalentado a la turbina. Estas válvulas se abrirán totalmente cuando sea restablecido el disparo de turbina.

Después de las válvulas de paro se encuentran las válvulas interceptoras (cuyo funcionamiento es similar a las válvulas de gobierno) - que tienen como finalidad regular el flujo de vapor recalentado que se admite a la turbina. Estas válvulas empezarán a abrir con la misma señal de apertura de las válvulas de gobierno pero en mayor proporción que éstas, de tal forma que aproximadamente al 50% de la apertura de las válvulas de gobierno, las válvulas interceptoras se encontrarán totalmente abiertas. El cierre de las válvulas interceptoras se hará de la misma forma que las de gobierno, es decir cuando se presente un disparo de turbina o momentáneamente cuando exista un súbito rechazo de carga en la red del sistema eléctrico.

De esta forma el vapor recalentado es admitido a la turbina de pre

sión intermedia # 1, produciendo un par en su motor al fluir a través de sus álabes de reacción en dirección hacia el gobernador. Al salir el vapor de la turbina de presión intermedia # 1 se dirige a la # 2, utilizando para ello el espacio entre la carcasa exterior e interior. En este espacio intercarreras se encuentra una línea de drenado que descarga al condensador a través de una válvula motorizada y que es otro de los drenes de la turbina cuya operación ya se explicó anteriormente.

El vapor fluye a través de los álabes de reacción de la turbina de presión intermedia # 2, con dirección hacia el gobernador, produciendo un par en su motor y contribuyendo a que este gire. Al salir el vapor de esta turbina es conducido a través de 2 tuberías superiores a la turbina de baja presión.

El vapor en la turbina de baja presión es admitido por su parte central, donde el flujo de vapor se divide y fluye con direcciones opuestas a través de los álabes, produciendo un par en el rotor para luego ser descargado al condensador principal.

En cada uno de los extremos de la turbina de baja presión, en la descarga final del vapor hacia el condensador, se encuentran una serie de toberas distribuidas en un anillo radial y que son alimentadas con agua de la descarga de las bombas de condensado. Dichas toberas tienen la finalidad de refrigerar la zona de escape de la turbina de baja presión para evitar que la temperatura en dicha zona sobrepase los 70°C, para evitar esfuerzos innecesarios debido a la expansión de las partes de la cámara de escape y posibles desalineamientos de los cilindros interiores, lo cual podría causar rompimiento de los anillos.

SISTEMA DE VAPOR AUXILIAR

El sistema de vapor auxiliar tiene la finalidad de proporcionar vapor por a los siguientes equipos:

- Eyectores
- Desgasificador
- Atomización a quemadores
- Calentadores de aire a vapor
- Generador vapor/vapor.

El generador vapor/vapor produce vapor secundario que a su vez alimenta a los siguientes equipos:

- Calentadores de succión del tanque de almacenamiento de aceite combustible.
- Calentadores de succión del tanque de día de aceite combustible
- Calentador principal de aceite combustible
- Venas de calentamiento
- Fosas de recepción de furgones de combustible.

El equipo principal del sistema de vapor auxiliar está constituido básicamente por el generador vapor/vapor, los calentadores de aire a vapor, tuberías, válvulas motorizadas, válvulas neumáticas y la instrumentación necesaria para medición y control.

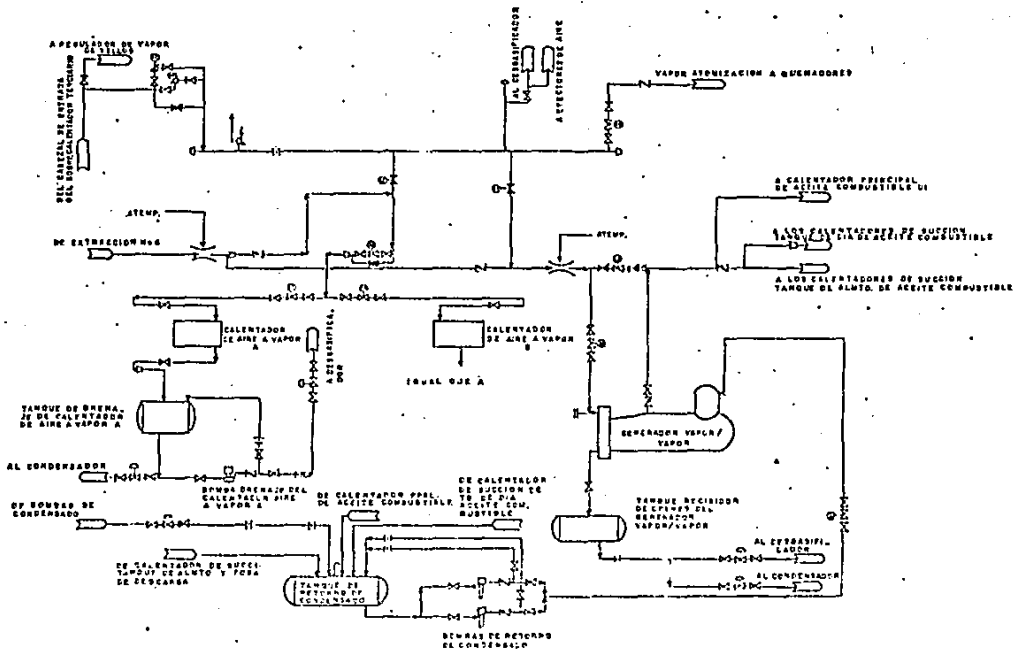


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE TUBERIA E INSTRUMENTACION
 SISTEMA DE VAPOR AUXILIAR (FB)

Generador vapor/vapor.- Es un intercambiador de calor en donde a partir de vapor auxiliar, se genera vapor secundario usado para calentadores de combustible.

El generador vapor/vapor consiste de una carcasa y un haz de tubos de Cu- Ni en forma de U. El vapor auxiliar fluye por el interior de dichos tubos cediendo su calor al agua contenida en el interior de la carcasa, vaporizándose de esta manera. Este vapor es conocido como vapor secundario.

A su vez, el condensado de vapor auxiliar se colecta en un tanque - de drenes del generador vapor/vapor de donde se extrae mediante válvulas neumáticas de control de nivel hacia el desgasificador o hacia el condensador, incorporándose nuevamente al ciclo agua-vapor.

El vapor secundario se utiliza para calentar el combustible en los diferentes equipos, donde se condensa y retorna al generador vapor/vapor, por medio de la unidad de retorno de condensado. La excepción la constituye el vapor secundario que calienta a los carros tanque del ferrocarril, cuyo condensado se pierde en el drenaje de la planta.

De esta forma, se evita que la contaminación que pudiera sufrir el condensado de vapor secundario en los calentadores de combustible - se mezcle con el agua de alimentación al generador de vapor.

La unidad de retorno de condensado consiste en un tanque de retorno de condensado, donde se colecta el condensado de vapor secundario y se extrae mediante las bombas de retorno de condensado enviándose al generador vapor/vapor a través de una válvula motorizada que controla el nivel del generador vapor/vapor.

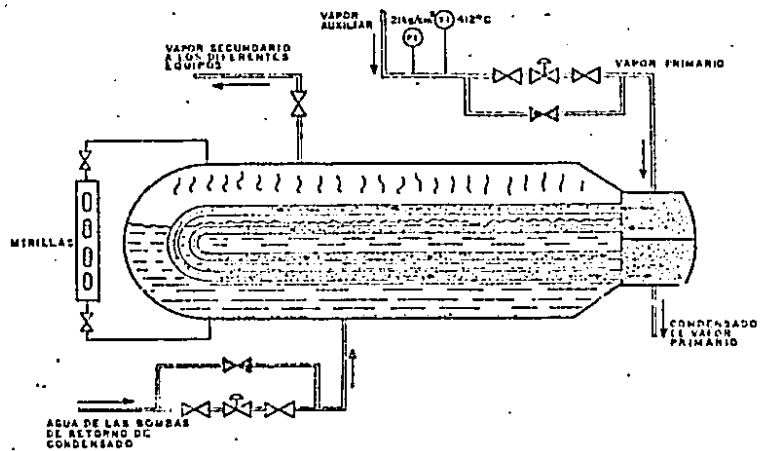
Las pérdidas de vapor secundario son repuestas mediante una derivación del sistema de condensado al tanque de retorno de condensado a través de una válvula neumática que controla el nivel de dicho tanque.

Calentadores de aire a vapor.- Consiste de un conjunto de tubos aleados que incrementan la superficie de intercambio de calor, por cuyo interior circula vapor auxiliar y por el exterior fluye el aire para la combustión.

El vapor cede su calor al aire y se condensa almacenándose en los tanques de drenaje de los calentadores de aire a vapor, de donde se envía al desgasificador mediante las bombas de drenaje de dichos calentadores o se envía al condensador. En ambos casos se cuenta con válvulas neumáticas que controlan el nivel de los tanques de drenaje.

Descripción operativa.- El suministro de vapor auxiliar es tomado del cabezal de entrada del sobrecalentador terciario pasando a través de una estación de válvulas motorizadas reductoras de presión - de 160 a 18 Kg/cm².

Este cabezal normalmente alimenta vapor al desgasificador, a los colectores de aire y vapor de atomización a quemadores de aceite con



GENERADOR DE VAPOR / VAPOR

bustible, mediante una válvula motorizada controladora de presión.

El vapor necesario para la operación de los calentadores de aire a vapor y el generador vapor/vapor, se obtiene de la extracción # 6 y cuando no se tiene la suficiente presión en este suministro, se alimenta del vapor auxiliar mediante dos válvulas motorizadas que abren automáticamente al bajar la presión de la extracción # 6.

El suministro de vapor auxiliar al desgasificador se efectúa durante los arranques cuando aún no existe presión de vapor en la extracción # 5. Este suministro controla la presión del desgasificador mediante una válvula motorizada. El vapor auxiliar a extractores cuenta con un control de temperatura que se efectúa con agua proveniente del sistema de condensado.

El vapor empleado para efectuar la atomización del aceite combustible en los quemadores del generador de vapor debe tener ciertas condiciones de presión y temperatura, por lo que se cuenta con una válvula motorizada controladora de presión y un tanque de acumulación donde este vapor se combina con agua proveniente del sistema de condensado y cuyo drenaje se envía al condensador.

El suministro de vapor proveniente de la extracción # 6 se atenua con agua del sistema de condensado para después dividirse en dos líneas, la primera lo conduce a los calentadores de aire a vapor, cuenta con una válvula motorizada que controla la presión a dichos calentadores en 7 Kg/cm². Se cuenta además con dos válvulas motorizadas de control de temperatura, una para cada calentador que permite el vapor necesario para mantener la temperatura de aire que pasa a través del calentador, con lo que se condensa y se recupera como se describió anteriormente.

El vapor de la extracción # 6 que se emplea en el generador vapor/vapor recibe otra atemperación con agua del sistema de condensado y se controla su presión mediante una válvula motorizada para mantener 7 Kg/cm² de presión de vapor secundario aproximadamente. El condensado formado se colecta en el tanque receptor de drenes y se envía al desgasificador o al condensador según sea el caso. Este vapor secundario se emplea en el siguiente equipo:

Calentador principal de combustible; calentador de succión de tanque de día; venas de vapor; calentadores de succión del tanque de almacenamiento, etc.

SISTEMA DE EXTRACCIONES DRENAJES Y VENTOS

Este sistema tiene las siguientes funciones:

- a) Mejorar la eficiencia del ciclo Rankine regenerativo, conduciendo el vapor de cada una de las extracciones de la turbina a sus respectivos calentadores de agua, incrementando así la temperatura del agua de alimentación al generador de vapor.
- b) Recuperar en forma de condensado el vapor de las extracciones :

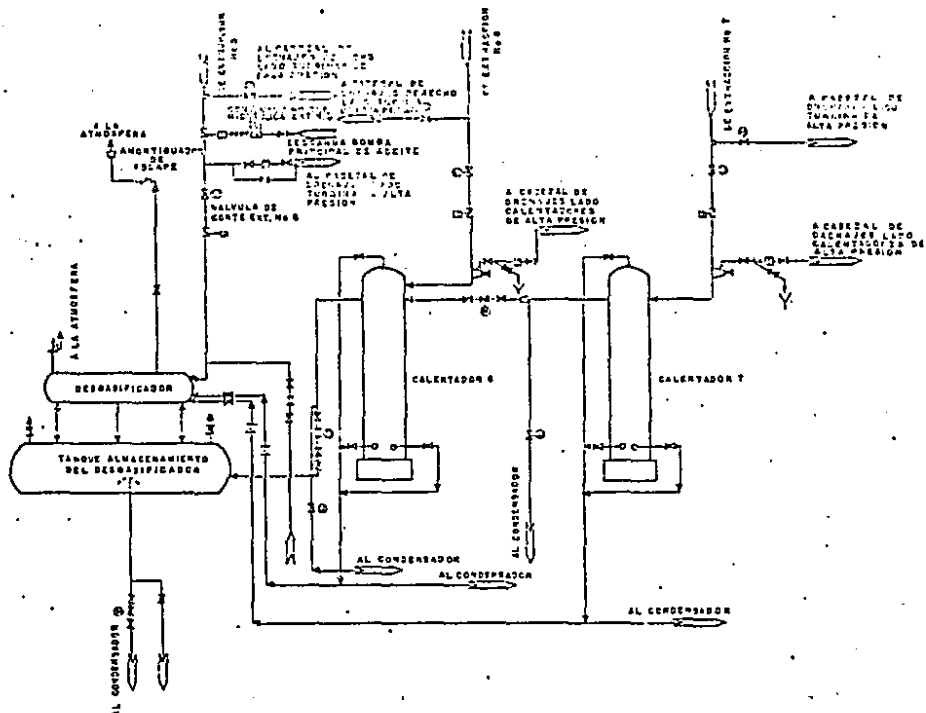


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE TUBERIA DE INSTRUMENTACION
 .SISTEMAS DE EXTRACCIONES DRENAJES Y VENTEOS A.P.

de los calentadores de alta presión drenándose en cascada al desgasificador y de los calentadores de baja presión drenándose en cascada al condensador principal.

c) Proporcionar un venteo adecuado a los calentadores de agua de alimentación, tanto en arranques como en operación normal con el objeto de desalojar los gases incondensables.

El equipo principal que constituye este sistema es el siguiente:

- 1.- Tuberías de extracción de vapor, desde la turbina hasta los calentadores de alta y baja presión.
- 2.- Válvulas de corte motorizadas
- 3.- Válvulas de no retorno
- 4.- Tuberías de drenaje en cascada
- 5.- Válvulas motorizadas con controladores de nivel
- 6.- Tuberías de venteo
- 7.- Trampas de vapor
- 8.- Instrumentación relacionada

Descripción operativa.- El calor del vapor que se extrae de la turbina después de una expansión parcial, se utiliza en los calentadores de agua de alimentación en lugar de desperdiciarse en el condensador, incrementando así la eficiencia del ciclo.

Además se hace necesario efectuar extracciones de vapor para evitar la construcción de una turbina de baja presión de dimensiones desproporcionadamente grandes, ya que el vapor al expandirse en cada uno de los pasos, ocupa mayor volumen.

El sistema de extracciones de vapor cuenta con los medios necesarios para evitar daños por entrada de agua a la turbina por alto nivel en los calentadores, de la siguiente manera:

+ De la extracción # 2 a la # 7, se cuenta con válvulas de corte motorizadas y válvulas de no retorno actuadas neumáticamente, las cuales cierran a cargas menores del 30%, por muy alto nivel en el calentador correspondiente o en caso de disparo de la unidad.

+ Los drenajes de las extracciones 2 a la 7 del lado de los calentadores, se efectúan mediante trampas de vapor, las cuales drenan a un cabezal común que descarga en el condensador principal.

+ Los drenajes de las extracciones 2 a la 7, del lado turbina se efectúan mediante válvulas motorizadas, las cuales abren en caso de cierre de las válvulas de corte motorizadas, o cuando ocurre un disparo de turbina. Estas válvulas de drenaje descargan a un cabezal común que a su vez descarga al condensador principal.

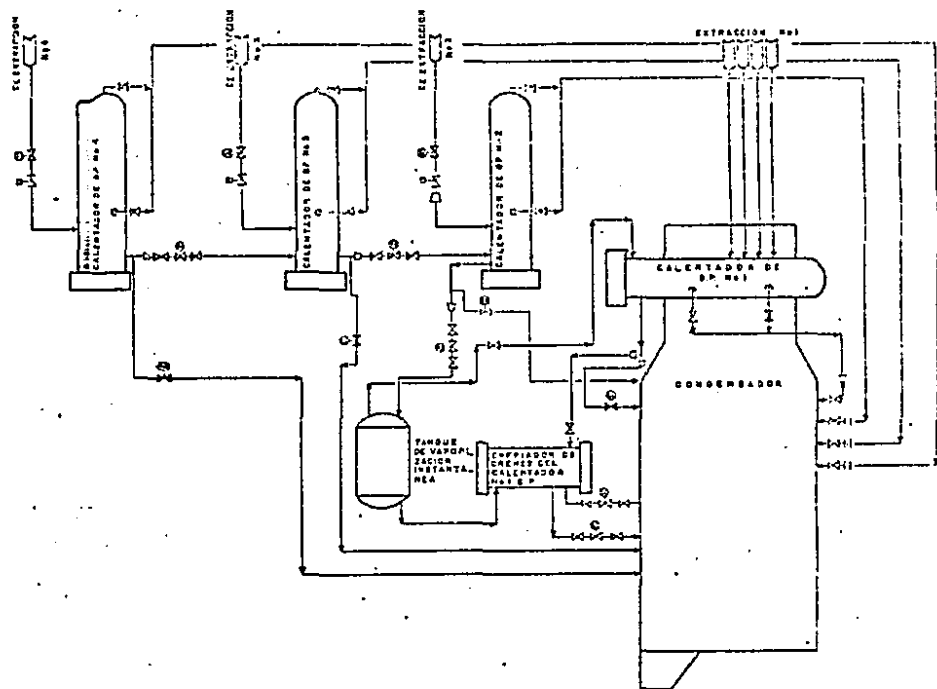


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE TUBERIA E INSTRUMENTACION SISTEMA DE EXTRACCIONES, DRENAJES Y VENTEOS BAJA PRESION

La extracción # 5 además de la válvula neumática de no retorno, cuenta con otra válvula de no retorno, accionada por aceite de control de la turbina, la cual abre al restablecerse el disparo de turbina y cierra en forma automática al dispararse la turbina o manualmente cuando se acciona su válvula de prueba.

La extracción de vapor # 1 no cuenta con válvulas por estar montado el calentador en el cuello del condensador, cerca del escape de la turbina de baja presión.

El vapor de las extracciones, al llegar al calentador correspondiente se condensa al ceder su calor al agua a través de los tubos del calentador y se almacena en la carcasa hasta un nivel, el cual se mantiene en su valor de ajuste mediante las válvulas de drenaje normal y de emergencia.

Se dispone de venteos en cada calentador a fin de eliminar los gases incondensables. En el caso de los calentadores de baja los venteos descargan al condensador principal y en el caso de los calentadores de alta descargan en operación normal al desgasificador y en arranques al condensador principal; se deben tener ciertos cuidados antes de poner en servicio el sistema de extracciones, drenes y venteos. Se debe tener una carga en el generador eléctrica arriba del 20% y cuidar que exista flujo de agua en los calentadores tanto de alta como de baja presión para evitar daños en los mismos al abrir las válvulas de corte de las extracciones. Las válvulas de drenaje de las extracciones lado calentadores y turbinas, drenajes normales y de emergencia de los calentadores, así como los venteos deben estar normalizados, es decir, válvulas de aislamiento abiertas y suministro de aire a controladores y válvulas.

En este momento, se pueden abrir las válvulas motorizadas de las extracciones ya que la temperatura de saturación correspondiente a la presión de vapor de la extracción debe ser algunos grados superior a la temperatura del agua de alimentación.

Las válvulas motorizadas de las extracciones se deben abrir lentamente y en orden de la 2 a la 7 para evitar golpes de ariete en la tubería de las extracciones y desplazamiento axial en el rotor del turbogenerador.

El paro normal del sistema de extracciones, drenes y venteos se efectúa en forma automática al reducir la carga de la turbina al 50% cerrando válvulas de corte motorizadas, válvulas de no retorno y válvulas de drenaje. Al mismo tiempo abren las válvulas motorizadas de drenaje de las extracciones lado turbina.

En caso de emergencias por falla en calentadores o válvulas de drenajes, es posible cerrar manualmente desde la sala de control las válvulas motorizadas de las extracciones.

5

COMBUSTION

COMBUSTION

Combustibles.- Combustible es toda sustancia que combinada con el oxígeno del aire, produce luz, calor y desprendimiento de gases, y es obtenido de la naturaleza en numerosas formas físicas. Existen 3 tipos de combustibles los cuales son:

- 1.- Combustibles sólidos. Carbón, madera, hulla, etc.
- 2.- Combustibles líquidos. Aceites combustibles, gasolinas, alcohol
- 3.- Combustibles gaseosos. Gas natural, gas de alto horno, etc.

Los combustibles contienen 3 elementos químicos de significancia: el carbono, el hidrógeno y el azufre. El azufre normalmente es de poca significancia como fuente de calor, pero es el de mayor importancia en los problemas de corrosión y contaminación.

Algunas características de los combustibles son: contenido de humedad, densidad, viscosidad, poder calorífico, punto de inflamación, punto de combustión, contenido de azufre y cenizas.

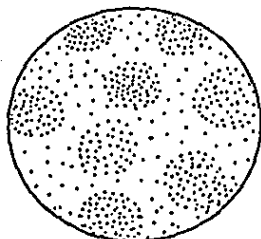
Lo más importante de estas características es el poder calorífico, que consiste en la cantidad de energía calorífica que es capaz de entregar un combustible al ser quemado, midiéndose en Kcal/lb, Btu/lb, o Joule/Kg.

LA MECANICA DE LA COMBUSTION

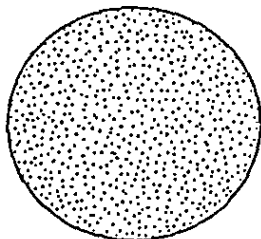
Aunque la combustión es enteramente una reacción química, la mayoría de los problemas que comprende son mecánicos. El combustible debe prepararse para quemarlo, debe entrar en contacto con suficiente cantidad de oxígeno para asegurar que la combustión sea completa. Cada una de las etapas de preparación, mezcla y combustión se ejecutan por medios y dispositivos mecánicos.

El producir la mezcla adecuada de aire y combustible, así como la temperatura correcta, dentro del hogar, es lo que produce algunos de los problemas mecánicos mencionados. Supóngase que se introduce la correcta cantidad de combustible y aire al hogar, pero no se le da interés en que se mezclen. En algunos puntos del hogar habrá mucho combustible y poco aire, y en otros puntos habrá mucho aire y poco combustible. Esto hará que en una parte del hogar se pueda haber combustión, y en otra la combustión no es completa. Aún con buena mezcla las proporciones relativas de combustible y aire varían de un lado del hogar al otro, y por eso se suministra más aire del totalmente requerido. El exceso de aire asegura que aunque la relación no es exacta, siempre habrá suficiente cantidad de aire para producir combustión completa.

En los hogares en que el combustible y el aire cambian rápidamente por efecto de la combustión, el combustible sufre cierto fraccionamiento químico. El carbono que estaba en los compuestos químicos queda libre en forma de partículas las cuales se ponen incandescentes y hacer visible el fuego. Cada partícula está rodeada de una capa microscópica de CO y de CO₂ producido por la reacción del oxígeno en el aire. La corriente de aire limpia dicha capa y cada vez que la partícula de carbono de modo que pueda quemarse aún más hasta que la partícula se consume por completo.

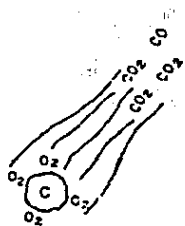
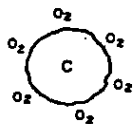


MALA
MEZCLA



BUENA
MEZCLA

MEZCLA BUENA CONTRA MEZCLA POBRE.



EL AIRE LIMPIA LA CAPA DE CO Y CO₂
PARA QUE CONTINUE QUEMANDOSE EL CAR-
BONO.

Esto introduce otro importante elemento en la combustión, el tiempo requerido. Esto se requiere en todas las etapas mencionadas: la mezcla, la primera aplicación de calor, la temperatura de inflamación y el barrido de las capas de CO y CO₂. Todas requieren cierto tiempo para efectuarse. No importa lo ideal de la mezcla original y la temperatura a que está el combustible choca contra una superficie fría dentro del hogar, la combustión termina y se forma hollín.

El hollín que es casi carbono puro, se parece en su composición al negro de humo. Generalmente es suave, suelto y tiene algo de adherencia. Parte del hollín sale del hogar con los gases de escape, de modo que es evidente la importancia de dar suficiente tiempo a la etapa de combustión. En el trabajo práctico de los hogares, la mezcla y combustión ocurren mientras el combustible y el aire giran alrededor a la salida del hogar. El tiempo disponible depende de la distancia que tienen que recorrer y el tiempo en que la recorren. Esto explica la importancia de tener adecuado volumen en el hogar, y la posición que deberán tener las superficies frías con respecto a la trayectoria de las llamas, así como los medios empleados para producir la turbulencia.

Una atomización que produzca un tamaño excesivo en las gotas disminuirá la combustión (oxidación), motivando así un número elevado de partículas inquemadas que presentarán una gran superficie donde podrán efectuarse, con relativa facilidad, reacciones tales como la conversión de SO₂ a SO₃ y el consiguiente deterioro (corrosión) de algunos componentes de la caldera, por la posterior conversión a ácido sulfúrico (H₂SO₄). Para tener una idea de la importancia de la atomización, se ha encontrado que un incremento promedio del 50 del diámetro de las gotas producidas por un atomizador hace que aumenten en un 20% las partículas inquemadas.

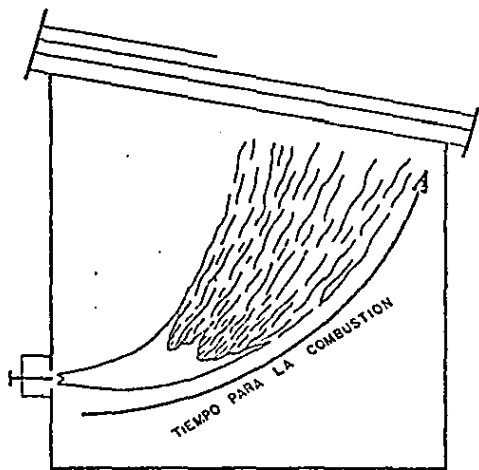
CORROSION Y CONTAMINACION

Los problemas de corrosión y depósitos son debidos fundamentalmente a la presencia de materia inorgánica en los combustibles; esta proviene por un lado de materiales inorgánicos entrados al combustible, como cloruros, partículas de arena, productos de corrosión de tuberías y tanques, desechos de refinación, etc., y por otro lado a compuestos presentes en el combustible durante el largo proceso de refinación natural del mismo.

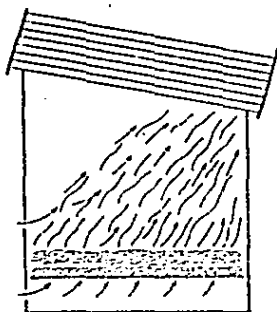
Los metales como el fierro, níquel y Vanadio, están presentes en forma de compuestos organometálicos, generalmente del tipo de porfirinas. El azufre se presenta en forma de sulfuros orgánicos complejos y/o sulfatos y el sodio y potasio como complejos organometálicos, así como cloruros y sulfatos.

En cuanto a los problemas de corrosión y depósitos se refiere, se considera que el vanadio, azufre, potasio y sodio, son los causantes principales en la mayoría de los casos.

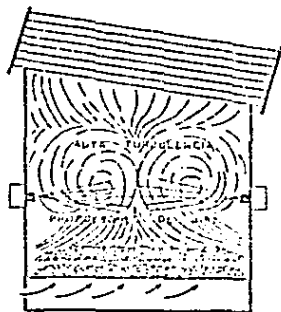
De los cuatro elementos mencionados como responsables de la corrosión y depósitos, se considera que el azufre es el principal. El



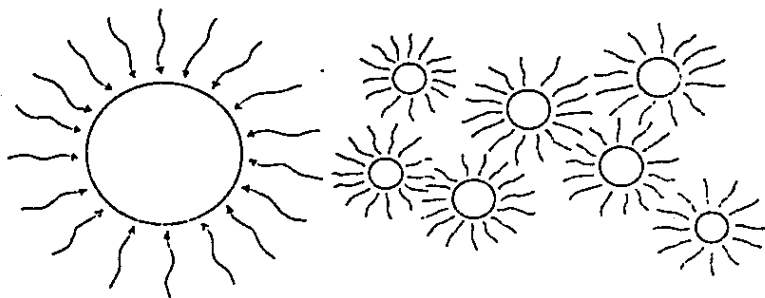
TIEMPO REQUERIDO PARA LA COMBUSTION



POBRE MEZCLA SOBRE EL FUEGO PUEDE SER....

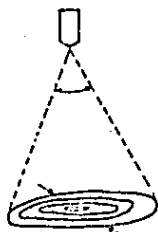


.... CORREGIDA POR ALTA VELOCIDAD



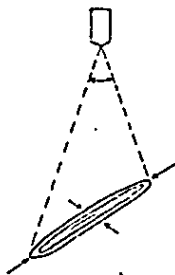
PEQUEÑAS PARTICULAS PRESENTAN
MAYOR AREA DE CONTACTO.

CONFIGURACION TIPICA DE SPRAYS



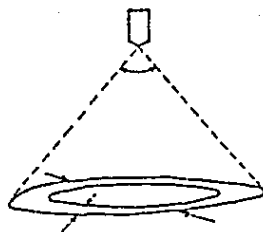
A)

A) CONO SOLIDO



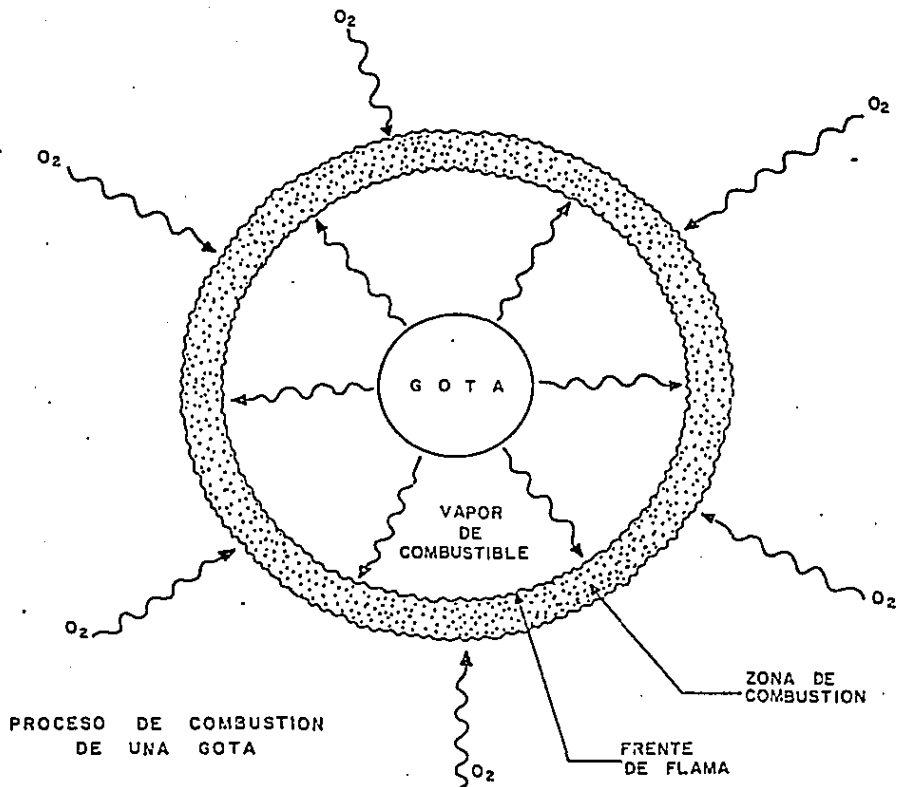
B)

B) CONO PLANO



C)

C) CONO HUECO



azufre produce, tanto corrosión en las zonas de alta temperatura por la presencia de sulfatos complejos, como corrosión en las zonas de baja temperatura causada por la condensación del SO_3 para formar ácido sulfúrico. El SO_3 además de causar problemas de corrosión, es también un elemento importante en la contaminación ambiental.

Durante la combustión, cualquier azufre que esté presente en el combustible se oxida y forma el dióxido de azufre (SO_2). Una parte de SO_2 se convierte posteriormente en trióxido de azufre, que reacciona con el vapor de agua para formar ácido sulfúrico.

El ácido se condensa a una temperatura (punto de rocío) que es proporcional a la concentración de ácido en el flujo de gases. La condensación de ácido en las regiones más frías del generador de vapor (149°C o menos) ocasiona corrosión de las superficies del metal, el ponamiento de los calentadores de aire, desbalances en los ventiladores de tiro inducido y emisión de partículas ácidas como hollín ácido.

Los depósitos son indeseables debido a tres razones principales:

- + Suministran un medio adecuado para la corrosión
- + Interfieren el flujo normal de gases hacia las superficies de calentamiento.
- + Disminuyen la transferencia de calor.

El monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2) son productos del proceso de combustión de combustibles fósiles. Históricamente, la cantidad de estos compuestos inorgánicos en los productos de la combustión no fueron suficientes para afectar las características del generador de vapor, y su presencia fue en gran parte ignorada. En años recientes, el óxido de nitrógeno ha sido considerado como uno de los elementos importantes en la reacción atmosférica con la luz del sol para formar smog. Hoy, la presencia de NO_2 y NO (denominados simplemente NO_x) es regulada por varios países y se ha convertido en un elemento de importante consideración en el diseño del equipo de combustión.

Se dispone de varios métodos para reducir las emisiones de óxido nítrico. La más efectiva de éstas es la combustión en dos etapas. Con este método, la combustión inicial se efectúa en un medio rico en combustible. El aire remanente y cualquier exceso de aire son introducidos en un área fuera de la zona de combustión inicial para completar la combustión. Con esto, se reduce el oxígeno disponible en la zona de combustión y por tanto, el nitrógeno del combustible es menos probable que se convierta a NO_x . Otro efecto es que como la combustión se realiza en dos etapas, ésta se alarga y la temperatura de la flama se reduce.

Finalmente, con las unidades que utilizan aceite y gas combustible, la recirculación de gases a la zona de combustión es efectiva en la reducción de la emisión de NO_x . Esto debido a que el aire suministrado para la combustión se diluye prolongando la combustión y reduciendo la temperatura de la flama.

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Formas de recepción.- Dependiendo de la localización geográfica de una central y de los medios disponibles para transportar el aceite combustible, existen diversas formas de recepción del mismo. Una central puede contar con una o varias formas de recepción, entre las más frecuentes están:

a) Oleoducto.- Se aplica en las centrales localizadas en lugares cercanos a una refinaria. El combustible se bombea directamente de la refinaria hacia los tanques o de almacenamiento de la central.

b) Barco (Buque-Tanque) o Barenzas.- Se aplica en las centrales localizadas en las costas. Se requiere la existencia de las instalaciones necesarias para el atraque (muelles) y del equipo (barco con bombas, estaciones de bombeo). El combustible se bombea directamente del barco hacia los tanques de almacenamiento de la central (o también a los tanques de uso diario) a través de un oleoducto. Por la rapidez con que se manejan grandes volúmenes de aceite combustible, hacen que este medio sea relativamente económico.

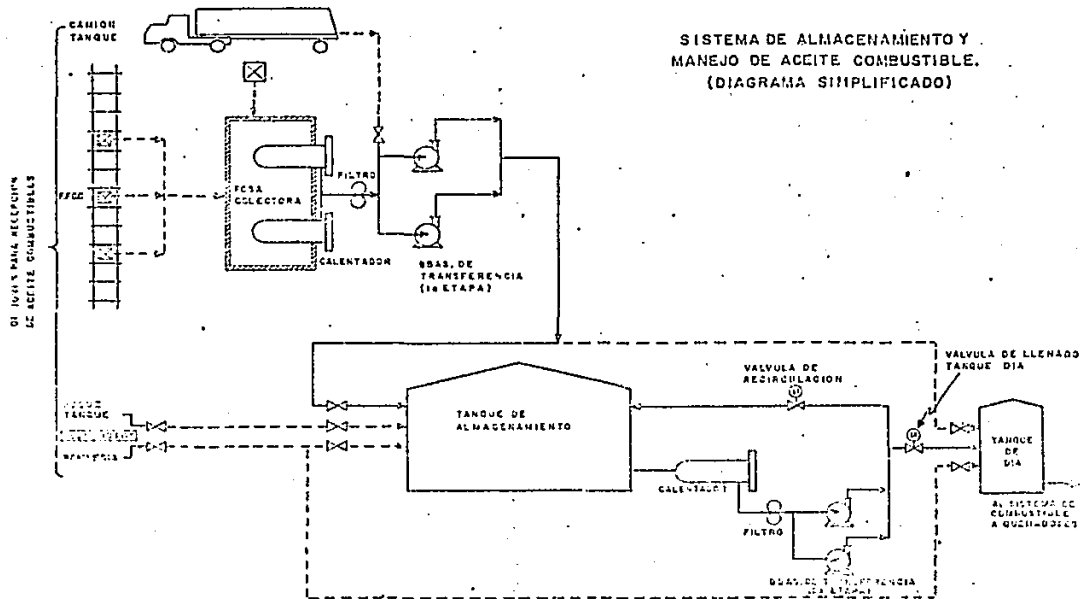
c) Ferrocarril (Carro-tanque).- Se aplica en las centrales que cuentan con servicio de ferrocarril. Requieren de una zona de patios para las maniobras de las locomotoras y los carros-tanque. El combustible se descarga por gravedad, accionado por la parte inferior de los carros-tanque hacia unas trincheras o vertederos, circulando por canales o ductos y llega a unas fosas en donde es calentado y succionado por unas bombas para enviarse a los tanques de almacenamiento. La descarga de los carros-tanque se hace más fluida introduciendo por la tapa superior de los carros-tanque, unas lamas calentadas con vapor.

d) Camiones (camión-cisterna).- Se aplica en las centrales de baja capacidad o en cualquier central, como un medio alternativo, en caso de retrasos o fallas en los medios normales de suministro. El combustible se descarga de los camiones, a un vertedero que conduce a las fosas en donde es calentado y bombeado hacia los tanques de almacenamiento o hacia el tanque de consumo diario.

Calentadores en fosa colectora.- En las fosas colectoras se encuentran unos calentadores que tienen la función de aumentar la temperatura del aceite combustible a la temperatura requerida para su manejo en las bombas. Los calentadores funcionan con vapor y se encuentran sumergidos en el combustible. Los calentadores generalmente se instalan en la línea de succión de las bombas de transferencia al tanque principal, cuando se instalan así, se les llama calentadores de succión.

