



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**Estudio de los Sistemas de Condensado, Agua de Alimentación,
Extracción de Incondensables, y Sistema de Agua de Circula-
ción para una Planta Termoeléctrica de 158 M.W.**

T E S I S
Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
P r e s e n t a
Mauricio Isidro Aguilar del Valle
México, D. F. 1976

6



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Tesis
LAB _____
AÑO 1976
FECHA _____
PROC. M. 8
S. _____



UNMSM

A mis Padres

A la Universidad

Gracias

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: PROF. VICTOR M. PEREZ AMADOR

VOCAL: PROF. ERIC MAISNER SEIDEL

SECRETARIO: PROF. CARLOS SANCHEZ MORENO

1er. SUPLENTE: PROF. FRANCISCO BARNES DE CASTRO

2° SUPLENTE: PROF. ARTURO LOPEZ TORRES

SITIO EN DONDE SE
DESARROLLO EL TEMA: BUFETE INDUSTRIAL, DISEÑOS Y PROYECTOS, S.A.

SUSTENTANTE: MAURICIO ISIDRO AGUILAR DEL VALLE

ASESOR DEL TEMA: ING. CARLOS SANCHEZ MORENO

CONTENIDO

- CAPITULO 1 - INTRODUCCION
- CAPITULO 2 - GENERALIDADES SOBRE LA PLANTA
- CAPITULO 3 - SISTEMA DE CONDENSADO
- CAPITULO 4 - SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION
- CAPITULO 5 - SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION
- CAPITULO 6 - SISTEMA DE EXTRACCION DE INCONDENSABLES
- CAPITULO 7 - PARAMETROS DE DISEÑO

CAPITULO 1

I N T R O D U C C I O N

CAPITULO 1

I N T R O D U C C I O N

A la energía eléctrica se le puede considerar como base primordial en el desarrollo tecnológico del siglo XX. Tan natural es a nuestra vida que la damos totalmente por supuesta y esperamos que gracias a ella y bajo -- sus diversas formas, la energía producida ya sea por -- plantas hidroeléctricas, plantas termoeléctricas o por -- medio de reactores atómicos, nos llegue en condiciones -- económicas y seguras a los lugares donde la deseamos. Nos hemos acostumbrado a su servicio para cometidos sencillos, pero más o menos arduos, como el hacer girar las poleas de las fábricas, los tornos, las centrífugas y -- las máquinas de lavar. Y ya no nos sorprende su aplicación universal y fácil conversión, no solo en energía mecánica en los motores, sino también en térmica en los -- hornos, en acústica en los altavoces y en luminosa en -- las lámparas.

Además de su sencillez de transporte y conversión, la energía eléctrica tiene otra ventaja decisiva para las aplicaciones de nuestros días:

La facilidad con que se le puede controlar. La precisa y delicada modulación de las ondas, que es la base de la alta fidelidad en sonido y de la televisión, la dirección de vehículos espaciales, la transmisión de información desde los satélites, la resolución de complicados problemas matemáticos por calculadoras electrónicas y el control automático de complicados procesos de fabricación, son algunos de los más difíciles cometidos realizados hoy por dispositivos eléctricos.

Toda la aportación de la energía eléctrica a la vida moderna ha sido posible gracias a la evolución de la teoría electromagnética a través de la historia. Desde el descubrimiento de los imanes naturales y las acciones electrostáticas hasta la generación de la electricidad, por medio de reactores nucleares, gracias a grandes científicos e inventores como Benjamín Franklin, Charles - - Coulomb, Georg Simon Ohm, André Marie Ampere, Michael - Faraday y Thomas A. Edison los cuales aportaron grandes conocimientos para el desarrollo de esta teoría.

Desde un principio, se pensó que la electricidad debía de ser de gran ayuda para la evolución de la humanidad, por eso fué que los experimentos científicos no de-

cayeron a pesar del poco conocimiento que se tenía acerca de la naturaleza del electromagnetismo. Fue así que, a principios del siglo XVII se creó el primer generador de electricidad estática y se produjo la primera corriente eléctrica.

Un científico alemán de nombre Otto Von Guericke, construyó una esfera de azufre del tamaño de una calabaza, y la montó de tal forma que pudiese girar contra la mano del experimentador, frotada de esta manera, la esfera atraía pequeños pedazos de papel, tela y otras sustancias; también observó que un hilo de lino en contacto -- con la esfera atraía lo mismo que la esfera de azufre.

En el año de 1830, Joseph Henry, en América y un -- año más tarde Michael Faraday, en Londres, descubrieron que un campo magnético podía inducir una corriente eléctrica - si bien sólo momentánea - mientras el campo magnético se mantenía en movimiento relativamente al conductor.

El descubrimiento de la "inducción electromagnética" - creación de una corriente eléctrica por un campo magnético constante en movimiento o variable - estaba destinado a ser una de las observaciones más provechosas de to-

do el estudio del electromagnetismo. Una vez comprendido este principio, resultó evidente que la pila no era la única fuente ni siquiera la fuente más conveniente de energía eléctrica.

El generador electromagnético rotatorio se iba a -- convertir en una de las mejores máquinas para la conversión de energía. A partir de entonces, se incrementaron los esfuerzos para lograr un sistema que generara corriente eléctrica a mayor escala.

Es en esta etapa cuando la Ingeniería entra a formar parte importante en el desarrollo de la generación de la energía eléctrica, logrando conjuntar diversos sistemas para operar como unidad, y no como un grupo de piezas individuales de equipo.

Fué para usos de alumbrado, donde la producción de las estaciones centrales hizo sus primeros progresos. La primera estación comercial empezó a operar en Nueva York aproximadamente en 1882. Estaba movida por vapor, y -- pronto la siguió una hidroeléctrica en Wisconsin. La lámpara incandescente inventada en 1879, dió el ímpetu necesario para el rápido desarrollo de esta naciente industria.

Setenta años después, el número de usuarios excedió de los 30 millones (entre residencias, Industrias y comercios), es por esto que la industria que suministra -- energía eléctrica al público en general es una de las ma yores y más esenciales en todo el mundo.

CAPITULO 2

GENERALIDADES SOBRE LA PLANTA

2.1 GENERALIDADES

2.2 DESCRIPCION DEL CICLO GENERADOR DE VAPOR

2.3 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO PRINCIPAL

CAPITULO 2

GENERALIDADES SOBRE LA PLANTA

2.1 Generalidades

2.1.1 Objetivo

La Comisión Federal de Electricidad, tomando en consideración las necesidades de la demanda de energía eléctrica por la cual atraviesa actualmente la zona Noroeste de la República Mexicana, consideró necesario instalar esta Planta Termoeléctrica en Altamira (Tampico) - Tamps., contribuyendo de esta manera a suplir la gran demanda de energía eléctrica en el Noreste de la República, favoreciendo de este modo el desarrollo de las aplicaciones industriales y urbanas.

El Puerto de Tampico es uno de los más importantes del Golfo de México, está en el Estado de Tamaulipas, un Estado que tiene suelos agrícolas excelentes, variados y abundantes pastizales y regiones boscosas, puertos fronterizos y marítimos, importantes reservas de gas y petróleo y una infraestructura que permite su rápido desarrollo.

La zona portuaria se localiza sobre la margen izquierda del Río Pánuco en una zona de lagunas y esteros, colinda con el Estado de Veracruz, encontrándose zonas urbanas e industriales del Puerto en este último estado. Tampico tiene un clima subtropical, con una temperatura promedio anual de 24.2°C (76°F). Puede encontrarse mano de obra de alta productividad, tiene servicios eficientes y muy buenos medios y vías de comunicación.

La actividad industrial tiene una creciente importancia en la economía del área, tanto por el valor de su producción como por la magnitud de la mano de obra que ocupa.

Las principales ramas industriales prevalecientes en Tampico son: La Petroquímica, La Siderúrgica y La de Alimento.

En las cercanías del puerto, hacia la población de Altamira se localizan industrias importantes como: Pigmentos y Productos Químicos, Hules Mexicanos, Cyanquim, Química de Mar, Petrocel y otras, que cuentan con servicios de carreteras, ferrocarril, teléfonos y suministro de agua.

En la margen izquierda, cerca de la desembocadura del Río Pánuco, se ha desarrollado en forma intensiva la industria petrolera y se ha comenzado a extraer el petróleo en la plataforma submarina localizada a 35 kms. al oriente de la desembocadura.

En la margen derecha, a 3 kms. aproximadamente de la desembocadura, se han iniciado los estudios para establecer un Parque Industrial con todos los servicios necesarios.

Se presentan condiciones favorables para la instalación de industrias en las áreas adyacentes a Tampico, Cd. Madero y Altamira, pues existen suficientes terrenos, agua, gas y energía eléctrica.

La localización de la Planta Termoeléctrica en Altamira, Tamps., obedeció a varias razones, entre las que figuran de manera muy importante: el mercado o demanda de energía eléctrica en la zona; su cercanía a la Refinería de Ciudad Madero, de donde se abastece el combustible necesario para la planta; la proximidad a la Laguna de Champayán, de donde se obtiene el agua de repuesto para toda la planta; la disponibilidad de mano de obra calificada y la proximidad al Puerto de Tampico, lo que --

permite disminuir los costos de transportación para los embarques de importación de equipo.

La Planta Termoeléctrica Tampico tendrá una capacidad total de 916 M.W. Su diseño y construcción se planeó en dos etapas: la primera, consistente en dos unidades tendrá una capacidad total de 316 M.W., programada para ponerse en marcha a principios de 1976; la segunda etapa consiste de dos unidades más, con capacidad total de 600 M.W., deberá iniciar operaciones en 1978.

En la subestación se tienen tres secciones:

Una de 400 KV, interconectada al sistema Noreste y que transmitirá energía eléctrica a la subestación de Huinalá (Monterrey) y a la subestación de Poza Rica II.

Otra sección de 230 KV, interconectada al sistema Oriental y que transmitirá energía eléctrica a las subestaciones de Tampico I y de Autlán (Veracruz) de la compañía minera Autlán.

Una tercera sección de 115 KV, que alimentará el área de Tampico por medio de las subestaciones Tampico I y Anáhuac II.

2.1.2 Localización

La Planta Termoeléctrica Tampico (Altamira), está localizada en el Estado de Tamaulipas, aproximadamente a

30 km al Noroeste de la Refinería de Cd. Madero, Tamps. y a 1.1 km de la estación "Colonia" del Ferrocarril Tampico-Cd. Victoria, Tamps.; encontrándose el predio de la Planta aproximadamente a 1 km de la Laguna de Champayán.

El lindero Sur de la propiedad de la Planta colinda con la vía del Ferrocarril Tampico-Cd. Victoria y la Estación Colonia está comunicada con la Carretera Tampico-Cd. Mante por medio de un camino de acceso de 2.5 - km de longitud.

El predio donde se localiza la Planta tiene una superficie aproximada de 56 Ha., con una pendiente promedio del 1% que va de Norte a Sur.

2.1.3 Datos Generales

2.1.3.1 Descripción del Sitio

(Plano de Localización)

Como se explicó anteriormente, este proyecto -- consta de una primera etapa de dos (2) unidades de 158 - M.W. cada una, la cual se ampliará con dos (2) unidades futuras de 300 M.W.

La Casa de Máquinas (edificio donde se localiza el Turbo Generador, Condensador, bombas, etc.) está orientada aproximadamente de Oeste a Este, con dimensiones -

aproximadas de 85 m de largo por 33 m de ancho. Dichas dimensiones cubren los requerimientos de espacio para -- una unidad de 300 M.W., con la idea de tener un arreglo lineal de operación entre las unidades actuales de 158 - M.W. con las unidades futuras, utilizando de esta forma la misma grúa principal cuya capacidad cubre las necesidades actuales y futuras.

Al Este de esta Casa de Máquinas, continuando - el edificio de Casa de Máquinas y formando parte del mis mo, se encuentra el edificio de Talleres en el que se en cuentra el equipo para taller mecánico, donde se dispondrá de tornos, taladros, una prensa hidráulica, etc., -- equipo que será utilizado para realizar los trabajos de mantenimiento y reparación de la planta.

El Edificio de Cuarto de Control de la Planta - donde se localizan los tableros y bastidores de instrumento s para el control y que dará servicio a las cuatro uni dades, se localiza en el extremo Sureste del Edificio de Casa de Máquinas entre los ejes 13 y 15 como una prolongación del mismo. A 15 m. aproximadamente en dirección Oeste de Casa de Máquinas se encuentra el Edificio de -- Oficinas y Administración.

Al Norte de Casa de Máquinas se encuentra el --
área de transformadores y la Subestación que quedan sepa
rados entre si por el camino de acceso interior y la es-
puela de ferrocarril.

Al Sur de Casa de Máquinas se encuentran las --
calderas y más adelante en la misma dirección a unos - -
100 m se encuentran las Torres de Enfriamiento. Al Oes-
te de éstas últimas y a una distancia de aproximadamente
15 m se localiza la Casa de Bombas (para tratamiento de
agua, de agua de servicio, de lavado para calentadores
de aire y de agua contra incendio).

Adyacente al lindero Este y a la esquina Noroeg
te del predio se localiza el área de almacenamiento del
combustible incluyendo los tanques de almacenamiento con
sus diques; los laderos de la espuela de ferrocarril pa-
ra descarga de los carros-tanque, las fosas de descarga
y el cárcamo de combustible con su estación de bombeo --
correspondiente.

La caseta de entrada se localiza en el lindero
Oeste del Predio.

2.1.3.2 Servicios

Agua

El agua necesaria para cubrir la demanda de la

Planta es conducida de la Laguna de Champayán a la Obra de Toma por un canal abierto. La Obra de Toma se encuentra fuera del predio, hacia el Sur a una distancia de -- 1.7 km aproximadamente.

El agua recibe un tratamiento con cloro y es -- conducida a la Planta por tubería; siendo utilizada como agua de repuesto para la Torre de Enfriamiento, para ser vicios de la Planta, para el sistema contra incendio, - etc.

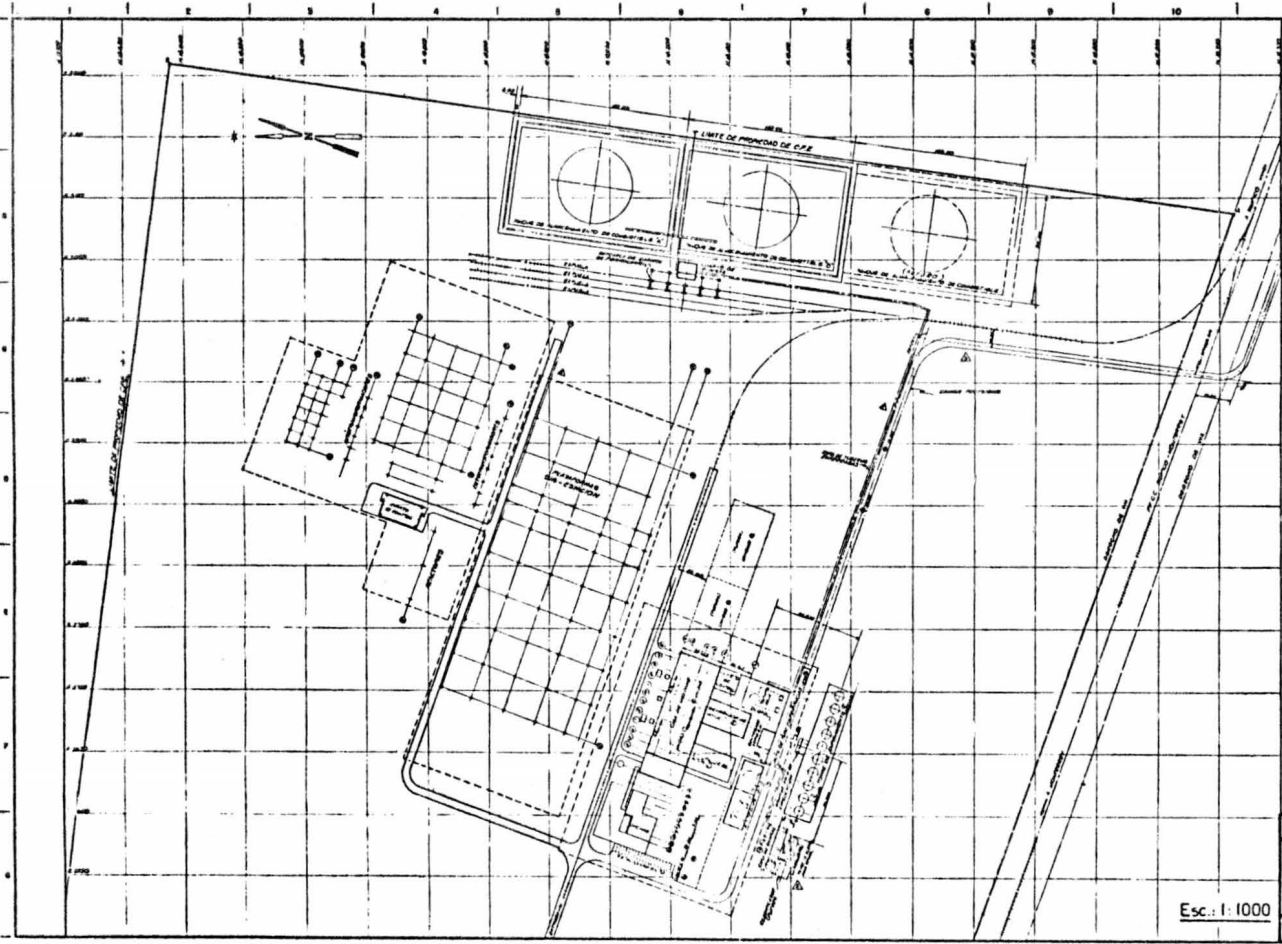
Para poderla utilizar como agua de repuesto en las Calderas se le trata en una Planta Desmineralizadora a fin de eliminarle sus impurezas.

Combustóleo

El combustóleo será suministrado por un oleoducto desde la Refinería de Pemex de Cd. Madero hasta el Si tío de la Planta, así como en casos de emergencia por me dio de carros-tanque de ferrocarril que descargan por -- gravedad en las fosas antes mencionadas.

Diesel

El combustible diesel llega a la Planta en pi-- pas, descargando éstas por bombeo a un tanque de almace-- namiento.



ACERCA DE ESTE DISEÑO	
1.	TIPO DE DISEÑO
2.	TIPO DE MATERIAL UTILIZADO
3.	TIPO DE TIPO DE MATERIAL UTILIZADO
4.	TIPO DE TIPO DE MATERIAL UTILIZADO

1. Límite de propiedad de CFE
 2. Límite de propiedad de CFE
 3. Límite de propiedad de CFE

TESIS PROFESIONAL
 PLANO DE LOCALIZACION.
 Esc.: 1:1000
 MAURICIO I. AGUILAR V

2.1.3.3 Drenaje y Pavimento

Drenaje

Aprovechando que el terreno tiene una pendiente natural de Norte a Sur y un parte-aguas intermedio que conduce hacia los extremos Sureste y Suroeste del predio, el sistema general de drenaje pluvial de la Planta está formado principalmente por cunetas que interceptan y conducen el agua hacia esos puntos. Las cunetas se localizan estratégicamente, a ambos lados de los caminos y en áreas adecuadas para evitar una posible inundación a la Casa de Máquinas y demás edificios de la Planta. Las bajadas de las azoteas de los edificios son descargadas a las cunetas así como el drenaje propio de la Planta de las aguas que se consideran limpias, siendo conducidas estas últimas por tubería de concreto o de fierro fundido, según se requiera, a las cunetas. En la Subestación, el agua se capta por medio de registros y se conduce por tubería hasta los límites de la misma, en donde se descarga al sistema general de cunetas.

La cuneta recolectora principal, se localiza al Oeste del predio, continuándose hasta encontrar la cuneta de la vía del ferrocarril; la cual corre paralela a la vía

hasta descargar en el arroyo llamado "El Camote" que desemboca en la Laguna de Champayán.

Para el drenaje del área de los tanques de almacenamiento de combustible se han colocado válvulas de compuerta, antes del cruce de los muros de los diques, las cuales se abrirán para permitir el paso del agua de lluvia acumulada hacia el sistema general de cunetas.

El drenaje industrial de Casa de Máquinas y de Calderas, se conduce por tubería de P.V.C. o Barro Vitificado, según se requiera, a una fosa de recolección junto con los desechos de la planta desmineralizadora, para ser bombeado posteriormente a las fosas de neutralización en donde se reúne con las purgas de las Torres de Enfriamiento en la fosa de dilución. Estas fosas se encuentran al Sur de Casa de Máquinas en el lindero Sur del predio y de ahí el agua es bombeada al arroyo "Las Prietas" que se encuentra al Norte de la Planta, a una distancia aproximada de 13.2 km, teniendo como destino final el mar.

Para el drenaje sanitario de los Edificios de Oficinas y Administración, Talleres y Control, se emplean Fosas Sépticas con proceso de bioenzimas en estado anaerobio para el tratamiento de las aguas negras.

Después de las fosas el agua se integra al drenaje pluvial general de la Planta.

Pavimento

Los caminos se propusieron del tipo pavimento flexible con una superficie de rodamiento de concreto asfáltico de 5 cm de espesor, sobre una base de 15 cm., una subbase de 15 cm y un estrato de terracería de 30 cm. de espesor mínimo, compactado al 95% - 100% de su máxima densidad, ancho del camino de 6.10 m. El camino de acceso a la Planta se construyó utilizando un pavimento rígido para este caso, con un ancho de camino de 8.50 m.

El camino de acceso a la Subestación y a la Obra de Toma se construyeron con pavimento flexible de las características antes mencionadas, y un ancho de camino de 5.0 m para el camino de la Subestación y un ancho de 4.0 m para el camino a la Obra de Toma.

2.1.3.4 Condiciones Ambientales

- a) Altitud de la Planta sobre el nivel del mar 18 M
- b) Presión Barométrica 759.4 mm Hg Abs.
- c) Temperatura máxima promedio en verano 33.3°C

- d) Condiciones promedio anuales
 - Bulbo Seco 24.4°C
 - Bulbo Húmedo 21.7°C
 - Temperatura mínima en invierno ... 8.89°C
- e) Temperatura mínima registrada
 - en invierno 0°C
- f) Coeficiente Sísmico 0.10 G
- g) Velocidad del viento para di-
seño de estructuras exteriores ...273.6 km/hr.

2.2 Descripción del Ciclo Generador de Vapor

En una planta termoeléctrica, se usan agua y combustible como materias primas para convertir calor en energía mecánica.

Una planta de este tipo (Fig. 2.1) consiste básicamente de una caldera (1), sobrecalentador (2), tubería -- (3), turbina (4), condensador (5), y bombas de alimentación (6).

En la caldera, el agua se transforma en vapor saturado, de ahí se pasa al sobrecalentador, en el cual se seca y se eleva hasta la temperatura requerida. El sobrecalentador descarga el vapor en la turbina, en la cual, el vapor se expande realizando un trabajo mecánico. Durante la expansión existe una caída de presión, desde la pre--

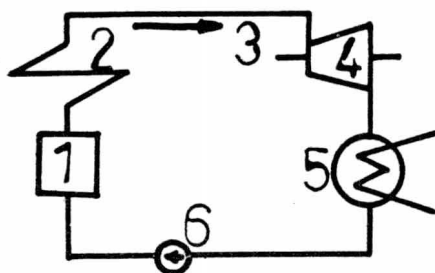


FIG. 2-1 PLANTA TERMOELECTRICA

1-Caldera; 2-Sobrecalentador; 3-Tubería;
4-Turbina; 5-Condensador; 6-Bomba aliment.

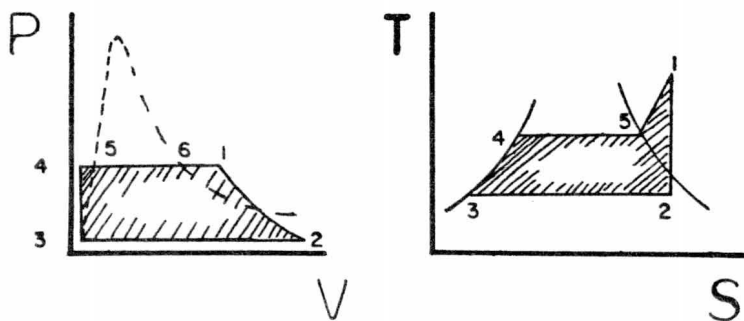


FIG. 2-2 CICLO DE RANKINE

sión inicial P_1 hasta la presión final P_2 , mientras mayor sea la caída de presión, mayor será el calor convertido en trabajo.

Al decrecer la presión al final de la expansión, el vapor pasa directamente al condensador, y el condensado es retornado a la caldera por medio de las bombas de alimentación para que se repita el proceso.

El ciclo termodinámico ideal para este tipo de plantas se conoce como "Ciclo de Rankine". Este es el ciclo básico para toda planta termoeléctrica.

El ciclo de Rankine se muestra en la figura 2-2 en un diagrama con coordenadas $p-v$. El agua será calentada a presión constante en la caldera hasta alcanzar su punto de ebullición como lo representa la línea horizontal 4-5. El punto 5 es el principio de la evaporación. La línea 5-6 muestra el proceso de la generación de vapor. El punto 6 corresponde al estado de vapor saturado seco. De aquí se sigue al proceso de sobrecalentamiento del vapor, mostrado por la línea recta 6-1. En este diagrama puede observarse que los procesos de calentamiento de agua vaporización y sobrecalentamiento son isobáricos.

Del sobrecalentador, el vapor pasa a la turbina en donde se expande adiabáticamente de P_1 a P_2 . El proceso está representado por la línea 1-2. El vapor degradado - en su energía, de la turbina fluye al condensador y es -- condensado completamente a una presión P_2 . El proceso de condensación está representado por la línea recta horizontal 2-3. La alimentación de condensado a la caldera por medio de la bomba es casi a volúmen constante (isométrica) en vista de la baja compresibilidad del líquido. El proceso es mostrado por la línea isométrica 3-4. Por lo tan to, el área formada por los puntos 1-2-3-4-1 es el traba jo útil del ciclo ideal de una planta termoeléctrica.

El estudio del ciclo de vapor de Rankine ha demostrado que para mejorarlo hay que aumentar el estado térmico del vapor a alta presión, o disminuir el del vapor del escape de la turbina, o hacer ambas cosas. De otra manera, para aumentar la eficiencia del ciclo es necesario au mentar la presión en la caldera, el recalentamiento ini-- cial y el vacío del condensador. Estas mejoras ya llegan a los límites naturales de la resistencia de la caldera, de la metalurgia de altas temperaturas y a las temperaturas del agua de condensación desde hace algún tiempo.

Se han hecho progresos en otros ciclos, principalmente en el regenerativo. Este ciclo es definitivamente más eficiente que el Rankine, para las mismas condiciones terminales del vapor. Su característica principal consiste en una regeneración térmica del agua condensada, convirtiéndola en agua de alimentación de temperatura elevada usando vapor que se extrae de puntos intermedios entre la entrada de vapor y el escape de la turbina.

La ventaja de este ciclo sobre el Rankine radica en que el vapor para calentar, extraído de la turbina, ya ha efectuado una cantidad considerable de trabajo mecánico representado en su energía disponible pero conservando la mayor parte de su capacidad para calentar el agua de alimentación. Extrayendo una porción del flujo principal antes de que alcance un nivel térmico muy bajo, todavía contiene gran parte de su entalpia inicial. Cuando el agua de alimentación se calienta progresivamente, hasta aproximadamente la temperatura de saturación de la caldera el calor que debe aplicarse al ciclo se disminuye. Como esta disminución es mayor que el trabajo mecánico perdido por extraer prematuramente una pequeña cantidad de vapor de la turbina, la eficiencia del ciclo es mayor que la del ciclo Rankine sin extracción.

Otra de las formas de aumentar el rendimiento del ciclo térmico, será por medio del recalentamiento del vapor después de la expansión en la etapa de alta presión - de la turbina, comunmente llamado ciclo con recalentamiento.

Los procesos de trabajo adiabáticos, como son los que se producen en las toberas para máquinas y turbinas - de vapor, implican que la energía mecánica se ha producido a expensas del calor contenido en el vapor. El vapor recalentado perderá su recalentamiento, luego se hará cada vez más húmedo al proseguir su expansión a presiones - más bajas. Es cosa bien sabida que la humedad que se produce en el vapor que se dilata es inconveniente.

El mejoramiento de los equipos de alta temperatura y presión ha proseguido uniformemente, debido a la mayor cantidad de energía contenido en el vapor a altos potenciales. Como las limitaciones estructurales que imponen los metales de que se dispone para la construcción, limitan las temperaturas superiores, y como las más altas presiones significan también temperaturas de saturación más elevadas, es evidente que el grado máximo de recalentamiento posible disminuye al adoptarse temperaturas mayores.