Bombas de transferencia (1a. etapa).- Cuando se usan fosas colectoras es necesario el uso de bombas para la transferencia del combustible hacia los tanques de almacenamiento. En las centrales que tienen suministro exclusivamente por ferrocarril, generalmente se instalan dos bombas por unidad; una para operación normal y la otra para reserva.

Para manejo de aceite combustible pesado (también llamado número 6



o Bunker "C") se usan bombas rotativas tipo tornillo, que se adapta a las altas viscosidades de este tipo de combustible.

Tanque de almacenamiento.- Son tanques de volumen muy grande que se encuentran en un punto intermedio entre la zona de recepción y la zona en donde se consume el combustible. Los tanques se construyen en placa de acero, son de forma cilíndrica con techo cónico.

Bombas de transferencia (2a Etapa)(%).- La función de estas bombas es transferir el combustible desde los tanques de almacenamiento hacia los tanques de uso diario. Generalmente se instalan 3 bombas del 100% de capacidad cada una para un grupo de dos unidades; se define como 100% la capacidad para llenar un tanque de día en 4 horas.

Accesorios de las bombas de transferencia.- Las bombas de transferencia cuentan con una serie de accesorios para la operación eficiente del equipo, entre estos tenemos:

Filtros.- Se instalan en la succión de las bombas para proteger a las bombas, que tienen huecos muy pequeños, contra daños por materiales extraños o sólidos contenidos en el combustible. El aceite pasa por una canasta con malla o perforaciones que retienen a los materiales extraños. Son del tipo duplex para permitir la limpieza de uno de ellos cuando se requiera, de tal forma que con el movimiento de una palanca de cambio o de un par de válvulas, se cambia el flujo al filtro de reserva.

Válvulas de alivio.- Se usan para protección de las bombas cuando se presentan sobre presiones, alivian la presión de la descarga hacia la succión.

Válvulas aisladoras.- Se usan para aislar una bomba cuando se requiere someterla a mantenimiento.

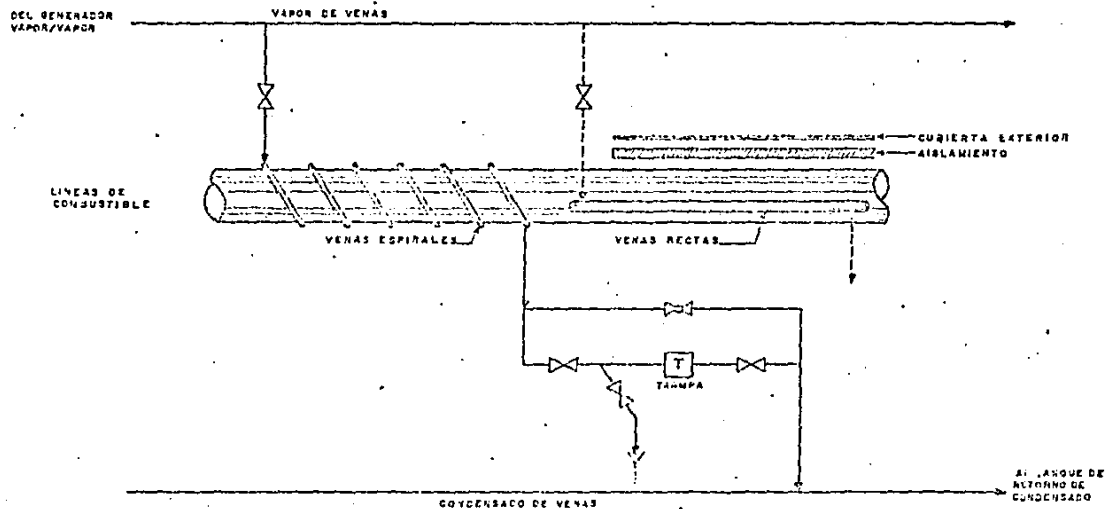
Válvulas de no retorno.- Se aplican para evitar la recirculación en una bomba cuando varias bombas descargan en un cabezal común.

Manómetros.- Para indicar la presión en la succión y en la descarga de las bombas, también para indicar la presión diferencial como medio para conocer el estado de limpieza de los filtros. Los manómetros tienen un sello químico de glicerina para evitar el contacto del combustible con el instrumento.

Termómetros.- En la línea de succión de la bomba para indicar la temperatura del combustible y asegurar el manejo adecuado.

Las tuberías de combustible se cubren con materiales aislantes, generalmente preformados, que evitan el enfriamiento del combustible. Exteriormente se cubren con materiales como lámina de aluminio para protegerlas del desgaste y del clima.

(%) En los casos de recepción mediante el conducto o buques tanque, ésta es la única etapa de transferencia de combustible por lo que simplemente se llaman "Bombas de Transferencia de Aceite Combustible".



ARREGLOS TÍPICOS DE LAS VENAS DE CALENTAMIENTO EN
 UNA LINEA DE ACEITE COMBUSTIBLE.

Venas de calentamiento.- Todas las líneas de combustible deben llevar venas de calentamiento. Las venas son tuberías de diámetro menor y están en contacto con la tubería que calientan. Por el interior de las venas circula vapor procedente del generador de vapor; este flujo es el que mantiene caliente a la tubería.

Bombas de achique.- Tienen la función de extraer el agua acumulada en el fondo de la fosa colectora. Debido a la diferencia de densidades entre el agua y el aceite combustible, el agua tiende a acumularse en la parte inferior de la fosa, de donde es succionada por las bombas.

La obtención de una combustión eficiente en los generadores de vapor que utilizan combustible pesado, requiere en gran parte de que éste sea suministrado a determinados valores de presión, flujo y temperatura. El sistema de combustible y quemadores tiene la función de proporcionar continuamente un flujo adecuado de combustible bajo las condiciones requeridas.

Tanque de día.- Debido a que existen distancias relativamente grandes entre los tanques de almacenamiento de aceite combustible y el punto de consumo (los quemadores del generador de vapor), se acostumbra instalar un tanque, llamado de día, en una zona cercana al generador de vapor. Con el uso de un tanque de día se evita tener grandes longitudes de línea de retorno hacia los tanques de almacenamiento.

El tanque de día generalmente es un tanque metálico fabricado con placa de acero, de forma cilíndrica con techo cónico.

La capacidad debe ser tal que permita operar a la unidad que alimentará, durante un mínimo de 12 horas con el 100% de la carga.

El tanque de día debe contar con las siguientes líneas y accesorios:

+ Líneas de llenado, dispuestas de tal forma que no produzcan salpicaduras internas, con lo que se evita la formación de cargas de electricidad estática y la formación de burbujas de aire.

+ Línea de venteo en el techo del tanque

+ Línea de rebosadero y línea de drenaje

+ Línea para purga de agua

+ Línea(s) para recirculación

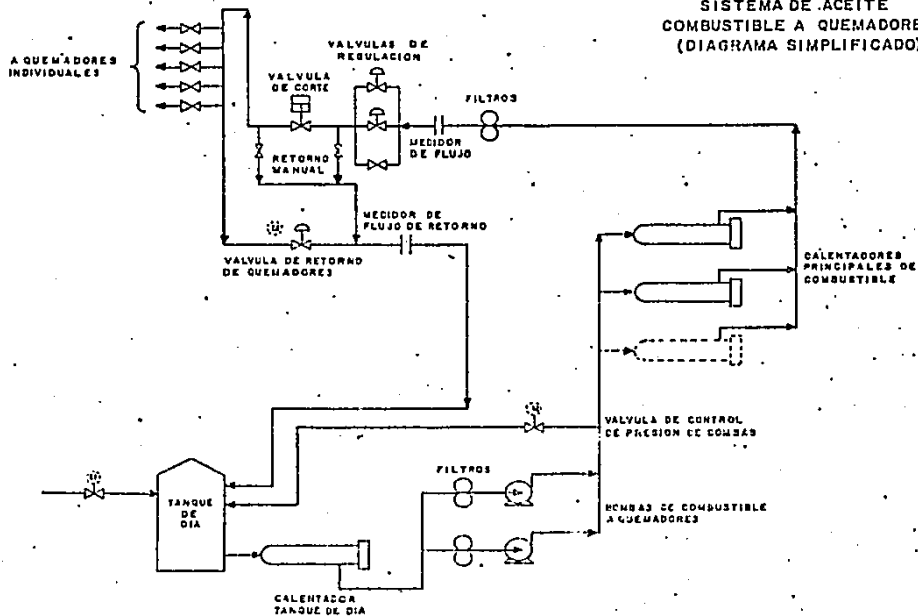
+ Registros para inspección y limpieza

+ Línea de descarga

+ Instrumentación.

Calentadores de succión del tanque Diario.- Este calentador se aplica con el objeto de elevar la temperatura del aceite combustible para que tenga la viscosidad requerida para su manejo en las bombas.

**SISTEMA DE ACEITE
COMBUSTIBLE A QUEMADORES
(DIAGRAMA SIMPLIFICADO)**



de combustible a quemadores.

Filtros de succión de bombas de combustible.- También conocidos como filtros fríos. Se instalan para proteger a las bombas de combustible que tienen huelgos muy pequeños contra posibles daños por la entrada de sólidos o materias extrañas contenidas en el combustible, por arrastre desde el tanque diario. También para evitar ensucia- miento en los calentadores principales de combustible.

Bombas de combustible a quemadores.- Tienen la función de proporcionar la presión y el flujo de combustible necesarios para vencer la resistencia del sistema, pasando por los calentadores, filtros y la válvula de regulación de presión, para llegar a los quemadores con la presión requerida.

Las bombas que mejor se adaptan para manejo de combustible pesado son las bombas rotativas de desplazamiento positivo, del tipo de engranes o de tornillo. Este tipo de bombas, operado a velocidad constante y con una viscosidad uniforme del combustible, proporcionan un flujo (en base volumétrica) relativamente constante independiente del nivel de presión al que descargan, es decir, la presión desarrollada por la bomba es solamente la necesaria para vencer la resistencia del sistema y no es una característica propia de la bomba misma como en el caso de las bombas centrífugas.

Válvula de control de presión de descarga de bombas.- Estas válvulas tienen la función de retornar una porción del flujo de aceite combustible hacia el tanque de día con el objeto de que las bombas operen a una presión constante.

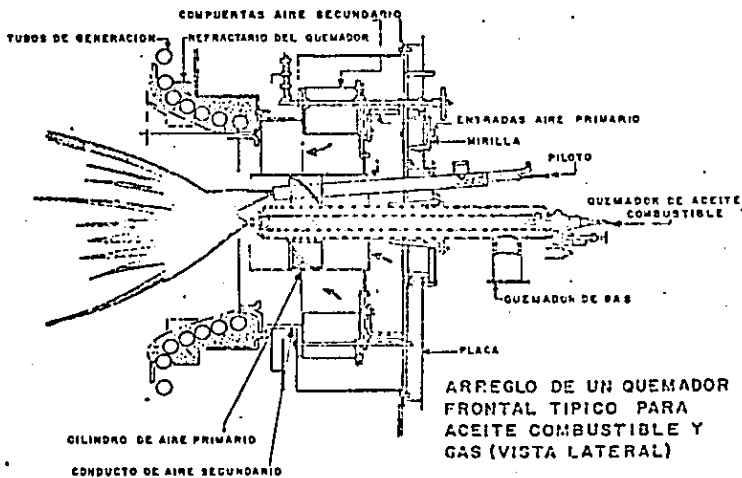
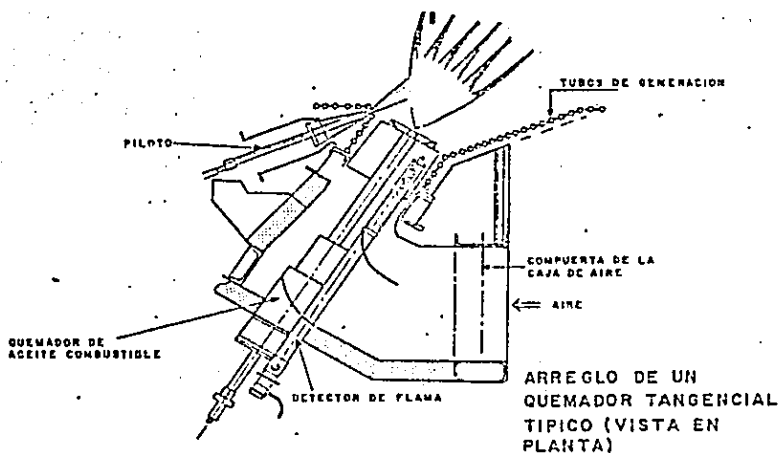
Calentadores principales de combustible.- Tienen la función de elevar la temperatura del combustible al valor adecuado para su óptima atomización en los quemadores.

Filtros de descarga de combustible.- También conocidos como "Filtros calientes". Se instalan entre la salida de combustible de los calentadores principales y la válvula de corte del generador de vapor.

Tienen la función de proteger a los quemadores contra obstrucciones (que reducen la calidad de la atomización y afectan las características de la flama) debidas a la presencia de partículas sólidas que se forman en el combustible al pasar por los calentadores.

Medidor de flujo de combustible a quemadores.- Se instala en línea de combustible a quemadores, después de los filtros, para medir el flujo que está pasando. La medición se usa para proporcionar una indicación directa o para transmitir una señal que se aplica en las indicaciones de la sala de control o como señal de entrada a los sistemas de control. El medidor de flujo de combustible opera asociado con un medidor de flujo de retorno de tal forma que pueda obtenerse, mediante una diferencia, el flujo que está pasando a través de los quemadores.

Válvulas de control.- Tienen la función de regular la presión de aceite combustible en el cabezal de quemadores para mantener el flujo requerido por el sistema de control de combustión en función de



la presión y el flujo de vapor producido por el generador de vapor.

Generalmente está formado por un arreglo de varias válvulas, las cuales son:

a) Válvula de control de aceite combustible a quemadores.- Es una válvula automática operada con aire o con motor que controla la presión del cabezal de combustible a quemadores. Esta válvula abre en función de una señal del sistema de control de combustión.

b) Válvula de flujo mínimo.- Es una válvula automática operada con aire que mantiene una presión mínima en el cabezal de combustible a quemadores. Esta válvula evita que la presión de combustible caiga abajo de un valor determinado, asegurando un flujo mínimo en el cabezal cuando cierra la válvula de control.

c) Válvula de derivación.- Es una válvula usada para controlar, en forma manual, la presión del combustible. Se usa para sustituir a la válvula de control en caso de que ésta no se encuentre disponible.

Válvula de Corte de Combustible.- Es una válvula de apertura/cierre que tiene la función de proteger al generador de vapor, bloqueando totalmente el paso de aceite combustible a los quemadores cuando el sistema de control, protección y supervisión de quemadores detecta condiciones de operación no permisibles o peligrosas.

Una vez que ha cerrado esta válvula, es requisito indispensable que se hayan eliminado las condiciones anormales, también que se cumpla con una serie de permisos y además se realice un purgado o barrido de los gases en el hogar, para poder abrir nuevamente esta válvula de corte.

Quemadores de Aceite Combustible.- Son el destino final del combustible que va a ser quemado.

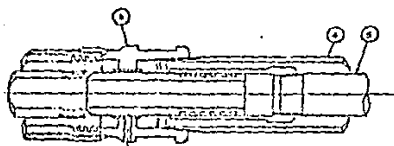
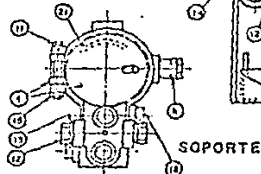
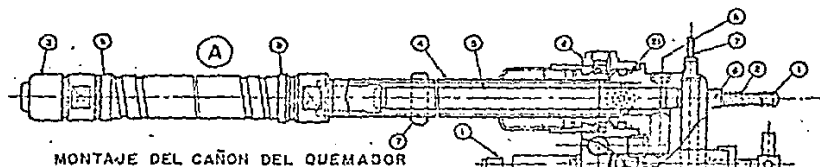
Los quemadores normalmente se localizan en las paredes verticales del hogar.

Los quemadores están formados por un conjunto de equipos que se integran con el fin de introducir aire y combustible dentro del hogar para producir una combustión y liberar calor. La parte de este conjunto que corresponde al sistema de combustible es el cañón del quemador, pero también se acostumbra llamarlo simplemente quemador.

a) Cañón del Quemador.- Tiene la función de atomizar, es decir, dispersar el combustible en una nube de finas partículas dentro del hogar. Este efecto hace que se disponga de una mayor superficie de combustible expuesta al aire, haciendo más fácil la ignición y produciendo una mejor y más rápida combustión.

Existen diversas formas para atomizar el combustible, pero las más usadas son:

- Atomización mecánica.
- Atomización con vapor.



1 CAÑÓN DEL QUEMADOR	2 SOPORTE DEL QUEMADOR
2 MUELTA	3 TORNILLO DE SERRAÑA
3 RESORTE	4 ELEMENTO LATERAL DEL TUBO
4 FUERZA DE FIJACION DE BOQUILLA	5 BARRANCO
5 TUBO EXTERIOR (COMBUSTIBLE)	6 TORNILLO
6 TUBO INTERIOR (VAPOR)	7 TUBO DE SERRAÑA
7 BARRANCO	8 CONEXIONES ROSCADAS PARA VAPOR Y COMBUSTIBLE
8 ANILLO DE LEVANTE	9 SOPORTE DEL QUEMADOR
9 PUNTO GUIA	10 TUBO
10 GUIA DE ACOPLAMIENTO	11 CUBIERTA (PUERTA) DEL TUBO SUITA
11 ACOPLAMIENTO REMOVIBLE	12 TORNILLO DE PRECISION
12 SECCION FLEXIBLE DEL QUEMADOR	13 LAMINA AJNE DE SELLO
	14 BRAZO ACTUADOR
	15 PONTICUAROLA
	16 CHAVILA DE GÜTEO
	21 ANILLO "O"
	22 ENPAQUE

EJEMPLO DE UN CAÑÓN DEL QUEMADOR

Atomización mecánica.- Se usa la propia presión del combustible como medio atomizador y se aplica en los lugares en donde el agua es escasa y la atomización con vapor no es permisible. Presenta las siguientes ventajas de requerir altas presiones y de tener márgenes reducidos para variaciones de la carga.

Atomización con vapor.- Operan bajo el principio de producir una emulsión de combustible-vapor que cuando se libera al hogar, se atomiza el combustible debido a la expansión rápida del vapor.

b) Válvulas de Vapor y Combustible al Quemador.

El arreglo típico de estas válvulas en las líneas de vapor y combustible incluye:

- Válvulas aisladoras manuales de combustible y vapor.- Que permiten desinstalar los quemadores, para limpieza o cambio en forma segura. También permiten el mantenimiento de las otras válvulas o del quemador.

- Válvulas de corte de vapor y combustible.- Abren o cierran en una secuencia establecida por el sistema de control de quemadores.

- Válvula de lavado.- Que abre para lavar la línea y los conductores del quemador cuando cierra la válvula de combustible.

Válvula de no retorno.- Para evitar la entrada de combustible a la línea de vapor o viceversa.

Válvula de Retorno del Cabezal de Aceite Combustible.- Tiene la función de retornar una porción del combustible que llega a los quemadores.

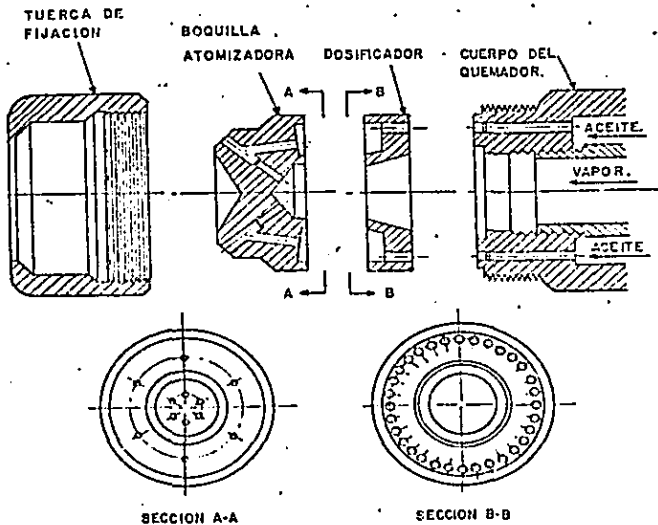
Esta válvula permite recircular inicialmente el combustible por el cabezal de quemadores, antes de encenderlos, con el fin de elevar la temperatura del combustible en el cabezal. También debe operar abierta cuando se tienen bajas cargas.

Medidor de Flujo de Retorno.- Tiene la función de medir el flujo de retorno de aceite combustible que circula con destino al tanque de día.

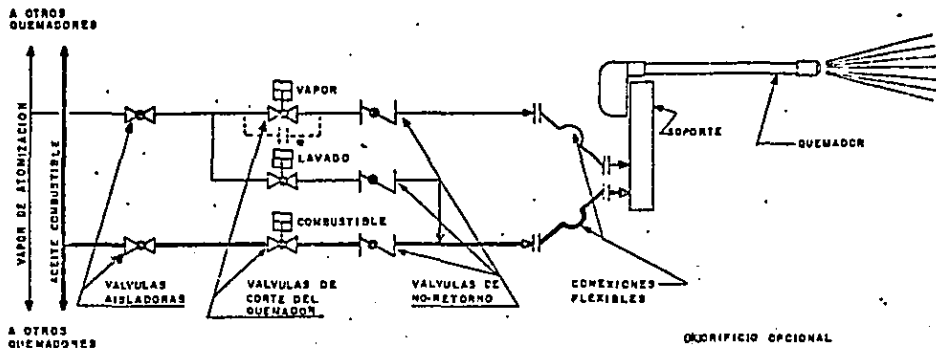
Quando se enciende un quemador, primero debe abrir la válvula de vapor para asegurar una buena atomización, después abre la válvula de combustible. El vapor y el combustible llegan al soporte mediante conexiones flexibles y entran al cañón del quemador, pasan por el cuerpo del quemador y llegan a la boquilla o ficha, en donde se mezclan y atomizan al interior del hogar para participar en la combustión.

El apagado del quemador se produce cerrando la válvula de combustible y la válvula de vapor.

Quando se apaga un quemador, no es conveniente que se quede combustible en línea después de la válvula del quemador, ni en las mangueras.



BOQUILLA (DE DOS PIEZAS) PARA ATOMIZACION CON VAPOR



ARREGLO TÍPICO DE LA ALIMENTACION DE ACEITE COMBUSTIBLE
Y VAPOR A UN QUEMADOR

ras, ni en el cañón del quemador. Para evitarlo, abre la válvula de lavado que comunica vapor a la línea de combustible produciendo una acción de limpieza. Como el combustible arrastrado entra al hogar, es requisito que se encuentre encendido el piloto para asegurar la combustión.

SISTEMA DE AIRE Y GASES DE COMBUSTION.

El flujo de aire que circula por los ductos de aire, arreglos del hogar, elementos de intercambio de calor ductos de gases y chimeneas que conforma el sistema de aire y gases del generador de vapor.

Actualmente, en generadores de vapor de alta capacidad, los tipos de tiro más empleados son el tiro balanceado y el tiro forzado. Independientemente del tipo de tiro con que se opere un generador de vapor, se cuenta con algunos de los equipos o componentes que a continuación se enumeran:

- 1.- Ventilador de tiro forzado.
- 2.- Ventilador de tiro inducido.
- 3.- Ventilador recirculador de gases.
- 4.- Ventilador de aire piloto.
- 5.- Ventilador de aire para enfriamiento de detectores de flama.
- 6.- Calentadores de aire a vapor.
- 7.- Calentadores regenerativos de aire.
- 8.- Equipo auxiliar. (compuertas diversas, cajas de aire, ductos, etc.).

1.- Ventilador de tiro forzado:

La función de estos ventiladores es succionar aire de la atmósfera y proporcionarle la energía suficiente para introducirlo al sistema de aire y gases para poder efectuar la combustión en el hogar del generador de vapor. Este ventilador por sí solo mantiene una presión estática positiva (mayor que la atmosférica) en el interior del sistema. Generalmente en unidades de gran capacidad se cuenta con dos ventiladores de tiro forzado, cada uno con 50% de capacidad.

El ventilador se acciona mediante un motor eléctrico de velocidad constante y acoplado directamente al ventilador. El control del flujo de aire descargado por un ventilador centrífugo generalmente se efectúa mediante la apertura o cierre de un sistema de compuertas colocadas en la succión de los ventiladores. Este sistema de control tiene la desventaja de que necesita un motor más potente debido a la energía que se disipa por el estrangulamiento del aire en el impulsor, sus ventajas son que requiere un control más sencillo y se adapta más fácilmente a la operación automática. Los ventiladores de flujo axial controlan la cantidad de aire mediante la variación del ángulo de ataque de los vanos del impulsor por lo que necesitan menos potencia en el motor que los acciona, pero a la vez requieren de un sistema de control más sofisticado lo que aumenta su costo inicial.

2.- Ventiladores de tiro Inducido.

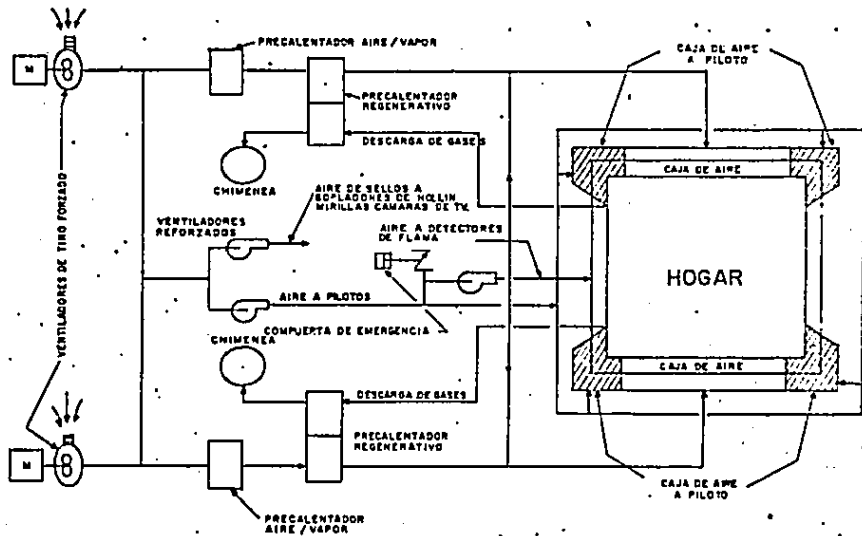
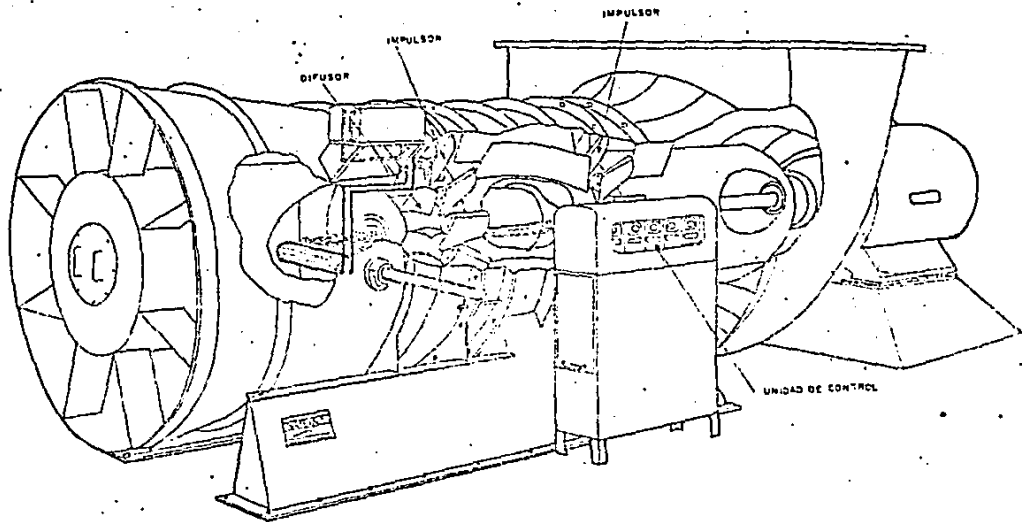


DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE AIRE Y GASES DEL GENERADOR DE VAPOR.



VENTILADOR DE TIRO FORZADO

Las unidades designadas para operar con hogar de tiro balanceado no quieren un ventilador de tiro inducido para mover los gases producto de la combustión a través de los elementos de transferencia de calor y a través de los ductos de gases entre el hogar y la chimenea. En unidades en las que no es práctico o económico el diseño de tiro natural, se emplean estos ventiladores de tiro inducido que descargan gases a la presión atmosférica con lo que se obtiene la presión negativa necesaria.

El ventilador de tiro inducido tiene los mismos requerimientos básicos que un ventilador de tiro forzado, a excepción de que el primero maneja gases a altas temperaturas y en ocasiones contenidas cenizas que es altamente corrosiva.

Generalmente los ventiladores de tiro inducido son del tipo axial - centrífugo de velocidad constante y con control del flujo de gases a la descarga regulados mediante la apertura o cierre de las compuertas de succión, permaneciendo completamente abiertas las compuertas de descarga.

3.- Ventilador recirculador de gases.

La función de este ventilador recirculador de gases es controlar la temperatura del vapor recalentado en cargas arriba del 25%, y lo efectúa succionando parte de los gases producto de la combustión del ducto entre la calida del economizador y la entrada al precalentador regenerativo de aire y los introduce mediante unos ductos a la parte inferior del hogar. El flujo de gases que pasan por el ventilador recirculador de gases se controla mediante las compuertas de succión permaneciendo las compuertas de descarga completamente abiertas.

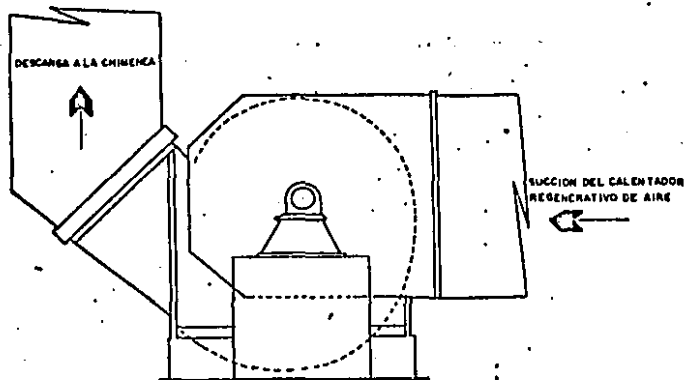
Debido a que este ventilador opera en cargas arriba del 25%, y el fluido que se maneja es de alta temperatura, se tiene un ducto que suministra aire para sello en las compuertas de succión y descarga con lo que se evita el paso de los gases hacia el ventilador. Además como una protección al rotor del ventilador, se tiene un tornaflecha operado por motor eléctrico que opera cuando el ventilador se para. El tornaflecha arranca automáticamente cuando el ventilador para y viceversa y no deberá ponerse fuera de servicio hasta que la temperatura del mismo sea menor de 100°C aproximadamente.

Cuando el ventilador se pone en servicio, un embrague de sobrevelocidad desacopla el tornaflecha. Tan pronto como el ventilador baja de velocidad, después de que el motor principal se para, el embrague acopla para mantener el ventilador girando.

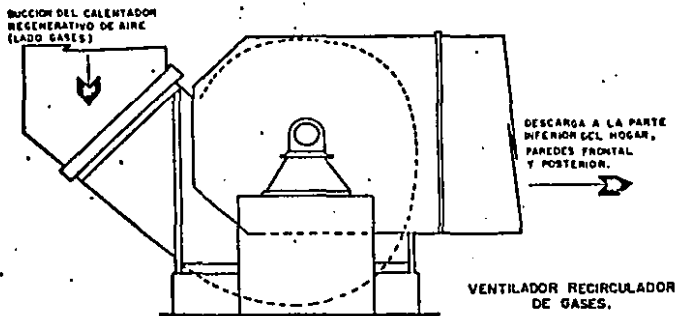
4.- Ventilador de aire a pilotos.

El propósito de este ventilador es aumentar la presión del aire que succionan de la descarga de los ventiladores de tiro forzado, con el objeto de mantener una presión mayor a la del hogar en las cajas de aire a pilotos para permitir el encendido de los mismos.

5.- Ventilador de enfriamiento de los detectores de flama.



VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO.

VENTILADOR TIRO INDUCIDO Y
VENTILADOR RECIRCULADOR DE GASES

Este ventilador tiene la función de suministrar una presión de aire mayor que la del hogar con el objeto de enfriar los detectores de flama y evitar que el calor de los gases o flama los dañen.

Este ventilador debe de estar en servicio cuando el generador de vapor esté encendido y en arranques y paros mientras la temperatura de los metales del envolvente del detector sea mayor de 90°C.

6.- Calentador de aire a vapor.

Este calentador se encuentra instalado en el ducto de aire, entre la descarga de los ventiladores de tiro forzado y el calentador regenerativo, tiene la función de aumentar la temperatura del aire que entra al precalentador regenerativo.

7.- Calentador regenerativo de aire.

El objetivo de este calentador de aire, es aprovechar el calor que llevan aún los gases de combustión que salen rumbo a la chimenea - después de haber pasado por los elementos sobrecalentadores, precalentadores y economizadores, para calentar el aire y mejorar la combustión.

8.- Equipo auxiliar.

a) Chimeneas.- Tienen la función de evacuar los gases producto de la combustión hacia la atmósfera. Las chimeneas pueden estar construidas de ladrillo refractario o de placa metálica. Las que están construidas de placa, generalmente llevan un recubrimiento interior de ladrillo refractario con el objeto de evitar que sufran corrosión por la ceniza que reacciona con la humedad ambiente.

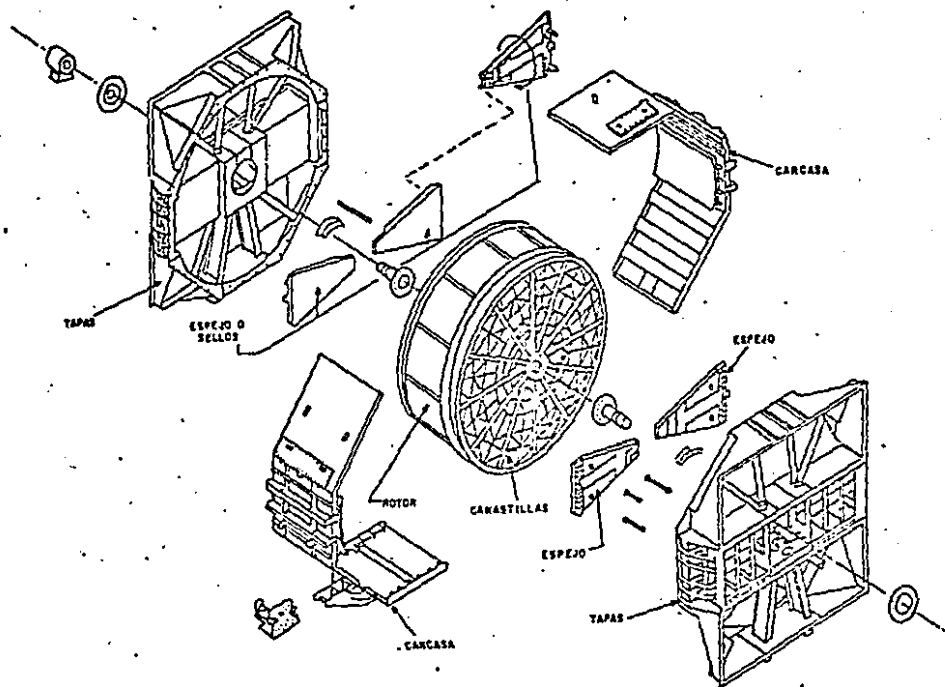
b) Compuertas.- Dentro de un sistema típico de aire y gases de combustión, se tienen diferentes tipos de compuertas, cada uno de estos tipos tiene una aplicación diferente. Los diseños más comunes consisten en una serie de placas metálicas acodadas en sus extremos a un mecanismo que las hace girar 90° sobre su eje, en posición cerrando están colocadas perpendicularmente al flujo respectivo y en posición abierta paralelamente al mismo. Las compuertas más comunes en un ciclo de aire y gases de un generador son las siguientes:

+ Compuertas de descarga de ventiladores de tiro forzado.- Se emplean para evitar un contraflujo de aire hacia el ventilador cuando se encuentra fuera de servicio y con caldera encendida.

+ Compuertas de bloqueo de precalentadores regenerativos.- Se emplean para impedir el paso de aire o gases hacia el calentador regenerativo cuando por alguna necesidad o mantenimiento éste se pone fuera de servicio.

+ Compuertas de desvío de precalentadores regenerativos.- Se emplean para permitir el paso del aire hacia el hogar del generador de vapor sin que pase por el precalentador regenerativo.

+ Compuertas de aislamiento de ventiladores recirculadores de gases Evitan el paso de los gases calientes hacia el rotor del V.R.G. para



protegerlo de calentamientos cuando se encuentre fuera de servicio.

+ Compuertas de aire para combustión.- Son las que regulan el flujo de aire hacia cada quemador para poder efectuar la combustión. Estas compuertas permanecen cerradas hasta que enciende el quemador.

+ Compuertas de aire auxiliar.- Tienen la función de admitir aire hacia el hogar de la caldera con el objeto de mantener una presión diferencial adecuada entre las cajas de aire y el hogar necesaria para tener una flama estable. (Este aire también es utilizado para la combustión.).

Este sistema se deberá poner en servicio para proceder al encendido del generador de vapor, esta operación involucra la siguiente secuencia: Barrido o purga del hogar, encendido de quemadores y operación normal. A continuación se describe cada una de estas operaciones:

a) Purga o Barrido del hogar.- Esta operación se efectúa para eliminar los gases residuales que pudieran encontrarse en el interior del hogar y ductos, que en un momento dado, al encender algún piloto o quemador pudieran hacer explosión con los consecuentes daños al equipo. El barrido del hogar se realiza a través de los ductos del sistema, tanto del lado aire como del lado gases.

Para poder efectuar el barrido del hogar se deberá poner en servicio el siguiente equipo: Precalentadores de aire regenerativo, Ventiladores de tiro inducido, Ventiladores de tiro forzado y ventilador de enfriamiento a detectores de flama.

En forma automática, las siguientes compuertas del sistema abren completamente: Compuertas de aislamiento de los calentadores de aire regenerativos y de aire a vapor, compuertas de descarga de los ventiladores de tiro forzado, recirculador de gases y ventilador de tiro inducido.

Las compuertas de aire a quemadores permanecen cerradas, las compuertas de aire auxiliar abren para modular la presión diferencial de las cajas de aire y hogar, las compuertas de entrada de los ventiladores de tiro inducido abren para controlar la presión del hogar y las de los ventiladores de tiro forzado abren para suministrar un flujo de aire del 30 al 40% del flujo total.

Una vez cumplidos los permisos de los sistemas del generador de vapor lado aire, lado gases y de combustible se puede iniciar la purga del hogar. Después de dos minutos de iniciada arrancan los ventiladores recirculadores de gases. La duración total del barrido es de 5 minutos, después de los cuales se puede iniciar el encendido de los quemadores.