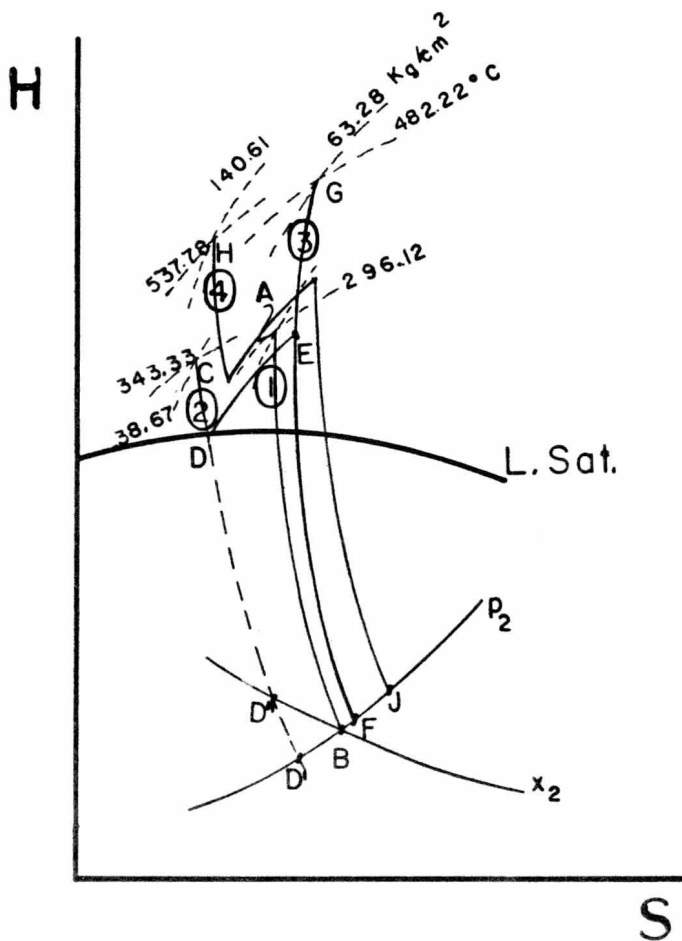


FIG. 2-3 Comparación de las líneas de condiciones de vapor en las turbinas sin recalentamiento, con las que lo tienen: 1) Primitivas sin recalentamiento; 2) Primitivas con recalentamiento; 3) sin recalentamiento; 4) de recalentamiento, construidas recientemente.

El efecto inevitable de las altas presiones es que se alcanza más rápidamente la línea de saturación en la expansión adiabática y más etapas de la turbina operan en la región relativamente inconveniente del vapor saturado. Esto explica el por qué se usa el recalentamiento en las plantas de alta presión. El recalentamiento se lleva a cabo construyendo la turbina de manera que pueda extraerse todo el vapor en el punto adecuado (salida de la turbina de alta presión), se vuelva a recalentar, y se introduzca en las etapas siguientes (turbinas de media y baja presión), para proseguir su expansión.

El recalentamiento repetido es una característica que se asocia a las altas presiones del vapor, cuando la temperatura inicial es insuficientemente elevada para producir una expansión que termine en el estado que se desea, punto B, Fig. 2-3. Este diagrama está en el plano de -- Mollier y muestra varias líneas de condiciones con las que funcionan algunas turbinas.

Existe un límite práctico mínimo para el factor de humedad final, X_2 , más allá del cual, las gotitas de humedad que se acumulan en el vapor, producen dificultades mecánicas, además, es necesaria una presión mínima en el es

cape, que depende de la temperatura y de la cantidad del agua condensada de que dispone el condensador de vapor. Estos límites son, aproximadamente 8% y 38.1 mm Hg Abs. - que constituyen el límite inferior de las líneas de expansión que se pueden permitir, siendo el punto "B" indudablemente el más favorable, ya que tiene la entalpía práctica mínima de escape. Una turbina que recibe vapor del estado inicial "A" puede sufrir una expansión hasta el estado "B" sin ningún recalentamiento.

Para las plantas sin recalentamiento son típicas - las temperaturas de 296°C y presiones de 19.3 kg/cm², que fueron las que se construyeron de 1920 a 1930. Buscando eficiencias mayores, las compañías siguieron aumentando - las temperaturas y las presiones, cuando los fabricantes pudieron producir los equipos. En la misma década, se pudo disponer de equipos capaces de producir y usar vapor - en el estado "C".

Sin recalentamiento las turbinas hubieran producido una expansión "CD'", que hubiera resultado en dificultades de mantenimiento debido a la humedad excesiva en -- el vapor de escape. La expansión debería haber terminado en "D'", aumentando la presión del escape, produciéndose una utilización desfavorable de la energía.

Pero dejando escapar el vapor en "D" y recalentando a pre sión constante hasta "E", la expansión restante hasta "F" permite la utilización completa del vacío del condensador.

Por lo que puede verse, el objeto del recalentamiento es obtener la ventaja completa de los estados térmicos más elevados, al estar disponibles comercialmente.

De 1930 a 1940 los descubrimientos metalúrgicos extendieron las posibilidades de la generación del vapor a 63.3 kg/cm^2 y 482.2°C , que es precisamente el estado "G" . Este estado también permitió la expansión hasta un estado del escape, que se aproximó al punto "B" sin recalentamiento, y entonces existió poco interés en el ciclo con recalentamiento.

Los recientes aumentos en las presiones disponibles han aventajado relativamente a los aumentos en temperatura, y se ha vuelto a adoptar el recalentamiento, llegando a ser las condiciones de la expansión como las que indica la línea "HJ", (Fig. 2-3).

El generador de alta presión y temperatura para el vapor, aunado con el costo extra de turbinas, tuberías y controles, hace que las plantas construídas para trabajar con este ciclo sean más costosas que las que no usan reca lentamiento.

Este ciclo no llega a ser económico, a menos de -- que se construyan como una unidad caldera-turbina de aproximadamente 50000 KW o más de capacidad, con el objeto de utilizarlas como planta de carga básica.

La ventaja principal es la ganancia de 4 a 7% de eficiencia térmica, con respecto al ciclo equivalente sin recalentamiento. Esta ventaja tiende a justificar gastos iniciales mayores en equipo, al ir aumentando el precio del combustible.

La Planta Termoeléctrica de Tampico opera con los dos ciclos, regenerativo y de recalentamiento combinados. La combinación de los dos ciclos de vapor conservará las ventajas de cada uno de ellos, y no se producirán desventajas adicionales aparte de las ya mencionadas para estos ciclos, (Fig. 2-4).

Las ventajas que se tienen con el uso de condensador son dos:

(1) Disminución de la presión de escape, con el consiguiente aumento en energía utilizable.

(2) Recuperación del condensado para utilizarlo como agua de alimentación a la caldera.

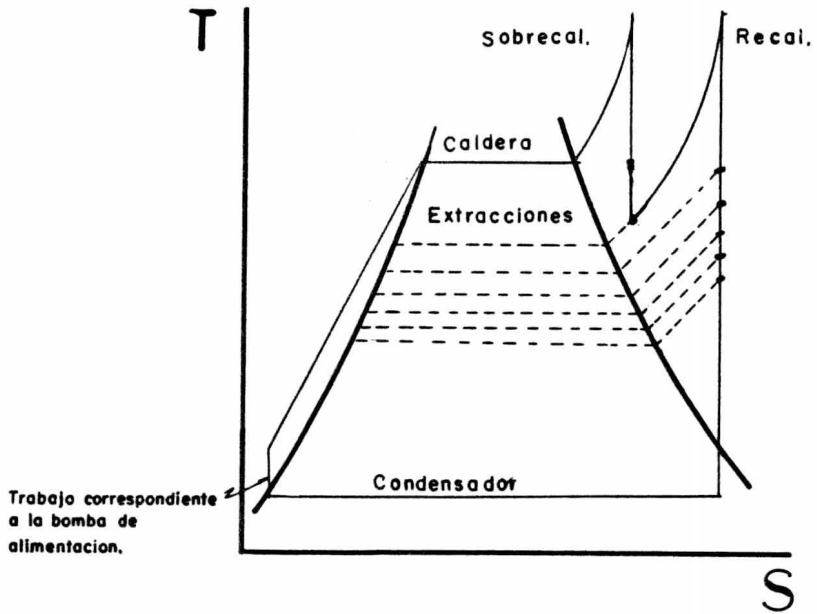


FIG. 2-4

CICLO IDEAL REGENERATIVO CON RECALENTAMIENTO

2.3 Descripción general del equipo principal

2.3.1 Generador de Vapor

La Planta termoeléctrica cuenta con dos unidades - generadoras de vapor marca Hitachi, diseñadas para instalación a la intemperie, quemando indistintamente gas natural y/o petróleo combustible, cada una con una capacidad máxima continua de 505,000 kg/hr de vapor sobrecalentado a 132 kg/cm² y 540.6°C y 445,000 kg/hr de vapor recalentado a 540.6°C.

Estas calderas son del tipo integral, tubos curvos, paredes de agua, un solo domo, hogar a presión del tipo - colgante con sobrecalentador, recalentador y economizador quemadores tangenciales y precalentadores de aire tipo regenerativo.

Las calderas tienen las siguientes dimensiones:

Altura máxima de chimenea	54 m
Altura máxima de la estructura	43 m
Ancho de la estructura.....	23 m
Largo de la estructura	29 m
Diámetro del domo	1.67 m
Longitud del domo.....	13 m
Capacidad volumétrica del domo.....	31,548 lt
Peso del domo	110 Ton

El hogar para cada una de las calderas es de presión positiva debido a la operación de dos ventiladores - de tiro forzado, también es de control automático de combustión y agua de alimentación, siendo operado automáticamente desde el cuarto de control.

El generador de vapor quemará en servicio únicamente combustible Bunker "C", debido a que Pemex no pudo suministrar gas natural. El combustible Bunker "C" tiene - las siguientes características:

Peso específico.....	1.0
Temperatura de inflamación.....	66°C
Viscosidad a 50°C	550 ssf
Nitrógeno	0.7 %
Azufre.....	4.2 %
Carbón R. B.	15.0 %
C (calculado)	85.65 %
H ₂ (calculado),.....	10.66%
Cenizas	0.72 %
Poder calorífico superior de diseño	9,861 Kcal/Kg (17,750) BTU/lb

2.3.2 Turbogenerador

Cada unidad turbogeneradora fue diseñada para instalación interior, marca Toshiba, con turbina de impulso

del tipo de condensación, con recalentamiento, de tres pa
 sos en tándem compuesto (tandem-compound), de doble flujo,
 tipo horizontal, con extracciones y de acuerdo con las si
 guientes características:

Capacidad Máxima continua en las terminales del ge nerador, a un factor de potencia de 0.90, con extraccio-- nes completas para calentamiento de agua de alimentación, incluyendo 1% de repuesto.	158,000 KW
Presión del vapor principal (A la entrada de la turbina de alta presión) ..	126.58 Kg/cm ²
Temperatura del vapor principal	538°C
Presión del vapor recalentado frío en la turbina	33.5 kg/cm ²
Temperatura del vapor recalentado frío en la turbina	355°C
Presión del vapor recalentado ca liente a la entrada de la válvula de paro del recalentador.....	29.7 kg/cm ²
Temperatura del vapor recalentado caliente a la entrada de la válvula de paro del recalentado	538°C
Presión del condensado	57 mm. Hg.
Flujo del vapor principal a la ca pacidad nominal	487,300 kg/hr.
Velocidad de la flecha	3,600 Rpm
Puntos de extracción	6

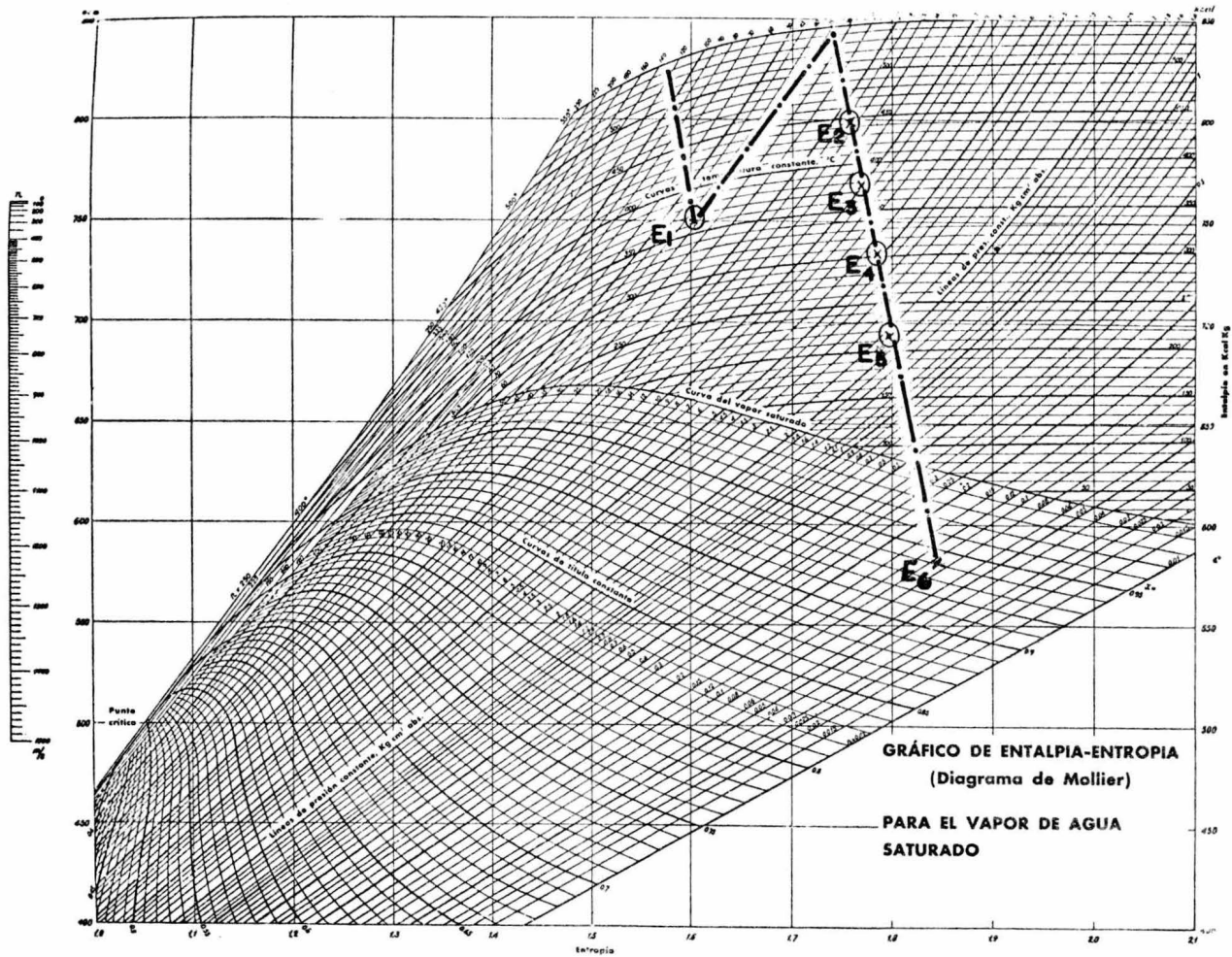


Fig. 2-5

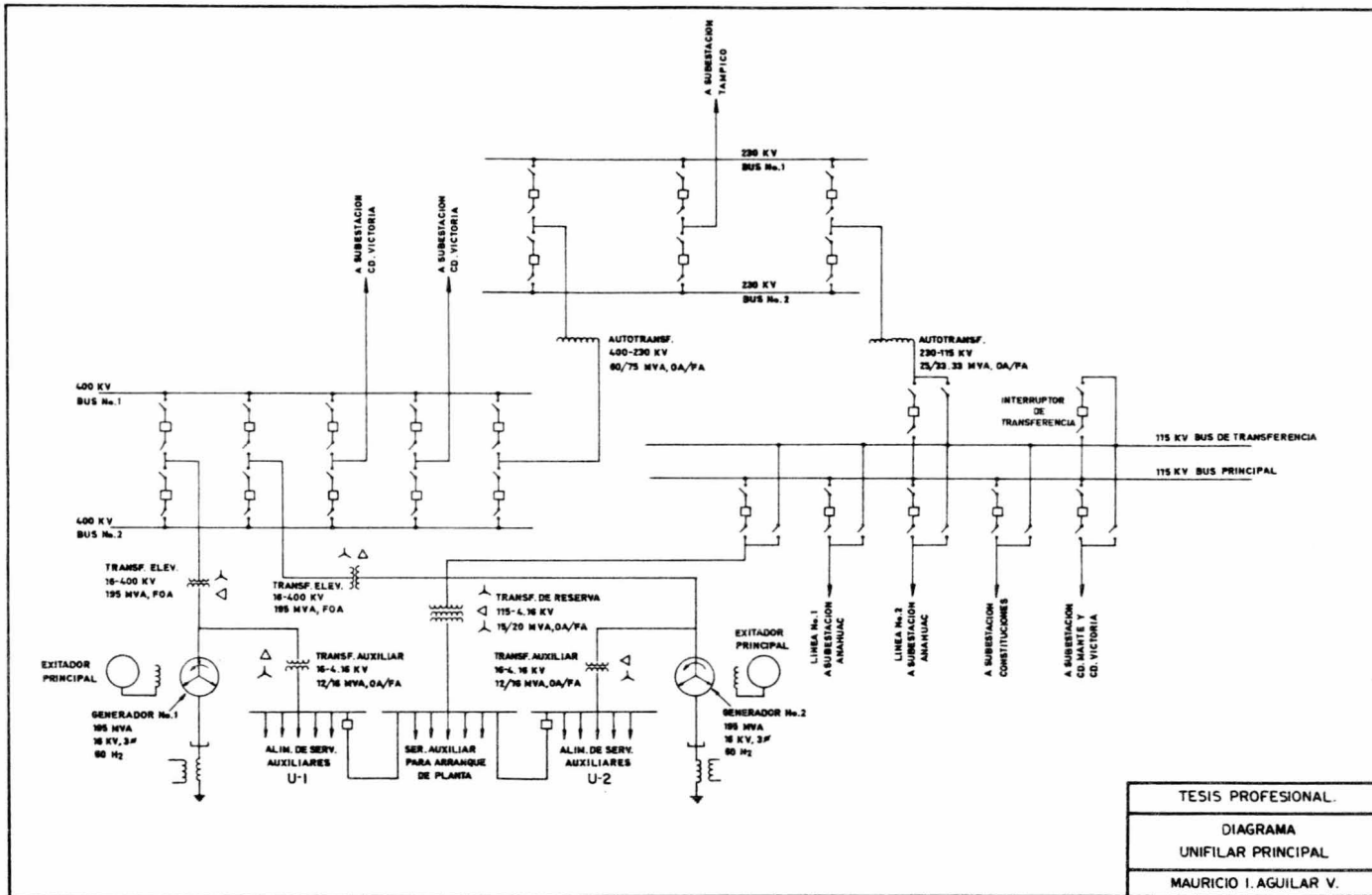
El vapor principal es el que va desde el domo hasta la turbina de alta presión. El vapor recalentado frío sale de esta turbina rumbo al recalentador y regresa a la turbina de presión intermedia como vapor recalentado caliente. Diagrama de Mollier; Fig.. 2-5.

2.3.3 Subestación

La Subestación consta de dos transformadores de potencia, marca Italtrafo, de 180,000 KVA, 60 Hz., 16-400KV trifásicos, conexión Delta-Estrella, Enfriamiento tipo FOA (*); dos transformadores auxiliares de unidad de 12-16 MVA, enfriamiento tipo OA/FA (*), relación de voltaje 16-4.16 KV, 60 Hz. trifásicos, conexión delta-estrella, que alimentan los servicios propios de las dos unidades; un transformador de reserva de unidad de 15-20 MVA, enfriamiento tipo OA/FA (*), relación de voltaje 115-4.16 KV, 60 Hz. trifásicos, conexión estrella-delta-estrella, el cual tiene como función el arranque de la planta y las cargas comunes de ambas unidades, (Diagrama Unifilar).

Para estas unidades también se cuenta con un motor-generador acoplado al Bus de servicios esenciales.

(*) El enfriamiento del tipo FOA consiste de un transformador sumergido en aceite, enfriado con circulación forzada de aceite y enfriadores de aire forzado.



TESIS PROFESIONAL.
DIAGRAMA
UNIFILAR PRINCIPAL
MAURICIO I. AGUILAR V.

Este tipo de transformadores se usa únicamente don de se desea que operen al mismo tiempo las bombas de acei te y los ventiladores; tales condiciones absorben cual--- quier carga "pico" a plena capacidad.

El enfriamiento del tipo OA/FA consiste de un trans formador sumergido en aceite con enfriamiento propio, o - por medio de aire forzado. Este tipo de transformadores usan radiadores de tipo desmontable con adición de venti- ladores para aumentar la capacidad de disipación de ca--- lor.

CAPITULO 3

SISTEMA DE CONDENSADO

- 3.1 GENERALIDADES <
- 3.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA
- 3.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO
- 3.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

CAPITULO 3

SISTEMA DE CONDENSADO

3.1 GENERALIDADES

Se conoce como sistema de condensado (Diagrama No. 1) a la porción de baja presión comprendida desde el condensador, hasta la succión de las bombas de agua de alimentación a la caldera.

Este sistema está formado por: Condensador (1), -- Bombas de Condensado (2 y3), Intercondensador(4), Postcondensador (5) de los eyectores, Condensador de vapor de sellos (6), Tubería de baja presión, Calentadores de Baja Presión (7 y 8) y Deaereador (9).

3.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

El sistema de condensado tiene como objeto, tomar el vapor de escape de la turbina de baja presión, condensarlo y bombearlo, a través de los calentadores de baja presión y de un deaereador-calentador, al tanque de almacenamiento del deaereador, el cual se encuentra en un nivel superior para lograr una (CSNP), carga de succión neta positiva (NPSH), adecuada en las bombas de alta presión de alimentación de agua a la caldera.

El sistema principia en el Condensador Principal, en el cual se va a condensar el vapor de escape de la turbina de baja presión. El vapor condensado fluye al pozo caliente del Condensador, en donde se une con el condensado de vapor de extracciones de los calentadores de agua - de alimentación, con los drenajes varios y con los ven---teos.

Del pozo caliente, el condensado es succionado por las bombas de condensado (2 y 3) por medio de una línea de succión común, que va desde la parte baja del pozo caliente hasta el cabezal de succión de las bombas de condensado.

A la descarga de cada una de las bombas, se tiene una válvula de drenaje, por medio de la cual, se puede -- drenar el sistema en caso de contaminación del agua o en caso de que las condiciones de ésta no sean las adecuadas para alimentarse a la caldera. La tubería de descarga de las dos bombas de condensado se une a un cabezal común. La presión en este cabezal se indica en el tablero de control, en caso de baja presión ésta será anunciada por medio de alarma. En cada una de las líneas de descarga se tiene un medidor local de presión y una conexión de - - prueba para medir la temperatura.

La Dosificación química se hará por medio de líneas separadas que vienen desde el sistema correspondiente.

El propósito de la dosificación de químicos, es inyectar reactivos en cantidad y concentración adecuada para remover la escama en los equipos y tuberías, y evitar en lo posible la corrosión de la superficie interna de -- éstos.

Existen diversos ramales para servicio, los cuales suministran condensado de alta presión para:

- A) Enfriamiento de la carcaza (casing) de la turbina - de baja presión.
- B) Llenado y repuesto del generador vapor/vapor y - - deaerador del generador de vapor auxiliar.
- C) Desobrecalentador del vapor de sellos.
- D) Repuesto de agua de enfriamiento para el generador.
- E) A los sellos de las bombas de alimentación de agua a la caldera.
- F) Sistema de dosificación de químicos.
- G) Válvulas que requieren sello de agua.

Antes de pasar el condensado a través de los calentadores de baja presión (7 y 8), se utiliza como medio de enfriamiento en los condensadores de los eyectores (4 y 5) de aire y en el condensador de vapor de sellos (6) de la turbina.

La alimentación del condensado a estos equipos, se realiza a través de un ramal del cabezal de alimentación de condensado, el cual permite que el flujo pase a través de estos equipos, continuando a la descarga del condensador de vapor de sellos por el cabezal principal que va hacia los calentadores de baja presión.

El flujo de condensado se mide por medio de una placa de orificio (FE), y por medio de un controlador de flujo (FIC) se opera la válvula de recirculación de flujo mínimo de las bombas de condensado (FV) para mantener un flujo mínimo de 1760 LPM. Este flujo mínimo recircula al tanque de almacenamiento de condensado, a través de la válvula de control (LV-2), cuando el nivel en el pozo caliente del condensador es alto, la válvula de control es operada por la señal del interruptor de nivel alto (LSH).

Posteriormente, el condensado fluye por los tubos del calentador de baja presión No. 1 (7), de este pasa directamente al calentador de baja presión No. 2(8) y finalmente al deaerador (9) controlado por la válvula de control (LV-3).

El condensado en estas condiciones, entra al deaerador (9) donde se calienta con el fin de eliminar el contenido de oxígeno mediante el contacto con el vapor de extracción.

El oxígeno disuelto constituye el agente más importante que provoca la corrosión del tipo de picadura de -- las superficies de acero que están en contacto con agua; el cual puede provenir del contacto del condensado con el aire atmosférico, debido a infiltraciones en los sellos del sistema ó al contenido en el agua que se alimenta como re puesto.

El oxígeno se elimina parcialmente elevando la tem peratura del agua hasta el punto de ebullición en el ca-- lentador de charolas de contacto directo, utilizando va-- por a una presión de 5.23 kg/cm^2 Abs.

La sola operación de hacer insolubles los gases ca lentando el agua hasta la temperatura de ebullición, no - elimina las moléculas y burbujas de gas de la masa del - agua, y a menos de que se separen, entrarán en solución - de nuevo tan pronto como la temperatura se reduzca y la presión aumente.

Para poder escapar de la masa del agua, las molécu las de gas deben difundirse a través de la película super ficial que rodea a las partículas de agua. La velocidad de la difusión está en función de la concentración del -- gas, de la superficie y del tiempo de exposición.

La difusión es por lo tanto mucho más rápida en -- las partículas de agua pequeñas, mezcladas y agitadas con tinuamente y divididas en las filas sucesivas de charolas, que en grandes masas de agua tranquila.

La agitación y división repetidas de la lámina de agua al pasar sobre las charolas deaeradoras, sirve para llevar las moléculas de gas rápidamente a la superficie, evitando la necesidad de que el gas viaje del interior de cada partícula de agua, a la película superficial por difu sión, obteniéndose un efluente con un contenido de oxígeno disuelto menor a 0.005 cc/lt.

3.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

3.3.1 CONDENSADOR

El Condensador Principal se utiliza para condensar el vapor de escape proveniente de la turbina de baja presión, al mismo tiempo que para separar, en forma continua, el aire y otros gases no condensables.

El Condensador, además de recibir el vapor de esca pe de la turbina de baja presión, recibe condensado: de los drenajes en cascada de los calentadores de baja pre sión, de los drenajes del eyector y cuando sea necesario, el agua de repuesto proveniente del tanque de condensado, y en menor escala de los drenajes de emergencia de los ca

lentadores de alta y baja presión, de los drenajes de la turbina, de los calentadores de aire a vapor, del venteo de las bombas de condensado, de los drenajes de todas las trampas de vapor y del drenaje del condensador de vapor de sellos.

El pozo caliente del condensador tiene capacidad para retener durante 4 minutos el flujo máximo requerido en el sistema, con esto, las bombas de condensado estarán protegidas contra cualquier funcionamiento anormal del sistema, ya que el pozo caliente funciona como tanque de oscilación. El nivel de condensado en el pozo caliente es indicado localmente y transmitido al tablero de control cuando se tenga bajo o alto nivel, éste se anunciará por medio de alarma, en el tablero de control. El nivel de condensado en el pozo caliente, se mantiene mediante el suministro de agua de repuesto desmineralizada, proveniente del tanque de almacenamiento de condensado. El nivel del pozo caliente se mantiene por arriba del límite inferior, por medio de la válvula de control (LV-1).

Cuando la conductividad del condensado excede de un valor límite aceptable, debido a la presencia de sólidos disueltos, este se descarga al drenaje tal como se describe en las instrucciones de operación.

La conductividad del condensado en el pozo caliente se registra en el cuarto de control.

El vacío en el condensador, debido a la condensación del vapor, se indica localmente y en el tablero de control. La temperatura del condensado a la salida del pozo caliente, se indica localmente.

El condensador es de diseño horizontal, del tipo de superficie, de dos pasos, con pozo caliente común y dos cajas de agua verticales. Los tubos son rolados a las placas o espejos de las cajas de agua. El vapor de escape, que viene de la turbina de baja presión, alcanza a mezclarse intimamente con el condensado formado alrededor de los tubos, con lo cual se logra la eliminación de oxígeno o deaeración del mismo.

Todas las conexiones excepto las de bajo nivel de agua de repuesto están localizadas arriba de los bancos de tubos de agua de enfriamiento o tan alto como sea posible, con el objeto de que se logre una mejor deaeración. Los drenajes de alta velocidad llevan placas perforadas o baffles para absorber dicha velocidad, con objeto de evitar erosión o desgaste en los tubos.