El orden de puesta en servicio del equipo del sistema es el siguiente:

- 1.- Calentadores de aire a vapor A y B.
- 2.- Ventilador de enfriamiento de los detectores de flama.
- 3.- Calentadores regenerativos de aire A y B.
- 4.- Abiertas compuertas de entrada y salida, lado aire y lado gases

- de los Precalentadores Regenerativos.
- 5.- Sistema de enfriamiento de cámara de T. V.
 - 6.- Ventilador de tiro inducido A.
 - 7.- Ventilador de tiro forzado A.
 - 8.- Ventilador de tiro inducido B.
 - 9.- Ventilador de tiro forzado B.

Una vez efectuada esta secuencia, el sistema quedará en servicio. El ventilador recirculador de gases entra en servicio durante la - purga del hogar y en operación normal con cargas arriba del 25%, regulando el flujo con sus compuertas de acuerdo a la carga de la undad.

LUBRICACION

LUBRICACION

El sistema de aceite lubricante tiene la finalidad como su nombre - lo indica, de lubricar las 8 chumaceras del turbogenerador y al tor^onaflecha.

El aceite que se utiliza en este sistema es aceite refinado de origen mineral, el cual además de lubricar debe efectuar otras funciones importantes como son:

- a) Refrigerar las partes lubricadas, absorbiendo el calor producido por la fricción, así como el que es transmitido por las partes que se encuentran a altas temperaturas, para luego transferirlo al agua de circulación en los enfriadores de aceite.
- b) Actuar como medio de transporte que arrastre las partículas producidas por el desgaste, las cuales se depositarán en los filtros del sistema, evitando con esto que se acumulen en el equipo.
- c) Ser capaz de impedir la formación del herrumbre u óxido en las diferentes piezas de la turbina en contacto con él.

Para que el aceite rinda un servicio satisfactorio, deberá conservarse perfectamente limpio y mantener la viscosidad apropiada (la viscosidad se reduce al aumentar su temperatura) por lo que el sistema cuenta con una unidad acondicionadora que constantemente está filtrando el aceite y con dos enfriadores de aceite que le reducen su temperatura. Además el sistema cuenta con una serie de bombas que le suministran la presión necesaria durante las diferentes condiciones normales de operación.

SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACION DEL TURBOGRUPO

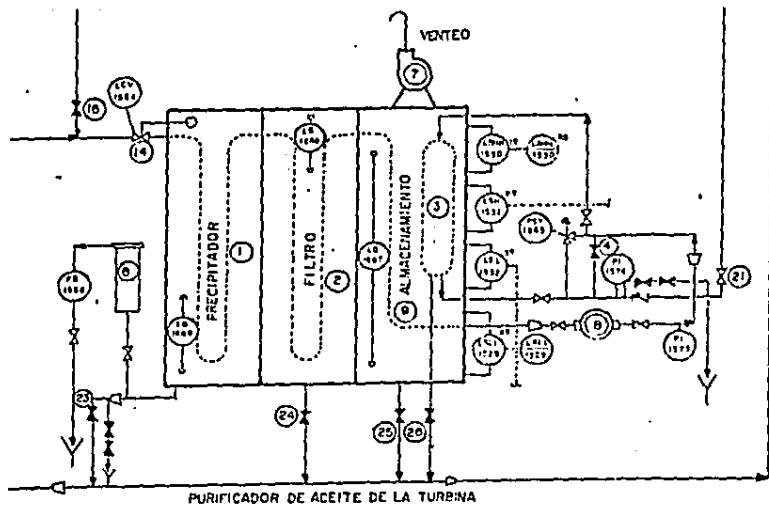
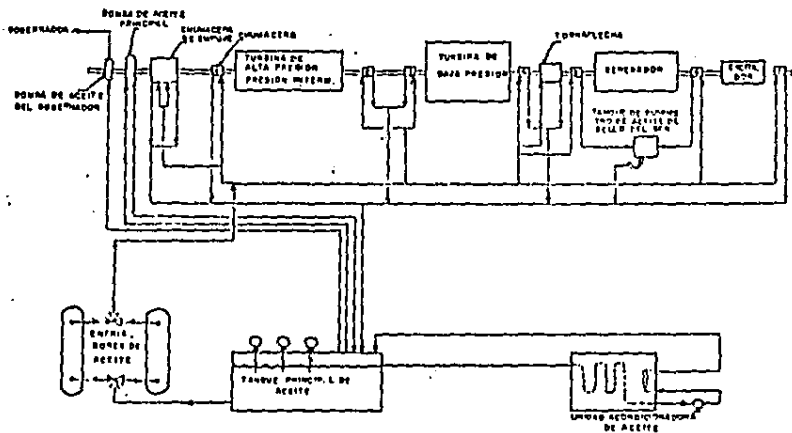
El equipo más importante del sistema de aceite lubricante del turbo generador es el siguiente:

- 1.- Tanque principal de aceite.
- 2.- Acondicionador de aceite lubricante.
- 3.- Bomba principal de aceite.
- 4.- Bombas: auxiliar, de tornaflecha y de emergencia.
- 5.- Enfriadores de aceite.

1.- Tanque principal de aceite.- Este tanque contiene el aceite para los sistemas de control y de lubricación. En su tapa superior se apoya la bomba auxiliar de aceite 30, la bomba de tornaflecha 32 la de corriente directa 33 y el extractor de vapores de aceite 34. En el interior del tanque se tienen un par de eyectores 35 que tienen la función de transformar un flujo pequeño de aceite de alta presión (suministrado por la bomba principal de aceite) en otro de mayor flujo pero de menor presión y un colador 36 por donde se hace pasar el aceite que retorna del turbogenerador.

2.- Acondicionador de aceite.- Este equipo es una unidad provista -

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE ACEITE DE LUBRICACION DEL TURBOGENERADOR



para la continua filtración y acondicionamiento del aceite del turbogenerador. Consiste de un compartimiento de precipitación 1, compuesto por charolas y rejillas que proporcionan la separación de la humedad; un compartimiento 2, equipado con bolsas de filtración que detienen las partículas sólidas y un filtro de presión 3, removible que dispone de una línea de desvío con su válvula de paso 4, para - cuando dicho filtro se satura. Se tiene una mirilla 5 por la cual - se puede observar el paso del aceite del tanque principal a la unidad acondicionadora y de esta forma verificar físicamente el flujo del mismo.

A través del depósito 6 se extrae continuamente el agua que se acumula en el depósito de precipitación, por el principio de vasos comunicantes.

El extractor 7 sustrae y desaloja a la atmósfera los vapores de aceite que se forman en la unidad acondicionadora y que se acumulan en el espacio que queda arriba del nivel de aceite.

La bomba 8 succiona del depósito de aceite 9 y le proporciona a éste la presión necesaria para forzarlo a pasar a través del filtro 3 y que retorne al tanque principal de aceite.

Esta bomba arranca y para automáticamente cuando se tiene alto y bajo nivel respectivamente, en el depósito de aceite 9.

Este sistema también dispone de 2 tanques de almacenamiento, uno de aceite limpio 10, del cual se toma el aceite para reponer al sistema y otro de aceite sucio 11, en el cual se deposita el aceite del sistema cuando se ha contaminado o se requiere vaciarlo para trabajar en él.

Para suministrar el aceite del tanque de aceite limpio al sistema, se utiliza la bomba 12, la cual arranca y para localmente. Para accionar el aceite de la unidad acondicionadora y del tanque de aceite principal y depositarlo en el tanque de aceite sucio o succionarlo de este tanque y alimentar a la unidad acondicionadora, se utiliza la bomba 13 que también se controla localmente.

3.- Bomba principal de aceite de la turbina.- Esta bomba se encuentra montada en la flecha de la turbina en el extremo del lado del gobernador, entre el cojinete de empuje y el mecanismo de disparo - por sobrevelocidad. Es de tipo centrífuga convencional y no es autocebable. Descarga a una presión de 1.2 a 1.5 MPa aproximadamente, - cuando la turbina gira a su velocidad nominal, con una presión de succión de 68.6 a 313.81 Kpa. Mientras la turbina gira a su velocidad nominal la presión de succión es suministrada por los eyectores del tanque principal de aceite que utilizan como medio de operación, aceite de alta presión suministrado por el impulsor de la misma bomba principal. Durante los períodos de arranque, la succión de la bomba es suministrada por el impulsor de baja presión de la bomba auxiliar, accionada por un motor eléctrico.

El impulsor que se encuentra al lado del de la bomba principal de aceite, corresponde a la bomba del gobernador, la cual consiste de un cuerpo hueco cilíndrico con una serie de orificios radiales que

hace las veces de impulsor. La succión de esta bomba es alimentada durante la operación normal con aceite de alta presión, proveniente de la descarga de la bomba principal y durante los arranques, la presión de succión se la proporciona el impulsor de alta presión de la bomba auxiliar.

4.- Bomba auxiliar de aceite.- Esta bomba consta de 2 impulsores de tipo centrífugo de eje vertical e impulsada por un motor eléctrico de corriente alterna. Se encuentra montada sobre el tanque de aceite principal, de manera que ambos impulsores siempre están abajo del nivel mínimo de aceite. Este ordenamiento asegura un cabezal de succión positiva y elimina la necesidad de cebar la bomba.

Esta bomba se utiliza durante los períodos de arranque y paro de la unidad, cuando la presión de descarga de la bomba principal es muy baja para los requerimientos de la turbina.

El impulsor de alta presión alimenta al sistema de control de la turbina, a la bomba de aceite del gobernador, al regulador de vapor de sellos y a la planta de aceite de sellos del generador, a una presión de 2.412⁴ MPa.

El impulsor de baja presión, suministra el aceite de lubricación - así como también suministra el cebado de la bomba principal de aceite a una presión de 326.6 KPa.

Esta bomba se arranca y para manualmente desde la sala de control y además dispone de arranque automático, que actúa cuando la presión a chumiceras desciende a 78.45 KPa.

5.- Bomba de tornaflecha.- Esta bomba es de tipo centrífugo de eje vertical, impulsada por un motor eléctrico de corriente alterna. Se encuentra montada sobre el tanque de aceite principal de la turbina, de manera que el impulsor siempre se encuentra abajo del nivel mínimo de aceite, este ordenamiento asegura un cabezal de succión positiva a la bomba, eliminando la necesidad del cebado de ésta, para suministrar el aceite lubricante al sistema, cuando la turbina se encuentra girando con tornaflecha, durante los períodos de arranque y paro. Se arranca y para desde la sala de control y dispone de control automático que la manda arrancar en cualquier tiempo en que la turbina se encuentre girando si la presión de aceite en el sistema de lubricación cae abajo de 69.7 KPa.

Cuando la turbina se encuentra girando con tornaflecha, se dispone de un interruptor de presión que detiene la operación del tornaflecha cuando la presión de aceite lubricante desciende de 13.7 KPa.

6.- Bomba de emergencia de corriente directa.- Esta bomba es de tipo centrífugo de eje vertical y es impulsada por un motor eléctrico de corriente directa. Se encuentra montada sobre el tanque de aceite principal, de manera que su impulsor siempre se encuentre abajo del nivel mínimo de aceite, lo cual le asegura un cabezal de succión positiva y le elimina la necesidad de cebadura.

Esta bomba se usa para suministrar aceite al sistema de lubricación en una emergencia, cuando su presión desciende y la bomba auxiliar

y la de tornaflecha fallan. Además de su control automático que le manda arrancar cuando la presión en el sistema desciende a 52.8 KPa esta bomba también se puede arrancar y parar manualmente desde la sala de control. En caso de falla de la corriente alterna, esta bomba protege a la turbina contra daños por falta de lubricación, debido a que es impulsada por un motor de corriente directa, alimentado por el banco de baterías.

7.- Enfridores de aceite lubricante.- Estos enfriadores se encuentran localizados a un lado del tanque principal de aceite. Son de 2 pasos y constan de una serie de tubos por cuyo interior circula el agua de enfriamiento y por el exterior el aceite. El agua de enfriamiento llega a la cámara de entrada donde se distribuye a todos los tubos del primer paso, fluye por ellos hasta llegar a la cámara inversa donde cambia de dirección y se distribuye a los tubos del 2º. paso, para finalmente descargar en la cámara de agua de salida.

Los enfriadores de aceite, para hacer más efectiva la transmisión de calor del aceite al agua de enfriamiento, disponen de una serie de mamparas que obligan al aceite a cambiar constantemente de dirección.

En la parte superior e inferior de cada uno de los enfriadores se tienen instalados drenes y venteos, tanto del lado de agua como del aceite.

En la entrada y salida de aceite de los enfriadores, se encuentra instalada una válvula dúplex, de circuito doble y de 3 vías, que permite simultáneamente sacar de servicio un enfriador y poner el otro en servicio sin que se interrumpa la circulación de aceite.

En la línea de suministro de agua de enfriamiento se tiene una válvula neumática, controlada automáticamente por una señal de temperatura que se toma de la descarga de aceite de los enfriadores. Esta válvula incrementará proporcionalmente su abertura cuando en la descarga de aceite de los enfriadores se detecte un incremento en la temperatura del aceite y cerrará reduciendo el flujo de agua de enfriamiento cuando la temperatura del aceite tienda a disminuir, de tal forma que la temperatura del aceite siempre sea constante.

Descripción operativa.- Durante la operación normal de la turbina, la bomba principal de aceite (acoplada a la flecha de la turbina) descarga un flujo de aceite de alta presión que se hace llegar al tanque principal de aceite, donde parte de este flujo se hace pasar a través de dos eyectores. El aceite al fluir por los eyectores, sugiere un flujo adicional de aceite, del tanque principal, de tal forma que los eyectores descargan un flujo de baja presión, pero de mayor volumen, adecuado para satisfacer las necesidades del sistema. Este flujo de aceite a continuación se hace pasar por el enfriador que se encuentre en servicio, donde intercambia calor con el agua de enfriamiento que circula por el interior de los tubos, de tal forma que al salir de él, lleva una temperatura de aproximadamente 40°C. Enseguida el aceite se hace llegar hasta un cabezal de distribución de donde se alimenta a las 7 chumaceras superiores del turbogenerador, la chumacera de empuje de la turbina, y al tornaflecha (en la línea de suministro al tornaflecha se tiene una válvula solenoidal de bloqueo que abre cuando se le da señal de arranque al tornaflecha). Después que el aceite lubricó el equipo antes mencionado,

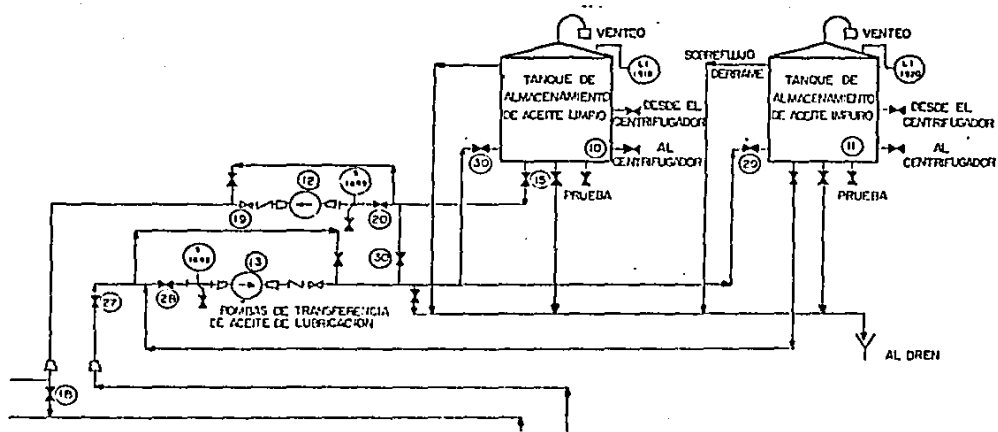
el aceite se colecta en un cabezal de descarga para de ahí ser conducido al tanque principal de aceite, donde es descargado a través de un colador malla. La descarga de aceite de los chumaceros 5 y 6 que corresponden al generador, descargan al tanque de suministro de aceite de sellos del generador, con el fin de que le sea extraído el hidrógeno que haya podido mezclarse con él, lo cual se logra con el extractor que se encuentra instalado en dicho tanque. A continuación el aceite fluye hacia el cabezal de descarga, en el cual también descarga el aceite del sistema y equipo de control.

Ya dijimos que la bomba principal descarga un flujo de aceite de alta presión, que en el tanque principal se divide y una parte se hace pasar por los eyectores, mientras que el restante se vuelve a dividir en dos flujos, uno de ellos para el suministro de emergencia del sistema de emergencia del sistema de aceite de sellos del generador y el otro que se hace pasar a través de los filtros, ya que este aceite se suministra al sistema de control de la turbina y requiere un filtrado más exhaustivo.

El aceite del tanque principal requiere ser filtrado y acondicionado constantemente para mantener sus propiedades lubricantes, para lo cual se dispone de una línea que une al tanque principal, con la unidad acondicionadora de aceite, por la que el aceite del tanque principal, derrama hacia la unidad acondicionadora, siempre y cuando en ésta no se tenga alto nivel, ya que en dicha línea se encuentra una válvula 14, accionada por flotador, que la cierra cuando el nivel de la unidad acondicionadora es alto. El aceite proveniente del tanque principal, descarga en el compartimiento 1 de precipitación de la unidad acondicionadora, donde el agua que contiene es parada por diferencia de densidades con la ayuda de charolas y rejillas y posteriormente desalojada al drenaje. A continuación el aceite ya libre de agua, pasa a la sección de filtrado 2, donde se hace pasar a través de varias bolsas de filtración, donde quedan atrapadas las partículas sólidas que lleve el aceite. Enseguida el aceite pasa al depósito 9 donde se acumula. En este depósito se tienen instalados 4 flotadores, cada uno de los cuales cierra o abre un switch. El flotador superior cerrará su switch cuando el nivel del depósito sea demasiado alto, haciendo sonar una alarma en la sala de control. Cuando el nivel de aceite del depósito, alcanza al 2o. flotador y éste cierra su switch, arranca la bomba 8. Cuando el nivel de aceite desciende hasta el 3er flotador, su switch se abrirá mandando a parar a la bomba 8. Por último, cuando el nivel desciende hasta el flotador inferior, se activa una alarma en la sala de control que indica bajo nivel en la unidad acondicionadora de aceite.

La bomba 8 succiona el aceite del depósito 9 y lo imprime la suficiente presión para forzarlo a pasar por el filtro 3, que se encuentra dentro del depósito 9, este filtro se encarga de eliminar las impurezas que pudiera contener todavía el aceite y hacerlo llegar a la bomba principal con lo que se completa su ciclo de acondicionamiento.

El tanque principal de aceite dispone de un flotador a la altura de su nivel máximo seguro y otro en su nivel mínimo, los cuales hacen sonar una alarma en la sala de control por alto o bajo nivel.



ENFRIAMIENTO

ENFRIAMIENTO

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PRINCIPAL

El sistema de agua de enfriamiento principal, comúnmente llamado Sistema de Agua de Circulación: tiene como principal objetivo, suministrar agua a el condensador principal con la finalidad de llevar a cabo la condensación del vapor que ha trabajado en la turbina.

Existen básicamente dos tipos de sistemas de agua de circulación mercedos a continuación:

- I.- Sistema de agua de circulación sin torre de enfriamiento.
- II.- Sistema de agua de circulación con torre de enfriamiento.

I.- Sistema sin torre de enfriamiento.

1.- Compuertas ataguía.- Estas compuertas están instaladas en la entrada del agua a cada uno de los cárcamos de la obra de toma, su propósito es el de efectuar un cierre hermético en el cárcamo, para poder realizar maniobras de mantenimiento o de choque técnico.

Las compuertas ataguía se pueden accionar en forma manual o por motor eléctrico, y se deslizan a lo largo de guías verticales, la carrera de las compuertas se limita por interruptores de fin de carrera.

2.- Rejillas Fijas.- Las rejillas se encuentran montadas en el interior del cárcamo de obra de toma después de las compuertas ataguía, su propósito es detener trozos grandes de materiales arrastrados por el agua.

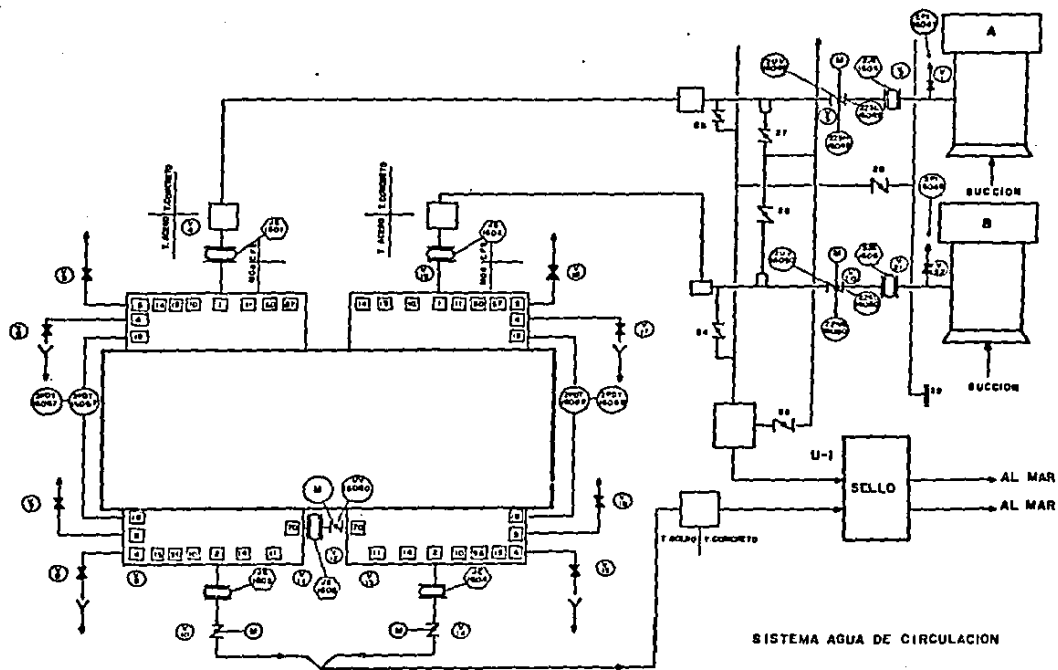
Para la limpieza de las rejillas se tiene acondicionado un rastrillo mecánico, que recolecta los desechos acumulados en las rejillas durante su ascenso, para descargarlos en una charola para tal fin.

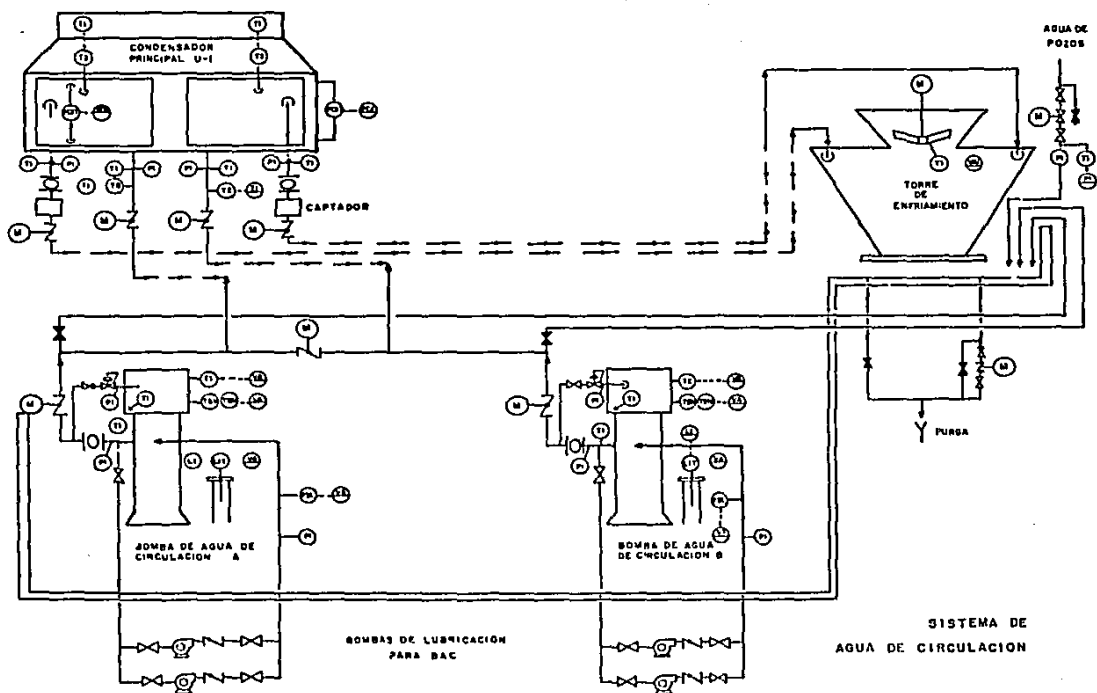
3.- Mallas Giratorias.- Su propósito es detener los cuerpos pequeños que se pasan por las rejillas fijas.

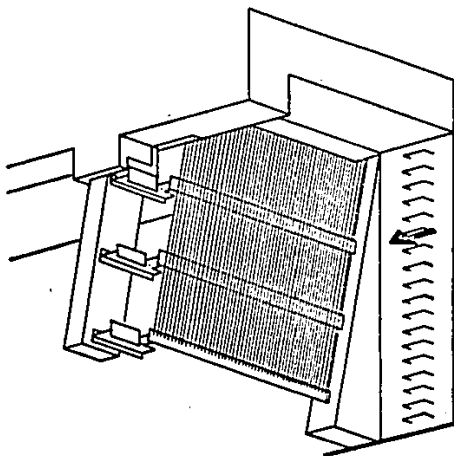
A medida que las impurezas se acumulan en la tela filtrante de la malla giratoria, se produce una diferencia de niveles, antes y después de la malla, cuando el nivel diferencial alcanza un valor predeterminado, se arranca automáticamente el mecanismo matriz de la malla giratoria.

Para el lavado de mallas se cuenta con bombas, que succionan agua de mar de un cárcamo conectado por un canal subterráneo y compuertas individuales a cada cárcamo del sistema de agua de circulación.

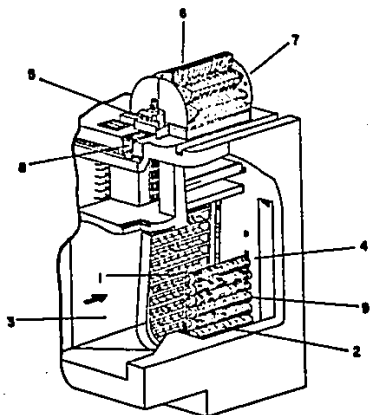
Previendo un taponamiento excesivo de las mallas giratorias y por consiguiente una disminución en el nivel de agua, a la succión de las bombas de agua de circulación, se cuenta con una chapaleta de descarga de emergencia, la cual abre cuando el nivel en el interior de la malla sube a un valor determinado.







Rejillas fijas



Mallas giratorias

4.- Bombas de Agua de Circulación.- Esta bomba succiona agua del mar del cárcamo principal de la obra de toma, descargando a través de los ductos de concreto hacia el condensador y descargando a el mar. Su propósito es mantener un flujo adecuado de agua de enfriamiento para condensar el vapor de escape de la turbina de baja presión.

5.- Condensador Principal.- Su propósito es proporcionar el área de intercambio de calor para condensar, el vapor de escape de la turbina de baja presión obteniendo con ello una presión de vacío que nos hace más eficiente el ciclo de trabajo del vapor en la turbina.

6.- Sistema de Retrolavado.- El sistema de agua de circulación tiene como opción pasar el agua de enfriamiento en sentido contrario a lo normal por una de las cajas de agua a la vez, lo cual se llama -retrolavado-, su propósito es desprender y regresar a el mar, los depósitos de sólidos en suspensión que se hayan adherido a los costados de las cajas de agua y a la misma tubería. Para tal efecto es necesario parar una bomba de agua de circulación y bajar la carga de acuerdo a el comportamiento del vacío en el condensador.

7.- Sistema de Choque Térmico.- Este sistema proporciona los elementos necesarios para recircular el agua, en un circuito cerrado, cámaras - condensador sin descargarla a el mar, lo cual provoca un aumento en la temperatura del agua de los cárcamos. Su propósito es el de destruir microorganismos y huevesillos que tienden a formar colonias en todo el circuito de enfriamiento principal.

Al igual que en el retrolavado, se requiere de poner F/S una bomba de agua de circulación y efectuar una serie de maniobras con válvulas y compuertas, que serán descritas más adelante.

Descripción Operativa.- El enfriamiento principal se realiza con agua de mar, la cual llega a la obra de toma, después de pasar por las compuertas atagüa, recibe una dosificación de hipoclorito de sodio para control biológico. Antes de ser succionada por las bombas de agua de circulación, pasa por dispositivos especiales, como son: Rejillas fijas y mallas planatorias, donde se eliminará la mayor cantidad de basura y objetos flotantes.

La bomba descarga en una tubería de acero, que más adelante se conecta a un ducto de concreto hasta antes de llegar a el condensador, donde vuelve a conectarse a tubería de acero. La línea cuenta con válvula de mariposa motorizada en la descarga de la bomba, la cual abre automáticamente al arrancar la bomba y cierra en la misma forma al poner F/S dicho equipo, cuenta además con válvulas de mariposa motorizadas en la salida del condensador y conexión de las cajas de agua.

El agua al salir del condensador sale directamente a el mar pasando por un sello tipo sifón, instalado a fin de evitar que se vacíen las cajas de agua, cuando las bombas de agua de circulación se pongan F/S.

Como se dijo anteriormente el retrolavado sirve, para desprender y arrastrar las impurezas u objetos extraños adheridos en el condensa

dor.

Es de vital importancia efectuar este retrolavado, debido a que los objetos extraños adheridos a las cajas, provocan una disminución de flujo del agua de enfriamiento, que repercute en una menor transferencia de calor, lo que provocará una disminución del vacío en el propio condensador.

Otra de las maniobras importantes que se efectúan en el sistema de agua de circulación, es el choque térmico, que como ya se mencionó es un medio muy económico de destrucción de microorganismos, como mejillones, algas, etc., basado en el control de temperatura del agua en donde se desarrollan.

La diferencia principal entre el retrolavado y choque térmico es, que en éste último el agua de retorno del condensador principal, no se regresó al mar, sino que se retorna a el cárcamo de succión de la bomba de agua de circulación, formándose así un circuito cerrado de agua de enfriamiento.

II.- Sistema con Torre de Enfriamiento.

1.- Torre de enfriamiento.- Su objetivo primordial es enfriar el agua de circulación que llega caliente a la torre después de haber pasado por el condensador principal.

La torre de enfriamiento se compone básicamente, de rejillas o mamparas dispuestas en forma tal, que el agua que cae de la charola superior sea dividida en finas gotas, que al contacto con el aire a contra flujo inducido por ventiladores, colocados en la parte superior de la torre, se enfría para retornar a el cárcamo de succión de las bombas de agua de circulación.

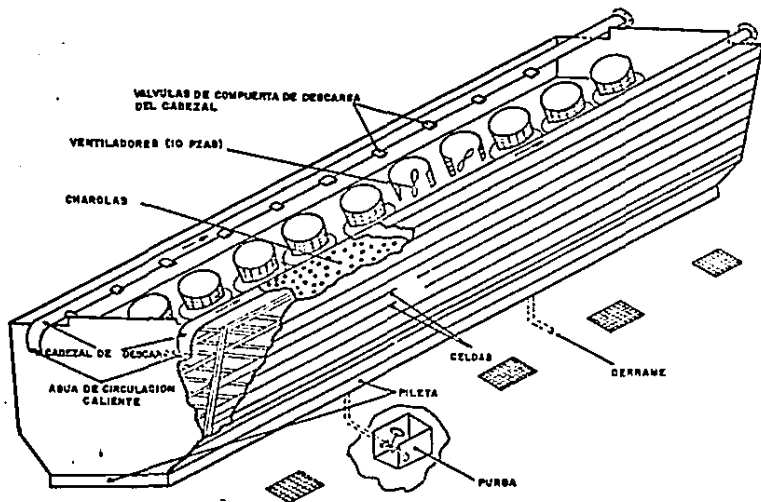
2.- Bombas de Agua de Enfriamiento Principal.- Su propósito es hacer circular el agua por todo el circuito de agua de enfriamiento principal, a una presión adecuada. Llamadas también Bombas de Agua de Circulación (B.A.C.)

3.- Condensador Principal.- Igual que el circuito sin torre de enfriamiento.

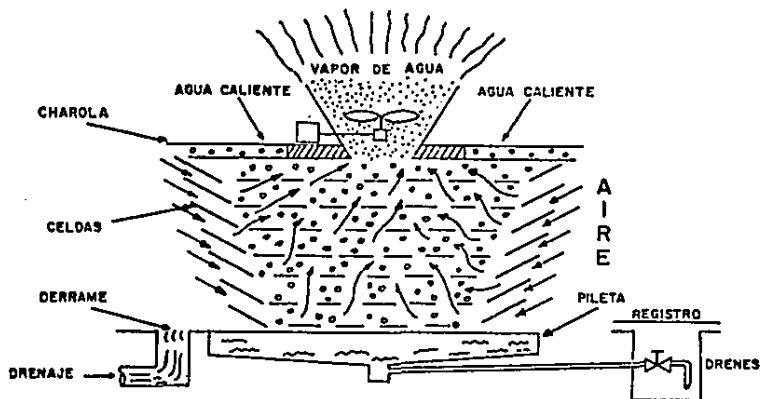
4.- Bombas de Lubricación para B.A.C.- Son bombas centrífugas que succionan de la línea de agua de circulación y descarga a el cojinete superior de la B.A.C. y al estopero de la bomba, para enfriamiento y lubricación de los mismos.

5.- Bomba de Circuito de Limpieza Continua.- Tiene como propósito, transportar las esferas limpiadoras desde la salida del captador hasta los inyectores en la entrada de agua de circulación al condensador principal, haciéndolas pasar antes por la trampa de esferas y por el distribuidor.

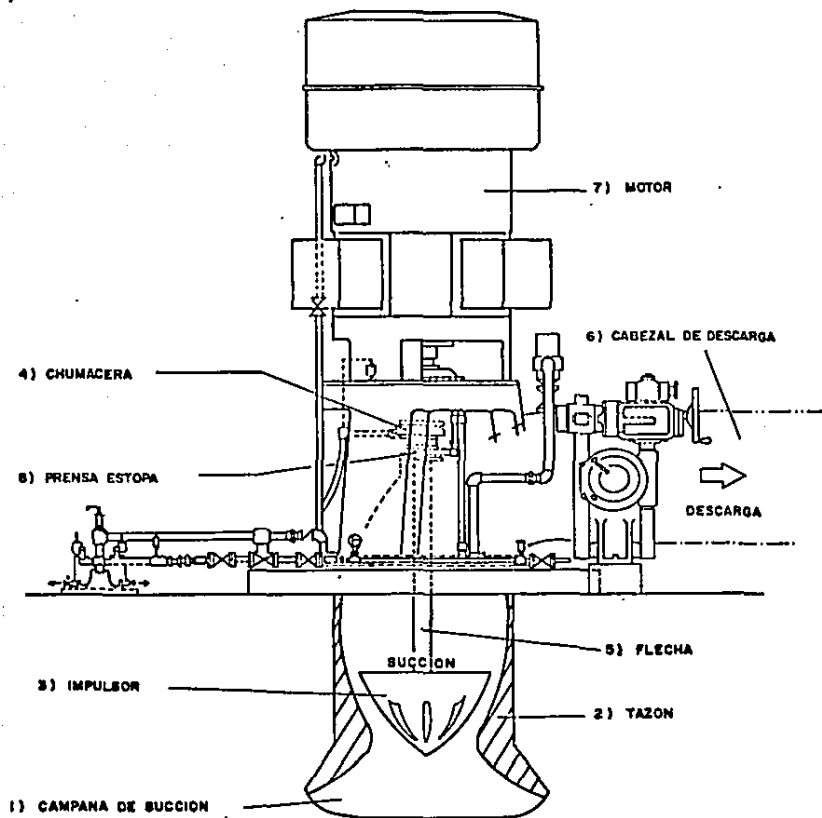
6.- Captador de Esferas.- Tiene como propósito recoger y separar las esferas limpiadoras del agua de circulación, evitando que lleguen hasta la torre de enfriamiento donde podrían tapan la boquilla de las charolas o simplemente perderse y no retornar a el condensador.



TORRE DE ENFRIAMIENTO.



OPERACION DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO



BOMBA DE AGUA DE CIRCULACION

Descripción operativa.- El agua es succionada por dos bombas del mismo tipo de la torre de enfriamiento. Cada bomba proporciona agua para un 50% de capacidad de la unidad, descargando a través de una válvula de mariposa motorizada. Más adelante hay una línea igualadora de presión, la cual cuenta con una válvula de mariposa motorizada normalmente cerrada.

Después de la línea igualadora, la tubería se conecta a un ducto de concreto; hasta cerca del condensador donde se tiene nuevamente tubería de acero al carbón, donde el agua pasa a el condensador a través de válvulas de mariposa motorizadas, después de estas válvulas se tienen las conexiones del sistema de limpieza del condensador.

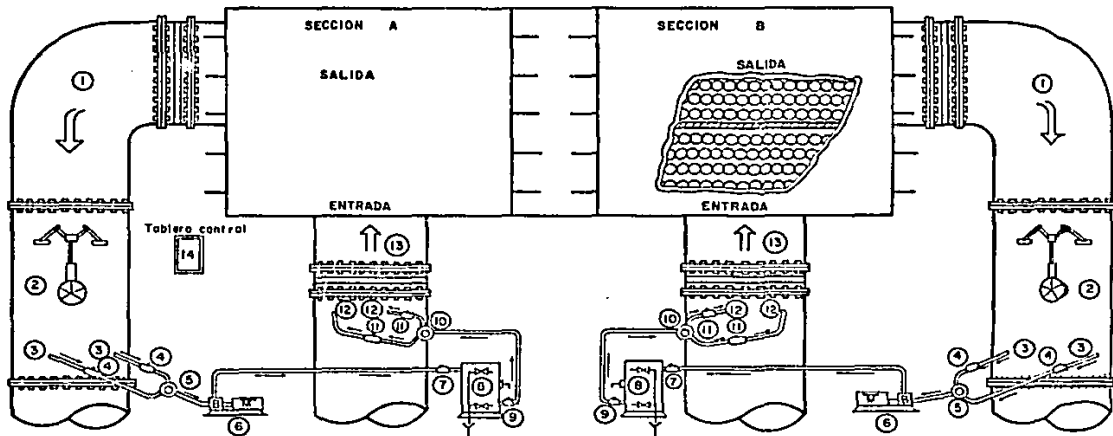
El agua entra a cada una de las cajas de agua del condensador pasando por el interior de los tubos, a la salida del condensador se encuentra el captador del sistema de limpieza del condensador el cual alimenta la succión de las bombas del propio sistema.