Características Técnicas:

- A) Presión del Condensador..... 8.26 cm Hg abs.
- B) Gasto de agua de circulación ...200,605 lt/min
- C) Temperatura del agua de circulación a la entrada 28°C
- D) Aumento en la temperatura del agua de circulación 16°C
- E) Temperatura del condensado que sale del pozo caliente..... 48°C

3.3.2 BOMBAS DE CONDENSADO

Las bombas de condensado succionan, por medio de un cabezal común, el condensado colectado en el pozo caliente del condensador principal, mandándolo a través del inter y postcondensador del eyector, del condensador de vapor de sellos y a través de los calentadores de baja presión hasta el calentador deaerador, proporcionando por medio de un ramal de baja presión, el condensado requerido por los distintos servicios de la planta.

Para cada una de las unidades, se dispone de dos bombas de condensado de 100% de capacidad cada una, con una bomba normalmente trabajando y una de reserva.

Las bombas son verticales de tipo de turbina, de 5 pasos y con un tanque de succión integral. Cada bomba está acoplada a un motor eléctrico de inducción, de corriente alterna de 60 Hz. y 3 fases.

El control de cada una de las bombas de condensado se efectúa desde el cuarto de control. Cada bomba puede arrancarse manualmente por medio de su respectivo interruptor, sin embargo, en caso de que la presión en el cabezal de descarga de condensado lo requiera, la bomba de reserva puede arrancar automáticamente.

Las bombas son "disparadas" manualmente por medio del interruptor o automáticamente por sobrecarga del motor eléctrico, o por los interruptores de nivel.

Cuando las dos bombas se "disparan", la válvula de control de flujo mínimo de recirculación (FV), se abre totalmente, para prevenir, al restablecerse el servicio, que la bomba quede sin protección, controlando al mismo tiempo el flujo mínimo de recirculación a través del orificio de medición (FE).

Cada bomba succiona a través de un cabezal común conectado al pozo caliente. La válvula de compuerta en la línea de succión debe permanecer siempre abierta para evitar un arranque de la bomba en seco.

Cada bomba está provista de una línea de venteo al condensador con objeto de evitar la vaporización en la misma. Se requiere un flujo mínimo de recirculación a

través de la válvula (FV) durante la operación normal a -
bajas cargas, y una recirculación al tanque de almacena-
miento de condensado a través de la válvula (LV-2), cuan-
do el nivel del pozo caliente es alto.

En la línea de descarga para cada una de las bom-
bas se tienen una válvula de retención y una de corte.

Características Técnicas:

- a) Gasto7873 lt/min.
- b) Carga dinámica total146 m.
- c) Eficiencia de la bomba83%
- d) (NPSH) requerido0.00 m.
- e) Potencia del motor325 H.P.
- f) Velocidad (a carga plena).....1770 RPM
- g) Voltaje/fases/frecuencia4,000/3/60 Hz.
- h) Factor de servicio1.0
- i) Corriente a carga plena43 Amp.
- j) Corriente a rotor bloqueado258 Amp.
- k) Clase de aislamiento "B"
- l) Eficiencia del motor a carga plena92%
- m) Peso total3490 kg

3.3.3 INTER Y POSTCONDENSADOR DE LOS EYECTORES.

(Ver Capítulo 6).

3.3.4 CONDENSADOR DE VAPOR DE SELLOS.

El condensado principal se utiliza como medio de enfriamiento en el condensador de vapor de sellos, para condensar el vapor que sale de los laberintos de los sellos de la flecha de la turbina.

El condensador de vapor de sellos es de carcasa horizontal y del tipo de tubos en U, con dos pasos por los tubos.

La temperatura de salida de condensado a través de dicho equipo se indica localmente.

3.3.5 CALENTADORES DE BAJA PRESION

Los calentadores de baja presión Nos. 1 y 2 comprenden las primeras dos etapas del ciclo regenerativo de calentamiento.

El vapor utilizado en el calentador No. 1 proviene de la extracción No. 1 del lado de baja presión de la turbina, con una presión de 0.799 kg/cm^2 Abs y una temperatura de 123°C , y el vapor que entra en el calentador No. 2 se suministra a partir de la 2a. etapa o extracción, con una presión de 2.21 kg/cm^2 Abs y una temperatura de 217°C .

Los calentadores de baja presión No. 1 y 2 están -
localizados en el cuello del condensador principal. Estos
son de carcasa horizontal y del tipo de tubos en U. El --
condensado fluye a través de los tubos y el vapor de ex--
tracción y drenajes fluyen a través de la carcasa.

Cada uno de los calentadores tiene una sección de
enfriamiento, la cual sirve para enfriar el drenaje a una
temperatura cercana a la de la entrada del condensado - -
principal. El condensado entra a través de la válvula de
corte al calentador No. 1 y fluye a través de los tubos,
continúa en la misma forma a través del calentador No. 2,
saliendo por la válvula de corte en el canal de salida --
del calentador No. 2. El trayecto seguido por el conden-
sado a través de los dos calentadores es interno y sin --
ninguna válvula de corte o control.

El sistema de condensado cuenta con una línea de -
derivación, con su respectiva válvula, que permite aliment
tar condensado sin pasar por estos calentadores, cuando -
por alguna circunstancia hay necesidad de sacarlos de serv
vicio o para efectos de mantenimiento.

La presión del condensado y la temperatura, tanto
a la entrada como a la salida de los dos calentadores, se
indica localmente.

Características Técnicas:

	CAL. 1	CAL. 2
a) Superficie total de transmisión de calor m ²	411	275
b) Gasto de condensado kg/hr	402,227	402,227
c) Temperatura de entrada del condensado °C	47	90
d) Temperatura de salida del condensado °C	90	119
e) Gasto de vapor de extracción kg/hr	27,129	20,126
f) Presión a la entrada del vapor de extracción kg/cm ² abs	0.799	2.21
g) Temperatura a la entrada del vapor de extracción °C	123	217

3.3.6 DEAEREADOR

El deaereador está formado por un calentador-deaereador, provisto de charolas con boquillas espaciadores - en posición vertical, del tipo de calentamiento y deaeración. El condensado, después de pasar por el deaereador, descarga directamente a un tanque horizontal de almacenamiento. El condensado procedente del calentador No. 2 entra al deaereador a través de la tubería de distribución de agua, pasa a través del sistema de charolas en una atmósfera de vapor de extracción (con presión de 5.23 kg/cm² Abs y temperatura de 303°C) de la 3a. etapa en la turbina

de presión intermedia. Después del calentamiento y deaeración, el condensado pasa al tanque de almacenamiento.

El deaerador produce condensado con un máximo de oxígeno contenido en el efluente de 0.005 cc/litro, garantizado con carga máxima de la unidad. El tanque horizontal de almacenamiento, tiene una capacidad equivalente a 6 minutos considerando el flujo máximo en condiciones de operación, por lo que la bomba de alimentación estará protegida contra pérdidas de agua durante una demanda en la que haya turbulencia y oleaje del agua en el tanque. El tanque de almacenamiento está equipado con mamparas, con el propósito de prevenir el oleaje durante una perturba--ción sísmica y con un cabezal de distribución, el cual distribuye el condensado del deaerador a través del volumen del tanque de almacenamiento, de tal forma que la temperatura del agua sea homogénea.

Al condensado principal y al vapor de calentamiento se agregan los drenajes de los calentadores 4, 5 y 6, el de los calentadores de aire a vapor y el venteo del tanque de purgas continuas de la caldera. Al tanque de almacenamiento, se agrega el flujo mínimo de recirculación de cada una de las bombas de alimentación a la caldera. El drenaje del deaerador es descargado al condensador.

La línea de extracción de vapor, está equipada con una válvula de extracción, para prevenir flujo de vapor - en sentido contrario, hacia la turbina, en el momento que ésta se dispare o si ocurre una súbita disminución de -- carga.

Cuando la presión en el suministro de vapor de extracción al deaereador, cae por debajo de $1.12 \text{ kg/cm}^2 \text{ Abs.}$ se suministra vapor del generador de vapor auxiliar, a -- través de una línea que interconecta con la línea de ex-- tracción correspondiente, esto es para mantener una pre-- sión mínima dentro del deaereador de $1.12 \text{ kg/cm}^2 \text{ Abs.}$ El flujo de condensado a la entrada del deaereador, es -- controlado por la válvula (LV-3), la cual mantiene el nivel constante en el tanque de almacenamiento.

La temperatura del condensado a la entrada del deae reador se indica localmente.

La temperatura del agua de alimentación saliendo - del deaereador se indica localmente. La presión y la tem peratura del vapor de extracción a la entrada del deaerea dor se indica localmente. La temperatura en el tanque de almacenamiento se indica localmente. La presión de vapores en el tanque de almacenamiento se indica localmente.

El nivel del agua en el tanque de almacenamiento - se indica tanto localmente como en el tablero de control, anunciándose en el tablero los niveles alto y bajo.

Características Técnicas:

- a) Capacidad 537,370 Kg/hr.
- b) Presión de Diseño 5.23 kg/cm² Abs.
- c) Temperatura entrada del Condensado 121°C
- d) Temperatura salida del Condensado 152°C
- e) Vapor de extracción al deaerador 21 967 kg/hr.
- f) Temperatura del vapor de extracción 303°C

3.3.7 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CONDENSADO.

Para cada unidad existe un tanque de almacenamiento de condensado, con capacidad de 80 000 litros. Este tanque tiene como funciones primordiales:

- Fuente de abastecimiento del agua de repuesto en el ciclo termodinámico de la unidad (Make-up).
- Recibir el condensado suplementario del sistema.
- Fuente de abastecimiento para llenar la caldera.

Los tanques de almacenamiento de condensado son -- alimentados por un sistema de bombas de transferencia de

agua desmineralizada, las cuales a su vez succionan directamente del tanque de almacenamiento de agua desmineralizada. Toda la tubería, accesorios y válvulas de este sistema están recubiertas con objeto de evitar corrosión. El tanque está provisto de un venteo a la atmósfera y conexión de sobreflujo al exterior, conexión de llenado y de drenaje. El nivel de agua en el tanque se indica en el tablero de control. En este tanque dicho nivel se anuncia en el tablero de control con alarma para bajo nivel. El flujo desde el tanque de agua desmineralizada, es controlado por la válvula (LV-4), la cual se encarga de mantener el nivel en el tanque de almacenamiento de condensado.

3.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

3.4.1 Arranque del Sistema

Las etapas de una secuencia normal de arranque son:

- a. Verificar el nivel de condensado en el pozo caliente del condensador. Si dicho nivel no es el normal de operación, debe llenarse el pozo caliente - abriendo la válvula manual de la derivación (By-pass) en la línea de agua de repuesto y permitir la entrada de esta por gravedad, desde el tanque de condensado al pozo caliente.

Cerrar esta válvula y abrir las de corte de la válvula de control (LV-1), verificar la presión de -- aire de operación de dicha válvula.

- b. Considerando que la bomba de condensado (2) será - la que se arranque. Verificar que las válvulas de corte en la succión y en la descarga estén abiertas. Abrir las válvulas de venteo y las de agua de se-- llos. Abrir la válvula de corte del eyector de aire, del condensador de sellos con vapor, y la de - flujo mínimo de recirculación (FV).

Cerrar la válvula de corte a la entrada de los ca- lentadores de baja presión de tal forma que estos queden aislados del sistema.

- c. Arrancar la bomba de condensado. Verificar que la válvula de control de flujo mínimo de recirculación esté funcionando correctamente. Comprobar que la conductividad del condensado en el pozo caliente, sea correcta.

Si la conductividad está por arriba del límite permitido de 5 micromhos, ésta debe ser reducida por dilución, con agua fresca del tanque de condensado y purgando al drenaje una cierta cantidad.

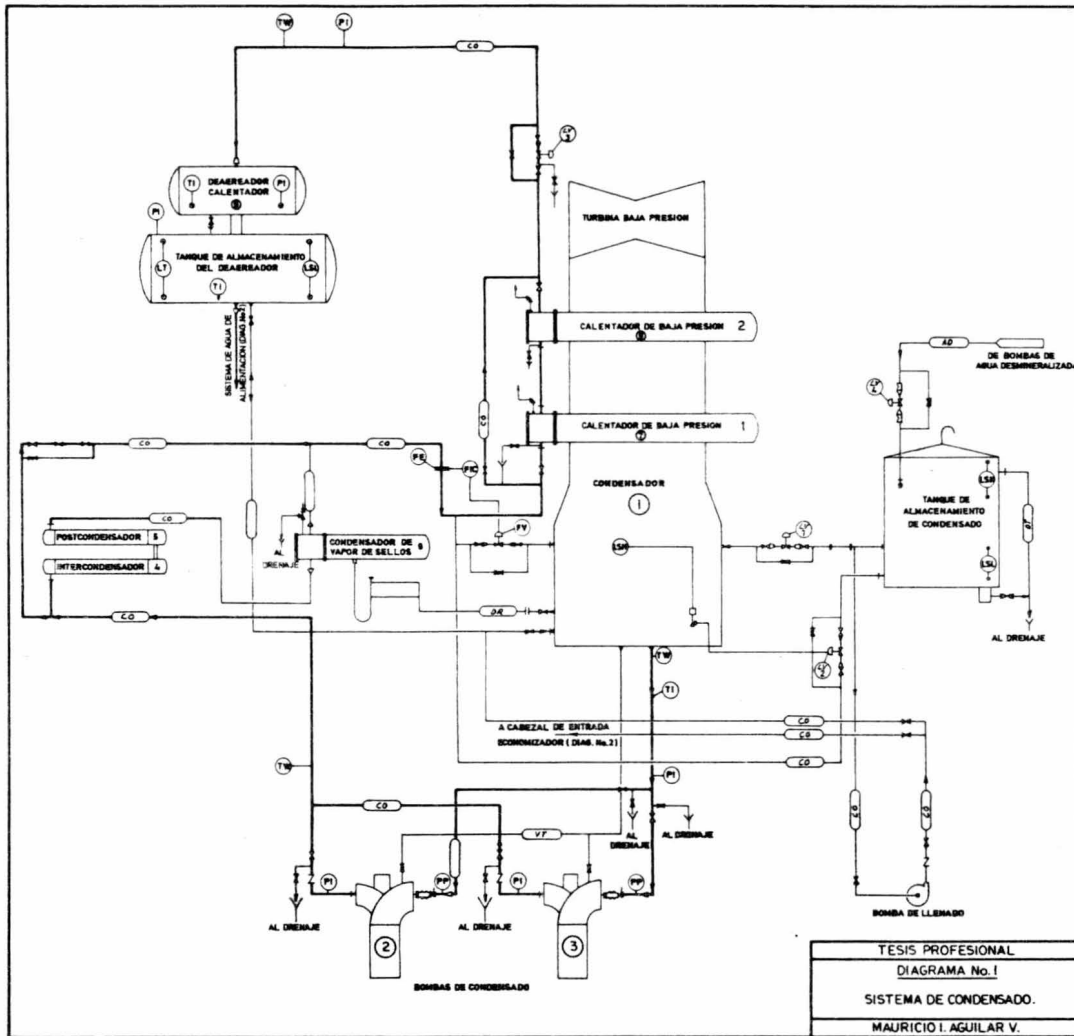
d. Para purgar el condensado se debe abrir la válvula de drenaje a la descarga de la bomba entonces --- ábrase la válvula de bloqueo que alimenta el agua de repuesto.

Cuando la conductividad del condensado está dentro del límite permitido, la purga de condensado al -- drenaje se debe suspender. Debido a que se está - tirando agua pura, esta operación debe cortarse lo más rápido posible.

e. Abrir las válvulas de corte del control de nivel - del deaereador (LV-3) y gradualmente váyanse abriendo las válvulas de corte de los calentadores de baja presión No. 1 y 2 con objeto de que no haya una pérdida excesiva del nivel en el pozo caliente. El condensado entrará al deaereador llevándolo hasta su nivel normal de operación.

f. Observar que la conductividad permanezca casi en - sus límites, debido a que cualquier incremento de carga puede cambiar la contaminación del agua en - el deaereador. Si la conductividad aumenta por -- arriba del límite permitido, el sistema deberá ser reacondicionado de la misma forma que en el inciso (d).

Purgar el aire del lado del canal de los calentadores de agua del sistema, mediante las válvulas de venteo operadas manualmente. En estas condiciones el sistema de condensado estará listo para operar normalmente.

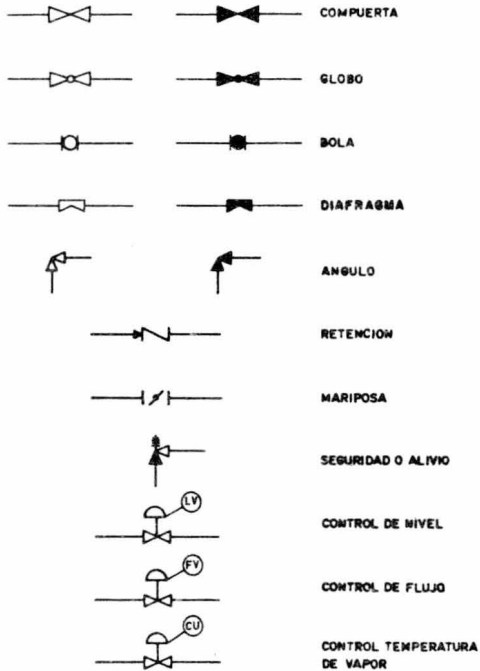


TESIS PROFESIONAL DIAGRAMA No.1 SISTEMA DE CONDENSADO. MAURICIO I. AGUILAR V.
--

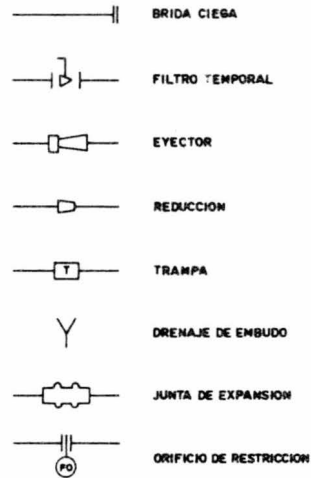
VALVULAS

ABIERTA

CERRADA



ACCESORIOS



ABREVIATURAS

ACIDO SULFURICO	SO
AGUA CRUDA	AT
AGUA DE ALIMENTACION	AA
AGUA DE CIRCULACION	AC
AGUA DE ENFRIAMIENTO	AF
AGUA DESMINERALIZADA	AD
CONDENSADO	CO
DRENAJE A TRINCHERAS	DT
DRENAJE CALENTADORES	DC
DRENAJE RECUPERABLE	DR
SISTEMA DE VACIO	SV
VAPOR DE EXTRACCION	VE
VAPOR PRINCIPAL	VP
VENTEOS	VT
VENTEOS CALENTADORES	VC

ELEMENTOS PRIMARIOS

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Ⓟ INDICADOR PRESION | ⓁS) SEGURIDAD NIVEL BAJO |
| Ⓧ) INDICADOR TEMPERATURA | II-(F) TOBERA DE FLUJO |
| Ⓜ) TERMOPOZO | ⓁT) TRANSMISOR NIVEL |
| Ⓟ) CONEXION DE PRUEBA PRESION | |
| Ⓟ) ELEMENTO PRIMARIO FLUJO | |
| Ⓟ) INDICADOR CONTROL FLUJO | |
| ⓁS) SEGURIDAD NIVEL ALTO | |

TESIS PROFESIONAL

SIMBOLOS

Y
ABREVIATURAS

MAURICIO I. AGUILAR V.

CAPITULO 4

SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

4.1 GENERALIDADES

4.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

4.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

4.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

CAPITULO 4

SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

4.1 GENERALIDADES

El sistema de agua de alimentación (Diagrama No.2) es la porción de alta presión que comprende desde la succión de las bombas de agua de alimentación, hasta la entrada al economizador. El sistema está formado por: Bombas de Agua de Alimentación, Calentadores de Alta Presión, Tubería de Alta Presión y Controles para suministro de agua a la caldera.

4.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA

El agua de alimentación, al salir del tanque de almacenamiento del deaerador, pasa a través de un ca bezal de succión común a cada una de las bombas de - agua de alimentación a la caldera. En la línea de des carga para cada una de las bombas de agua de alimenta ción, existen conexiones para la recirculación de flu jo mínimo, así como para calentamiento de las bombas.

Las bombas de agua de alimentación descargan a un cabezal común, la presión en el cabezal se indica en el tablero de control.

Del cabezal común de descarga, el agua fluye a través de los tubos del calentador de alta presión No.4 de aquí pasa al calentador No.5, luego al calentador No.6 y finalmente entra al cabezal de entrada del economizador.

Del cabezal común de descarga de las bombas de agua de alimentación se deriva un ramal que suministra agua de alta presión a la estación atemperadora de vapor principal, así como otro para la estación atemperadora del vapor recalentado que permiten regular la temperatura de salida del vapor.

En ambos casos, la presión en los mencionados ramales, así como la temperatura, son verificados localmente por requerimientos de pruebas "ASME". El flujo del agua de alimentación a la caldera se mide por medio del instrumento (FX-1) y se transmite al tablero de control de la caldera.

La temperatura en el cabezal de succión de las bombas se indica localmente.

El flujo de agua de atemperación es verificado por los elementos (FE) para el vapor sobrecalentado y recalentado.

El sistema está provisto de una bomba para llenado inicial del domo de la caldera y del pozo caliente del condensador, así como de los calentadores de baja presión 1 y 2, durante la etapa del arranque.

4.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

4.3.1 BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA.

Las bombas de agua de alimentación succionan directamente del tanque de almacenamiento del deaerador y descargan el agua de alimentación a la caldera a través de los calentadores de alta presión, proporcionando -- adicionalmente agua de alta presión a los servicios que lo requieran.

Se cuenta con tres bombas, cada una de ellas con una capacidad de diseño del 50% del flujo total requerido a carga máxima, para operar dos bombas en paralelo y una de reserva, suministrando el agua a la caldera según los requerimientos de operación.

Estas bombas son de velocidad constante con acoplamiento a un motor eléctrico de inducción, a través de -

un incrementador de velocidad de tipo mecánico con caja - de engranes, para proporcionar la velocidad requerida para cada una de las bombas.

Las bombas son de tipo barril, horizontales, centrífugas, de 9 pasos y con succión simple.

Todo el control de las bombas, se lleva a cabo desde el tablero general en el cuarto de control y su arranque es manual por medio de un interruptor de control.

Cada bomba cuenta con una bomba auxiliar de lubricación para mantener la presión del lubricante, la cuál deberá funcionar antes del arranque de la bomba de agua de alimentación. Estas bombas se paran manualmente desde el tablero de control.

Cada bomba de agua de alimentación a la caldera succiona de un cabezal común, a través de su respectiva válvula de corte y descarga a través de una válvula de retención y de una válvula de corte a un cabezal de descarga.

Con objeto de mantener siempre caliente el cuerpo de la bomba que no está en operación se dispone de una línea de calentamiento con orificio de restricción apropiado para dejar pasar 23 litros por minuto. Este flujo mantiene la temperatura interna de la bomba aproximadamente a 10° c., por debajo de la temperatura de operación.

Bajo condiciones normales, una bomba no debera ser arrancada si su temperatura no está dentro de este rango de 10°C, sin embargo una bomba puede ser arrancada en frío bajo condiciones de emergencia, siguiendo las instrucciones del fabricante.

La presión en la succión se verifica localmente mediante una toma de prueba y en la descarga de las bombas se indica localmente.

En cada una de las bombas, existe una conexión para su línea de venteo al deaereador.

Cada bomba de agua de alimentación a la caldera tiene un control de recirculación de tipo mecánico, el cuál, - mantiene un flujo mínimo de 1230 litros por minuto, como medida de protección para la bomba en caso de rechazo - del sistema, este flujo mínimo es recirculado al deaereador.

Características Técnicas: (Por Bomba)

- a) Gasto 5,200 Lt/min
- b) Carga dinámica total (T.D.H.) 1,676 m
- c) Eficiencia de la Bomba 83%
- d) (NPSH) Req. 12 m
- e) Potencia de motor 2,250 H.P.

- f) Velocidad (carga plena) 1,780 R.P.M.
- g) Voltaje/ Fase/ Frecuencia 4,000/ 3/60 Hz
- h) Factor de servicio 1.0
- i) Corriente a carga plena 280 Amp.
- j) Corriente a Rotor bloqueado 1680 Amp.
- k) Clase de aislamiento "B"
- l) Eficiencia a carga plena 95.8%
- m) Peso total 10,000 Kg.

4.3.2 CALENTADORES DE ALTA PRESION

Los calentadores de alta presión Nos. 4, 5 y 6 comprenden la última etapa de calentamiento del ciclo regenerativo de agua de alimentación. El calentador No. 4 recibe vapor de la extracción No. 4 de la turbina, el No.5 de la extracción 5 y el No. 6 de un ramal de la línea de vapor recalentado frío.

Estos calentadores son del tipo de tubos en U, con carcasa removible mediante soportes tipo carretilla.

En cada calentador existe una zona de sobrecalentamiento, una de condensación y una de subenfriamiento en el interior de la sección de enfriamiento del drenaje. El agua de alimentación que viene de las bombas, fluye a través de la caja por la parte interior de los tubos, y el vapor de extracción y drenajes fluye a través de la -

carcaza y alrededor de los tubos por la parte exterior de éstos.

Este grupo de tres calentadores, tiene una válvula de corte a la entrada del calentador No.4 y una a la salida del calentador No.6 y están provistos de una línea de derivación (BYPASS), para que cuando salgan de servicio se pueda alimentar el agua directamente a la caldera. Las líneas de vapor de extracción a cada uno de los calentadores de alta presión están provistos con sus respectivas válvulas de no retorno para retener el flujo en la línea, protegiendo a la turbina cuando ésta se llega a disparar por alguna causa, cuando hay una súbita reducción de carga en la unidad o cuando el nivel de condensado en los calentadores es alto.

Estos calentadores se ventean normalmente al deaerador mediante válvulas de venteo tipo globo, de la medida apropiada para manejar el flujo en condiciones normales de operación y están provistas de un orificio de restricción. Estas válvulas están normalmente cerradas y descargan a un cabezal común.

Las válvulas de venteo de arranque y de drenaje, deben permanecer abiertas durante el arranque, cerrándose manualmente cuando la operación se normalice. El nivel correcto en cada calentador, se mantiene por medio de su

respectiva válvula de control.

Los drenajes del calentador No.6 pasan en cascada al calentador No.5 a través de la válvula (LV-1), este calentador drena a su vez al calentador No.4 pasando por la -- válvula (LV-2), pudiendo en bajas cargas o emergencias hacerlo al condensador (Ver Diagrama No.4).

Cuando hay alto o bajo nivel en los calentadores, se dispone de una alarma que anuncia en el cuarto de control.

Se han provisto válvulas de alivio por el lado de la carcaza y de los tubos para protección de dichos calentadores contra una sobrepresión que pudiera dañarlos. La válvula de alivio del lado de los tubos es de poca capacidad, - la cual protege contra una expansión del líquido, relevando la sobrepresión a la atmósfera.

Las descargas de las válvulas del lado de la carcaza son también a la atmósfera.

Para almacenamiento durante períodos de paro, estos calentadores pueden ser bloqueados (Blanketing) con gas, nitrógeno o en su defecto con vapor (como sistema de respaldo). La temperatura del agua a la entrada de cada calentador se indica localmente. La presión del vapor de extracción, lo mismo que la temperatura a la entrada de cada uno de los calentadores, se indica localmente. La

presión, temperatura y nivel de condensado, así como la temperatura del drenaje en el lado de la carcasa, también se indican localmente.