Luego del captador se tiene una válvula de mariposa motorizada en cada línea de retorno. Después de estas válvulas el agua circula por ductos de concreto, hasta las proximidades de la torre de enfriamiento, en donde nuevamente circula por tuberías de acero al carbón.

El agua descarga en la parte superior de la torre de enfriamiento - por medio de dos cabezales con un número variable de válvulas de descarga cada uno. Las válvulas descargan en chubollos, las cuales distribuyen uniformemente el agua hacia las celdas de la torre de enfriamiento, en donde va cayendo en forma de rocío mientras que con el transcurso circula aire succionado por los ventiladores, colocados en la parte superior de cada celda; dichos ventiladores forman un tiro inducido de aire ascendente.

Finalmente el agua es captada en la pileta de la torre de enfriamiento para ser succionada nuevamente por las bombas de agua de circulación.

El condensador principal tiene dos cajas de agua, cada una de ellas es de dos pasos. El agua de circulación llega a cada caja de agua - por la tubería al compartimiento de entrada, el agua sigue por los tubos inferiores al otro extremo del condensador, para después regresar por los tubos superiores hasta el compartimiento de salida, para continuar por la tubería de descarga, en este tramo de tubería, se encuentra el captador que recoge las esferas limpiadoras después de que éstas limpiaron el interior de los tubos del condensador, evitando que lleguen hasta la torre de enfriamiento. Las esferas son succionadas por la bomba de retorno, a través de las salidas del captador, de las válvulas de compuerta y de la mirilla. La bomba descarga las esferas junto con un poco de agua de circulación, a través de la válvula macho, la trampa o canastilla, la mirilla y las válvulas de compuerta del distribuidor para incorporarlas nuevamente al agua de circulación, cerrándose el circuito.



1- Salida del condensador del agua de circulación
 2- Mecanismo de rejillas
 3- Salidas del costador
 4- Válvulas de compuerta
 5- Mirillas

6- Bomba de retorno
 7- Válvula macho
 8- Trampa de esferas
 9- Válvula macho
 10- Mirillas

11- Válvulas de compuerta
 12- Descarga de esferas
 13- Entrada al condensador del agua de circulación
 14- Tablero de control de bombas

} Distribuidor

SISTEMA DE AUTOLIMPIEZA DEL CONDENSADOR (TAPROGGE) U-1 Y U-2

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO AUXILIAR

Este sistema tiene como propósito mantener el equipo auxiliar a temperatura adecuada, para ayudar en la operación continua de la unidad y conservación del equipo; para controlar la temperatura en los distintos equipos se utiliza agua de enfriamiento, que de acuerdo al tipo de sistema, ésta puede ser: agua de las torres de enfriamiento o agua de un circuito cerrado de enfriamiento; en cualquiera de los dos casos el agua enfría el equipo auxiliar que conforma - es el siguiente:

- 1.- Chumaceras en bombas de drenaje de calentadores aire a vapor
- 2.- Enfriadores de aceite de precalentadores de aire regenerativos
- 3.- A chumaceras de ventiladores de tiro forzado, inducido y recirculadores de gases
- 4.- Enfriadores de bombas de circulación controlada
- 5.- Enfriadores de muestras
- 6.- Enfriadores de aceite de trabajo y de lubricación en bombas de agua de alimentación
- 7.- Motores de bombas de condensado
- 8.- Enfriamiento a compresores
- 9.- Enfriadores de hidrógeno
- 10.- Enfriadores de las bobinas del estator
- 11.- Enfriadores de aceite de la turbina

A) Sistema de agua de enfriamiento de circuito cerrado.

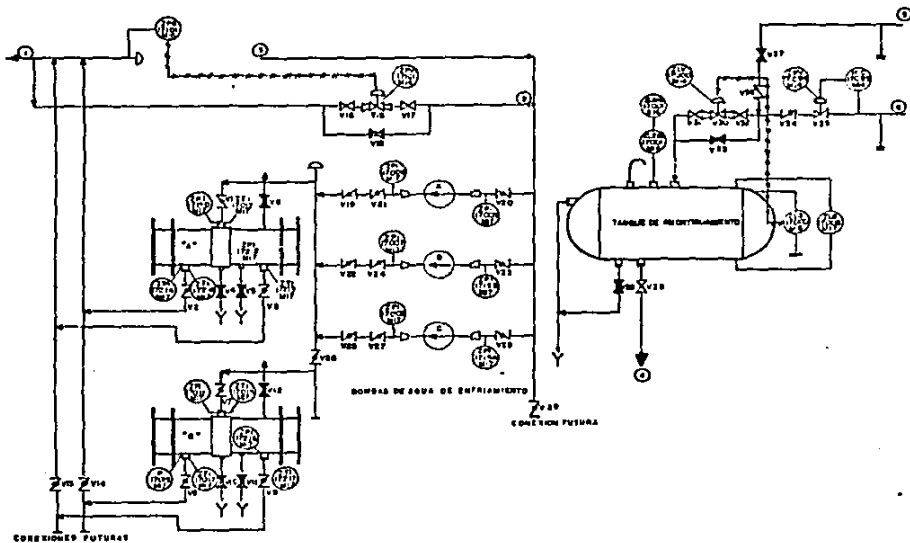
Este sistema es el que utiliza agua tratada como elemento de trabajo, los elementos principales son los siguientes:

1.- Tanque de amortiguamiento. Su propósito es mantener completamente lleno el circuito cerrado de agua de enfriamiento. Este tanque para su alimentación, utiliza bajo condiciones normales agua del sistema de condensado y en condiciones de emergencia se tiene una línea de agua de servicios, la cual aunque contaminaría el circuito, mantendría con enfriamiento el equipo auxiliar. La altura a la que se localiza el tanque asegura una presión similar a la existente en la línea de agua de enfriamiento, con lo que se logra un repuesto efectivo de agua en dicho circuito.

2.- Bombas de agua de enfriamiento de circuito cerrado. Se cuenta con dos bombas del 100% de capacidad, estando una F/S y otra de reserva, son las encargadas de mantener flujo y presión adecuadas para el enfriamiento del equipo auxiliar; dichas bombas son tipo centrifugas horizontales accionadas por motor eléctrico.

3.- Intercambiadores de calor. Su propósito es transferir el calor del agua del circuito cerrado a el agua del circuito abierto.

Los intercambiadores de calor, trabajan con flujo dividido por el lado circuito cerrado, el agua llega por el centro del intercambiador y se distribuye a los lados del mismo, fluyendo el agua por fuera de los tubos. Por el lado circuito abierto se utiliza agua de mar pasando por el interior de los tubos en un solo paso de donde sale para ir a descargar en el mar. Cuentan además con un juego de válvulas que hacen posible efectuar retrolavado.



CIRCUITO CERRADO DE ENFRIAMIENTO DE AUXILIARES

4.- Bombas de agua de enfriamiento de circuito abierto. Estas bombas son centrífugas verticales, succionan agua de mar del cámara - de obra de toma impulsándola hacia los intercambiadores de calor, en donde sirve como enfriamiento del circuito cerrado.

Descripción operativa.- Las bombas del circuito cerrado de enfriamiento succionan del cabezal de salida de enfriadores o cabezal de agua caliente, descargando en un cabezal común de donde se distribuye el agua a los intercambiadores de calor, aquí el agua se enfría y sale a un cabezal de agua fría, en donde primeramente se regula la presión a un punto prefijado por medio de una válvula de control de presión que retorna el excedente a la succión de las bombas; posteriormente es conducida por la línea de agua fría a cada uno de los equipos asociados con el sistema, retornando de cada uno de estos como agua caliente y colectándose en un cabezal que la conduce nuevamente a la succión de las bombas del sistema, a dicho cabezal llega la línea de agua de repuesto proveniente del tanque de almacenamiento para reponer las pérdidas en el circuito o para llenado del mismo.

B) Sistema de enfriamiento de auxiliares con agua de circulación.

En este sistema se utiliza el agua de circulación que es enfriada en la torre de enfriamiento, la cual, puede ser succionada en una derivación de la línea principal a la descarga de las bombas de circulación o por medio de bombas verticales instaladas en el cámara de la torre de enfriamiento.

Los elementos principales que componen este sistema son los siguientes:

1.- Torre de enfriamiento. Su propósito es enfriar el agua proveniente del condensador y del circuito de enfriamiento de auxiliares; se tiene una torre de enfriamiento por cada unidad con capacidad del 100%.

2.- Bombas de agua de enfriamiento de auxiliares. Su propósito es suministrar agua para el enfriamiento de los diversos equipos auxiliares del generador de vapor y del turbogrupo con la suficiente presión y flujo. Se tienen dos bombas de enfriamiento de auxiliares del 100% de capacidad cada una, una en operación y la otra de repuesto.

3.- Filtro duplex.- Su propósito es detener las partículas extrañas que vayan con el agua succionada por las bombas evitando con ello una posible disminución o falta de agua de enfriamiento a alguno de los equipos ya mencionados.

Descripción operativa.- El agua empleada en este sistema, es suministrada de la piletta de la torre de enfriamiento a través de dos bombas centrífugas verticales del 100% de capacidad cada una. Ambas bombas descargan a un cabezal común a través de sus respectivas válvulas check y de mariposa.

Del cabezal de succión, el agua pasa por el filtro duplex y de ahí se distribuye por toda la red del circuito. El agua que sale de la

dos los equipos enfriados, es colectada en un cabezal que se une al ducto de agua de circulación proveniente del condensador, para ser descargada en la parte superior de la torre de enfriamiento y luego colectarse ya enfriada, en la pileta de la misma, cerrándose así el circuito.

8

AGUA

AGUA

TRATAMIENTO DE AGUA

En una Central Termoelectrica se relaciona el significado de la palabra agua con el abastecimiento de energía eléctrica y su importancia es vital no sólo para la generación de vapor, sino también para el enfriamiento y condensación.

En una Central Termoelectrica el agua es la responsable de que existan depósitos en un sistema agua-vapor. Esto es debido a su contenido de sólidos en suspensión, así como de sólidos y gases disueltos.

El tratamiento de agua bajo el punto de vista químico permitirá conocer las características del agua, sus contaminantes, el comportamiento de estos, su efecto y manera de eliminarlos.

Origen.- El agua puede provenir de cuatro fuentes principales:

- a) Agua de lluvia y superficial
- b) Agua de manantiales y ríos
- c) Agua de pozos y perforaciones
- d) Agua de mar

El agua de las fuentes antes mencionadas que no ha recibido ningún tratamiento, se le conoce con el nombre de agua cruda. El agua como se encuentra en la naturaleza, no es totalmente pura. Si así fuera, no serían necesarios los análisis del agua, ni los tratamientos para acondicionarla a los usos que se destinan.

El agua tiene características como las siguientes:

- a) Entre las sustancias inorgánicas comunes tiene la más alta capacidad para absorber calor sin cambiar su temperatura.
- b) No sufre alteraciones químicas con calentamiento dentro del rango de temperatura comúnmente encontradas en la industria.
- c) A la temperatura ambiente puede controlarse y hacerse fluir fácilmente.
- d) Su manejo no presenta riesgos.
- e) Es aún abundante y barata.

Las impurezas que generalmente se encuentran en el agua se pueden clasificar en:

1.- Sustancias en suspensión:

- a) Inorgánicas

{	Limo (0.05-0.002 mm)
	Arena (2-0.05 mm)
- b) Orgánicas Materia vegetal y animal

2.- Sustancias disueltas:

- a) Sales inorgánicas
- b) Sales orgánicas
- c) Gases

TEMPERATURA

↑
TEMPERATURA

↓
SOLUBILIDAD

↓
DUREZA

↑
SALES DE SODIO

↔
SILICE

↔
HIERRO Y
MANGANESO

■ No para sulfatos de Calcio y Magnesio

ACIDEZ Y ALCALINIDAD

↑
ALCALINIDAD

↓
SOLUBILIDAD

↓
DUREZA

↔
SALES DE SODIO

↑
SILICE

↓
HIERRO Y
MANGANESO

OXIDACION-REDUCCION

↑
OXIDACION

↓
SOLUBILIDAD

↔
DUREZA

↔
SALES DE SODIO

↔
SILICE

↓
HIERRO Y
MANGANESO

FACTORES QUE AFECTAN LA SOLUBILIDAD
DE LAS IMPUREZAS EN EL AGUA

3.- Impurezas coloidales:

Arcilla y sílice muy finamente dividida (0.003 mm), Hidróxidos de hierro y aluminio, productos orgánicos residuales, ácidos húmicos, sustancias colorantes.

Sólidos disueltos.- Los minerales que el agua disuelve de las rocas consisten principalmente de Ca CO_3 (piedra caliza), Mg CO_3 (dolomita) Ca SO_4 (gypsum), Mg SO_4 (sal de epsom), sílice (arena), Na Cl (sal común), $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ (sal de Glauber) y pequeñas cantidades de hierro, aluminio, manganeso, flúor y otras sustancias.

Los problemas de corrosión y depósitos debidos al agua y sus impurezas se deben a cuatro factores:

- La solubilidad de las impurezas en particular
- El efecto de la temperatura
- La alcalinidad o acidez del agua
- Las condiciones de oxidación o reducción presentes.

En los procesos en los que el agua se evapora, las impurezas se concentran y el depósito se presenta cuando se excede el límite de solubilidad debido a cambios en temperatura, acidez o alcalinidad. Los minerales comunes presentes en las aguas naturales pueden clasificarse en cuatro categorías basados en consideraciones de solubilidad:

- Compuestos de calcio y magnesio
- Compuestos de sodio
- Sílice
- Compuestos de hierro y magnesio

La solubilidad de las sales de sodio, de calcio y magnesio son afectadas apreciablemente por la temperatura del agua.

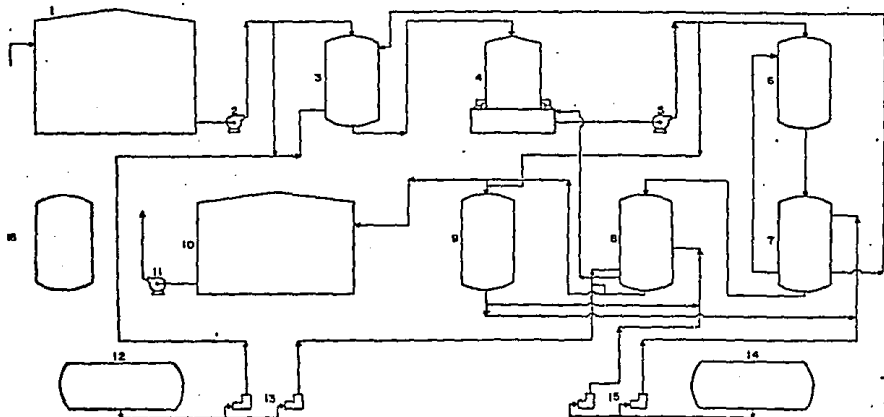
Gases disueltos.- Los gases que pueden estar disueltos en el agua son oxígeno, dióxido de carbono y el amoníaco.

La disolución de un gas en el agua tiene relación con tres factores:

- Su reacción química con ella o su presencia como gas libre
- Su presión parcial en el agua y en la atmósfera que lo rodea
- La temperatura del agua

SISTEMA DE AGUA DE REPUESTO

La función de este sistema es la de proporcionar agua con la suficiente calidad para compensar las pérdidas en el ciclo agua-vapor de la central, debidas a el uso de vapor en la atomización del aceite combustible, purgas, venteos, drenes, fugas y uso del laboratorio químico. Debido a las altas presiones y temperaturas a las que opera el generador de vapor, el contenido de sólidos totales que debe contener el agua de repuesto debe ser mínimo y así evitar problemas que pudieran ocasionar estas impurezas dentro del ciclo, ta



1.-TANQUE DE AGUA CRUDA.
 2.-BOMBA DE AGUA CRUDA
 A P. D.
 3.-UNIDAD CATIONICA.
 4.-DESCARBONADOR.

5.-BOMBA DE AGUA
 DESCARBONADA.
 6.-UNIDAD ANIONICA DEBL.
 7.-UNIDAD ANIONICA FUERTE.
 8.-UNIDAD LECHO MIXTO.

9.-TANQUE DE OCLACION.
 10.-TANQUE DE AGUA
 DESMINERALIZADA.
 11.-BOMBA DE AGUA
 DESMINERALIZADA.
 12.-TANQUE DE H₂SO₄.

13.-BOMBAS DE H₂SO₄.
 14.-TANQUE DE H₂O₂.
 15.-BOMBA DE H₂O₂.
 16.-TANQUE PARA LAMA RESINA.

los como:

- + Depósitos en la caldera
- + Fallas en los tubos de la caldera
- + Fragilización del metal de caldera
- + Arrastre de sólidos en el vapor
- + Corrosión en la turbina de vapor
- + Corrosión en el sistema de condensado

El procedimiento más comúnmente empleado para obtener agua de la calidad requerida para emplearse en el generador de vapor es el de desmineralización y el equipo empleado forma la planta desmineralizadora que se compone de:

1.- Tanque de agua cruda. Tiene la función de suministrar agua a la planta desmineralizadora, esta agua le llega de los pozos mediante dos cabezales que cuentan con válvulas motorizadas de control de nivel.

Además se tiene una línea de comunicación con el tanque de agua de servicios para el caso que se tengan problemas en el suministro de cualquiera de ambos tanques.

2.- Bombas de agua cruda a planta desmineralizadora. Se encargan de succionar el agua del tanque de agua cruda para abastecer a la planta desmineralizadora, se cuenta con cuatro bombas en el sistema operando una para alimentar a un tren desmineralizador formado por un catión, un anión débil, un anión fuerte y un lecho mixto. Estas bombas pueden operar en forma manual o semiautomática.

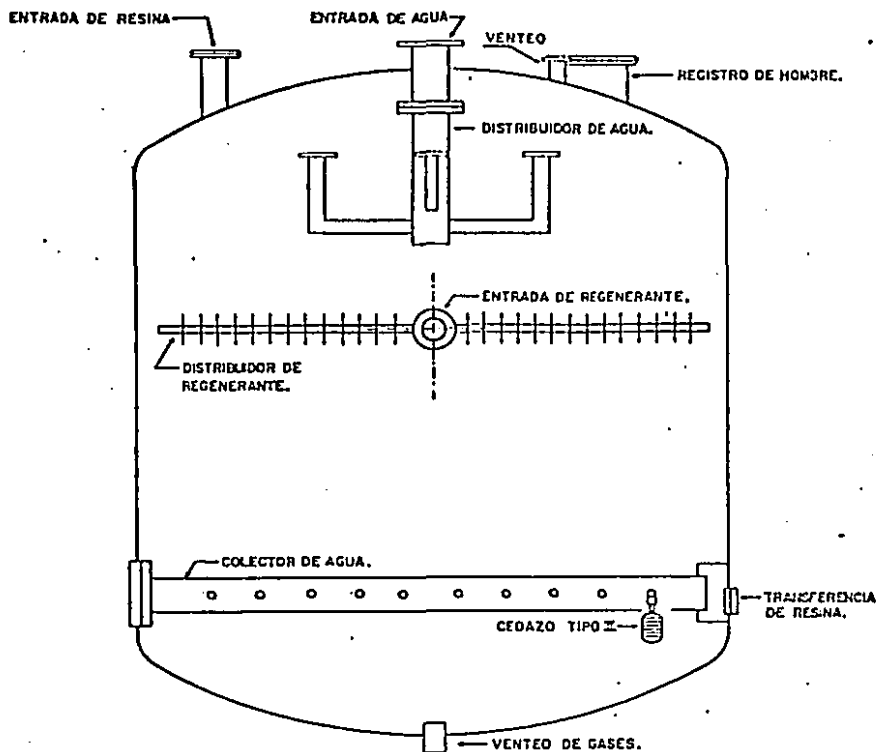
3.- Unidades de intercambio iónico. Estas unidades son las que contienen las resinas de intercambio iónico, que se encargan de retener los sólidos contenidos en el agua que circula a través de ellas con lo que se obtiene una gran cantidad de agua.

En operación normal se tiene en servicio un tren o grupo, mientras el otro estará en regeneración o en reserva, pudiéndose operar en forma manual o semiautomática.

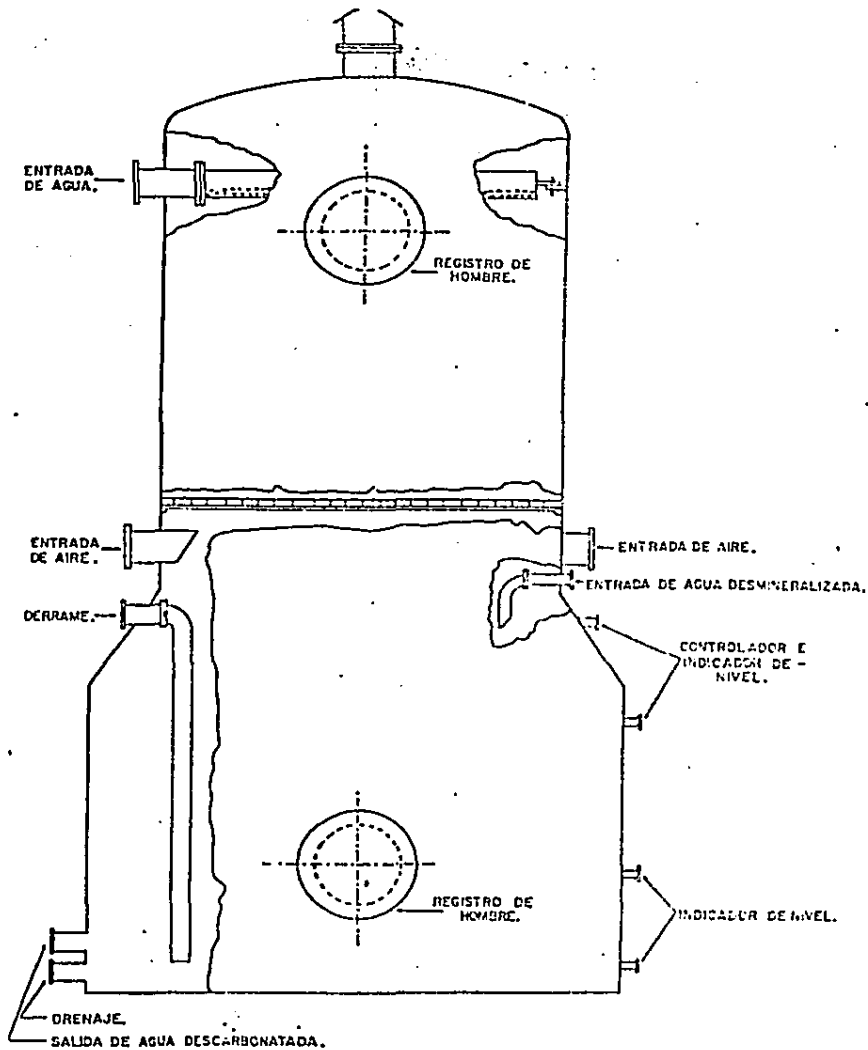
4.- Descarbonatador. Este equipo cumple con la función de eliminar el bióxido de carbono que se forma a partir del ácido carbónico que se origina en las unidades catiónicas, siendo común este equipo a los dos trenes.

El agua que sale de las unidades catiónicas llega a la parte superior del descarbonatador y fluye en éste en forma descendente hasta llegar al tanque almacén del mismo. La parte recta del descarbonatador o torre tiene en su interior un serie de espaldas que fraccionan el agua lo que ocasiona que exista una mayor superficie de contacto entre el agua que fluye descendientemente y el aire que fluye ascendientemente impulsado por dos sopladores colocados en la parte inferior de la torre, lo que hace que el bióxido de carbono se expulse hacia la atmósfera.

5.- Bombas de agua descarbonatada. Se cuenta con tres bombas de este tipo que envían el agua desde el tanque de almacenamiento del descarbonatador hasta el tanque de almacenamiento de agua desminera



Unidad de intercambio iónico



Descarbonador

lizada haciéndola pasar por la unidad aniónica débil, la unidad -- aniónica fuerte y un lecho mixto, estando en operación una bomba para abastecer al tren que esté en servicio, y otra en caso que algún tren esté en regeneración.

6.- Bombas de transferencia de agua desmineralizada. El sistema -- cuenta con dos bombas de transferencia de agua desmineralizada que tienen la función de trasegar el agua del tanque de agua desmineralizada hasta los tanques de agua de condensado o directamente a el condensador principal para reponer las pérdidas del ciclo y mantener un volumen constante de fluido de trabajo en el mismo.

7.- Tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico al 98% y de sosa caústica al 50%. Estos tanques tienen la finalidad de recibir, almacenar y suministrar ácido sulfúrico al 98% y sosa caústica al 50% para su empleo en la regeneración de las unidades de intercambio iónico.

8.- Bombas dosificadoras de ácido y sosa. Estas bombas tienen la finalidad de inyectar el ácido sulfúrico al 98%, desde el tanque de almacenamiento correspondiente a los lechos mixtos y unidades catiónicas para efectuar la regeneración, a su vez las bombas respectivas inyectan el hidróxido de sodio al 50% desde el tanque de almacenamiento hasta las unidades aniónicas y efectuar la regeneración.

9.- Tanque de oscilación. Este tanque se emplea para calentar el agua con que se diluye la sosa caústica a utilizar en la regeneración de las resinas aniónicas tanto de los aniones como de los lechos mixtos. Cuenta con calentadores eléctricos que mantienen la temperatura del agua de dilución en 45°C aproximadamente.

10.- Tanque de lavado de resina. Este tanque tiene la función de recibir alguna carga de resinas que requiera lavado o emplearse como almacén de alguna carga de resina en caso de mantenimiento del intercambiador iónico.

11.- Tablero de control. Este tablero se localiza en el edificio -- que alberga la planta desmineralizadora y cuenta con los controles suficientes para operar todo el conjunto siendo estos controles botones de arranque, selectores, luces indicadoras, etc. Cuenta además con instrumentos supervisorios tales como indicadores de conductividad, registradores de flujo, etc.

Descripción operativa.- El arreglo del equipo descrito anteriormente, forma dos trenes o grupos y cada uno de estos está compuesto de una unidad catiónica (catión); una unidad aniónica débil; una unidad aniónica fuerte y una unidad de lecho mixto. El equipo restante es común a ambos grupos como el descarbonatador y las bombas diversas.

Un grupo puede operar en tres formas o modos:

- + Fuera
- + En regeneración y
- + En servicio.

+ Operación fuera.- Se presenta esta situación cuando el grupo ha agotado su carrera, esto es, que la resina se encuentra agotada y no le es posible efectuar más intercambio iónico por lo que se produce agua con la suficiente calidad para emplearse como regenerante al ciclo. Cuando esto ocurre se debe proceder a efectuar la regeneración de la resina.

+ Regeneración.- El procedimiento para efectuar la regeneración de una unidad de intercambio iónico comprende los siguientes pasos:

- 1.- Retrolavado
- 2.- Inyección de agua de dilución
- 3.- Inyección de regenerante
- 4.- Desplazamiento
- 5.- Enjuage

1.- Retrolavado. En esta operación el agua se hace fluir en forma ascendente a través de la unidad de intercambio iónico con el objeto de eliminar las impurezas que se pudieran haber acumulado durante la operación de la unidad a la vez que se logra que la resina se expanda lo que ayuda a que el regenerante haga buen contacto con ella. En el caso de la unidad catiónica, el retrolavado se efectúa con agua cruda; para el anión fuerte se emplea efluente de los rígenes débiles y para estos se emplea agua proveniente del descarbonador.

Para el lecho mixto el agua para retrolavado se toma del efluente de las unidades aniónicas fuertes y además del objetivo visto anteriormente, con esta operación se logra la separación de la resina aniónica de la catiónica dentro del lecho mixto, la resina aniónica se deposita en la parte superior, lo que facilita la regeneración debido a la diferencia de elemento regenerante para las dos resinas.

2.- Inyección de agua de dilución. El objeto de inyectar este agua es de servir de elemento diluyente para la sustancia regenerante, se ácido sulfúrico o hidróxido de sodio a la vez que, al fluir a través de la unidad hace que esa sustancia se reparta uniformemente en toda la resina. El agua de dilución para las unidades catiónicas -- fluye en forma ascendente a través de la resina y consiste de agua cruda. Para las unidades aniónicas fuertes el agua se toma del agua que de oscilación donde se calienta previamente a 45°C mediante unas resistencias eléctricas, esta agua de dilución puede ser descarbonada o desmineralizada. El agua de dilución que sale del anión fuerte durante la regeneración se hace circular en serie con el anión débil.

En el caso del lecho mixto el agua de dilución proviene del lecho mixto que se encuentra en servicio y fluye ascendente a través de la resina catiónica diluyendo el ácido sulfúrico; el agua de dilución para la resina aniónica proviene del tanque de oscilación -- donde se calienta previamente y fluye en forma descendente.

3.- Inyección del regenerante. A las unidades catiónicas y de lecho mixto, se les inyecta el ácido sulfúrico al 20% en la línea por la que circula el agua de dilución con lo que se logra que la concentración baje al 2% en la etapa final en caso del catión y de 4% en el lecho mixto.

De igual manera se inyecta la sosa cáustica al 50% a los aniones -- fuertes y débiles y lechos mixtos, con lo que la concentración baja al 4%.

4.- Desplazamiento. Esta operación involucra el suspender la inyección del regenerante dejando fluir únicamente el agua de dilución -- con lo que se completa el tiempo de contacto entre la resina y el regenerante. Durante la regeneración del lecho mixto esta operación se efectúa dos veces, una cuando se desplaza el ácido y la otra para desplazar la sosa cáustica.

5.- Enjuague. Se efectúa esta operación con el objeto de eliminar -- el exceso de regenerante que pudiera existir en la unidad de intercambio iónico, el agua de enjuague se hace fluir en forma descendente y se tira al drenaje midiendo su conductividad para determinar -- el final del enjuague.

Después de concluir la regeneración de un grupo, quedará en reserva para entrar en servicio cuando el otro grupo se agote.

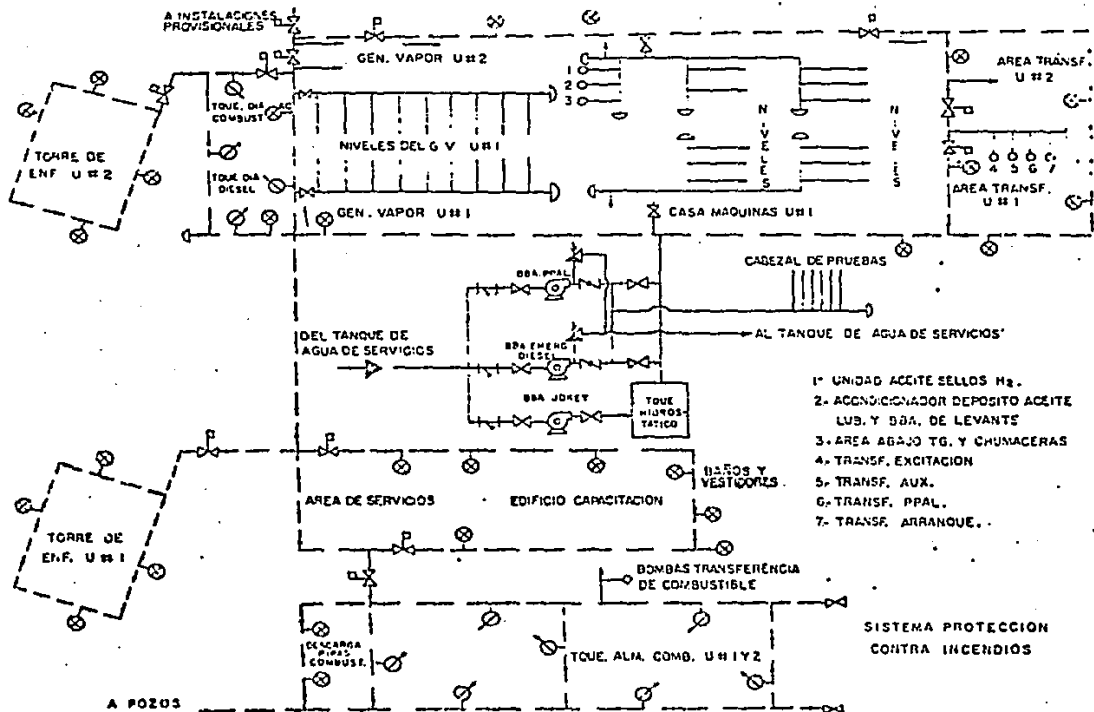
+ En servicio. Se considera en servicio un grupo o tren cuando se encuentra produciendo agua desmineralizada. El recorrido del agua por las unidades de intercambio iónico se efectúa en forma descendente y en serie por todos los elementos del grupo: catión, descarbonatador, anión débil, anión fuerte y lecho mixto. Es práctica recomendable que antes de poner en servicio un tren se deberá dar un enjuague de 5 minutos para asegurar un efluente con las condiciones químicas requeridas.

SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO

Este sistema proporciona agua a presión mediante bombas, para combatir incendios en el predio de la planta, incluyendo torres de enfriamiento, área de recepción de furgones de aceite combustible, tanques de día de aceite combustible, generadores de vapor, casa de máquinas, transformadores y otras áreas de servicio.

Los componentes principales de este sistema son los siguientes:

- 1.- Tanque de agua de servicios. El propósito del tanque de agua de servicios es almacenar agua suficiente para abastecer a los sistemas de agua de servicios, agua para lavado de calentadores regenerativos de aire y sistemas de protección contra incendio. Este tanque cuenta con un indicador de nivel local, interruptores por alto y bajo nivel con señal a una alarma en cuarto de control y al control de nivel del tanque.
- 2.- Bomba principal de agua contra incendio. Esta bomba tiene la función de suministrar agua al sistema de protección contra incendio -- con la suficiente presión y volumen cuando así se requiera. Esta Bomba entrará en servicio cuando el uso del agua del sistema es agotado.
- 3.- Bomba de emergencia de agua contra incendio o bomba diesel. Tiene el propósito de suministrar agua al sistema de protección contra incendio en caso de que la bomba principal no arranque o no haya a-



alimentación eléctrica para la bomba principal.

4.- Bomba de alimentación a tanque hidroneumático o bomba Jockey. - Tiene la función de presurizar el tanque hidroneumático para mantener una presión constante en el sistema de protección contra incendio. En operación normal, esta bomba está presurizando al sistema a través del tanque hidroneumático arrancando cada vez que le llega señal de baja presión en el cabezal que alimenta la red del sistema contra incendio y se pone fuera de servicio cuando le llega señal de alta presión en dicho cabezal.

5.- Tanque hidroneumático. Este, en combinación con las bombas Jockey son los equipos encargados de presurizar toda la red del sistema de protección contra incendio y de mantenerlo en esa condición para tenerlo siempre disponible para entrar en operación en caso de presentarse un siniestro. Este tanque cuenta con un pistón que lo divide en dos partes, la superior que contiene aire y la inferior en la que descarga la bomba Jockey y donde se encuentra conectada el cabezal del sistema de protección contra incendio.

6.- Hidrantes, aspersores y rociadores. Estos son los dispositivos finales del sistema de protección contra incendio. Los hidrantes están distribuidos por toda la Central, mientras que los aspersores se encuentran localizados en las áreas de transformadores, de las unidades de aceite de sellos de hidrógeno, de los acondicionadores y depósitos de aceite de lubricación de la turbinas. Los rociadores cubren las áreas debajo de los turbogrupos y chumaceras.

Descripción operativa.- Las tres bombas del sistema contra incendio succionan el agua de la parte inferior del tanque de agua de servicio en el que existe una reserva de 5 metros de altura en la que se disparan las bombas de agua de servicios. La descarga de la bomba Jockey está conectada al tanque hidroneumático y la salida de éste se une a las descargas de las otras dos bombas por medio de un cabezal, para de ahí alimentar a toda la red. Las bombas están equipadas con válvulas de alivio que recirculan el agua al tanque de agua de servicios.

Como se ha visto anteriormente, el tanque hidroneumático cuenta con un pistón que lo divide en dos cámaras; la superior, que contiene aire y la inferior a la que llega la descarga de la bomba Jockey y de la cual sale también el cabezal que conecta con toda la red del sistema. El pistón se desliza sobre una guía y cuenta con un sello radial que aísla las cámaras de aire y agua. El agua proveniente de la descarga de la bomba Jockey empuja el pistón hacia arriba comprimiendo el aire encerrado en la cámara superior hasta igualarse las presiones, en este momento un interruptor por alta presión en el cabezal que conecta con la red envía una señal a la bomba Jockey para ponerla fuera de servicio. Cuando la presión de la red y el cabezal baja hasta el punto de ajuste del interruptor por baja presión, éste manda una señal a la bomba Jockey para ponerla en servicio y recuperar la presión en el sistema.

SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS

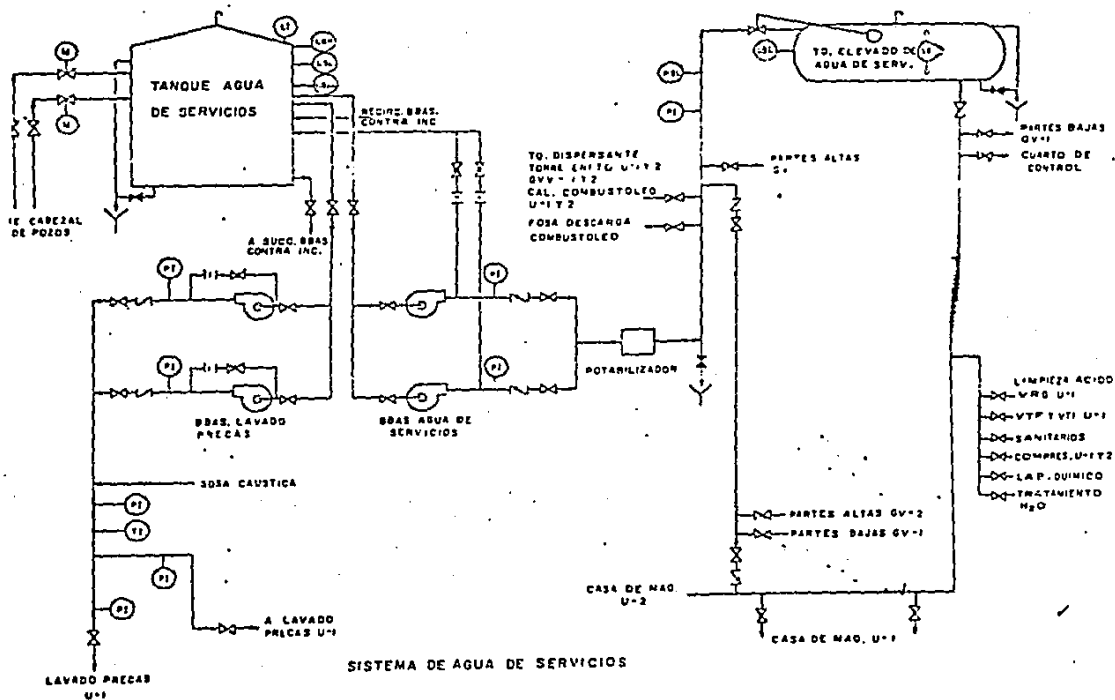
El sistema de agua de servicios tiene la finalidad de suministrar agua relativamente potable, para su empleo general en diversas áreas de la Central donde se requiera. Este suministro de agua se efectúa mediante dos bombas que succionan agua de un tanque y le descargan haciéndolo pasar por un potabilizador de donde se envía al tanque elevado, a las partes altas del generador de vapor, torres de enfriamiento, área de descarga de aceite combustible y tanque de día de aceite combustible. El agua que llega al tanque elevado se distribuye a todas las áreas que se encuentran en un nivel inferior al tanque y abarca las partes bajas del generador de vapor, el cuarto de control, casa de máquinas, área de ventiladores de tiro forzado, tiros inducidos y recirculadores de gases, servicios sanitarios, cuarto de compresores, laboratorio químico y área de tratamiento de agua.