Características Técnicas:

	Calent. N°6	Calent. N°5	Calent. N°4
a) Superficie total m ²	358	291	324
b) Gasto Agua de Alimentación Kg/Hr.	453,600	453,600	453,600
c) Presión de entrada Agua de Alimentación Kg/cm ² Abs.	155	155	155
d) Temperatura de entrada Agua de Alimentación °C	197	175	153
e) Temperatura de Salida Agua de Alimentación °C	240	197	175
f) Gasto del vapor de extracción Kg/Hr	38,200	17,100	14,900

g)	Presión de entrada del vapor de extracción --			
	Kg/cm ² Abs.	<u>35</u>	15	9
h)	Temperatura de entrada del vapor de extracción °C	<u>360</u>	450	380

4.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

4.4.1 Arranque del Sistema

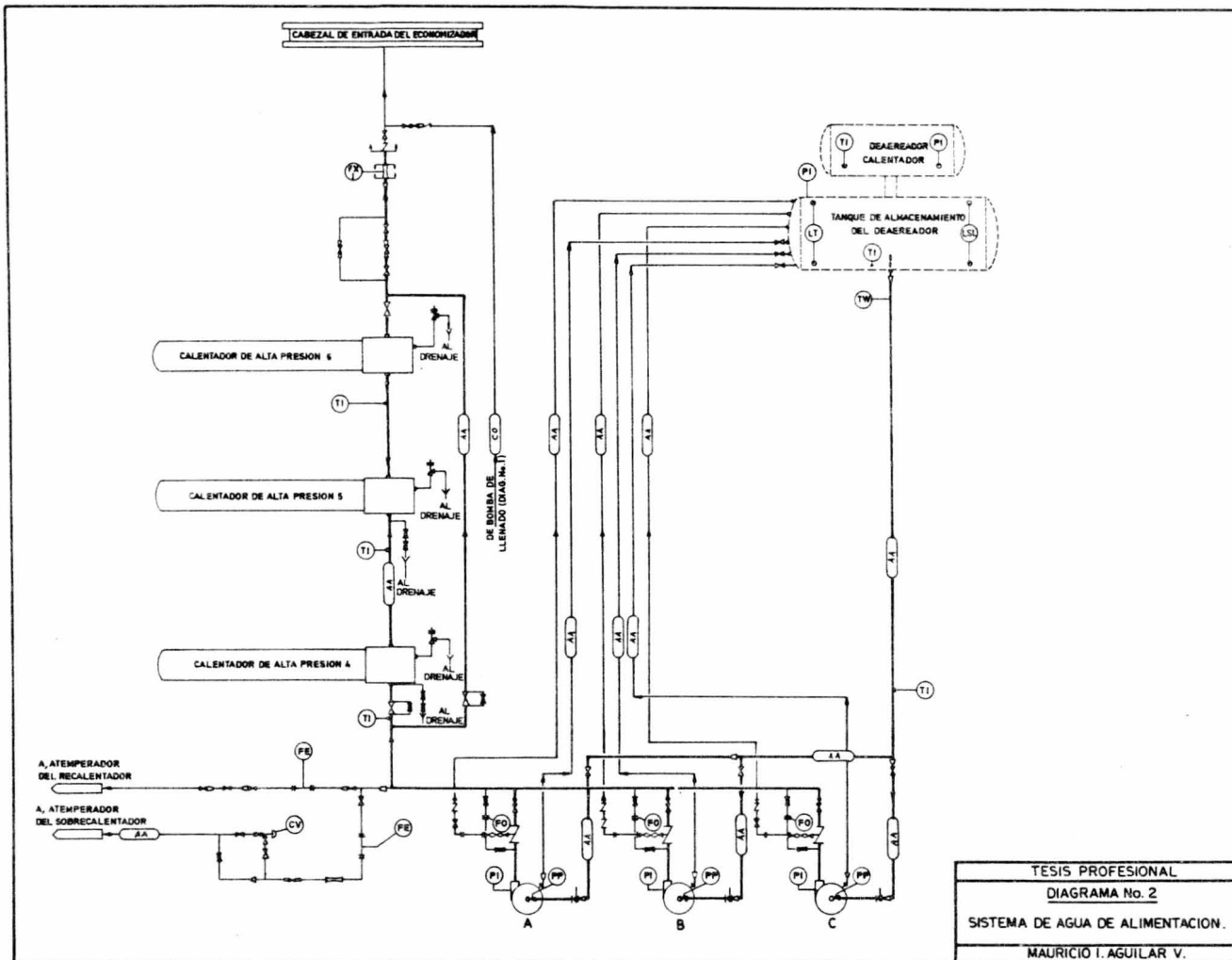
- a. Abrase la válvula de corte para admitir vapor del sistema de vapor auxiliar al deaerador. Verifíquese que el venteo del deaerador esté abierto al cabezal de descarga. La válvula de control de nivel del deaerador (LV-3) operará para admitir un flujo continuo de condensado.
- b. La operación de arranque para el sistema de flujo mínimo de recirculación tendrá los siguientes pasos:
 - +) Verificar que las válvulas de descarga, en las tres bombas de alimentación, estén cerradas y que las válvulas de admisión así como de calentamiento estén abiertas.

- +) Abrir las válvulas de suministro de agua de enfriamiento del aceite lubricante, así como el enfriamiento de los estoperos, verificar el indicador de flujo y la descarga, para tener la seguridad de que el enfriamiento con agua ha sido establecido.
 - +) Verificar el nivel de aceite lubricante en el tanque de depósito.
 - +) Arrancar la bomba de alimentación, verificar el flujo y la presión de descarga del aceite de retorno de la bomba y del motor, al tanque.
- c.- Continuar recirculando condensado a través del drenaje del deaerador por medio de la operación continua de la bomba de condensado, hasta que la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento del deaerador llegue a 152°C, y el contenido de oxígeno; disuelto en el agua en el cabezal de succión de las bombas de alimentación, esté dentro del límite permitido.
- d.- La bomba de alimentación en reserva se calienta por medio de la línea de calentamiento, con agua del tanque de almacenamiento del deaerador. Cuando la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento haya llegado al valor deseado, el sistema de alimen

tación de agua a la caldera estará listo para ope
rar normalmente.

e.- Cada una de las bombas de agua de alimentación es-
tá provista de un filtro en la línea de succión, el
cual de debe limpiar cuando la presión de prueba
sea alta.

Se recomienda contar con un filtro de repuesto lis
to para hacer el cambio por el filtro sucio, con -
objeto de reducir el tiempo en la operación de lim
pieza del filtro.



CAPITULO 5

SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION

5.1 GENERALIDADES

5.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

5.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

5.4 TRATAMIENTO DEL AGUA DE CIRCULACION

5.5 INSTRUCCIONES DE OPERACION

CAPITULO 5

SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION

5.1 GENERALIDADES

El sistema de agua de circulación (Diagrama No. 3) se utiliza para proveer agua de enfriamiento al condensador - principal, así como a todos los equipos auxiliares donde se requiera.

Este sistema forma un ciclo cerrado y consiste para ca da unidad de: Dos Bombas de Agua de Circulación, Condensa - dor, Torre de Enfriamiento, Tubería y Válvulas.

5.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

Tanto el agua de circulación y de enfriamiento, como - el agua de repuesto requerida por las pérdidas en el ciclo se obtienen de la Laguna de Champayán, desde la cual se bom bea agua hasta el tanque de agua cruda, de aquí se envía el agua necesaria a la pileta de la torre de enfriamiento.

Las bombas de agua de circulación succionan de la pile ta de la torre de enfriamiento y descargan al condensador por medio de una línea que se bifurca en dos ramales de -- 1.53 m. de diámetro a la llegada de las cajas de agua.

El agua de circulación entra a las cajas de agua del condensador a través de las válvulas de mariposa y juntas de expansión y pasa a lo largo de los tubos hasta las cajas de agua de salida en donde los dos ramales de tubería se unen nuevamente formando una línea que se dirige a la parte alta de la torre de enfriamiento en la que el agua cede el calor obtenido mientras cae a la pileta de la torre, reiniciándose nuevamente el ciclo en la forma antes descrita.

5.3. DESCRIPCION DEL EQUIPO

5.3.1. BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACION

Las bombas de agua de circulación están instaladas en un carcamo contiguo a la pileta de la torre de enfriamiento, el cual contiene un desnivel con respecto al nivel normal del agua de aproximadamente 3 metros, para que esta fluya por gravedad; este cárcamo de bombas cuenta además con soportes para rejillas estacionarias removibles.

Las bombas están diseñadas cada una a 50% de capacidad para operar en paralelo y proveer agua al condensador, operan contra una carga de trabajo capaz de vencer las pérdidas por fricción en la línea y en el condensador

y la altura estática de la torre de enfriamiento.

Las bombas de agua de circulación son de un solo paso, de tipo vertical, cárcamo húmedo y están directamente acopladas a un motor eléctrico de inducción.

El control de operación de las bombas se lleva a cabo desde el tablero general del cuarto de control. Cada una de las bombas se arranca manualmente por medio de un interruptor de control, el cual se deberá operar cuando se tenga la certeza de que las funciones permisivas para dicho arranque estén perfectamente establecidas de antemano. Las bombas se disparan manualmente por medio de un interruptor de nivel, o por sobrecarga del motor eléctrico.

La caja de estoperos de las dos bombas, los baleros, así como los cojinetes del tazón son lubricados con agua fresca suministrada por el sistema de agua de enfriamiento. Este sistema también se usa para los sellos de las bombas.

La presión a la descarga se indica localmente.

Cada bomba de agua de circulación, descarga a través de la junta de expansión de hule y la válvula de mariposa a un tramo de tubería de 92 cm. de diámetro, estos ramales se unen en una tubería común de 1.53 m. de diámetro.

Características Técnicas (Por Bomba)

a) Gasto	106,000 Lt/min.
b) Carga Dinámica total (T.D.H.)	26 m.
c) Eficiencia	87%
d) Submergencia	2.40 M.
e) Potencia de Motor	750 H.P.
f) Velocidad (Carga Plena)	590 R.P.M.
g) Voltaje/ Fase/ Frecuencia	4000/3/60 Hz.
h) Factor de servicio	1.0
i) Corriente a rotor bloqueado	560 Amp.
j) Corriente a carga plena	111 Amp.
k) Clase de aislamiento	"B"
l) Eficiencia a carga plena	77.5%
m) Peso total	18,400 Kg.

5.3.2 CONDENSADOR

El condensador es de dos pasos, con dos cajas de agua de tipo individual. El agua de circulación se descarga por medio de las bombas de agua de circulación, desde el cárcamo de la torre de enfriamiento, a cada una de las cajas de agua, a través de ramales de 92 cm. de diámetro. Después de pasar por los tubos del condensador, donde absorbe el

calor latente cedido por el vapor de escape de la turbina, retorna a través de la tubería de circulación a la parte alta de la torre de enfriamiento.

El condensador tiene 9,000 tubos incluyendo los de la sección de enfriamiento de aire, de 2.54 cm. de diámetro con calibre No. 18 BWG, con una longitud total efectiva de 10.4 m. para dar una superficie efectiva total de 7,400 M².

Los tubos son de material ASTM B-111-443 (Admiralty). Las cajas de agua son de acero al carbón ASTM A-285-C con recubrimiento interior de resina epóxica de 30 milésimos de pulgada de espesor.

Las cajas de agua del condensador tanto a la entrada como a la salida cuentan con válvulas de drenaje y venteo.

La presión a la entrada y salida de las cajas de agua del condensador se indica localmente. La temperatura a la entrada y a la salida de las cajas de agua, también se indica localmente.

Características Técnicas: (Descritas en el Capítulo 3)

5.3.3. TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las plantas termoeléctricas requieren enfriar una can tidad considerable de agua que depende fundamentalmente de la capacidad de generación de la planta.

La torre de enfriamiento disipa todo el calor que no se pudo aprovechar en el ciclo generativo de electricidad y que se encuentra contenido en el agua de circulación.

Las torres de enfriamiento funcionan bajo el siguien te principio:

Cuando un líquido caliente se pone en contacto con - un gas no saturado, parte del líquido se evapora y su temperatura disminuye.

Este enfriamiento del líquido es el objetivo de mu - chas operaciones de contacto gas-líquido, especialmente en el sistema aire-agua.

El objetivo de una torre de enfriamiento es enfriar agua con el fin de poder utilizarla nuevamente. El agua ca liente, procedente del condensador principal, se introduce en la parte superior de la torre y mediante un sistema de distribución del líquido, cae en forma de cascada sobre un enrejado de madera que proporciona grandes áreas de contac to entre el aire y el agua. El flujo ascendente del aire - por la torre será por medio de ventiladores de tiro induci

do. El material de relleno utilizado en la torre, es de pino ponderosa tratado "Marlith", que resulta económico y resiste bien la acción combinada del aire y el agua. En la torre se evapora parte del agua en el aire y se transmite calor sensible desde el agua caliente hacia el aire más frío, dando lugar ambos procesos a un enfriamiento del agua. Para mantener el balance de agua solamente hace falta una pequeña reposición de líquido para compensar las pérdidas por evaporación, purgas y arrastre por el aire.

La fuerza impulsora para la evaporación es aproximadamente igual a la diferencia entre la presión de vapor del agua y su presión de vapor si estuviese a la temperatura húmeda del aire. Es evidente que el agua no se puede enfriar por debajo de la temperatura húmeda del aire, y, en la práctica, la temperatura del agua a la salida tiene que ser por lo menos 2 ó 3 °C superior a la temperatura húmeda. Esta diferencia se conoce con el nombre de aproximación. La variación de temperatura que experimenta el agua entre la entrada y la salida recibe el nombre de rango.

La temperatura mínima a la cuál se puede enfriar el agua a lo largo de todo el año no depende de la temperatura seca del verano, sino de la máxima temperatura húmeda.

El agua de repuesto de la torre de enfriamiento, provendrá de la laguna de Champayán, teniendo un rango de temperatura entre 10 °C y 35 °C, y se alimentará en la pileta de la torre.

La torre de enfriamiento funciona satisfactoriamente con agua de circulación que tenga cuatro ciclos de concentración, considerando el máximo contenido de sólidos en el agua de repuesto.

Los ciclos de concentración están dados por la relación de los sólidos en el agua de circulación a los sólidos disueltos en el agua de repuesto.

Las pérdidas por evaporación y arrastre concentran los sólidos en el agua, pudiendo provocar precipitación cuando se rebasan los límites de solubilidad de alguno de ellos (generalmente carbonato de calcio).

La incrustación que con mayor frecuencia se forma en los tubos del condensador está básicamente formada por carbonato de calcio. Si los carbonatos en el agua pueden ser cambiados a sulfatos, los cuales son más solubles, será posible tolerar concentraciones más altas reduciéndose así el consumo de agua de repuesto. Al mismo tiempo se reduce la alcalinidad y el pH del agua creando condiciones más

favorables para la madera de la torre. Por medio de la -
alimentación continúa o intermitente de ácido sulfúrico -
a la torre se puede alcanzar este objetivo de acuerdo con
la siguiente reacción:



El bióxido de carbono así generado es liberado a la -
atmósfera y el pH del agua de la torre reducido por la -
reacción. Es esencial, sin embargo, que la alimentación
de ácido sulfúrico sea cuidadosamente controlada porque -
si ésta llegara a ser excesiva, el pH puede llegar a valores
tan bajos que se alcance una condición en extremo co-
rrosiva que, de continuar, puede causar daños a las partes
metálicas del sistema de agua de circulación. El pH bajo
reducirá también en forma gradual, los depósitos e incrus-
taciones en el sistema, pero el peligro de corrosión puede
ser peor que el efecto de las incrustaciones. En caso de
que las capas de incrustaciones sean demasiado gruesas, -
tal vez sea mejor limpiar el condensador sólo con ácido -
y mantener el agua de circulación en su balance apropiado.

Con objeto de prevenir la sobresaturación con respec-
to al carbonato de calcio y también controlar la formación

del sulfato de calcio, silicato de calcio y silicato de magnesio (los cuales son más solubles que el CaCO_3) es necesario limitar los ciclos de concentración.