El sistema de agua de servicios incluye además unas bombas de lavado de precalentadores regenerativos de aire y sopladores de hollín de los generadores de vapor.

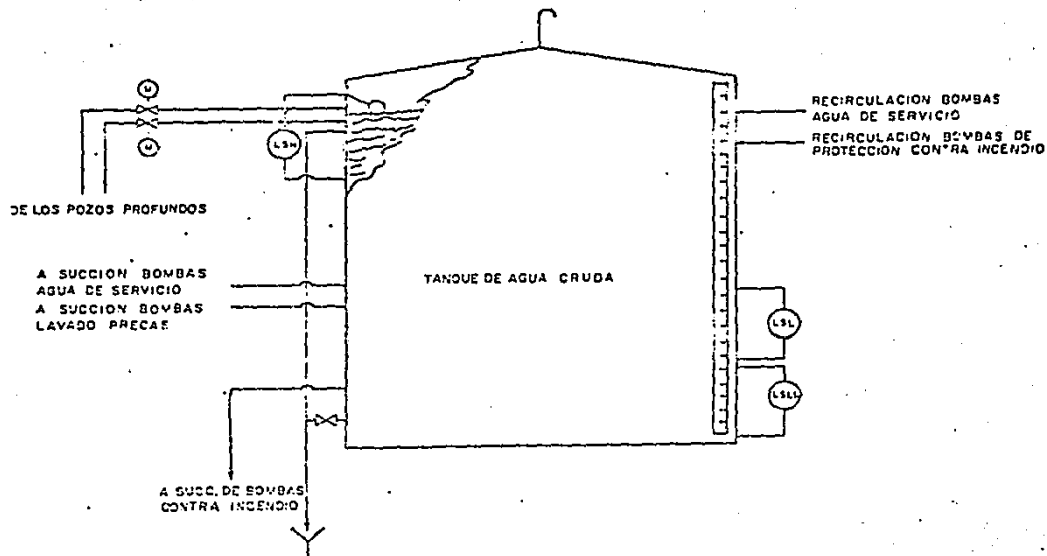
El tanque de almacenamiento de agua de servicios recibe el agua proveniente de los pozos mediante dos cabenales y controla el nivel -- con dos válvulas motorizadas que abren por bajo nivel y cierran por alto nivel en el tanque. Este tanque cuenta con un interruptor de nivel ajustado a 5 metros de altura, el cual cuando opera manda el paro de las bombas de agua de servicios y de lavado de calentadores regenerativos de aire con el objeto de tener una reserva de agua para alimentar el sistema de protección contra incendio.

Los componentes de este sistema son los siguientes:

- 1.- Tanque de agua de servicios. Este tanque tiene una capacidad de 2722 m³ y, como ya se ha visto, recibe agua de los pozos de la planta mediante dos cabenales que cuentan con su respectiva válvula motorizada de control de nivel. Cuenta con una línea que lo comunica con el tanque de agua cruda para casos de emergencia.
- 2.- Bombas de agua de servicios. Se cuenta en el sistema con dos bombas, estando en operación normal una y disponible la otra. Estas bombas alimentan la red de agua de servicios en los puntos elevados del generador de vapor y torres de enfriamiento y al tanque elevado reponiéndolo continuamente.
- 3.- Unidad potabilizadora. Su objetivo es dar un tratamiento al agua utilizada en el sistema de agua de servicios, con el fin de mantenerla en condiciones adecuadas para el consumo humano.
- 4.- Tanque elevado de agua de servicios. Se cuenta con un tanque elevado de agua de servicios, fabricado de lámina de acero al carbón, con capacidad de 12 m³ encargado de suministrar agua a las diversas áreas de la Central a excepción de las partes altas de los generadores de vapor, es decir, alimenta a todas aquellas áreas que están por debajo de la elevación del tanque.
- 5.- Bombas para lavado de calentadores regenerativos de aire. Este



SISTEMA DE AGUA DE SERVICIOS



TANQUE DE AGUA DE SERVICIOS

sistema comprende dos bombas que succionan agua del tanque de servicios y la descargan con la suficiente presión para el lavado de los calentadores de aire regenerativos.

Descripción operativa.- La alimentación al tanque de agua de servicios es a través de dos líneas procedentes de los cabezales de los pozos profundos cada una de ellas cuenta con una válvula motorizada; estas válvulas reciben señal de control de nivel del tanque, de tal forma que abren por bajo nivel y cierran por alto nivel. De este -- tanque sale la tubería que alimenta el cabezal de succión de las -- bombas de agua de servicios a una altura aproximada de 5 metros por la razón ya vista.

Las bombas de agua de servicios descargan a un cabezal común, y de ahí el agua llega a la unidad potabilizadora. Una vez tratada, el agua se envía al tanque elevado de agua de servicios, que cuenta -- con una válvula de flotador en la línea de llenado que abre por ba jo nivel y cicrra por alto nivel evitando derrames.

Antes de llegar al tanque elevado, de la línea se derivan 5 ramales que alimentan el siguiente equipo:

- + Area de caseta de bombas misceláneas
- + Area de tratamiento de agua
- + Torres de enfriamiento y caseta de cloración
- + Fosa de descarga de combustóleo
- + Partes altas del generador de vapor
- + Ventiladores de tiro forzado e inducido
- + Ventiladores recirculadores de gases

De la tubería de salida del tanque elevado de agua de servicios tie ne varios ramales que alimentan las siguientes áreas:

- + Partes bajas del generador de vapor
- + Cuarto de control
- + Servicios sanitarios
- + Cuarto de compresores y enfriamiento de emergencia de los mismos
- + Laboratorio químico
- + Casa de máquinas
- + Tanque de sosa
- + Regadera de seguridad y lavaojos.

La tubería que alimenta el cabezal de succión de las bombas para la vado de los calentadores regenerativos de aire, al igual que las -- bombas de agua de servicios, está a una altura de 5 metros por la razón ya explicada. Estas bombas de lavado, descargan a un cabezal común delante del cual llega una línea de dosificación de hidróxido de sodio, inmediatamente después la línea se divide para alimentar a cada unidad.

9

AIRE

AIRE

SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTOS

Este sistema proporciona aire comprimido a determinada presión para la operación de la instrumentación neumática, tales como: actuadores, posicionadores, etc. El equipo encargado de dar la presión adecuada al aire es el compresor, el cual succiona el aire de la atmósfera, lo comprime y lo descarga a un tanque de almacenamiento de donde se hace pasar por unas torres secadoras en donde se elimina todo vestigio de líquido, el cual provoca problemas en los mecanismos neumáticos a los que se envía. El equipo de que consta este sistema es el siguiente:

1.- Compresores de aire. El objeto del compresor es elevar la presión del aire hasta un valor determinado para su empleo como elemento motriz en el equipo que compone la instrumentación neumática, como actuadores de válvulas, y posicionadores, pistones, herramientas, controles neumáticos y otros servicios.

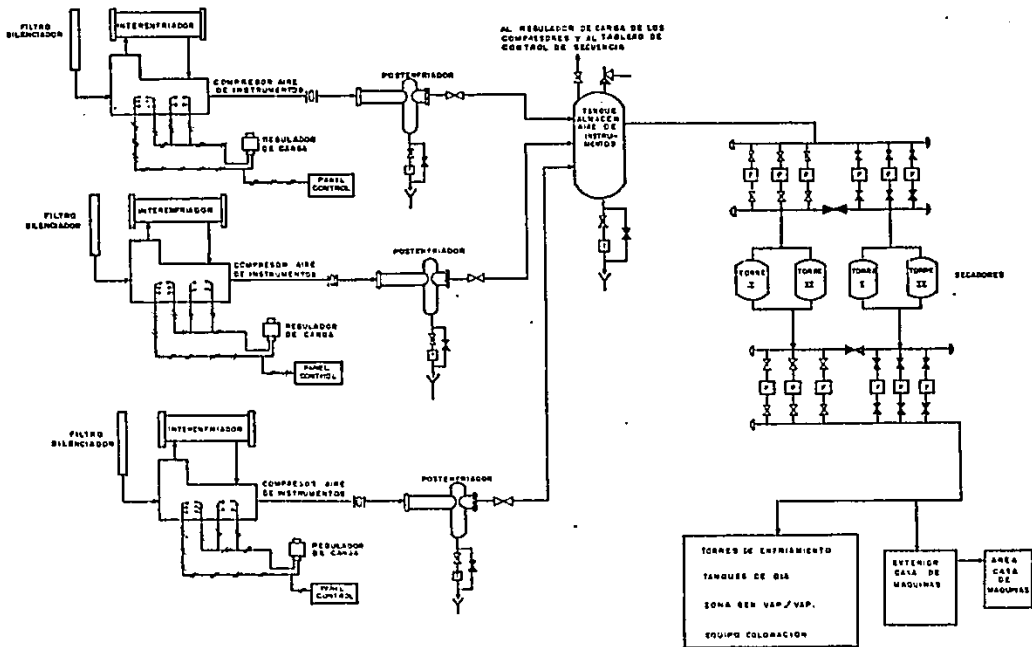
De los diversos tipos de compresores, en una Central se pueden encontrar los siguientes tipos: Reciprocantes, rotatorios y centrifugos. Actualmente el compresor de mayor empleo es el reciprocante, de el tipo XLE.

El compresor toma el aire de la atmósfera a través de un filtro silenciador, el aire entra al cilindro de baja presión a través de las válvulas de admisión del compresor, aquí se comprime y sale por las válvulas de descarga; luego pasa por el interenfriador, donde se disminuye su temperatura y se elimina por condensación parte de la humedad del aire; de aquí se lleva a través de un ducto interior hasta la succión del cilindro de alta presión, pasa por las válvulas de admisión, entra al cilindro de alta presión y se comprime hasta la presión normal de trabajo y sale a través de las válvulas de descarga del compresor.

El condensado que se acumula en el interenfriador se elimina automáticamente mediante una válvula operada por un flotador la cual al subir el nivel en el colector del interenfriador abre y al bajar cierra.

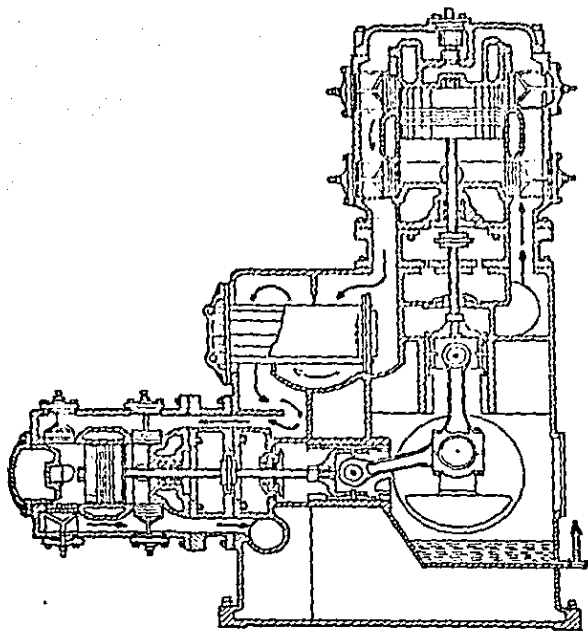
Las válvulas de admisión y de descarga son de tipo automático, se abren y se cierran por la diferencia de presión a través de la válvula y no por articulación mecánica. Cada válvula consiste de un asiento, una placa de asiento, guías, soportes de las guías, equilibradores de flujo, varios canales de válvula que se asientan y cierran, un número correspondiente de puertos en la placa de asiento, láminas de desgaste, y un resorte de hoja arqueado para cada canal de la válvula y una placa de tope que limita la elevación de los canales.

2.- Filtros silenciadores. El objeto de los filtros silenciadores es eliminar el polvo y otros sólidos que se encuentran en suspensión en el aire atmosférico y que pueden ocasionar desgaste o daños

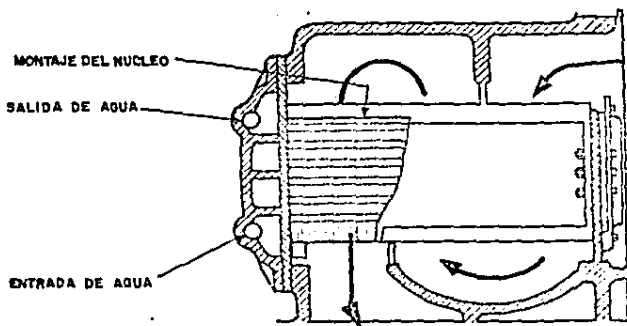


SISTEMA AIRE COMPRIMIDO DE INSTRUMENTOS

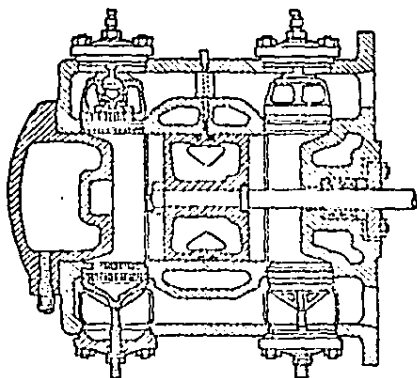
CARGAS DE AIRE



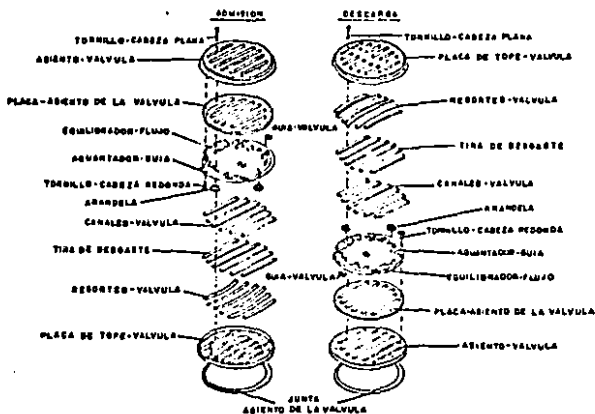
CORTE DE UN COMPRESOR



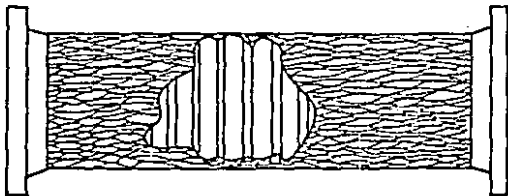
ENFRIADOR INTERMEDIO



CILINDRO-AIRE A ALTA PRESION



VALVULAS DE CANAL "A"-ADMISION Y DESCARGA (TIPICAS)



AMORTIGUADOR DE PULSACIONES DE UN COMPRESOR

en los cilindros del compresor, a la vez que disminuye el ruido ocasionado por la succión. Los filtros silenciadores consisten de una cubierta metálica que encierra una malla de alambre exterior, una tela de fieltro, fibra de vidrio o hule espuma y una malla de alambre exterior, todo esto soportado por unas barras metálicas.

3.- Amortiguador de pulsaciones. El objeto del amortiguador de pulsaciones es aislar la tubería de descarga de las vibraciones naturales del compresor cuando está en operación y de compensar las dilataciones y contracciones de la tubería debido a cambios de temperatura y durante los arranques y paros.

El amortiguador consta de un fuelle de aluminio cilíndrico, una cubierta protectora de tela de alambre trenzado y sujeto a la línea de descarga por bridas.

4.- Postenfriador. Cumple la función de enfriar el aire que descarga el compresor para reducir el volumen y almacenar mayor cantidad de aire en el tanque de almacenamiento además de eliminar parte de la humedad del aire en el separador de humedad integrado. Consiste en una serie de tubos formando un intercambiador de calor en el que por el interior de los tubos circula el aire y por el exterior el agua de enfriamiento. Consta de una sección de separación de humedad que está formada por una cubierta exterior con válvula de seguridad y una serie de mamparas.

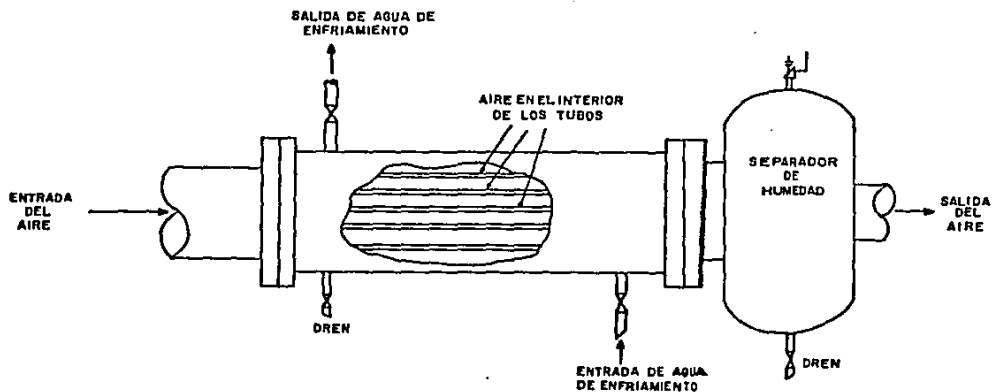
El aire llega al postenfriador y se hace pasar por el interior de los tubos del enfriador, reduciendo su temperatura de donde pasa al separador de humedad, en donde las mamparas lo obligan a realizar un recorrido en zigzag, dejando la humedad en ellas este condensado escurre, se recolecta en el fondo del separador y se elimina abriendo momentáneamente la válvula de drenaje; el aire finalmente sale del separador y se envía al tanque de almacenamiento.

5.- Tanque de almacenamiento. Tiene la función de almacenar el aire a la presión de trabajo para permitir el uso del mismo cuando sea necesario. Este tanque funciona como receptor, almacenador y distribuidor del aire que envían los compresores. A la vez en el también se condensa parte de la humedad del aire, por lo que cuenta con un dren en la parte inferior que opera automáticamente.

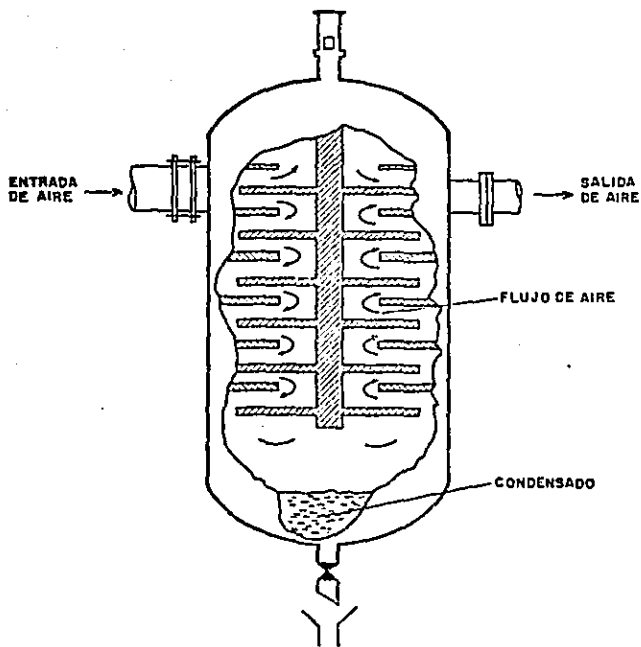
6.- Secadores de aire. El objeto de los secadores de aire es el de eliminar la humedad residual que no se pudo condensar en las etapas anteriores, aire que se emplea en los instrumentos y controles, para evitar que estos últimos se obstruyan, se descalibren o se atoren por efecto de oxidación causada por la humedad.

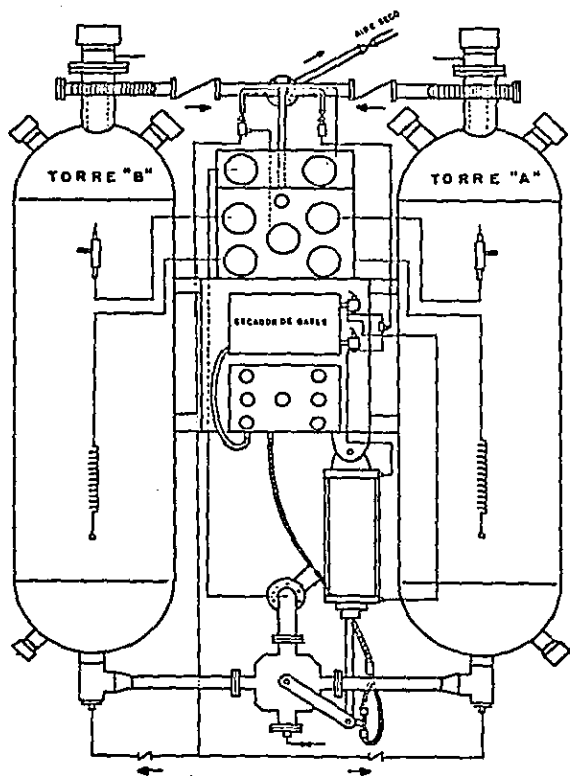
Considerando que se cuenta con dos torres de secado de aire, la operación de las mismas consiste en dos etapas alternadas, esto es, mientras una torre se encuentra en servicio, la otra se encuentra en regeneración y viceversa.

Cuando una torre se encuentra en operación normal, el aire entra por la válvula de cuatro vías, llega a la parte inferior de la torre, entra y pasa a través de la alúmina activada en forma ascendente para salir ya seco por la parte superior, pasa por una válvula -



EL POSTENFRIADOR

**SEPARADOR DE HUMEDAD**



SECADOR DE AIRE

check de descarga y sale hacia los postfiltros. En tanto que la otra torre se encuentra en regeneración, para lo cual, una parte del aire seco de descarga de la torre que está en servicio se desvía hacia la parte inferior de la torre en regeneración, se introduce a la torre en forma ascendente a través de un calentador eléctrico, después este aire caliente pasa por la alúmina en forma descendente y la humedad se absorbe ahora por el aire caliente, caliendo por la parte inferior de la torre en regeneración, pasa por la válvula de cuatro vías, y después descarga a la atmósfera a través de la válvula de dren.

Una vez que la alúmina de la torre en regeneración está seca, el calentador eléctrico se desactiva y el aire seco inicia el enfriamiento de la alúmina, cuando termina el período de enfriamiento, se cierra la válvula de purga con lo que la torre va adquiriendo poco a poco la presión del sistema y queda lista para operación.

7.- Filtros. Tienen el objeto de eliminar el polvo, basuras y otras partículas mayores de 25 micras que pueden ser arrastradas hacia las tuberías del sistema de aire de instrumentos, que pueden ocasionar problemas de obstrucción o atorar los mecanismos de los equipos de control. Los filtros están constituidos por una cubierta exterior, un cartucho filtrante removible, un tapón y un dren.

Descripción operativa.- El sistema de aire de instrumentos puede consistir en un grupo de 2 o 3 compresores, cada uno del 100% de capacidad, estando uno en operación y el o los demás en respaldo, listos para operar en caso de falla o que la demanda de aire sobrepase la capacidad de un solo compresor.

El recorrido del aire comienza cuando es succionado de la atmósfera por el compresor a través de los filtros silenciadores pasa el aire al cilindro de baja presión, posteriormente al de alta presión pasando por el interenfriador para salir del compresor a la presión adecuada (aproximadamente 7 Kg/cm^2)

El aire descarga a través de una tubería hacia el postenfriador donde su temperatura baja a la temperatura ambiente. De aquí el aire pasa a el separador de humedad integrado a la salida del postenfriador en donde se elimina parte del agua que va como vapor junto con el aire, posteriormente el aire se descarga al tanque de almacenamiento. De este tanque se envía por una tubería hacia los pre-filtros de los secadores de aire para eliminar impurezas que puedan obstruir los secadores, se tienen dos grupos de tres pre-filtros, uno en operación y el otro de respaldo.

El aire pasa por los secadores en donde se le elimina la humedad al hacerlo pasar por una substancia absorbente. El aire ya libre de humedad que sale de las torres secadoras se pasa a través de unos postfiltros que se encargan de eliminar cualquier arrastre de material secante.

SISTEMA DE AIRE DE SERVICIOS

La función de este sistema es el de proporcionar aire comprimido para abastecer diferentes servicios tales como limpieza, movimiento de herramientas, además de suministrar aire para la atomización del combustible diesel para el encendido inicial del generador de vapor y para el enfriamiento de las cámaras de TV del hogar.

Debido a que este aire no se emplea en equipo delicado, que amerite que el aire esté libre de humedad, el suministro a los diferentes equipos se efectúa directamente del tanque de almacenamiento.

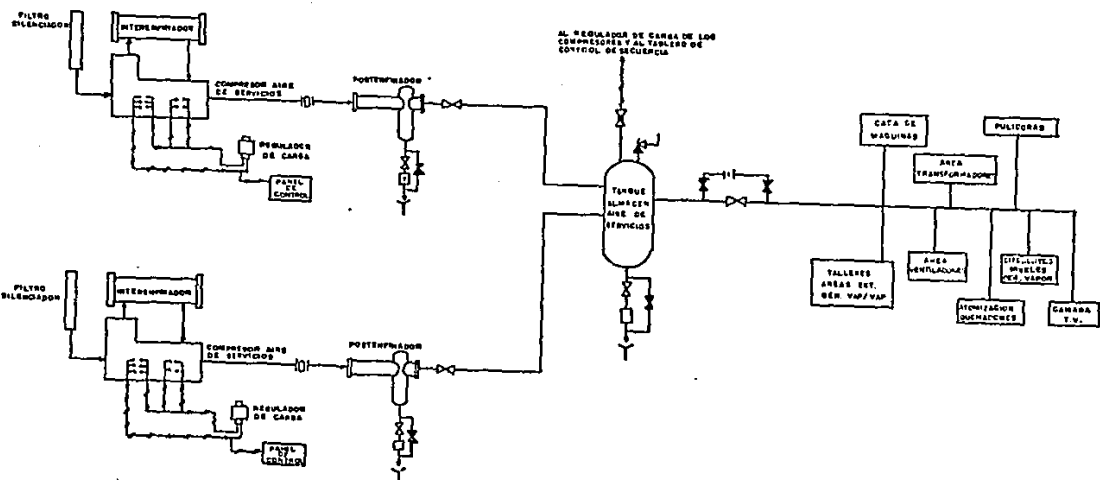
El equipo con que cuenta este sistema es de características similares al del sistema de aire de instrumentos con la diferencia que no se cuenta con torres secadoras de aire; la relación de equipo del sistema es la siguiente:

- 1.- Compresores de aire
- 2.- Filtros silenciadores
- 3.- Amortiguadores de pulsaciones
- 4.- Postenfriadores
- 5.- Tanque de almacenamiento

Descripción operativa.- Generalmente este sistema cuenta con un compresor en operación y otro en reserva, cada uno de estos con capacidad del 100%. Estos compresores succionan el aire de la atmósfera a través del filtro silenciador y lo comprimen hasta el valor nominal.

El aire se descarga a través de una tubería hacia el postenfriador donde se enfría hasta la temperatura ambiente para pasar después al separador de humedad en donde se elimina parte del agua que va como vapor junto con el aire, después pasa al tanque de almacenamiento. De este tanque el aire se distribuye por medio de un cabezal, y ramificaciones de tuberías a las siguientes áreas de la central y servicios:

- a) Talleres, áreas exteriores y generador vapor/vapor
- b) Casa de máquinas
- c) Area de ventiladores
- d) Area de transformadores
- e) Diversos niveles del generador de vapor
- f) Unidades pulidoras de condensado
- g) Atomización de diesel en quemadores de arranque
- h) Enfriamiento de cámaras de TV del hogar del generador de vapor.



SISTEMA AIRE COMPRIMIDO (aire de servicios)

10

SISTEMAS ELECTRICOS

SISTEMAS ELECTRICOS

SISTEMA DE 20 KV

He considerado conveniente por facilidad de explicación empezar por el sistema de 20 KV que es la tensión a la que operan los generadores de las Centrales Termoelectricas y de ahí describir los demás sistemas, hacia niveles inferiores de voltaje (4.16 KV, 480 V, 220 V y 127 V) y hacia niveles superiores de voltaje (115 KV, 250 KV y 400 KV).

También con motivo de explicación de dichos sistemas, he considerado dos generadores de 300 MW de capacidad y 20 KV como tensión de generación.

El equipo que interviene en el sistema de 20 KV es el siguiente:

- a) Generador eléctrico
- b) Bus de fase aislada
- c) Equipo de protección (TP y TC)
- d) Equipo de excitación
- e) Transformador de auxiliares
- f) Transformador principal
- g) Transformador de arranque

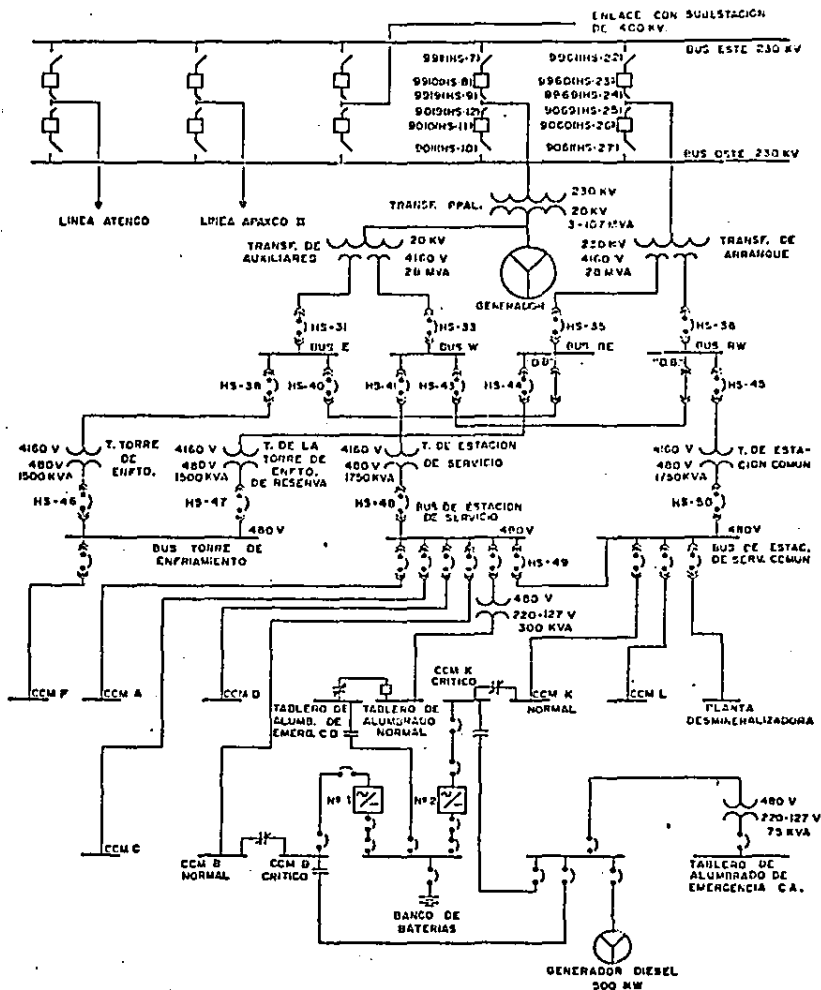
El diagrama unifilar consta de dos generadores eléctricos de 345MVA F.P. = 0.9, tensión de generación 20 KV, 3600 RPM, 60 Hz, enfria -- miento con hidrógeno.

Estos generadores están conectados a un banco trifásico formado por transformadores monofásicos de 20/400 KV, 120 MVA, a través de buses de fase aislada que a su vez tienen derivaciones a los transformadores auxiliares, transformadores de excitación y al tablero de protección de sobretensiones súbitas.

El neutro de los generadores está conectado a tierra a través del -- primario de un transformador de distribución. Las barras conductoras del bus de fase aislada constan de secciones angulares de aluminio capaces de soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos de cierto circuito y soportadas por aislantes de porcelana que corresponde al aislamiento de la barra y una envolvente tubular de aluminio que -- protege a todo el conjunto. Estas barras conductoras cuentan con conectores flexibles para conectarse a los transformadores, así como a las terminales del generador para absorber las dilataciones y -- contracciones o las vibraciones de los equipos.

El gabinete en que se encuentran alojados los transformadores de potencial y la protección de sobretensión está ubicado en el nivel -- céntrico de la casa de máquinas abajo del bus de fase aislada.

Los transformadores de potencial (TP) alojados en este gabinete son dispositivos que sirven para transformar la alta tensión de salida del generador que son 20 KV a una tensión de 120 V, consisten de 2 juegos de 3 transformadores cada uno, conectados en estrella-estrella



lla y se utilizan un juego para la protección de desbalance de fas es y señal para el regulador de voltaje, el otro juego se utiliza para señal del sincronoscopio, protección de sobretensión, protección de sobreexcitación, protección de baja frecuencia y medición del generador.

La protección de sobretensión debido a descargas atmosféricas, consiste en un apartarrayos del tipo interior para una tensión nominal de 25 KV y un capacitor de 0.125 μ f conectados en paralelo en cada fase, para derivar a tierra las sobretensiones que puedan ocurrir por descargas atmosféricas, protegiendo así los devanados del generador.

Los transformadores de corriente (TC), son dispositivos que se utilizan para transformar las grandes corrientes del generador que son del orden de los 10,000 A, a valores de 5 A, para poder usar esta corriente como señal para el control, protección y medición del propio generador, se encuentran instalados en los bornes de salida del generador, dispuestos de la siguiente manera:

- a) Un juego de tres transformadores (uno por fase) en las salidas para cierre de la estrella y un juego similar en las salidas de las fases para protección diferencial del generador.
- b) Un juego de tres transformadores (uno por fase) en las salidas para cierre de la estrella para la protección diferencial del conjunto generador-transformador principal.
- c) Un juego de tres transformadores en las salidas para el cierre de la estrella para las protecciones de impedancia, direccional de potencia, pérdida de campo, baja potencia y corriente de secuencia negativa.
- d) Un juego de tres transformadores en las salidas de potencia para la medición de corriente, potencia activa y potencia reactiva.
- e) Un transformador en la salida de potencia fase "B" para la señal de corriente para el regulador de voltaje.
- f) Un transformador en la salida de potencia fase "C" para la protección de baja corriente del generador.

El equipo de excitación consta de un transformador de excitación y de un tablero de regulación; el transformador de excitación es del tipo interperic de 4000 KVA y con una relación 20,000/700 V.

El tablero de excitación y regulación contiene en su interior el puente de rectificación trifásico de onda completa a base de thyristores que recibe la tensión del transformador de excitación y la rectifica para que sea utilizada en el campo del generador; el interruptor de campo que interrumpe la corriente continua de excitación proveniente del puente de rectificación; la resistencia de descarga del campo, que utiliza para descargar el voltaje remanente del campo cuando se pone fuera de servicio el generador, el regulador de voltaje también se encuentra en el interior del tablero de excitación y que operando en manual o automático, conserva fijo el vol

je en las terminales del generador, mediante la variación del ángulo de disparo de los thyristores del puente rectificador.

El transformador de auxiliares es del tipo intemperie con tres devanados enfriado por aceite con sistema OA/FA, con una relación de transformación de 20/4.16 KV, 60 Hz, conexión delta/estrella con neutro conectado a tierra a través de una impedancia. Está conectado en su devanado primario al bus de fase aislada y sus dos devanados secundarios a los tableros de 4.16 KV.

El transformador principal está formado por un banco de tres transformadores monofásicos y uno de reserva, con capacidad de 107 MVA - c/u, relación de 20/400 KV, tipo de enfriamiento OA/FA y FOA conectados en el lado de baja tensión (20 KV) a las salidas del generador mediante el bus de fase aislada en conexión delta, y en el lado de alta tensión (400 KV) en conexión estrella con neutro a tierra - va directamente al bus de 400 KV a través de los interruptores de máquina.

Estos transformadores suelen tener cambiadores de taps sin carga en el lado de alta tensión para obtener una variación de $\pm 5\%$ de la tensión nominal.

El sistema de protección contra sobretensiones de origen atmosférico consiste en apartarrayos que están asociados directamente al transformador.

También cuenta con protección contra incendio por medio de un sistema de rocío de agua que se combina con el sistema de la casa de máquinas.

El transformador de arranque, también llamado de reserva, puede estar alimentado del bus de 230 KV o de 115 KV y reduce la tensión a 4160 V para alimentar al equipo auxiliar que trabaja con esta tensión, esta alimentación se tiene normalmente durante el período en que la generación propia de una unidad, no puede satisfacer la demanda de sus equipos auxiliares. Este transformador es trifásico con dos devanados secundarios (X,Y), la energía eléctrica de uno de los devanados secundarios sale por seis cables para alimentar a un bus de reserva de 4160 V, la energía del otro devanado secundario sale en forma similar al anterior para alimentar a otro bus de reserva de 4160 V.

SISTEMA DE 4.16 KV

De la salida del generador eléctrico (bus de fase aislado) antes de el transformador principal, se deriva una conexión al transformador de auxiliares o transformador auxiliar como algunas veces se le llama, este transformador se encarga de reducir la tensión de 20 KV a 4.16 KV y alimenta al bus de 4.16 KV y éste a su vez alimenta a los diferentes motores de 4160 V a través de sus respectivos interruptores alojados dentro del tablero de 4160 V. Además de uno de los gabinetes del tablero de 4160 V se alimenta el transformador de servicios propios y éste reduce la tensión de 4160 V a 480 V para alimentar a los motores que trabajan con este nivel de voltaje, a través

de sus respectivos buses, tableros e interruptores.

Cada unidad cuenta con dos tableros blindados de 4160 V que se alimentan del transformador auxiliar de doble devanado, cada tablero se conecta a uno de los devanados; estos tableros a su vez cuentan con un respaldo, que son los tableros blindados de reserva de 4160 V alimentados del transformador de reserva de 230/4.16 KV, como se puede observar en el diagrama unifilar correspondiente.

En caso de falla del transformador auxiliar, las cargas de los tableros blindados de unidad se transfieren automáticamente a los tableros blindados de reserva a través de los interruptores de enlace.

Este sistema de 4.16 KV, constituye la alimentación normal de energía a los transformadores de las subestaciones unitarias (4160/480 V) que a su vez alimentan a todo el sistema de 480 V de servicios propios, servicios de reserva y torre de enfriamiento (cuando se cuenta con ella).

Normalmente todas las derivaciones de estos tableros (4.16 KV) son a través de interruptores de aire, removibles, de energía almacenada, controlados por un circuito de 125 VCD derivados de un bus localizado a todo lo largo del tablero; además contienen un bus de 220/127 VCA para alimentar las resistencias calefactoras de cada cubículo.

SISTEMA DE 480, 220 y 127 VOLTS

El sistema de auxiliares de 480 V, está constituido por subestaciones unitarias de 4160/480 V de servicios propios, servicios de reserva y servicios de torre de enfriamiento si las hay. Las subestaciones unitarias (4160/480 V) se alimentan de los tableros blindados de 4160 V a través de los transformadores de servicios propios, que para unidades de 300 MW, pueden tener una capacidad de 1500 KVA cada uno. El sistema de 480 V, tiene por objeto suministrar la energía eléctrica para los motores con capacidades de 60 a 300 HP, a los centros de control de motores (CCM) y a los transformadores de alumbrado.

Se tiene un enlace entre los tableros de 480 V de cada unidad alimentado de un transformador común (reserva) que enlace automáticamente en caso de falla de cualquier transformador de servicios propios (subestaciones unitarias).

Los tableros de 480 V, normalmente tienen un bus de fase desnuda para mantener una elevación de temperatura de 55°C sobre la temperatura ambiente.

Los interruptores principales y los interruptores de enlace, por lo general tienen relevadores de sobrecorriente instantánea (50), relevadores de sobrecorriente con tiempo (51) y relevador de falla a tierra (51), todos estos relevadores actúan sobre un relevador auxiliar de bloqueo (86).

Los tableros de los CCM, alimentan con 480 V a los equipos auxiliares pequeños de la Central tales como motores de menos de 50 HP.

Algunos de estos CCM, tienen una sección normal que recibe la alimentación del tablero de 480 V respectivo, pero tienen además otra sección crítica, que en condiciones normales reciben alimentación de la sección normal y en condiciones de emergencia (que falte la alimentación normal) se alimenta del generador diesel de emergencia. Con lo anterior es posible alimentar a los servicios esenciales, como los cargadores de baterías, bombas de lubricación al turbogenerador, bombas de aceite de sellos del generador, etc.

El sistema de alumbrado de la central se alimenta del tablero de 480 V por medio del transformador de alumbrado normal, este transformador reduce la tensión eléctrica de 480/220-127 V, alimentando así el tablero de alumbrado normal.

Este tablero alimenta sus propios circuitos y luminarias, pero además alimenta al tablero de alumbrado de emergencia a través de los interruptores correspondientes, de esta manera en condiciones normales las lámparas del alumbrado de emergencia estarán trabajando con corriente alterna que viene del tablero de 480 V a través del transformador de alumbrado y por el tablero de alumbrado normal.

En caso de emergencia (al fallar la CA), los tableros de alumbrado de emergencia recibirán corriente directa de su respectivo tablero a través de sus contactos normalmente abiertos, pero que se cerrarán cuando falle la CA.

GENERADOR DIESEL Y SISTEMA DE CD

El generador diesel de emergencia tiene por objeto alimentar energía eléctrica de emergencia cuando falle la alimentación del generador principal o la alimentación exterior al transformador de reserva. Este generador diesel debe tener la capacidad para alimentar a los tableros que alimentan los servicios esenciales de las dos unidades y además a los cargadores de baterías.

El generador diesel debe operar satisfactoriamente para los KVA, FP y frecuencia nominales y con los voltajes de salida fijados dentro de $\pm 5\%$ del voltaje nominal de 480 V.

El sistema de CD alimenta energía eléctrica al equipo esencial de la Central de acuerdo a dos situaciones de operación:

a) En condiciones normales, el sistema de corriente directa alimenta al equipo siguiente:

- + Circuitos de control de los interruptores de 4.16 KV
- + Cuadros de alarmas
- + Relevadores de protección
- + Algunos instrumentos registradores y de control

b) En condiciones de emergencia, el sistema de CD alimenta a:

- + Alumbrado de emergencia
- + Circuitos de control de los interruptores de 4.16 KV
- + Cuadros de alarmas
- + Relevadores de protección
- + Bombas de emergencia de aceite de lubricación a chumaceras de turbina
- + Bombas de emergencia de aceite de sellos del generador

Los CCM de esenciales o críticos, en condiciones normales, se alimentan de sus respectivos CCM normales, a través de unos contactos normalmente cerrados como se aprecia en el diagrama. En condiciones de emergencia estos CCM de esenciales, se alimentan del generador diesel de emergencia, a través de los contactos normalmente abiertos, que serán cerrados por un "supervisor" de corriente alterna, que al detectar que no hay voltaje en el CCM de esenciales y al sentir voltaje que le llega del generador diesel, ordena abrir los contactos normalmente cerrados del CCM normal y ordena cerrar los contactos normalmente abiertos de la alimentación del generador diesel. En estas condiciones de emergencia, el generador diesel podrá alimentar con CA de 480 V al equipo esencial por medio de los CCM de esenciales o críticos. Este equipo llamado esencial puede ser:

- + Motor del tornaflecha
- + Bomba de aceite de lubricación en tornaflecha
- + Bomba de aceite de sellos del generador
- + Cargadores de baterías.

Los cargadores de baterías están alimentados por 480 V de CA, rectificando esta corriente para entregarla como corriente directa de 125 V, normalmente se tiene un cargador para cada unidad y un cargador común que recibe su alimentación del bus de reserva esencial de 480 V y entrega la CD de 125 V a un bus común que puede alimentar al tablero de 125 VCD de cualquier unidad.

El tablero común de 125 VCD, se puede alimentar de cualquiera de las dos unidades, pero no de ambas simultáneamente, o sea que cuando cierra el interruptor de la unidad No. 1, abre el de la unidad No.2 y viceversa.

Los bancos de baterías en condiciones normales están tomando la corriente de carga de los buses de 125 VCD respectivos, pero en condiciones de emergencia estos bancos alimentan a los buses de 125 VCD.

En caso de emergencia, al fallar la corriente alterna, los tableros de alumbrado de emergencia, recibirán corriente directamente de su respectivo tablero de CD, a través de sus contactos normalmente abiertos que se cerrarán cuando el supervisor de CA detecte que falla la CA.

El generador diesel de emergencia, además de alimentar durante las emergencias a los tableros de servicios esenciales, también alimenta en estas situaciones a los transformadores de alumbrado de emergencia, estos reducen la tensión de 480 a 220-127 V para alimentar a los tableros de alumbrado de emergencia de CA.

Características del equipo:

a) Cargadores de baterías.- El tablero de cada cargador contiene -- los instrumentos de medición, control y señalización necesarios para su correcta operación.

+ El voltaje de flotación.- Es el voltaje de 129 VCD, necesarios para mantener cargando el banco de baterías, compensando solamente -- las pérdidas de carga del banco.

+ El voltaje de igualación.- Es el voltaje de 140 VCD, necesarios para recargar al banco. Generalmente el voltaje de igualación, se debe aplicar al banco, después de una operación de descarga del mismo o cuando la densidad de la celda piloto baje 10 puntos, o cuando en alguna celda baje el voltaje promedio más de 0.05 volts.

b) Banco de baterías.- Los bancos de baterías en condiciones de emergencia alimentan a las bombas de emergencia de lubricación de la turbina, bombas de aceite de sellos del generador, alumbrado de emergencia, a todos los controles y algunas protecciones.

Cada banco de baterías está formado por 60 celdas de plomo y ácido, cada celda es de 2.15 V y conectadas en serie por lo que en los terminales del banco se tienen (2.15 X 60) 129 VCD. La capacidad de cada banco es de 1216 ampere-hora (A-H).

La densidad del electrolito de las celdas a plena carga es de 1200 con una temperatura de 20 a 25°C.

Cuando el banco está en flotación, el cargador normalmente le aplica 129 V y le alimenta una corriente de 12 A aproximadamente.

Cuando el banco está en igualación, el cargador le aplica 140 V y le alimenta una corriente de 50 A aproximadamente.

Al estar en proceso de carga, el banco de baterías despiden hidrógeno, que al combinarse con el aire en ciertas proporciones (35% de H₂ y 65% de aire) puede producir una mezcla muy explosiva, por lo que se recomienda mantener bien ventilado el cuarto de baterías y prohibido fumar.

c) Planta diesel de emergencia.- Consta de un motor diesel que impulsa a un generador de CA y a su respectivo excitador.

El motor diesel acoplado al generador hace girar el rotor donde están alojadas las bobinas, las que al ser alimentadas por corriente directa, producen un campo magnético (normalmente de 4 polos). Al girar este campo magnético, las líneas de fuerza cortan los conductores de las bobinas del estator, produciéndose así la tensión eléctrica de 480 V y 60 Hz.

Al alimentar los circuitos esenciales, circulará una corriente del estator hacia la carga conectada; al aumentar la carga conectada al generador, baja la tensión de generación, pero al aumentar la corriente de excitación a las bobinas del rotor, aumentará la tensión eléctrica generada en el estator.

En consecuencia la corriente de excitación, controla la tensión de salida del generador; este control puede ser automático, lo que significa que la corriente de excitación varía automáticamente entre las variaciones de carga, para mantener constante la tensión eléctrica en las terminales del generador.

Como la frecuencia depende de la velocidad del rotor del generador, entonces depende también de la velocidad del motor diesel y por ello el gobernador controla manualmente la frecuencia que debe mantenerse en 60 Hz. El gobernador es un regulador manual de la velocidad del motor diesel y en consecuencia regula también la velocidad del rotor del generador acoplado al motor; cuando la frecuencia es tá baja debe colocarse la perilla del gobernador en posición de "subir", para acelerar el motor y subir la frecuencia, con la perilla en posición de "bajar", se disminuye la velocidad y por ende la frecuencia.

Estas plantas diesel tienen un control remoto de arranque del motor diesel. Para poner en servicio el motor diesel debe ponerse la manija en posición de "calentar" y sostenerla durante un minuto aproximadamente, con lo cual unas resistencias eléctricas calientan el motor. Al pasar a la posición de "arranque", empieza a funcionar el motor de arranque poniendo en servicio el motor diesel.

SISTEMA DE 400 KV

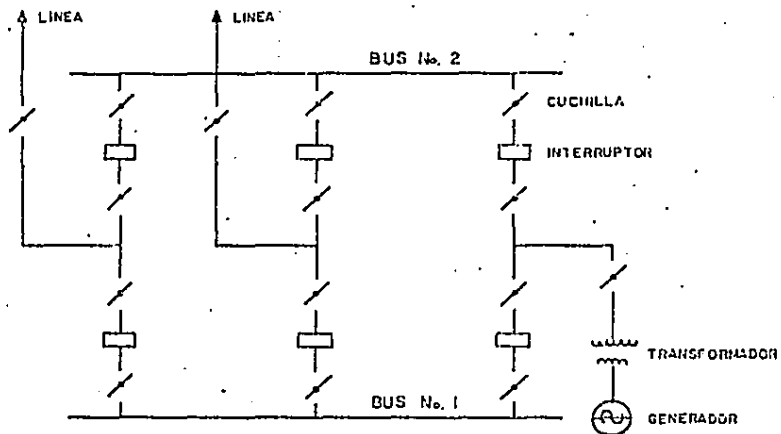
El nivel de voltaje para una subestación de una planta generadora, depende de los requerimientos de carga y la distancia de las líneas de transmisión. Muchas plantas Termoeléctricas e Hidroeléctricas, se tá localizadas a grandes distancias de los centros de carga, por conveniencia en la localización de fuentes de agua de enfriamiento o fuentes económicas de combustible. Por esta razón el nivel de voltaje de transmisión más conveniente y más comúnmente usado es 400KV.

Para un sistema de 400 KV existen varios arreglos de bus principal, que determinan el arreglo físico y eléctrico del equipo de switchgear

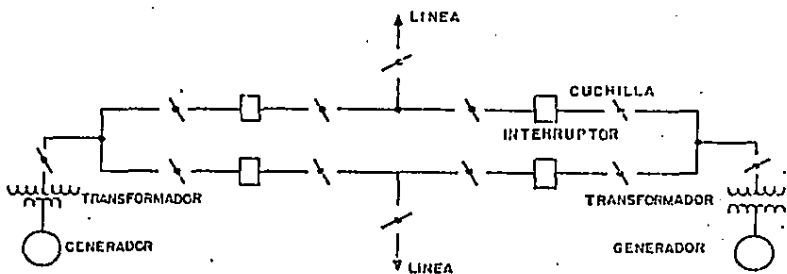
a) Doble bus, doble interruptor.- El esquema doble bus doble interruptor, requiere dos interruptores para cada circuito alimentador. Normalmente cada circuito es conectado a ambos buses, en algunos casos, la mitad de los circuitos operan con cada bus. Para estos casos las fallas en el bus o en los interruptores, causarían la pérdida de la mitad de los circuitos. La localización de los buses principales deberá prevenir que una falla involucre a ambos buses. El uso de dos interruptores por circuito, hace que este esquema tenga un costo muy elevado, sin embargo, es muy flexible y confiable cuando todos los circuitos están conectados para operar con ambos buses.

b) Doble bus, interruptor y medio.- El esquema de doble bus, interruptor y medio, tiene 3 interruptores en serie entre dos buses principales, 2 circuitos están conectados entre los 3 interruptores, de aquí el término de interruptor y medio.

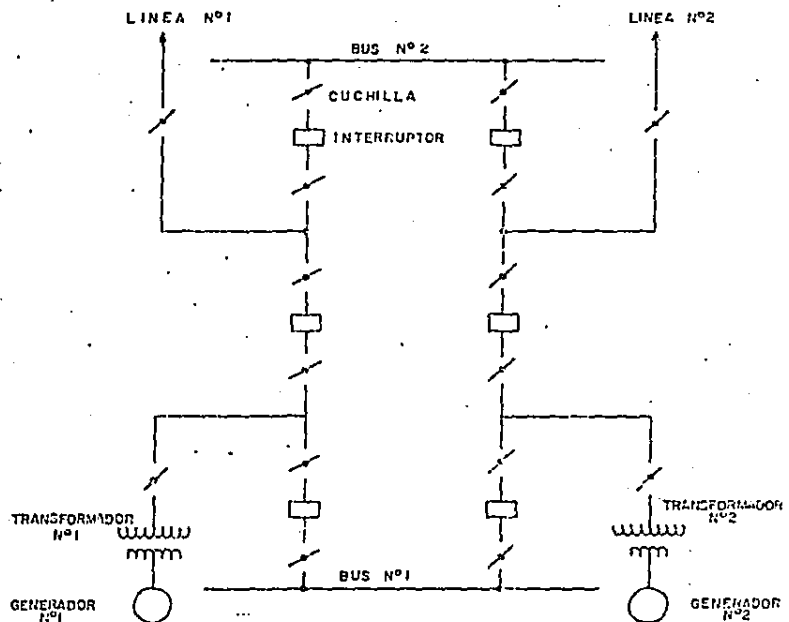
Este modelo se repite a lo largo de los buses principales, de manera que uno y medio interruptores son usados para cada circuito.



DOBLE BUS, DOBLE INTERRUPTOR



BUS EN ANILLO



DOBLE BUS, INTERRUPTOR Y MEDIO.

Bajo condiciones normales de operación todos los interruptores, es tán cerrados y ambos buses están energizados. El disparo de un circuito está asociado con la apertura de dos interruptores, la falla del interruptor y medio dispararía dos circuitos, la falla de un interruptor de bus solamente disparará el circuito con el que está asociado. Cualquier bus puede ser librado en cualquier tiempo sin que se pierda la continuidad del servicio. Con la conexión de las fuentes opuestas a las cargas (líneas), es posible operar con ambos buses fuera de servicio. El mantenimiento de un interruptor puede realizarse sin perder la continuidad del servicio, sin cambiar relevadores y con una simple operación de desconexión del interruptor.

El costo del arreglo de interruptor y medio es más alto que el de otros esquemas, sin embargo el esquema de interruptor y medio es superior en flexibilidad, confiabilidad y seguridad. Los esquemas de protección por relevadores y recierre automático, son más complejos que los del esquema de doble interruptor.

c) Bus en anillo.- En el esquema del bus en anillo los interruptores están arreglados en anillo con circuitos conectados entre interruptores. Hay el mismo número de circuitos que hay de interruptores, durante la operación normal, todos los interruptores están cerrados. Para una falla en un circuito dos interruptores son disparados, la falla de un interruptor dispararía dos circuitos, por la operación del relevador falla de interruptor. Durante el mantenimiento de un interruptor, el anillo es abierto, pero todos los circuitos permanecen en servicio.

Los circuitos conectados en anillo, están arreglados de tal forma, que las fuentes son alternadas con las cargas (líneas). Para una salida de mucho tiempo de un circuito, las cuchillas del circuito serán abiertas y el anillo puede ser cerrado. No es requerido el cambio de los relevadores de protección, para cualquiera de las varias condiciones de operación, o durante el mantenimiento de los interruptores.

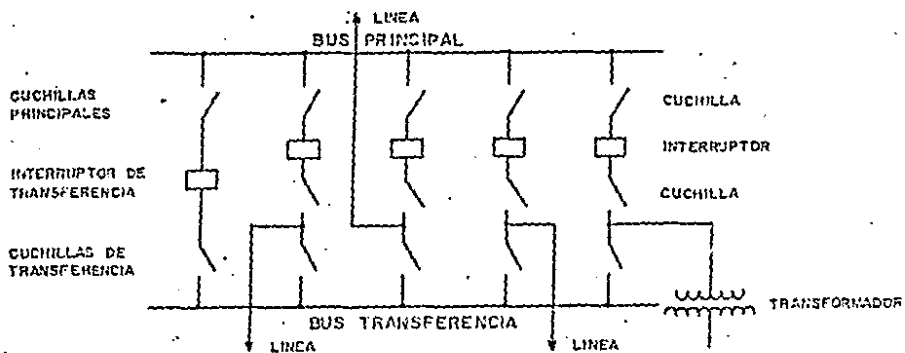
El esquema de bus en anillo es económico en costo, tiene buena flexibilidad, es de operación segura, es confiable y normalmente considerado más conveniente para subestaciones importantes, que tengan más de cinco circuitos.

La protección por relevadores y el recierre automático son más complejos que los esquemas descritos anteriormente. El bus en anillo es usualmente desarrollado del esquema de interruptor y medio.

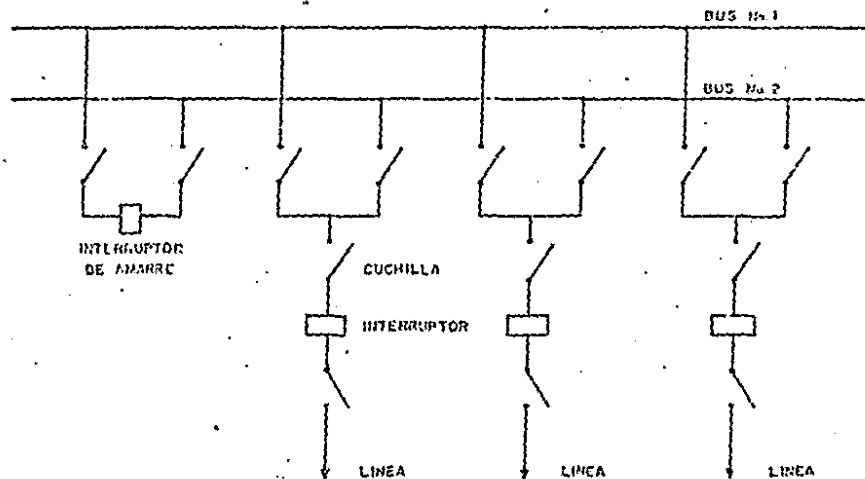
SISTEMAS DE 230 Y 115 KV

Para sistemas de 230 KV o menores, los arreglos de bus principal más usados son:

a) Bus principal - bus de transferencia.- Este esquema requiere de un interruptor extra para amarre de buses (principal y transferencia) más conocido como interruptor de transferencia. Cuando un interruptor es puesto fuera de servicio para mantenimiento o por falla



BUS PRINCIPAL - BUS DE TRANSFERENCIA



DOBLE BUS - UN INTERRUPTOR

del interruptor, el interruptor de transferencia reemplaza a dicho interruptor sin que se pierda la continuidad del servicio. El esquema de protección de relevadores del circuito asociado al interruptor fuera de servicio, deberá ser cambiado al interruptor de transferencia, cuando se tienen conectados los relevadores de las líneas, buses, etc., a transformadores de corriente localizados en los circuitos y no en los interruptores. Cuando se tienen interruptores con transformadores de corriente integrados, los relevadores conectados al interruptor de transferencia deberán ser capaces de proteger tanto a líneas como generadores lo cual es difícil de lograr, por lo que no es muy recomendable el esquema de bus principal - bus de transferencia, cuando los transformadores de corriente están localizados dentro de los interruptores.

Si el bus principal está fuera de servicio por mantenimiento, ningún interruptor permanece protegiendo a cualquiera de los circuitos. La falla de cualquier interruptor o del bus principal, causa la pérdida total de la subestación.

La operación de las cuchillas del esquema bus principal y transferencia, puede provocar un error de operador, daños al equipo y la pérdida de la subestación, si no se sigue la secuencia correcta de maniobras. Sin embargo este esquema es bajo en costo y goza de gran popularidad y uso en las subestaciones.

b) Doble bus, un interruptor.- Este esquema utiliza dos buses principales y cada circuito incluye dos cuchillas selectoras de bus. Un interruptor de amarre de buses que conecta los dos buses principales y cuando está cerrado, permite transferir a los circuitos alimentadores, de un bus al otro sin desenergizar los circuitos, operando únicamente las cuchillas selectoras de bus.

Todos los circuitos pueden operar con el bus # 1, o la mitad de ellos con el bus # 2, en el primer caso, la subestación quedará fuera de servicio, para una falla de interruptor o falla de bus. En el segundo caso, la mitad de los circuitos se perderán para las mismas fallas.

En algunos casos los circuitos operan para ambos buses con el interruptor de amarre cerrado. Para este tipo de operación es requerido un esquema de protección de bus muy selectivo para prevenir la completa pérdida de la subestación por una falla en el otro bus. La operación de las cuchillas llega a ser muy complicada, con la posibilidad de errores del operador daños y pérdida total de la subestación. El esquema de doble bus, un interruptor es pobre en flexibilidad y normalmente no es usado en subestaciones importantes.

Cuando la importancia de la subestación en sistemas de 230 KV o menores, es grande se usan esquemas de conexión de bus descritos en la sección anterior (sistemas de 400 KV).

11

INSTRUMENTACION Y CONTROL

INSTRUMENTACION Y CONTROL

SALA DE CONTROL E INSTRUMENTOS

En los diseños antiguos de Centrales Termoeléctricas, los equipos principales contaban con uno o varios tableros de control independientes, localizados en el campo, próximos a los equipos principales y distribuidos en diferentes puntos de la central.

En cada uno de estos tableros una o varias personas supervisaban en forma independiente, el funcionamiento de cada equipo y tomaban lo calmente las acciones necesarias para modificar las condiciones de operación o alguna variable específica.

El aumento de la capacidad y la modernización de los sistemas requiere que los equipos ya no sean supervisados independientemente, sino en forma coordinada y centralizada.

La sala de control es el lugar en donde se concentran los instrumentos que permiten supervisar en forma centralizada el comportamiento de la Central y de los equipos que la constituyen. También aquí se concentran los dispositivos que permiten tomar las acciones para modificar las condiciones de operación. La sala de control cuenta además con otras instalaciones y facilidades relacionadas con la operación.

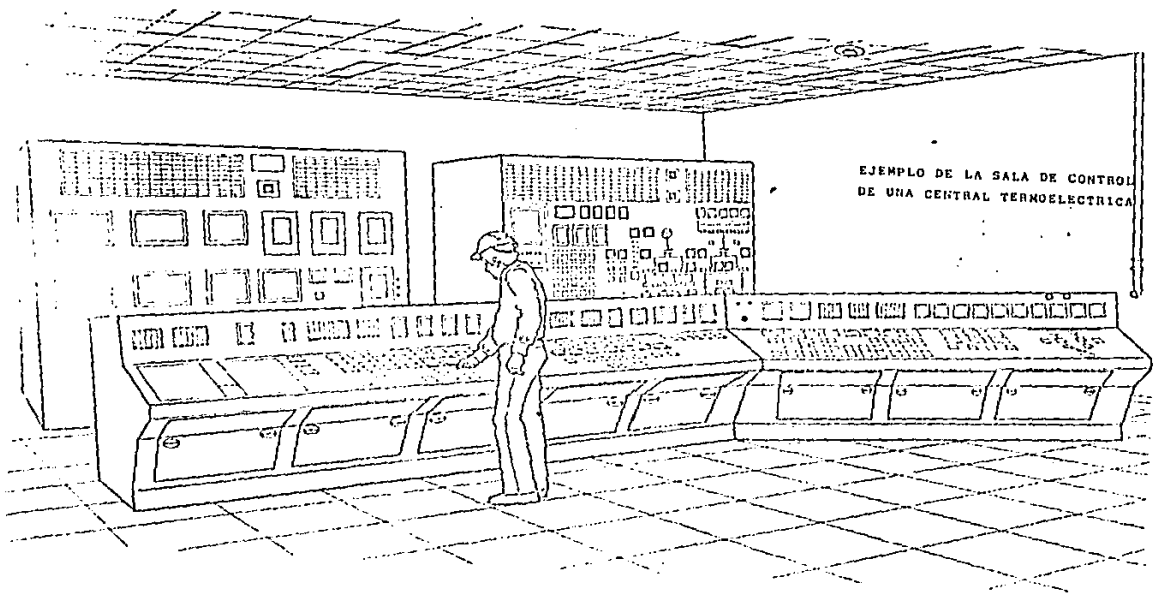
Todos los instrumentos y dispositivos se agrupan según los equipos y sistemas a los que pertenecen, y se instalan en los tableros dentro de la sala de control.

Se ha acostumbrado denominar a la sala de control con las siglas - BFG (del inglés Boiler - Turbine - Generator) debido a que en esta sala se localizan los tableros y controles del equipo principal (además de otros equipos) que son el Generador de Vapor, la Turbina y el Generador Eléctrico.

La sala de control es un local amplio y cerrado, que se localiza unido a la casa de máquinas, generalmente en el mismo piso de operación de los turbogeneradores.

La sala de control debe contar con diversas instalaciones y facilidades para permitir al personal ejecutar sus actividades en forma óptima, sin retrasos de tiempo y sin abandonar el área. Entre las más importantes están:

- 1.- Alumbrado. Un nivel adecuado de iluminación respaldado por un sistema de emergencia.
- 2.- Aire acondicionado, calefacción y ventilación. Para protección y conservación del equipo y comodidad del personal.
- 3.- Aislamiento de ruido. Para reducir los altos niveles de ruido inherente a la operación de una Central Termoeléctrica.



EJEMPLO DE LA SALA DE CONTROL
DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA

4.- Mobiliario. Suficiente y adecuado para que el personal ejecute sus funciones (escritorios, mesas de trabajo, libreros, estantes, ca silleros, archiveros, etc.).

5.- Areas de circulación. Para evitar la interferencia de otras per sonas entre el operador y los tableros.

6.- Baños. Para servicio del personal sin que abandone el área de trabajo.

7.- Cocineta. Con estufa y refrigerador para conservación de los al imentos del personal.

8.- Oficina. Para uso del supervisor de personal.

9.- Sala de Juntas.

10.- Biblioteca. Para almacenar la información, libros e instru ctivos relacionados con la operación.

11.- Almacén. Para los equipos y materiales de uso continuo o de em ergencia (gráficos, tinta, hojas de lectura, herramienta, etc.).

12.- Sistema contra incendio. Para protección del personal y de los equipos.

13.- Sistemas de comunicación.

a) Interfono. (Tronic's) Con canal abierto para locali zación de personal dentro de la central y uno o varios ca nales cerrados para comunicación interna.

b) Radio FM. Para comunicación con personal dentro de la central, en los campamentos, vehículos u otras oficinas que cuenten con radio.

c) Sistema Carrier. Para comunicación de rutina con el área de control de energía.

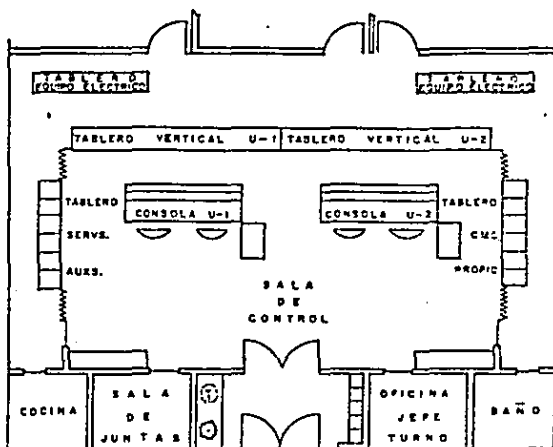
d) Sistema de microondas. Para comunicación de emergen cia con el área de control de energía.

e) Teléfono comercial. Del sistema de teléfonos de México para comunicación de respaldo con el área de control y con otras oficinas.

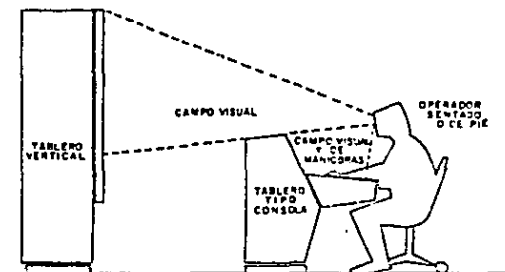
Tableros:

a) Función.- Los tableros de una sala de control son gabinetes metá licos de formas y tamaños diversos que sirven para instalar en for ma concentrada a los instrumentos, dispositivos de control y equi pos necesarios para la operación normal, los arranques, los paros y las situaciones de emergencia en una Central Termoeléctrica.

b) Distribución.- Los tableros se distribuyen dentro de la sala de control en infinidad de arreglos dependiendo de la forma de los ta bleros, del número de unidades, de la forma del local, etc.



EJEMPLO DE ARREGLO DE LA SALA DE CONTROL



CAMPO VISUAL Y DE MANIOBRAS DEL OPERADOR

- c) Formas.- Las formas más comunes de los tableros son:
- + Tableros verticales
 - + Tableros tipo consola
 - + Tableros de forma combinada.

Elementos de los tableros:

a) Arreglo.

- a.1) Distribución.- Los elementos (instrumentos, dispositivos y equipos) se distribuyen y acomodan en los tableros agrupándolos según su tipo para lograr un arreglo uniforme. Se concentran en una misma área los elementos de un mismo sistema o que guarden relación entre sí. Se evita la concentración excesiva de elementos para evitar confusiones y operaciones erróneas o accidentales. Los indicadores se instalan cerca de la línea de visión de los operadores para evitar fatiga y errores de lectura.
- a.2) Identificación.- Todos los elementos se identifican con una placa de leyenda que indica claramente la función de el elemento. También llevan un número de identificación de acuerdo a un código preestablecido.
- a.3) Diagramas mímicos.- Son diagramas simplificados de un determinado sistema o equipo, que se pintan o se superponen a los tableros. Los conmutadores, luces, botones, etc se acomodan dentro del área del diagrama mímico de acuerdo a la posición física del equipo que controlan. Estos diagramas sirven como ayuda en la visualización de un sistema y los efectos que se producen al accionar algún dispositivo.

A continuación hago una breve descripción de los elementos que se encuentran en los tableros:

a) Conmutadores de control.- Son dispositivos de accionamiento manual que al ser operados cambian la posición de varios contactos eléctricos (abren o cierran) produciendo efectos en los lógicos de control de los equipos involucrados. Generalmente son del tipo rotatorio con manija tipo pistola o estriada color negro pero pueden encontrarse otros tipos más compactos y de colores diversos.

Los conmutadores pueden tener una o varias de las siguientes características:

- + Con varias posiciones fijas
- + Con retorno al centro
- + Con memoria mecánica (bandera)
- + Con seguro en una posición
- + Con manija tipo pistola
- + Con manija estriada
- + Tipo miniatura.

b) Botones.- Son dispositivos de accionamiento manual que al ser oprimidos cambian la posición de varios contactos eléctricos (abren o cierran) produciendo efectos en los lógicos de control de los e-

COMUTADORES

MANIJA
TIPO PISTOLA

BANDERA



TIPO MINIATURA

MANIJA
ESTRIADA

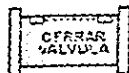
BOTONES



SIMPLE

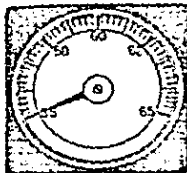


CON CUBIERTA

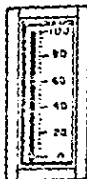


LUZ INTEGRADA

INDICADORES



CIRCULAR



VERTICAL

quipo involucrados. Existen diversos tipos, tamaños y colores, algunos con luces indicadoras integradas y otros con cubierta para evitar operación accidental o errónea.

c) Luces indicadoras.- Son luces con cubierta transparente de diversos colores que cuando están encendidas (o apagadas) indican que se cumple alguna determinada condición. Esta condición puede estar marcada en una leyenda junto a la luz indicadora o también en la cubierta transparente de la luz de tal forma que cuando ésta enciende ilumina la leyenda y entonces puede leerse.

Cuando las luces no llevan una leyenda específica, se acostumbra asignar los siguientes colores:

Verde	-----	Paro de equipo Válvula cerrada Desconexión de interruptor
Rojo	-----	Fuera de servicio Arranque de equipo Válvula abierta Conexión de interruptor
Ambar o blanco	-----	En servicio Automatismo Sistema disponible Restablecimiento
Otros colores	-----	Usos diversos

d) Indicadores.- Son instrumentos que indican continuamente el valor de la variable medida. Generalmente se encuentran de los siguientes tipos:

- + Indicadores verticales
- + Indicadores circulares
- + Indicadores horizontales
- + Indicadores angulares
- + Indicadores digitales
- + Indicadores de barra luminosa (LED)

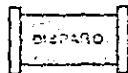
e) Registradores.- Son instrumentos que registran sobre papel el valor de la variable medida. Aunque su función principal es la de registrar, generalmente también incluyen un indicador. Existen diversos tipos de registradores, entre los principales:

- + Registradores continuos
- + Registradores multipunto.

f) Integradores.- Son instrumentos que integran o acumulan en el tiempo las cantidades de la variable medida. Presentan en forma instantánea una indicación del total acumulado de variables tales como flujo, potencia eléctrica, etc.

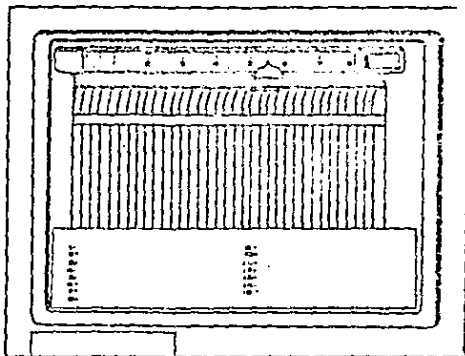
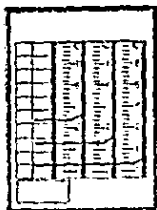
La determinación del total acumulado durante un periodo de tiempo determinado (por ejemplo un día) se hace mediante la diferencia entre una lectura final y una lectura inicial.

g) Estaciones selectoras de control.- Están formadas por un conjunto de dispositivos que permiten establecer o modificar los puntos -



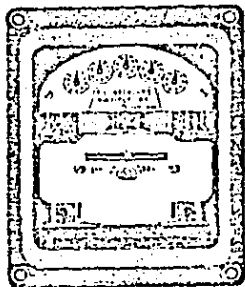
SIN LEYENDA

CON LEYENDA



REGISTRADOR CONTINUO

REGISTRADOR MULTIPUNTO



INTEGRADOR ELECTRICO

INTEGRADOR DIGITAL

de ajuste y la posición de los elementos finales de control de los sistemas de control automático. Entre los principales tipos tenemos:

g.1) Estación de transferencia Manual-Automático.- Permite seleccionar el modo de operación (manual o automático) de un sistema de control. También sirve para manipular en forma manual el elemento final de control.

g.2) Estación de punto de ajuste.- Permite establecer el punto de ajuste de un sistema de control. También indica el valor actual de la variable controlada.

g.3) Estación de BIAS.- Permite introducir una señal constante de compensación a un elemento final de control. Generalmente se usa para balancear la respuesta de un equipo con relación a otro igual.

g.4) Estación básica manual.- Permite establecer y modificar en forma manual la posición de un elemento final de control.

h) Alarmas.- Son sistemas de alerta visual y auditiva que operan cuando se presenta una condición anormal en la operación de la Central. La operación de una alarma se manifiesta mediante una bocina y una ventanilla que enciende iluminando la leyenda (de la causa) escrita en la cubierta transparente.

Las alarmas se concentran en grupos según el nivel de importancia y estos son:

- + Estado de planta
- + Nivel precrítico
- + Nivel crítico.

i) Otros elementos.- Este inciso comprende a otros elementos no comprendidos en los incisos anteriores, que pueden ser:

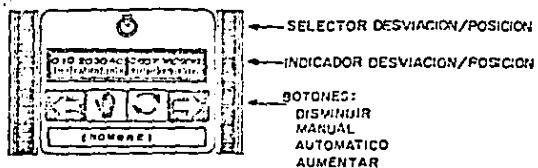
- + Monitores de video
- + Equipo especial
- + Otros equipos, etc.

j) Tableros integrados.- Son tableros completos suministrados por un fabricante de equipo, como pieza completa, que se integran a los tableros. Estos tableros integrados contienen a los elementos listados en los incisos anteriores. Los tableros integrados más frecuentemente encontrados son:

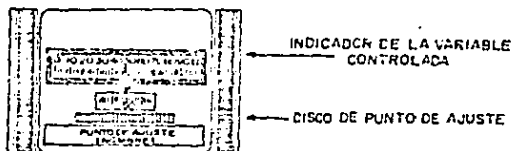
- + Control, supervisión y protección de quemadores
- + Tablero de desdeshollinado
- + Tableros contra incendio.

k) Sistemas de adquisición de datos.- Son sistemas computarizados que suministran información sobre el estado de la central, de un sistema, de un equipo o de la ocurrencia de un evento. La información es presentada en forma numérica, con leyendas o en gráficas sobre pantallas de video o en impresoras.

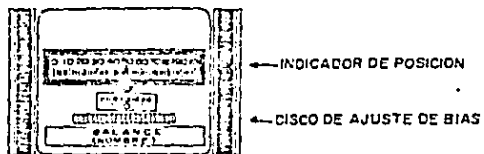
Cuando el operador desea determinada información, puede seleccionar la mediante un teclado.



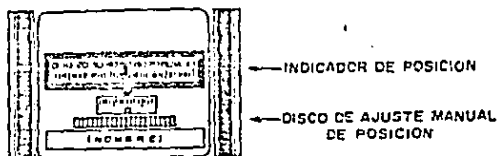
ESTACION SELECTORA DE TRANSFERENCIA
MANUAL - AUTOMATICO



ESTACION SELECTORA DE PUNTO DE AJUSTE



ESTACION SELECTORA DE BIAS (O BALANCE)



ESTACION BASICA MANUAL

Estos sistemas son suministrados por los fabricantes en tableros in dependientes, de formas diversas, o también para integrarse a los tableros de control.

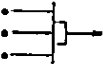


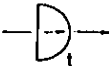
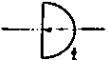

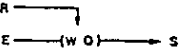
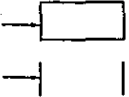
Las principales áreas que se encuentran en los tableros de la sala de control son:

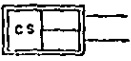
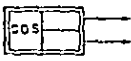

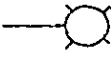
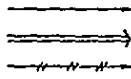

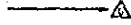
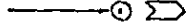
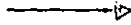
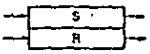
- A) Area del Generador de Vapor
 - + Tablero de control de quemadores
 - + Combustible
 - + Aire-Gases de combustión
 - + Vaporización y Sobrecalentamiento
- B) Area del ciclo Agua-Vapor
 - + Condensado
 - + Agua de Alimentación
- C) Area de estaciones Selectoras de Control
- D) Area de la Turbina
 - + Vapor principal y turbina
 - + Extracciones
 - + Aceite de lubricación y control
 - + Supervisorio
- E) Area del Generador Eléctrico
 - + Hidrógeno
 - + Excitación
 - + Medición de la generación
 - + Sincronización
- F) Area de registradores
- G) Area de auxiliares
 - + Tablero de sopladores de Hollín
 - + Enfriamiento principal y auxiliar
 - + Combustible
 - + Vapor auxiliar
 - + Sistemas de agua
 - + Instrumentos varios
- H) Area del Transformador de Arranque y Buses de 4160 V
- I) Area de Alarmas
 - + Estado de unidad
 - + Nivel pre-crítico
 - + Nivel crítico
- J) Area de relevadores de protección de unidad
- K) Area de Subestación, Líneas y Relevadores de líneas
- L) Instrumentos y equipo especial
- M) Sistemas de Adquisición de Datos
- N) Areas particulares de cada Central.

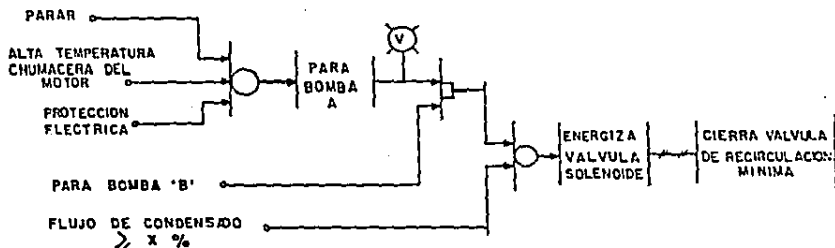
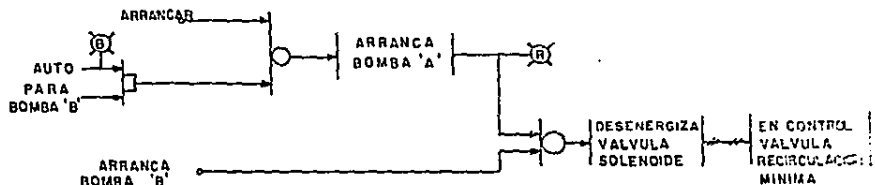
DIAGRAMAS LOGICOS Y SISTEMAS DE CONTROL

Para poder entender bien un equipo y saber como se comporta ante diferentes situaciones es necesario conocer sus diagramas lógicos y diagramas de control; en esta sección presento los principales diagramas lógicos y de control de los equipos y sistemas de una Central Termoeléctrica.

Para poder llevar a cabo la interpretación y la integración de los diagramas lógicos y de control es necesario hacer uso de símbolos; por ello primero mostramos la simbología.

SIMBOLOS	FUNCION LOGICA	DESCRIPCION
	(AND) "Y"	La salida existe (1) solamente cuando todas las entradas también existen (1).
	(OR) O	Tenemos salida cuando cualquiera de las entradas ó todas ellas existen.
	(NOT) NO	Este componente niega cualquier condición de entrada, si hay entrada no hay salida, si no hay entrada habrá salida.
	Temporizador (Energizado).	La salida existe después de un tiempo predeterminado que la entrada se presente.
	Temporizador (Desenergizado).	La salida existe después de un tiempo predeterminado que la entrada se presentó.
		Condición lógica.
	"Y" VIRTUAL	La salida (S) está presente mientras existe la entrada (E) y no está presente la señal de restablecer (R).
		Acción de equipo.

SIMBOLOS	FUNCION LOGICA	DESCRIPCION
		Interrupor de control.
		Interrupor de cambio
		Botón (Interrupor momentáneo).
		LAMPARA INDICADORA ROJA VERDE BLANCA NARANJA
		Señal eléctrica. Enlace mecánico. Señal neumática.
		Indicación de alarma.
		Indicación de disparo.
		Conexión con otra hoja.
		Interfase con externos.
		La salida "S" existe cuando la -- entrada "S" esté presente y con -- tinúa hasta que la entrada "R" -- existe. La salida "R" existe únicamente -- cuando la salida "S" no esté -- presente.



BOMBA DE CONDENSADO

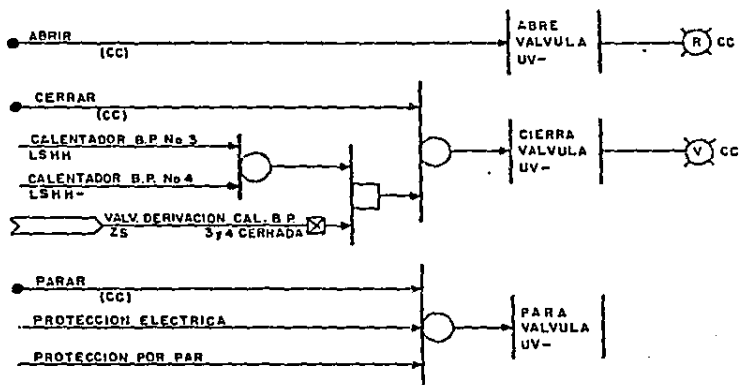


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO VALV. AISLADORA ENTRADA CALENTADORES B.P No 3y4

NOTAS:

- 1.- PARA VALVULAS DE COMPUERTA, PROTECCIONES DE POSICION Y PAR EN LA APERTURA Y PAR EN EL CIERRE
- 2.- EL CIRCUITO DE CERRAR TIENE PRIORIDAD SOBRE EL DE ABRIR

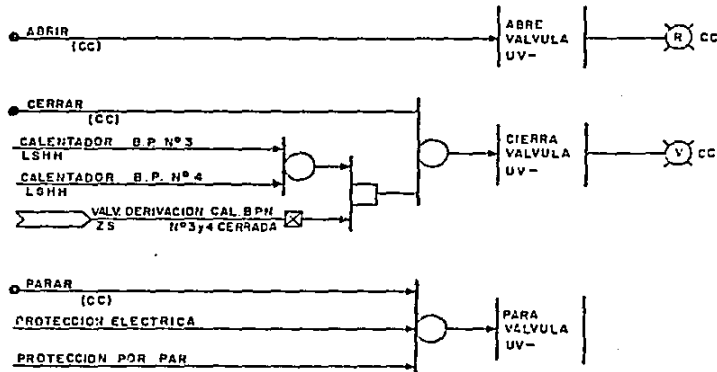


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VALV. AISLADORA SALIDA CALENTADORES BP No 3y4

NOTAS:

- 1- PARA VALVULAS DE COMPUERTA, PROTECCIONES DE POSICION Y PAR EN LA APERTURA Y PAR EN EL CIERRE
- 2- EL CIRCUITO DE CERRAR TIENE PRIORIDAD SOBRE EL DE ABRIR

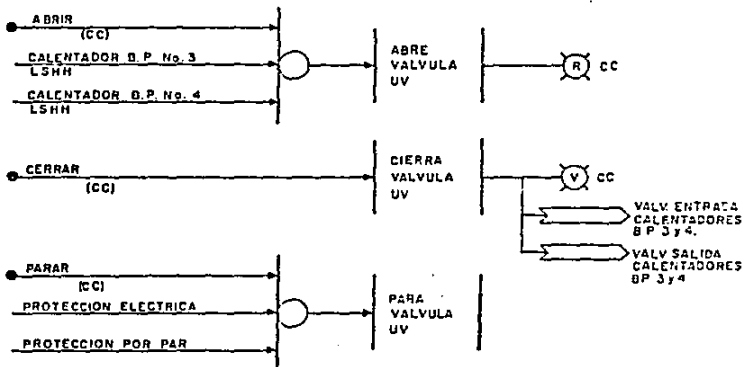
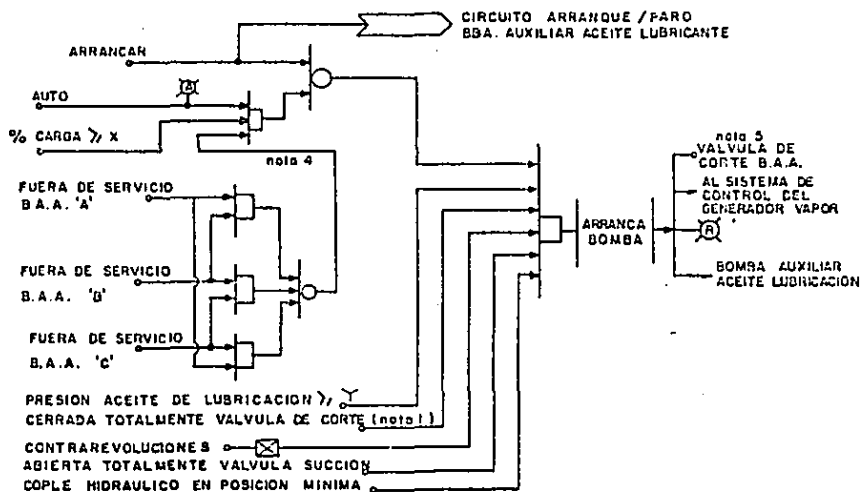


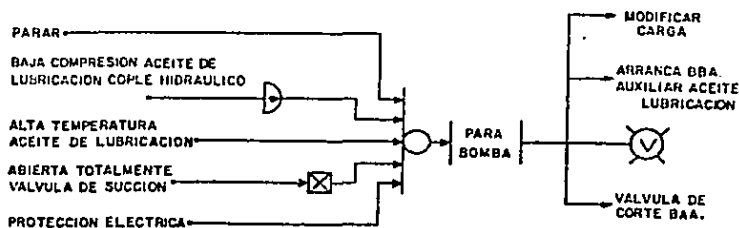
DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VALVULA DERIVACION CALENTADORES BP 3y4

NOTAS:

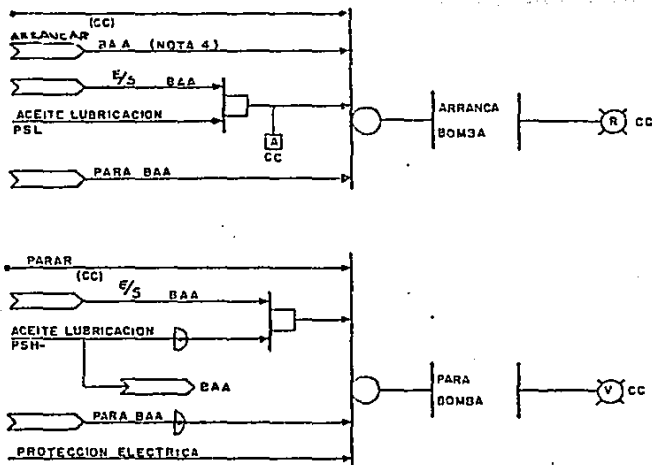
- 1- PARA VALVULAS DE COMPUERTA, PROTECCIONES DE POSICION Y PAR EN LA APERTURA Y PAR EN EL CIERRE
- 2- EL CIRCUITO DE ABRIR TIENE PRIORIDAD SOBRE EL DE CERRAR



ARRANQUE DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION

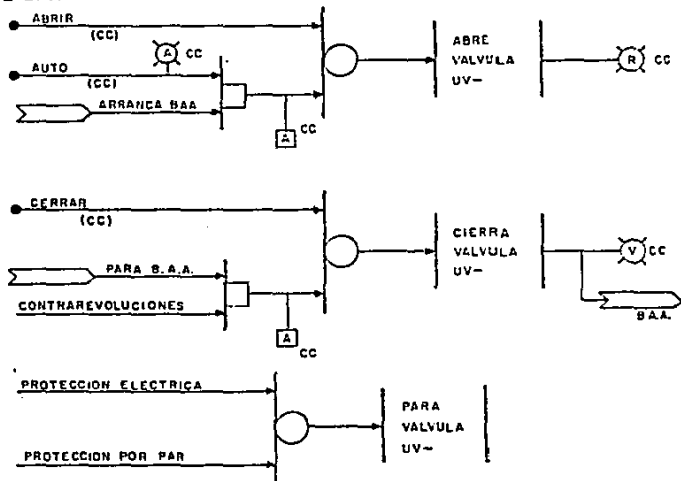


LOGICO NORMALIZADO DE PARO DE BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION

**NOTAS:**

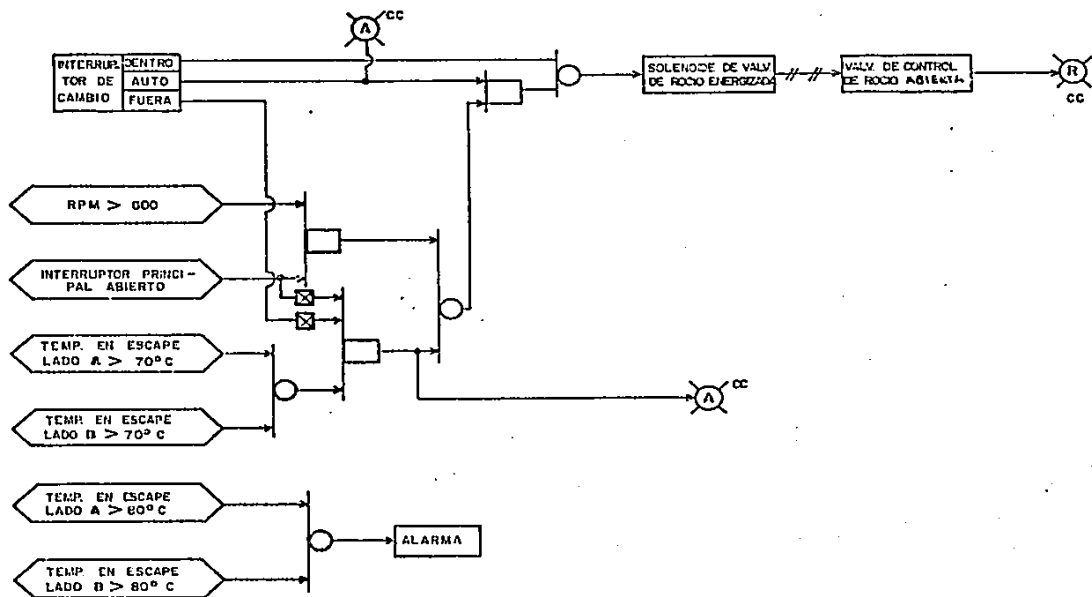
- 1-UNA BOMBA AUXILIAR DE ACEITE DE LUBRICACION PARA CADA BAA
- 2-UNA BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE DE LUBRICACION ESTA INTEGRADA A CADA BAA.
- 3- BAA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- 4-ESTE LOGICO REPRESENTA ARRANQUE DE LA PRIMERA BOMBA AUXILIAR DE ACEITE, LAS OTRAS DOS BOMBAS ARRANCAN AL MISMO TIEMPO

**DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
BOMBA AUXILIAR DE LUBRICACION
DE BAA**

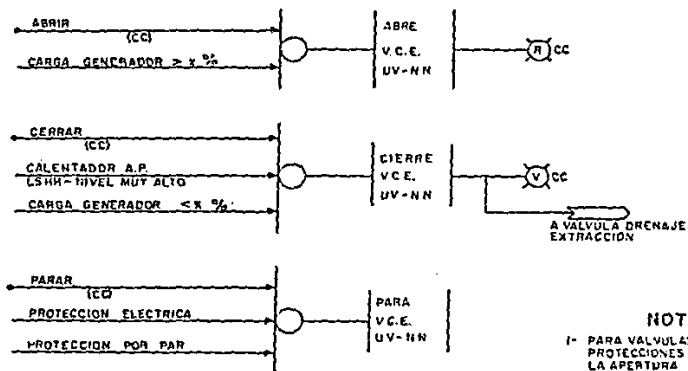
**NOTAS:**

- 1-VALVULAS DE CUERPO, PROTECCIONES DE POSICION Y PAR EN LA APERTURA Y DE PAR EN EL CIERRE
- 2-BAA = BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION

**DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VALVULA DE CORTE DE B.A.A.**



VALVULA DE ROCIO ESCAPE TURBINA DE BAJA PRESION



NOTAS

- 1- PARA VALVULAS DE COMPUERTA PROTECCIONES DE POSICION Y PAR EN LA APERTURA Y PAR EN EL CIERRE.
- 2- EL CIRCUITO DE CIERRE TIENE PRIORIDAD SOBRE EL DE ABRIR.
- 3- V.C.E. - VALVULA DE CORTE EXTRACCION

LOGICO NORMALIZADO PARA LA VALVULA DE CORTE DE
UNA EXTRACCION DE ALTA PRESION

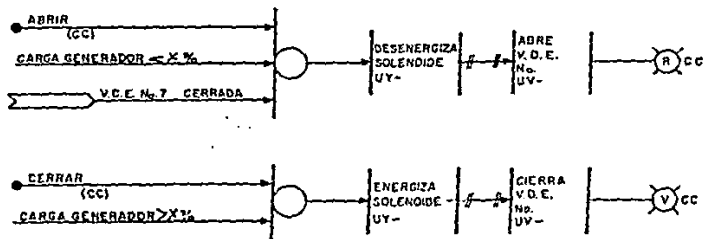
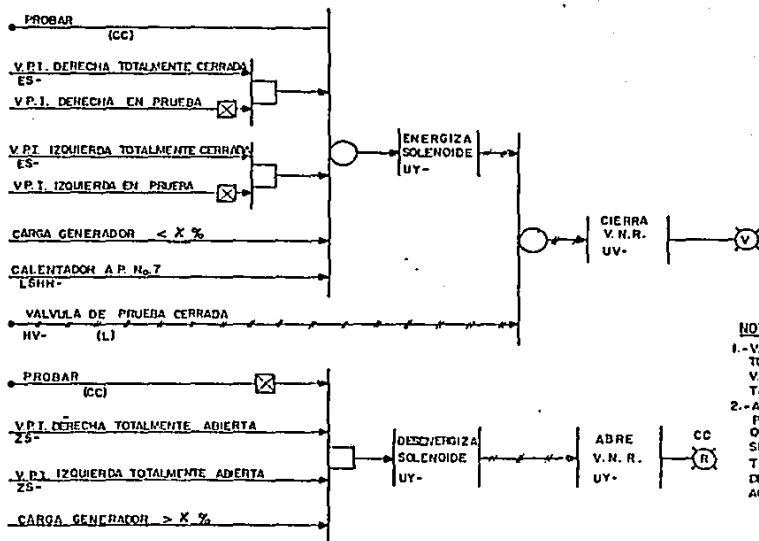


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VALVULA DRENAJE EXTRACCION No. 7

NOTAS

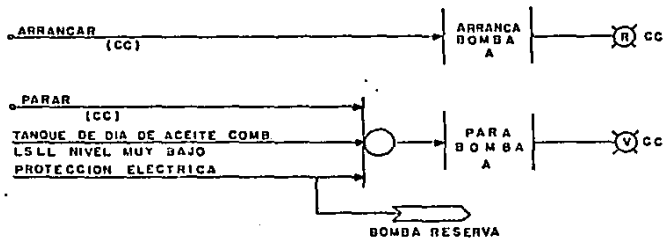
- 1- ESTA VALVULA ABRE A FALLA DE AIRE
- 2- EL CIRCUITO DE ABRIR TIENE PRIORIDAD SOBRE EL DE CERRAR
- 3- V.D.E. - VALVULA DRENAJE EXTRACCION
V.C.E. - VALVULA CORTE EXTRACCION



NOTAS:

- 1.- V.P.I. = VALVULA DE PARO E INTERCEPTORA.
V.N.R. = VALVULA DE NO RETORNO DE EXTRACTACION.
- 2.- ADICIONAL A LA LOGICA MOSTRADA EL PROVEEDOR DE LA TURBINA INDICA QUE TODAS LAS V.H.R. CIERRAN CUANDO SE PRESENTA UNA EMERGENCIA EN LA TURBINA Y ESTA ACCION ES A TRAVES DE UNA VALVULA PILOTO OPERADA POR ACEITE.

DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VALVULA DE NO RETORNO EXTRACCION No 7



NOTAS

- 1- DOS BOMBAS DEL 100 % UNA PARA CADA UNIDAD Y UNA DE RESERVA [CUALQUIERA DE LAS TRES PUEDE SER DE RESERVA]
- 2- LA LOGICA PARA LAS OTRAS BOMBAS ES SIMILAR.

BOMBA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE A QUEMADORES

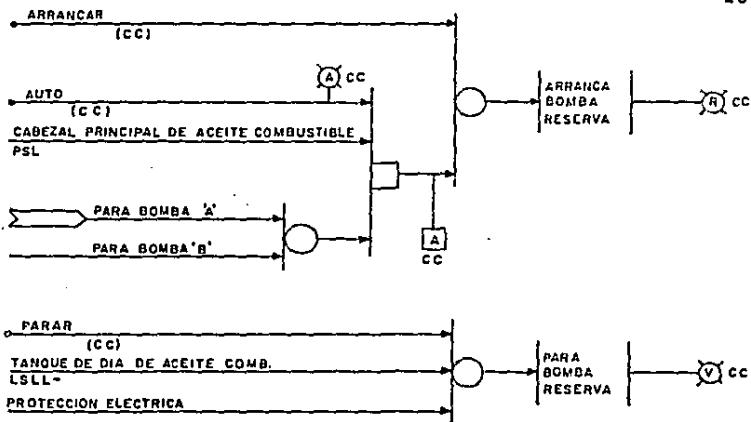


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO BOMBAS DE RESERVA ALIMENTACION COMBUSTIBLE A QUEMADORES

NOTAS

- 1.- VER NOTAS EN DIAGRAMA DE BOMBA DE COMBUSTIBLE A QUEMADORES

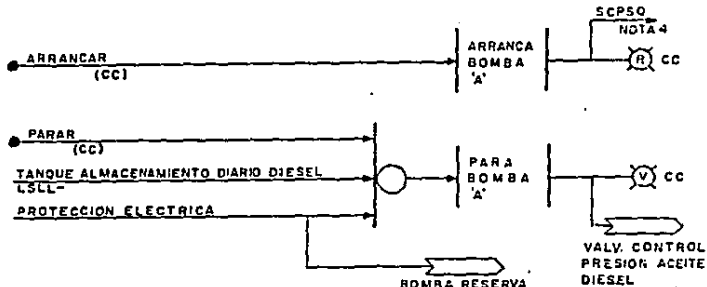
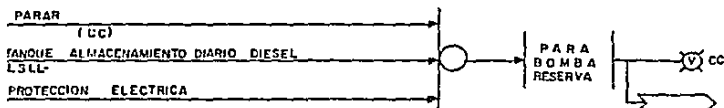
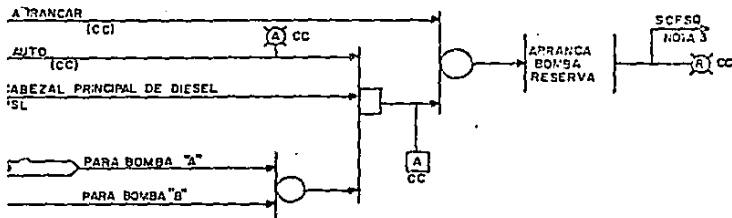


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO BOMBA DE ALIMENTACION DE DIESEL A QUEMADORES DE ARRANQUE

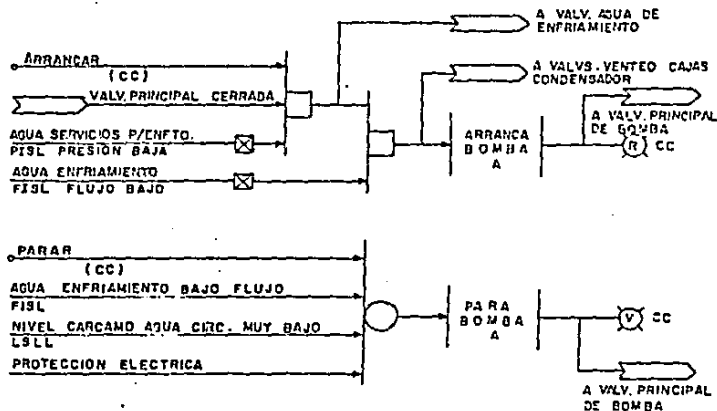
NOTAS:

- 1.- DOS BOMBAS DEL 100% UNA PARA CADA UNIDAD Y UNA DE RESERVA
- 2.- LA LOGICA DE LA OTRA BOMBA ES SIMILAR
- 3.- SCPSQ SISTEMA DE CONTROL PROTECCION Y SUPERVISION DE QUEMADORES
- 4.- LA VALVULA DE CONTROL PRESION DE ACEITE Y DIESEL

**NOTAS:**

- 1.-UNA BOMBA DEL 100%
- 2.-SCFO = SISTEMA DE CONTROL PROTECCION Y SUPERVISION DE QUEMADORES.
- 3.-A LA VALVULA DE CONTROL PRESION DE ACEITE DIESEL

DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO BOMBA DE RESERVA DE ALIMENTACION DIESEL A QUEMADORES DE ARRANQUE

**NOTAS**

- 1: DOS BOMBAS DE 50% DE CAPACIDAD Y AMBAS EN OPERACION
- 2: LA LOGICA PARA LA BOMBA 'B' ES SIMILAR.

BOMBA DE AGUA DE CIRCULACION (TORRE DE ENFRIAMIENTO)

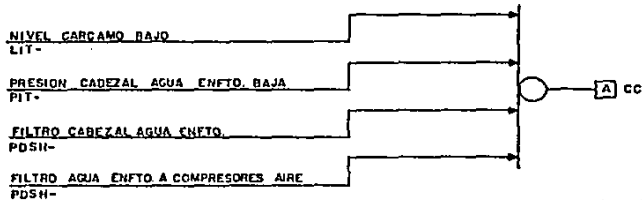
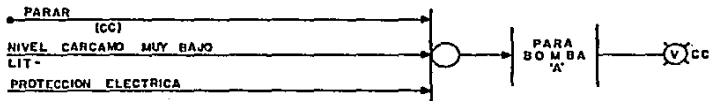
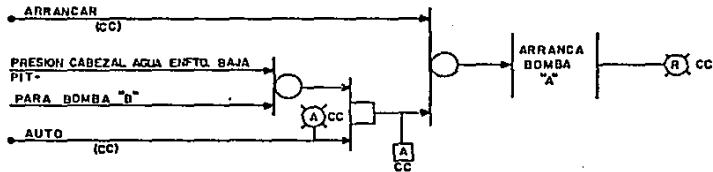
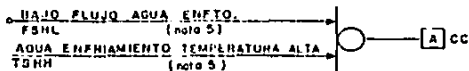
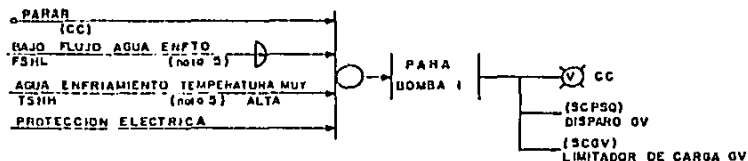
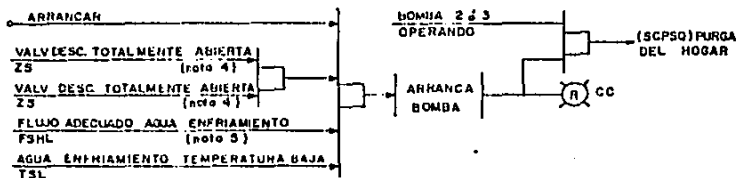


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO BOMBAS
 AGUA ENFRIAMIENTO DE AUXILIARES
 (TORRES ENFTO.)

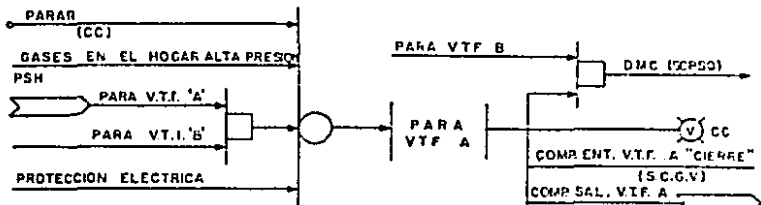
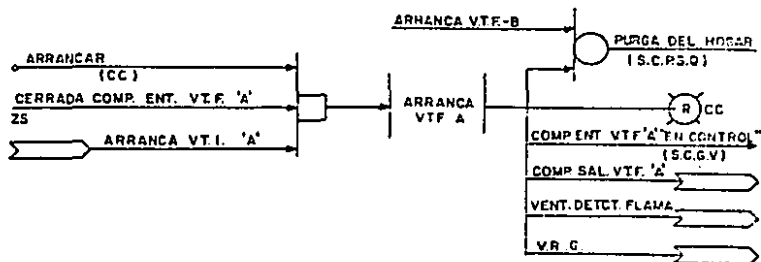
NOTAS:
 1.- DOS BOMBAS DEL 100% DE CAPACIDAD
 2.- LA LOGICA PARA LA BOMBA 'B' ES
 SIMILAR



NOTAS

- 1- HAY 3 BOMBAS DE CIRCULACION EN EL GENERADOR DE VAPOR CADA UNA DEL 50 %
- 2- SCGV-SISTEMA DE CONTROL DEL GENERADOR DE VAPOR
- 3- SCPSQ-SISTEMA DE CONTROL, PROTECCION Y SUPERVISION DE QUEMADORES
- 4- CADA BOMBA TIENE DOS VALVULAS DE DESCARGA
- 5- MISMO INTERRUPTORES CON DIFERENTE AJUSTE.

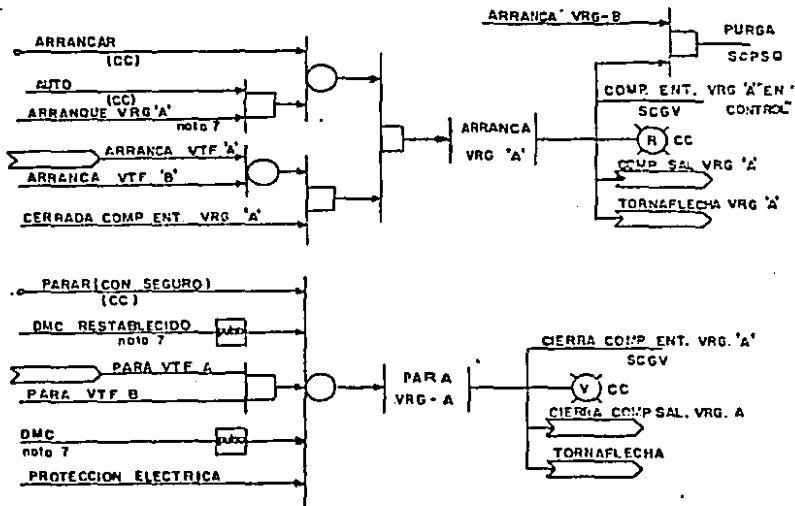
BOMBA DE CIRCULACION CONTROLADA



NOTAS

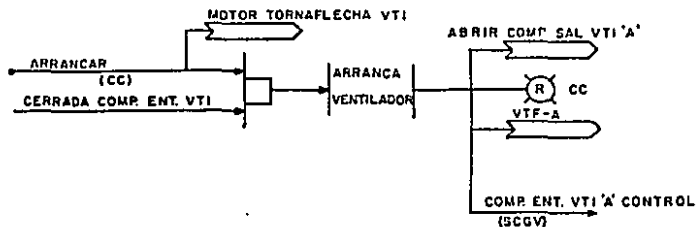
- 1- SE TIENEN 2 VENTILADORES DE 50 % C/U POR UNIDAD
- 2- LA LOGICA DEL VTF 'B' ES SIMILAR
- 3- S.C.G.V.-SISTEMA DE CONTROL DEL GENERADOR DE VAPORES
- 4- S.C.P.S.Q.-SISTEMA DE CONTROL DE PROTECCION Y SUPERVISION DE QUEMADORES
- 5- D.M.C.-DIPARO MAESTRO DEL COMBUSTIBLE
- 6- VR.G VENTILADOR RECIRCULACION DE GASES
- 7- VTI. VENTILADOR TIRO INDUCIDO
- 8- CUANDO SE PAREN LOS VTI. O VTF. SE ABRIAN LAS COMPUERTAS ASOCIADAS DE TODOS LOS VENTILADORES DURANTE UN TIEMPO. AL EXPIRAR EL TIEMPO CERRARAN LAS COMPUERTAS PARA CUMPLIR LA PERMISIVA DE ARRANQUE DE LOS VENTILADORES

VENTILADOR DE TIRO FORZADO



- 1- SE TIENEN 2 VENTILADORES DE 50% C/U POR UNIDAD
- 2- LA LOGICA DEL VRG-B ES SIMILAR
- 3- SCGV - SIST. CONTROL DEL GEN. VAPOR
- 4- SCPSO - SIST. CONTROL PROTECCION Y SUPERVISION DE QUEMADORES
- 5- DMC - SISTEMA MAESTRO COMBUSTIBLE
- 6- EL CONTACTADOR DEBERA CONTENER UN SEGURO
- 7- ESTA SEÑAL PROVIENE DEL SCPSO (PURGA DEL HOGAR)

VENTILADOR RECIRCULADOR DE GASES



NOTA:
(-LA LOGICA DEL VTI-B ES SIMILAR

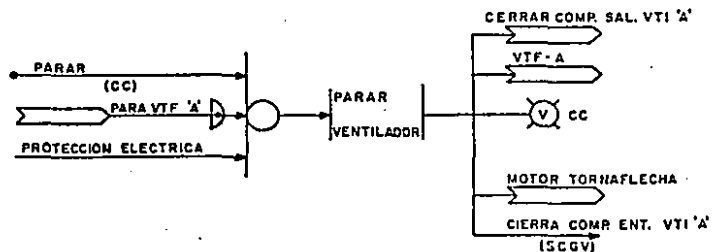
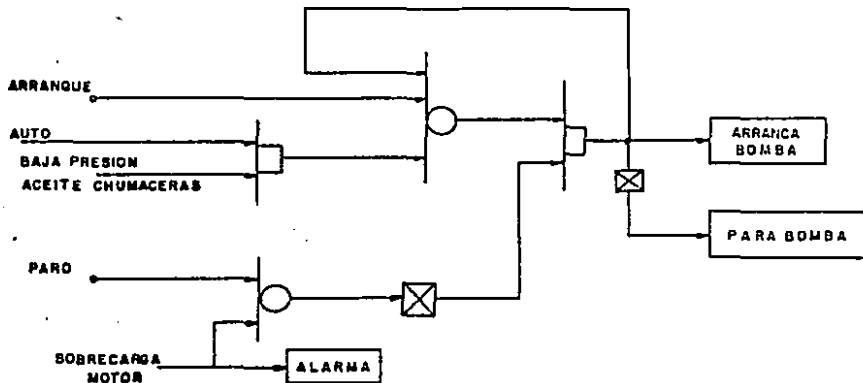
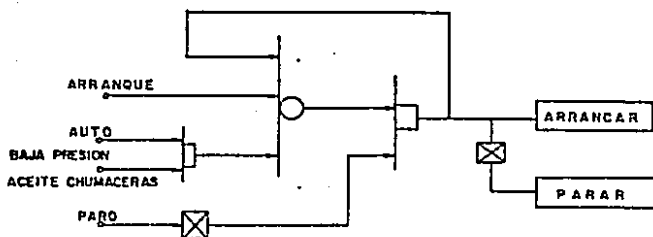
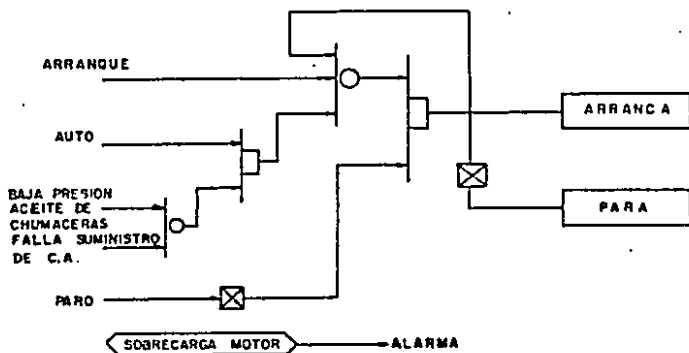


DIAGRAMA LOGICO NORMALIZADO
VENTILADOR TIRO INDUCIDO (VTI)

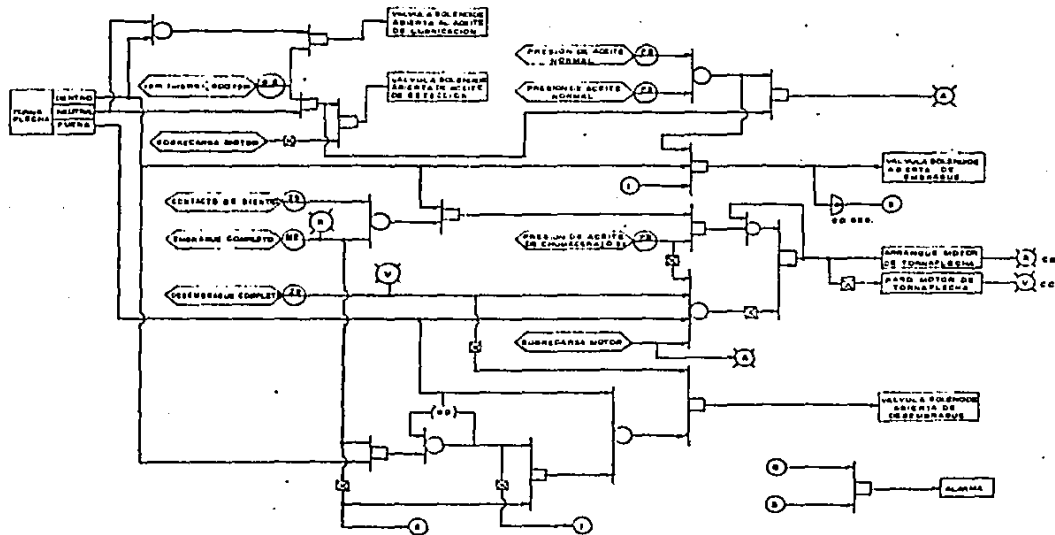




BOMBA ACEITE DE TORNAFLECHA




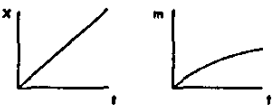
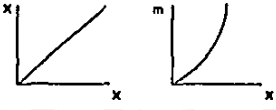

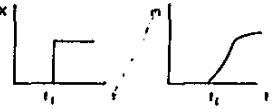
BOMBA DE ACEITE DE EMERGENCIA DE TURBINA



MOTOR TORNABLANCO TURBINA

SÍMBOLO Y FUNCIÓN	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
<p>SUMA</p> <p>Σ</p>	$x = x_1 + x_2 + \dots + x_n$		<p>La salida es igual a la suma algebraica de las entradas.</p>
<p>PROMEDIO</p> <p>Σ/n</p>	$x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$		<p>La salida es igual a la suma algebraica de las entradas dividida por el número de entradas.</p>
<p>DIFERENCIA</p> <p>Δ</p>	$m = x_1 - x_2$		<p>La salida es igual a la diferencia algebraica entre las dos entradas.</p>
<p>PROPORCIONAL</p> <p>K</p>	$m = Kx$		<p>La salida es directamente proporcional a la entrada.</p>

SIMBOLO Y FUNCION	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
INTEGRAL \int	$m = \frac{1}{T_1} \int X dt$		La salida varía de acuerdo a la magnitud y duración de la entrada. La salida es proporcional a la integral del tiempo de la entrada.
DERIVATIVA d/dt	$m = T_D \frac{dx}{dt}$		La salida es proporcional a la rapidez del cambio (derivativa) de la entrada.
MULTIPLICA \times	$m = X_1 X_2$		La salida es igual al producto de las dos entradas.
DIVIDE \div	$m = \frac{X_1}{X_2}$		La salida es igual al cociente de las dos entradas.

SIMBOLO Y FUNCION	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
EXTRACCION DE RAIZ 	$m = \sqrt{x}$		La salida es igual a la raíz indicada (Ejem. raíz cuadrada, cuarta, etc.) de la entrada.
ELEVA A POTENCIA x^n	$m = x^n$		La salida es igual a la entrada elevada a una potencia (Ejem. segunda, tercera, etc.).
FUNCION SIN ESPECIFICAR O NO LINEAL. $f(x)$	$m = f(x)$		La salida es igual a alguna función no lineal de la entrada.
FUNCION DE TIEMPO. $f(t)$	$m = x f(t)$ $m = f(t)$		La salida es igual a la entrada multiplicada por alguna función del tiempo o es igual a alguna función del tiempo sola.

SIMBOLO Y FUNCION	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
SELECTOR ALTO \vee	$m = \begin{cases} X_1 & \text{IWA } X_1 & \text{IV } X_2 \\ X_2 & \text{IWA } X_1 & \text{IA } X_2 \end{cases}$		La salida es igual a la <u>m</u> ayor de las entradas.
SELECTOR BAJO \wedge	$m = \begin{cases} X_2 & \text{IWA } X_1 & \text{IV } X_2 \\ X_1 & \text{IWA } X_1 & \text{IA } X_2 \end{cases}$		La salida es igual a la <u>m</u> enor de las entradas.
LIMITADOR ALTO ∇	$m = \begin{cases} X & \text{IWA } X & \text{IA } H \\ H & \text{IWA } X & \text{IV } H \end{cases}$		La salida es igual a la <u>m</u> enor de las señales entre la entrada y el valor límite.
LIMITADOR BAJO ∇	$m = \begin{cases} X & \text{IWA } X & \text{IV } L \\ L & \text{IWA } X & \text{IA } L \end{cases}$		La salida es igual a la <u>m</u> ayor de las señales entre la entrada y el valor límite.

SÍMBOLO Y FUNCIÓN	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
PROPORCIONAL INVERTIDA. $-K$	$m = -Kx$		La salida es inversamente proporcional a la entrada.
LIMITADOR DE VELOCIDAD. $V \nabla$	$\frac{dm}{dt} = \begin{cases} \frac{dx}{dt} & \text{VI} & \text{II} & \text{Y} \\ m = x & & & \\ \frac{dx}{dt} = H & \text{IV} & \text{II} & \text{O} \\ m = x & & & \end{cases}$		La salida es igual a la entrada mientras la rapidez de cambio de la entrada no exceda un valor límite. La salida cambiará a la velocidad establecida por este límite hasta que iguale a la entrada.
BIAS $+_b - \sigma \pm$	$m = x + b$		La salida es igual a la entrada más (o menos) algún valor arbitrario (bias).
GENERADOR DE SEÑAL ANALÓGICA. A	$m = A$	NO SE APLICA 	La salida es una señal analógica creada por el Generador.

SÍMBOLO Y FUNCIÓN	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
<p>TRANSFIERE</p> <p>T</p>	$m = \begin{cases} X_1 & \text{PARA ESTADO 1} \\ X_2 & \text{PARA ESTADO 2} \end{cases}$		<p>La salida es igual a la entrada la cual ha sido seleccionada por una transferencia. El estado de la transferencia es establecido externamente.</p>
<p>MONITOR DE SEÑAL.</p> <p>H/</p>	<p>ESTADO 1 $X \leq H$</p> <p>ESTADO 2 (Energizado o estado de alarma) $X > H$</p>		<p>La salida tiene un estado discreto el cual depende del valor de la entrada cuando la entrada excede (o se hace menor que) un valor límite arbitrario, la salida cambia de estado.</p>
<p>/L</p>	<p>ESTADO 1 (Energizado o estado de alarma). $X < L$</p> <p>ESTADO 2 $X \geq L$</p>		
<p>H/L</p>	<p>ESTADO 1 (Primera salida m1 Energizada o estado de alarma) $X < H, L$</p> <p>ESTADO 2 (Segunda salida m2 energizada o estado de alarma) $X > H, L$</p>		

SÍMBOLO Y FUNCIÓN	ECUACION MATEMATICA	REPRESENTACION GRAFICA	DEFINICION
H//L	<p>ESTADO 1 (Primera salida m_1 energizada o estado de alarma). $X < L$</p> <p>ESTADO 2 (Ambas salidas i—nactiva o desenergizadas). $L < X < H$</p> <p>ESTADO 3 (Segunda salida m_2 energizada o estado de alarma) $X > H$</p>		<p>La salida tiene un estado discreto el cual depende del valor de la entrada - cuando la entrada excede (o se hace menor que) un valor límite arbitrario, la salida cambia de estado.</p>

LAS VARIABLES USADAS SON:

A - Señal analógica arbitraria.

b - Valor de bias.

$\frac{d}{dt}$ - Derivada con respecto al tiempo.

H - Valor del límite alto.

$\frac{1}{T_i}$ - Rapidez de integración.

L - Valor del límite bajo.

m - Salida analógica variable.

n - Número de entradas analógicas o valor del exponente.

t - Tiempo.

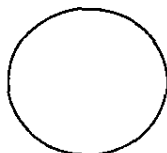
T_D - Tiempo derivativo.

x - Entrada analógica variable.

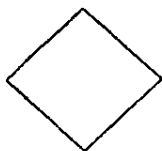
$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ -

- Entradas analógicas variables (1 a n).

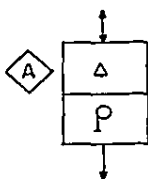
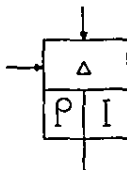
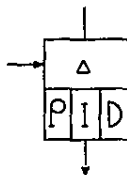
Símbolos básicos

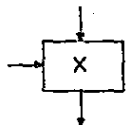


Medición de lectura

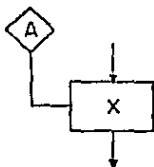
Procesamiento manual
de señalProcesamiento automático
de señal

Elemento final de control

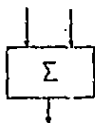
Control proporcional con punto
de ajuste interno.Control proporcional más inte--
gral con punto de ajuste externo.Control proporcional, integral
y derivativo con punto de ajuste
externo.



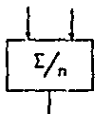
Multiplicar una señal por otra.



Multiplicar una señal por un --
factor manualmente ajustado.



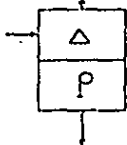
Suma de dos o más señales.



Promedio de dos o más señales.



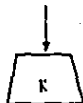
Diferencia entre dos señales.



Control proporcional con punto de
ajuste de fuente externa.

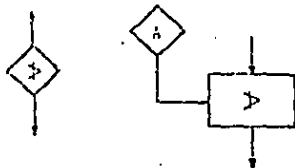


Con caracterización

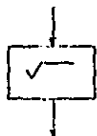


Con ajuste
de ganancia.

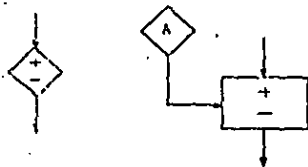
Función final de control
(válvula de control o --
accionador)



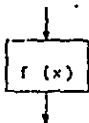
Limitar por ajuste manual una señal por lo alto.



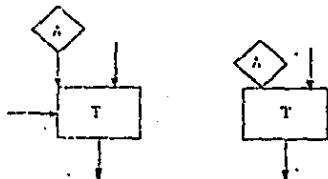
Extractor de raíz.



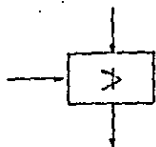
Ajuste manual de bias de una señal.



Modificación no lineal o no especificada de una señal.



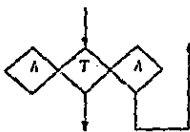
Transferencia automática de c a una señal ajustada de forma manual.



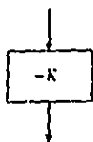
Limitación de señal alta mediante otra señal.



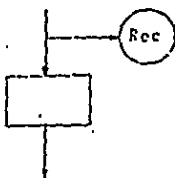
Transferencia manual de o a una señal ajustada de forma manual (estación de control auto-manual)



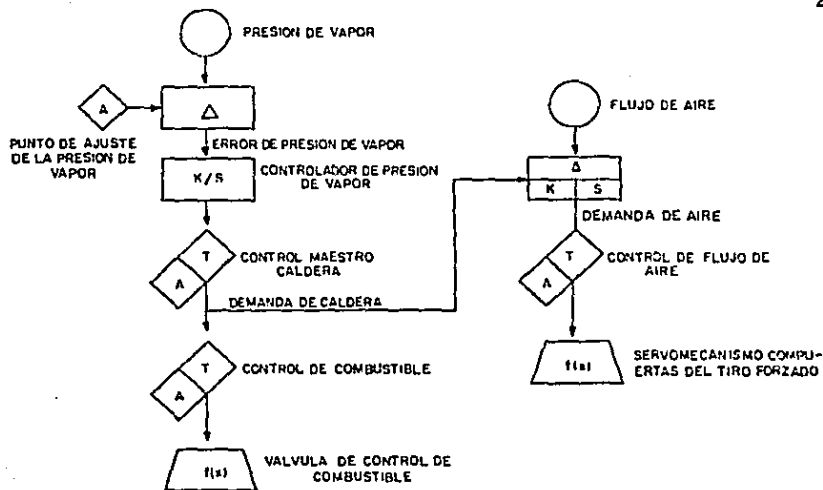
Estación auto-manual incluyendo punto de ajuste..



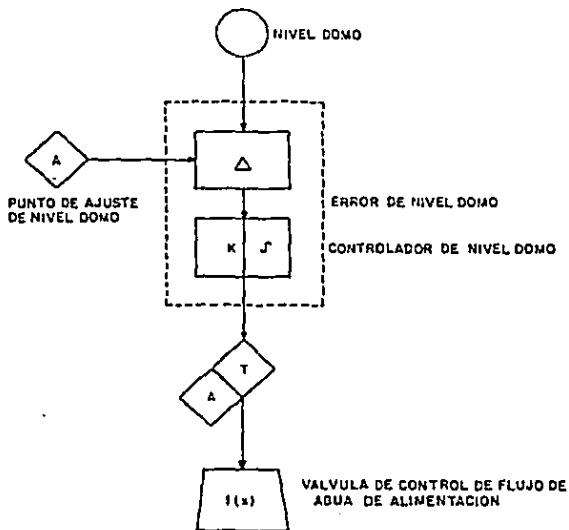
Inversión de señal.

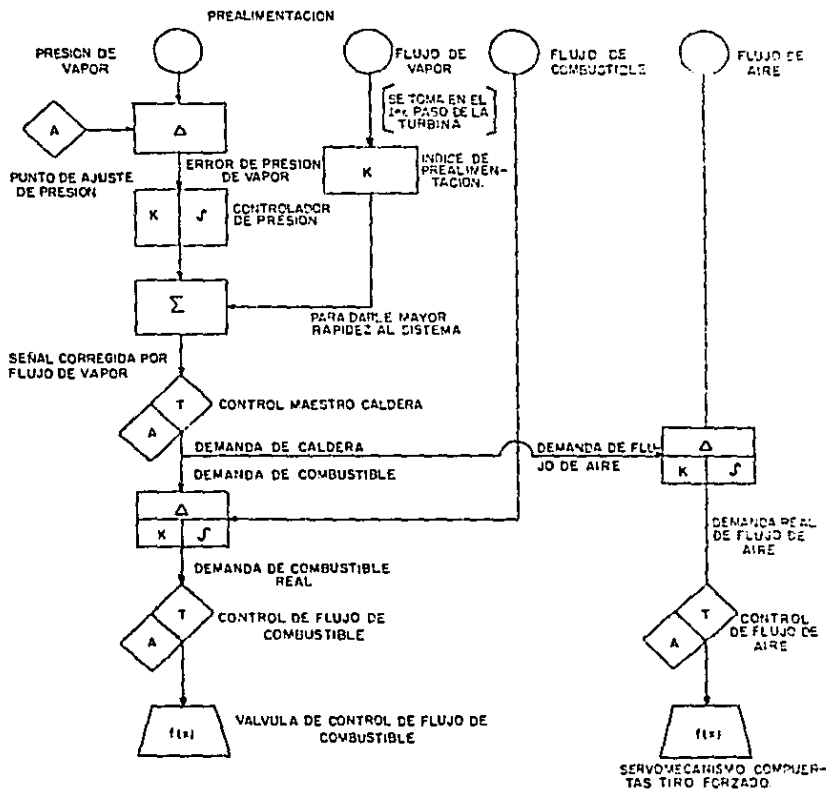


Función de salida (registro, indicación totalizar).

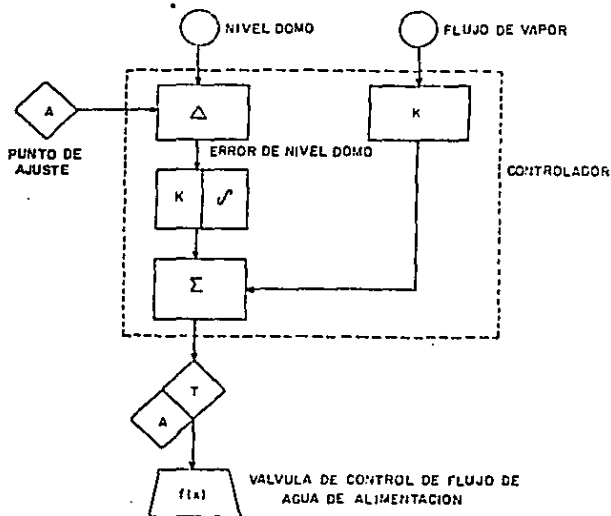


CONTROL DE PRESION DE VAPOR DE UN SOLO ELEMENTO

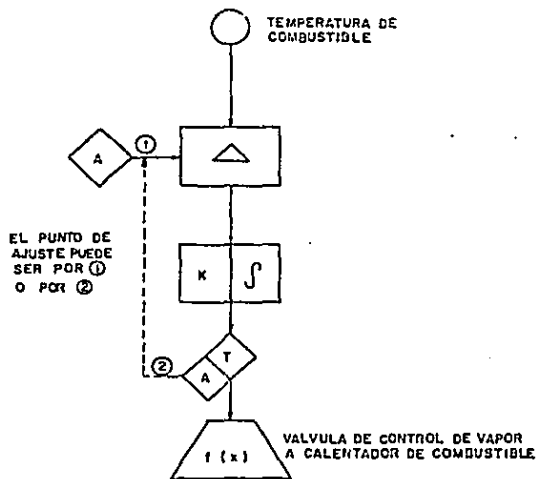




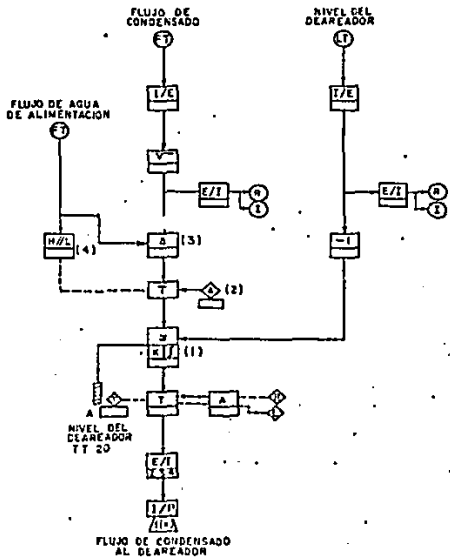
CONTROL DE PRESION DE VAPOR CON TRES ELEMENTOS



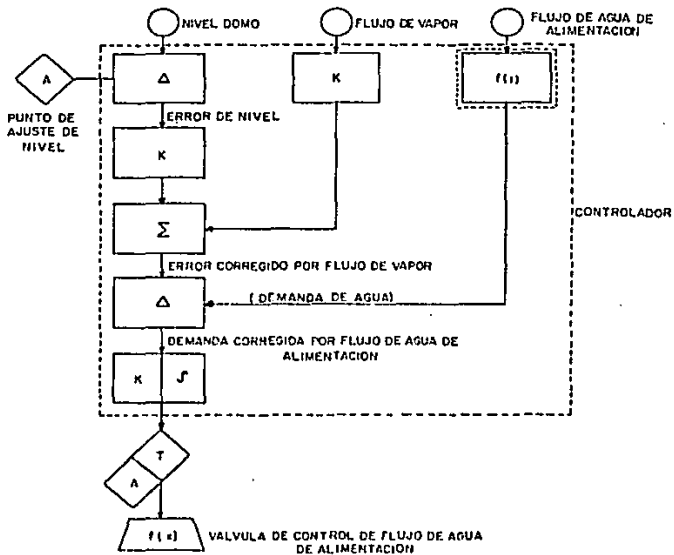
CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACION DE DOS ELEMENTOS



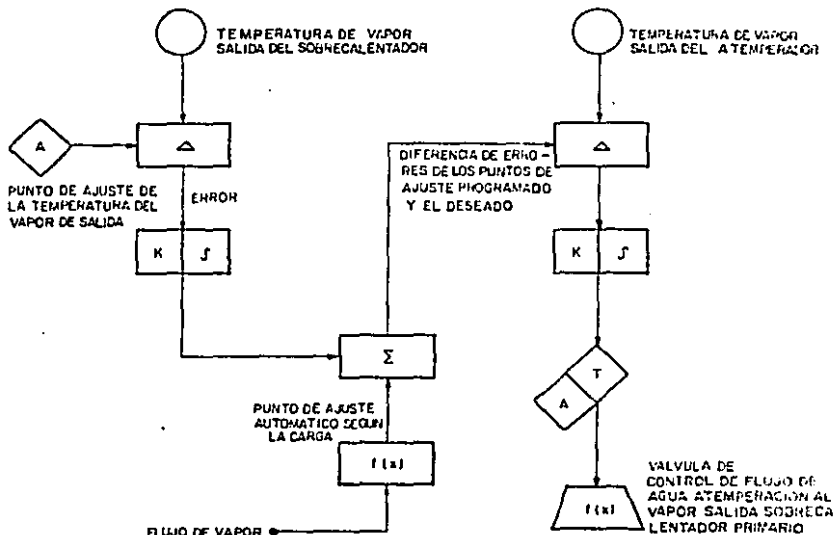
CONTROL DE TEMPERATURA DE COMBUSTIBLE



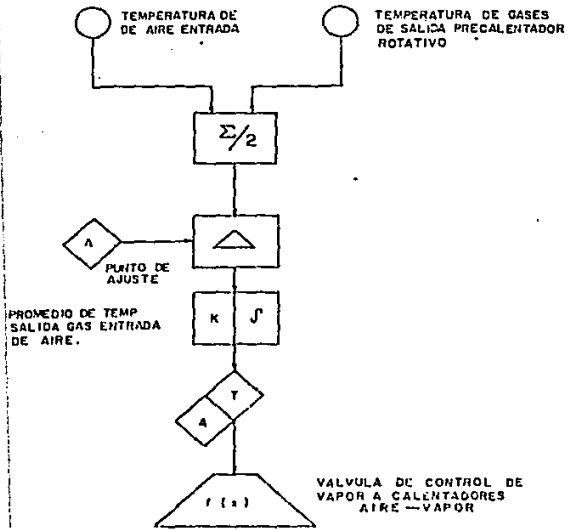
CONTROL NIVEL DEAREADOR



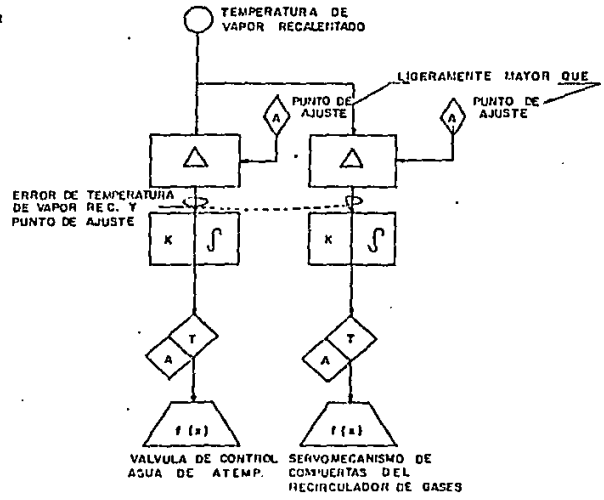
CONTROL DE AGUA DE ALIMENTACION DE TRES ELEMENTOS



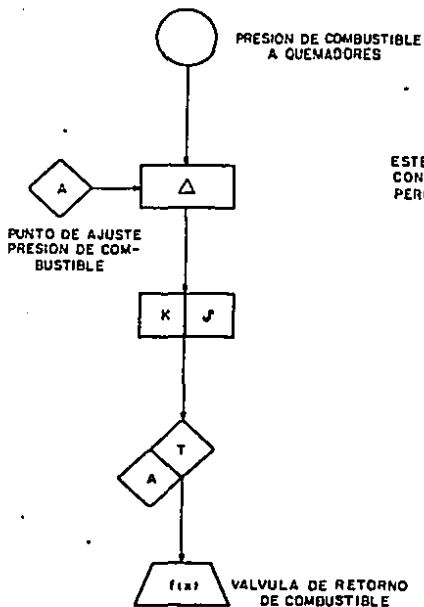
CONTROL DE TEMPERATURA DE VAPOR SOBRECALENTADO CON TRES ELEMENTOS.



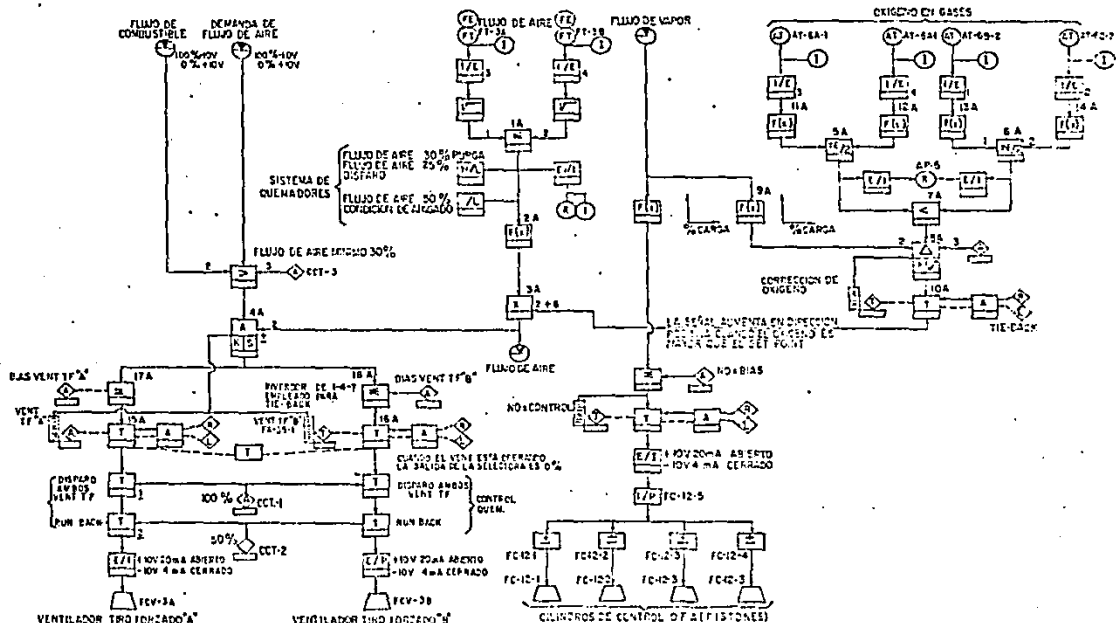
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA CALENTADORES DE AIRE PARA LA COMBUSTION



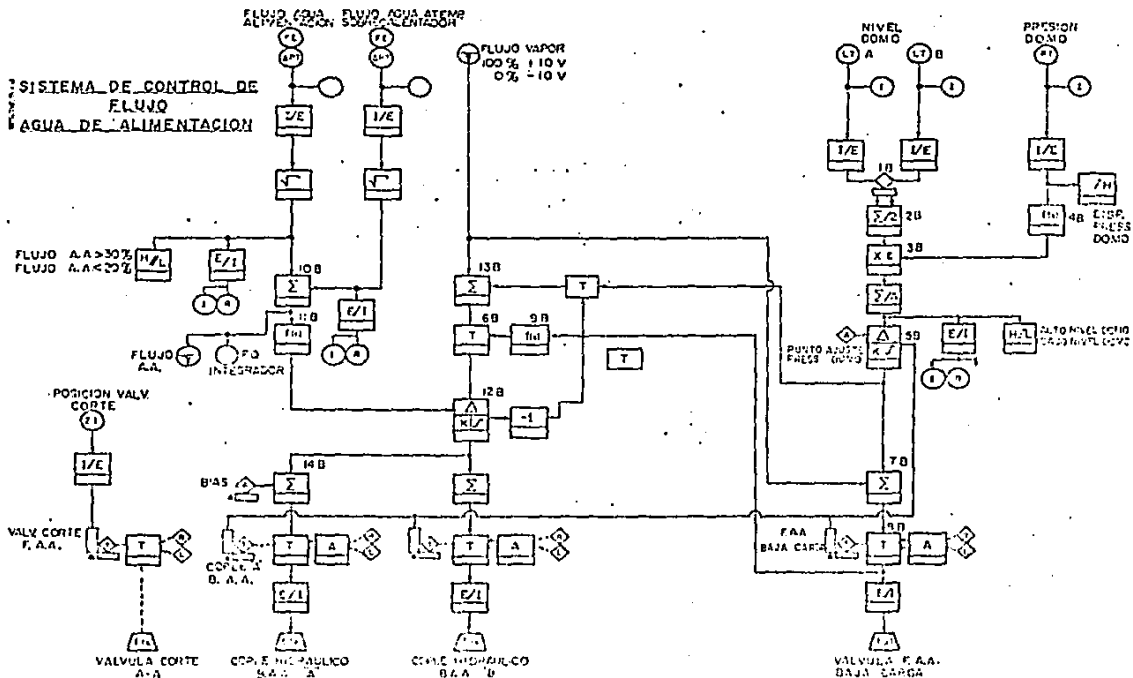
CONTROL DE TEMPERATURA TÍPICO PARA VAPOR RECALENTADO

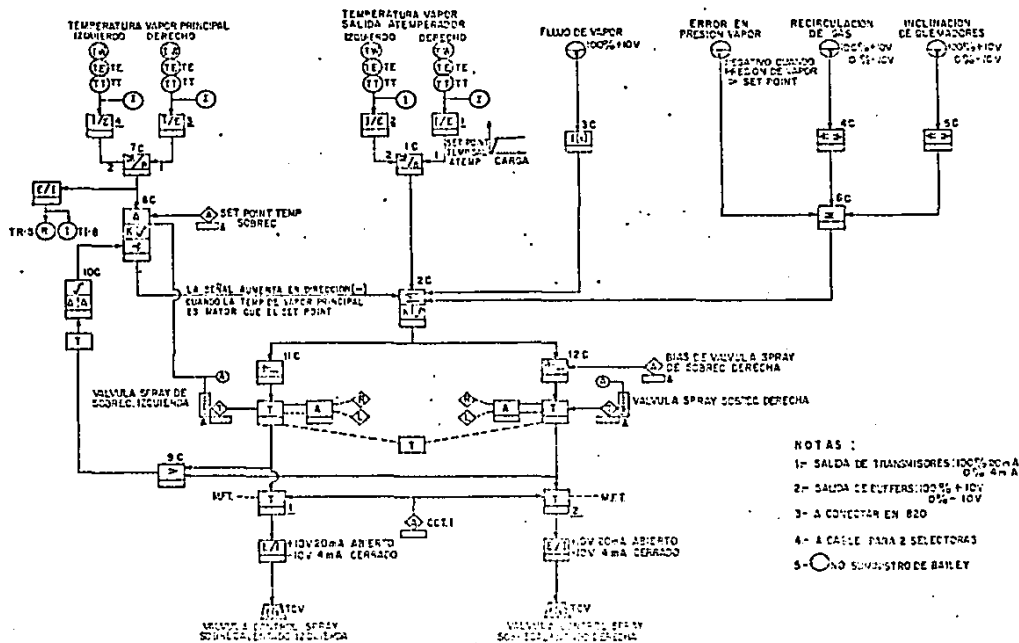


ESTE SISTEMA GENERALMENTE SE
CONSTITUYE CON UN AUTOCONTROLADOR
PERO SU OPERACION ES LA MISMA.

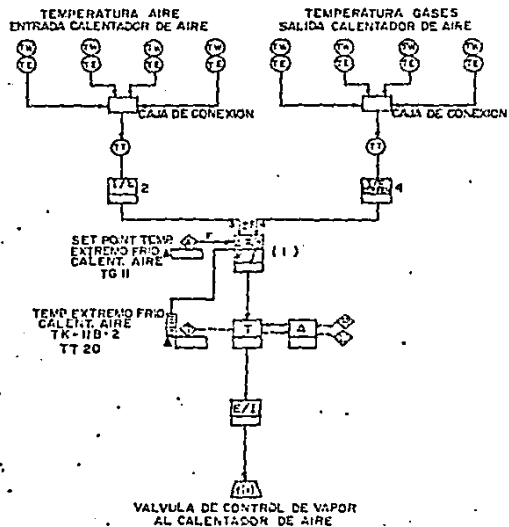
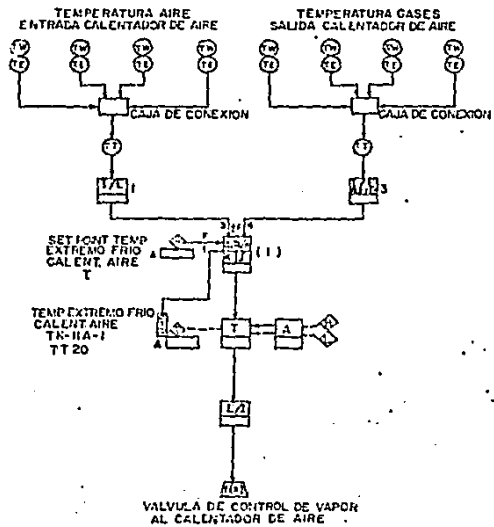


SISTEMA DE CONTROL DE COMBUSTION
LADO AIRE





CONTROL DE TEMPERATURA - VAPOR SOBRECALENDADO



COMENTARIOS CONCLUSIONES

Es de vital importancia el conocimiento de las Centrales Termoeléctricas, debido a su importancia en el sistema de Generación de Energía Eléctrica de nuestro País.

El constante aumento de este tipo de Centrales, como el buen funcionamiento de las ya existentes demanda una buena capacitación para que así los profesionistas respondan con un mayor grado de eficiencia ante las diferentes situaciones que se presentan al operar dicho tipo de centrales.







Es importante, cada vez más, contar con elementos que ayuden a comprender y entender mejor los procesos que se desarrollan en las Centrales termoeléctricas. Por ello es necesario conocer los equipos y sistemas de las centrales.

En el presente y el próximo futuro las Centrales de Generación de Energía Eléctrica de mayor importancia en nuestro país son las Centrales Termoeléctricas.








APPENDICES

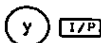
La siguiente lista muestra los dibujos de los símbolos básicos --
requeridos.

SEÑALES.

	Conexión a un proceso o enlace mecánico -- entre equipos.
	Señal neumática.
	Señal eléctrica.
	Tubo capilar.
	Señal hidráulica.
	Señal electromagnética o sónica (sin alam- bre ni tubo).

LOCALIZACION DE INSTRUMENTOS.

	Instrumento localizado en el campo.
	Instrumento localizado en tablero
	Instrumento localizado en la parte poste- rior del tablero
	Transmisor de señal.
	Instrumento de dos variables o más de una función instalación local.
	Instrumento para prueba por código Asme <u>so</u> lamente.
	Instrumento para prueba por código Asme y uso normal.



Transductor de señal eléctrica a neumática
ma/psi.



Transductor de señal de termopar para se-
ñal eléctrica mv/ma

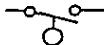
INSTRUMENTOS DE NIVEL.



Instrumento de nivel tipo mirilla. Flotador
o desplazador.



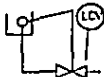
Tipo interno de flotador de bola.



Switch de nivel normalmente abierto.



Switch de nivel normalmente cerrado.



Dispositivo de nivel auto-operado

INSTRUMENTOS DE FLUJO.



FE - Placa de orificio
FO - Orificio de restricción.



Tubo venturi o tobera de flujo.



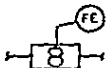
Tubo de pitot.



Vertedor.



Canal.



Tipo turbina o hélice.



Rotámetro.



Instrumento en línea



Estabilizador de flujo.



Regulador de flujo auto-operado.

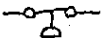
INSTRUMENTOS DE PRESION.



Manómetro conectado a tubería.



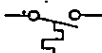
Switch de presión normalmente abierto



Switch de presión normalmente cerrado.



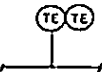
TI Indicador de temperatura.
 TW Termo pozo.
 TE Elemento primario.



Interruptor de temperatura normalmente abierto.



Interruptor de temperatura normalmente cerrado.



Instrumento primario doble.



Sistema lleno.



Regulador de temperatura tipo sistema lleno.

ACTUADORES DE VALVULAS.



Acoplamiento mecánico.



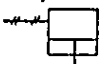
Diafragma neumático.



Diafragma de presión balanceada.



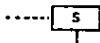
Con motor.



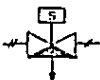
Cilindro neumático efecto sencillo.



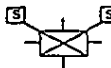
Cilindro neumático doble efecto con válvula solenoide.



Solenoid simple.



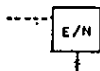
Válvula de tres vías con solenoide simple.



Válvula de cuatro vías con doble solenoide.



Actuador manual.



Convertidor de señal o transductor.

VALVULAS CONTROLADORAS DE PRESION AUTO-OPERADAS.



Sencilla.



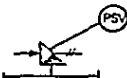
Con conexión externa.



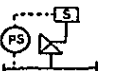
De presión diferencial con conexión interna y externa.



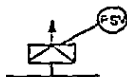
Válvula de alivio o de seguridad.



Válvula de alivio o de seguridad para vacío.



Válvula de alivio o de seguridad operada por solenoide.



Disco de ruptura para alivio de presión.



Disco de ruptura para alivio de vacío.

CUERPO DE VALVULA CON ACTUADOR.



Neumática.



Electro neumática.

DISPOSITIVOS OPERADOS A MANO.



Válvula de control manual de dos vías en líneas de proceso.



Válvula interruptora manual de dos vías - en señal neumática.

TUBERIAS DE PROCESO.



Reducción concentrada.




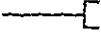

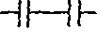



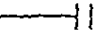




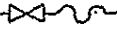
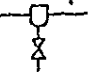







Reducción excéntrica.



Tapon cochucha soldado.



Tapon hembra roscado.

	Compuerta.		Conexión para manguera.
	Globo.		Carrete removible.
	De ángulo.		Conexión flexible.
	De tres vías.		Brida ciega.
	De cuatro vías.		Venteos a la atmósfera.
	Macho.		Junta de expansión.
	Manguera.		Separador de humedad.
	De bola.		
	De puerta.		
	De mariposa.		
	De retención.		
	De retención y paro automático		
	De retención y paro.		
	Retención y corte en ángulo.		



Placa ciega circular.



Filtro de canasta sencilla.



Filtro de canasta doble.



Filtro tipo Y.



Filtro temporal.



Filtro tipo rejilla.



Trampa de vapor.



Eyector.

ESTADO DE LAS VALVULAS.



Abierta durante operación normal (todas las válvulas excepto las de mariposa).



Cerrado durante operación normal.



Estrangulada.



Normalmente abierta durante operación (solamente las de mariposa)



Normalmente cerrada durante operación.

BIBLIOGRAFIA

POWER PLANT ENGINEERING
 Frederick T. Morse, M.E. E.E.
 D. Van Nostrand Company, Inc.

LA PRODUCCION DE ENERGIA MEDIANTE EL VAPOR DE AGUA EL AIRE Y LOS GASES
 W. H. Severns, Degler, Miles
 Reverté, S.A.

STEAM POWER PLANT ENGINEERING
 G. F. Gebhardt
 John Wiley & Sons, Inc.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE OPERACION

COMBUSTION, SUPERVISORIO DE TURBINA, PRECALENTADORES DE AIRE,
 EMPUJE AXIAL

DESCRIPCION DE FALLAS EN CENTRALES TERMOLLECTRICAS

DESCRIPCION DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO
 Centro de adiestramiento de operadores Ixtapantongo
 C.F.E.

TERMODINAMICA
 Manrique, Cárdenaz
 Harla

ENERGY, ECOLOGY & THE ENVIRONMENT
 Richard Wilson
 Academic press, Inc.

FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA
 Gordon J. Van Wylen
 Limusa

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO
 Marks
 Mc Graw Hill

DESCRIPCION DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO

INTRODUCCION A LAS CENTALES TERMOELECTRICAS

TURBINAS DE VAPOR

PROCEDIMIENTOS DE OPERACION

DESCRIPCION DE LA SALA DE CONTROL

SISTEMAS ELECTRICOS, PROTECCION Y MEDICION

INSTRUMENTACION Y CONTROL
 Central Escuela Celaya
 C.F.E.

POWER PLANT TECHNOLOGY

M.N. El-Wakil
Mc Graw Hill

CENTRALES ELECTRICAS

Frederick T. Morse
Compañía Editorial Continental, S.A.

PROCEDIMIENTOS DE OPERACION

Central Termoeléctrica Manzanillo
C.F.E.

POWER GENERATION

Philip G. Hill
The MIT Press