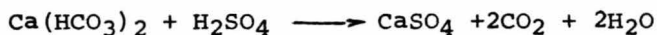
Los ciclos de concentración pueden quedar definidos por diferentes variables dependiendo de la calidad del agua de repuesto.

A este respecto, los fabricantes de equipo y productos químicos para tratamiento de agua en torres de enfriamiento han desarrollado varias fórmulas prácticas, debiéndose tomar como resultado aquella que de el menor número de ciclos de concentración.

CALCULO DE LOS CICLOS DE CONCENTRACION:

a) Por Sulfato de Calcio

El bicarbonato de calcio con tratamiento de ácido sulfúrico es transformado en sulfato de calcio, el cual es una sal mucho más soluble.



En este caso el factor limitante de los tipos de concentración es el sulfato de calcio.

$$X = \sqrt{\frac{\text{PSL CaSO}_4}{(\text{EPMCa}^{++}) (\text{EPMHCO}_3^- + \text{EPMSO}_4^-)}}$$

En dónde:

$$\text{EPMCa}^{++} = \frac{\text{PPMCa}^{++} \text{ como CaCO}_3}{\text{PME CaCO}_3} \text{ en agua de repuesto}$$

$$\text{EPM HCO}_3^- = \frac{\text{PPMHCO}_3^- \text{ como CaCO}_3}{\text{PME CaCO}_3} \text{ en agua de repuesto}$$

$$\text{EPM SO}_4^- = \frac{\text{PPMSO}_4^- \text{ como CaCO}_3}{\text{PME CaCO}_3} \text{ en agua de repuesto}$$

PSL = Producto de solubilidad límite (para $\text{CaSO}_4 = 800$ PPM)

X = Ciclos de concentración

PME = Peso molecular equivalente del $\text{CaCO}_3 = 50$

En esta fórmula los ciclos de concentración son aquellos que permite el agua para mantener la concentración del calcio y sulfato, de tal manera que no se rebase el producto de solubilidad del sulfato de calcio y haya precipitación.

Del análisis del agua tenemos:

$$\text{EPM Ca}^{++} = \frac{230}{50} = 4.6$$

$$\text{EPM HCO}_3^- = \frac{123}{50} = 2.46$$

$$\text{EPM SO}_4^{=} = \frac{484}{50} = 9.68$$

$$X = \sqrt{\frac{800}{(4.6) (2.46 + 9.68)}}$$
$$= 3.8 \quad 4.0$$

b) Por sílice

Tomando como factor limitante el sílice, que está contenido como SiO_2 en el agua de repuesto, tenemos:

$$X = \frac{\text{PSLSiO}_2}{\text{Si}}$$

En dónde:

Si = PPM de sílice como SiO_2 en agua de repuesto

PSL = 150 PPM para SiO_2

$$X = \frac{150}{11} = 13.64$$

Por sílice y magnesio:

$$X = \sqrt{\frac{\text{PSL MgSiO}_3}{\text{Si} \times \text{Mg}}}$$

En dónde:

Si = PPM de sílice como SiO_2 en agua de repuesto

Mg = PPM de magnesio como CaCO_3 en agua de repuesto

PSL = 36,000 PPM para MgSiO_3

$$X = \sqrt{\frac{36,000}{11 \times 160}}$$

$$= 4.5$$

Por lo tanto, vemos que el factor limitante es el sulfato de calcio, el cual nos da el menor número de ciclos de concentración.

Características Técnicas:

Datos de la torre:

- A) Tipo Flujo cruzado
- B) Arreglo En línea
- C) Número de celdas 5
- D) Tamaños de las celdas
Largo x Ancho x Altura

	(a la base de los ventiladores) m ...	11 x 22 x 12.6
E)	Volúmen total del relleno m ³	6,632
F)	Altura de las chimeneas m	5.48
G)	Material de los miembros	Pino Ponderosa
	Estructurales	Trat."Marlith"
H)	Material de las paredes	Asbesto Cemento
I)	Material del relleno	Pino Ponderosa
		Trat."Marlith"
J)	Material de las chimeneas	Fibra de Vidrio
K)	Material de las persianas	Asbesto Cemento
		Corrugado

Datos de los Ventiladores:

A)	Potencia especificada HP	81
B)	Cabeza estática mm H ₂ O	5.86
C)	Velocidad RPM	105
D)	Eficiencia del ventilador	84.2%
E)	Diámetro m	8.53
F)	No. de aspas por ventilador	8

Motores eléctricos:

A)	Potencia HP	100
----	-------------------	-----

B) Velocidad a carga plena RPM 1,200 Nom.

Características Técnicas Garantizadas:

- A) Gasto de agua de enfriamiento
de diseño LPM 211,960
- B) Temperatura de Bulbo Húmedo
de diseño °C 26.1
- C) Rango de enfriamiento
de diseño °C 16.11
- D) Acercamiento de diseño a la
Temperatura de Bulbo Húmedo °C 5.97
- E) Pérdidas por arrastre % 0.057
- F) Niveles de presión del ruido db 80.086
- G) Potencia del motor de un ventilador
a la entrada KW 65
- H) Carga total requerida para
operación M 11.644
- I) Gasto de aire que pasa a través
de la torre a condiciones de o-
peración Kg/Hr 10.31×10^6

J) Eficiencia de un conjunto motor,
caja de engranes, ventilador de
la torre % 88

Análisis del Agua de Repuesto

		Análisis con Máxima Cantidad de Sólidos	Análisis con Mínima Cantidad de Sólidos	Análisis Promedio (Sin Balancear).
Cationes	En Términos de:	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.
Calcio (C++)	CaCO ₃	230.0	136.0	162.20
Magnesio (Mg++)	CaCO ₃	160.0	20.0	60.81
Sodio (Na+)	CaCO ₃	454.0	64.0	118.00
Totales	CaCO ₃	844.0	220.0	341.01
Aniones				
Bicarbonatos (HO ₃)	CaCO ₃	123.0	100.0	154.0
Carbonatos (CO ₃)	CaCO ₃	0.0	0.0	21.0
Hidróxidos (OH ⁻²)	CaCO ₃	0.0	0.0	0.0
Sulfatos (SO ₄)	SO ₄	484.0	67.0	58.0
Cloruros (CL ⁻)	Cl	155.0	34.0	65.0
Nitratos (NO ₃)	NO ₃	0.0	4.0	0.0
Totales	CaCO ₃	844.0	220.0	241.0
Determinaciones				
Dureza total	CaCO ₃	390.0	156.0	223.01
Dureza de no Carbonatos	CaCO ₃	267.0	56.0	48.01
Dureza de Carbonatos	CaCO ₃	123.0	100.0	175.0
Alcalinidad (a la Fenolfta leina)	CaCO ₃	0.0	0.0	10.50
Alcalinidad(al anaranjado de Metilo)	CaCO ₃	123.0	100.0	175.0

5-17

Anhídrido Carbónico libre	CO ₂	14.0	3.0	0.0
Fosfatos (PO ₄ ⁻)	PO ₄	0.2	0.7	0.0
Sulfitos (SO ₃ ⁻)	SO ₃	---	---	---
Fierro	Fe ³	---	---	---
Sílice	SiO ₂	11.0	13.0	12.0
Sólidos Totales Disueltos	CaCO ₃	862.0	242.0	356.0
Conductividad Específica	Micromhos	1250.0	480.0	680.0
Temperaturas del Agua:		pH = 7.2	pH = 7.8	pH = 8.4

Máxima temperatura del año 33°C
Mínima temperatura del año 11.5°C

Temperatura Promedio en Estaciones:	Primavera	24.5 °C
	Verano	31.0 °C
	Otoño	23.5 °C
	Invierno	20.5 °C

Además, se tendrá presencia de Acido Sulfúrico, Cloro, Inhibidores de corrosión en el agua de circulación, debido al tratamiento químico del agua en la torre de enfriamiento. Se permitirán cuatro ciclos de concentración en el sistema.

5.4 TRATAMIENTO DE AGUA DE CIRCULACION

5.4.1 CLORACION

La cloración del agua en la pileta de la torre de en friamiento, tiene como propósito reducir a un mínimo la formación de bacterias y la corrosión del material en la tubería del sistema de agua de circulación, en el condensador y en la torre de enfriamiento.

El sistema de cloración para el agua de circulación se controla mediante dispositivos automáticos de control.

El sistema se inicia en los recipientes de cloro que proporcionan cloro líquido a un evaporador con capacidad de 3,629 Kgr. por día. Este evaporador consta de dos calentadores eléctricos, de 9 KW cada uno tipo inmersión. El evaporador entrega cloro en estado gaseoso, el cual pa sa a un clorador a través de una válvula reductora de pre sión.

En el clorador el cloro-gas es medido bajo vacío, que es creado por un eductor. El gas entra a través de una - válvula reductora de presión. Esta válvula operada por - su diafragma mantiene el vacío apropiado antes del orificio de medición del tipo ranurado en "V" (V-NOTCH).

Posteriormente el gas pasa al rotámetro y al orificio variable del V-NOTCH. Aquí la dosificación se puede cambiar manualmente posicionando el V-NOTCH en su anillo (cambiando el área del orificio).

El sistema V-NOTCH dosifica con una precisión de $\pm 4\%$.

Después del orificio, el gas pasa por una válvula reguladora de vacío que mantiene una presión diferencial constante a través del V-NOTCH. La válvula de alivio de presión y de vacío permite la entrada de aire para proporcionar el alivio de vacío, este aire no pasa por el rotámetro. El rotámetro solo mide gas-cloro.

En el inyector, que consiste de un eductor en donde el agua a presión arrastra el cloro, el gas medido se disuelve en agua; la solución resultante se descarga en el punto de aplicación a través de un difusor localizado en la pileta de la torre de enfriamiento.

Una válvula diafragma-resorte de retención (la cual cierra la succión del inyector cuando este no opera) y una válvula de retención tipo bola son parte del mismo inyector. Esto evita que entre agua inundando al clorador.

La operación de arranque-paro o programada se obtiene interrumpiendo el agua de entrada al inyector. La ope

ración automática se realiza cambiando la diferencia de va
cío existente en el orificio variable V-NOTCH con el fin
de ajustar la dosificación.

5.4.1.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO

A) Evaporador

El evaporador es del tipo tanque de inmersión, tiene capacidad máxima de 3,629 Kg. de cloro por 24 horas de operación. Tiene un tanque exterior que contiene agua caliente, la cual cede el calor necesario para evaporar el cloro, el agua se calienta por medio de dos calentadores de inmersión, cada uno con tres elementos los cuales son suspendidos verticalmente en el agua. La entrada del cloro es por la parte de arriba. El tanque de agua esta protegido contra corrosión por medio de una capa protectora y por un ánodo de sacrificio. Se tiene control de temperatura con actuador de alarma para baja y alta temperatura y se tiene control automático del nivel del agua, termómetro y manómetro.

Características Técnicas:

Capacidad	3,629 Kg/día
Presión del diseño	29 Kg/cm ² man.
Temperatura de diseño	66 °C
Número de calentadores	2
Potencia de calentadores	9 KW

B) Clorador

El clorador es del tipo solución al vacío. Una serie de rotámetros proporcionan la capacidad de 1 a 3,629 Kg/día. Gama de dosificación de 20:1 para cualquier rotámetro. El sistema de control V-NOTCH mantiene la dosificación \pm 4%.

La unidad está dentro de un gabinete de plástico reforzado con fibra de vidrio. Una válvula reguladora de presión mantiene el vacío necesario para la operación antes del orificio V-NOTCH. Abre solo cuando hay vacío normal. Otra válvula mantiene un vacío constante después del orificio y una tercera alivia el exceso de presión y/o vacío en el clorador. Esta admite aire si se desarrolló un exceso de vacío o ventea cloro a la atmósfera si hay exceso de presión. El aire no pasa a través del rotáme-

tro. El rotámetro tiene una escala lineal de 254 mm. Sus graduaciones y el flotador tienen colores contrastados para leerlo fácilmente. La medición la realiza el orificio variable V-NOTCH. Este consiste en un vástago de plástico ranurado en "V" que se mueve en un anillo. El inyector tipo aspirante da el vacío de operación. También da la interrupción de vacío para la operación programada o intermitente arranque-paro y evita la inundación del clorador por el agua.

El difusor es del tipo canal abierto, con orificios de 1.58 cm. de diámetro.

5.4.2 DOSIFICACION DE ACIDO SULFURICO

Con el propósito de tener un buen control de la alcalinidad del agua, se cuenta con un sistema de dosificación de ácido sulfúrico el cuál, como en el caso del cloro, también se introduce al sistema a través de la pileta de la torre de enfriamiento.

Dicha dosificación se lleva a cabo por medio de una bomba dosificadora, y se controla manualmente dependiendo del muestreo del agua en la pileta de la torre de enfriamiento. La tubería para el manejo y alimentación del áci

do sulfúrico será de fierro fundido, con recubrimiento de hule tanto interior como exteriormente.

5.4.2.1 DESCRIPCION DEL EQUIPO

A) Tanque de Almacenamiento

Un tanque de almacenamiento cilíndrico horizontal con capacidad de 19,000 lt., sirve como fuente de abastecimiento de ácido sulfúrico, tanto para los requerimientos del agua de circulación como para la planta de agua desmineralizada.

El tanque tiene presión atmosférica y es adecuado para almacenar ácido sulfúrico a temperatura ambiente y con una concentración del 98% ya que tiene recubrimiento interior de resina fenólica horneada.

B) Bombas Dosificadoras

Se dispone de una bomba dosificadora, por unidad y una bomba común de reserva apropiada para manejar ácido sulfúrico. La alimentación de dicho ácido se hará en base a los requerimientos obtenidos en la muestra de agua alma-

cenada en la pileta de la torre de enfriamiento.

Estas bombas succionan del tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico, a partir de un cabezal común a través de una válvula de corte en su línea de descarga, la cual forma un cabezal que va al difusor.

Características Técnicas:

- A) Capacidad Máxima 65 Lt/Hr.
- B) Presión nominal de descarga 7 Kg/cm² man.
- C) Potencia del motor 0.25 HP
- D) Velocidad (carga plena) 1,750 RPM

5.5 INSTRUCCIONES DE OPERACION

5.5.1 Arranque del Sistema de Agua de Circulación

1. Asegúrese de que el cárcamo de succión de las bombas esté inundado.
2. Abrir las válvulas operadas con motor que se encuentran en las líneas de entrada y salida de las cajas de agua del condensador.
3. Cerrar los drenajes en el condensador y abrir las - válvulas de venteo de las cajas de agua del condensador.

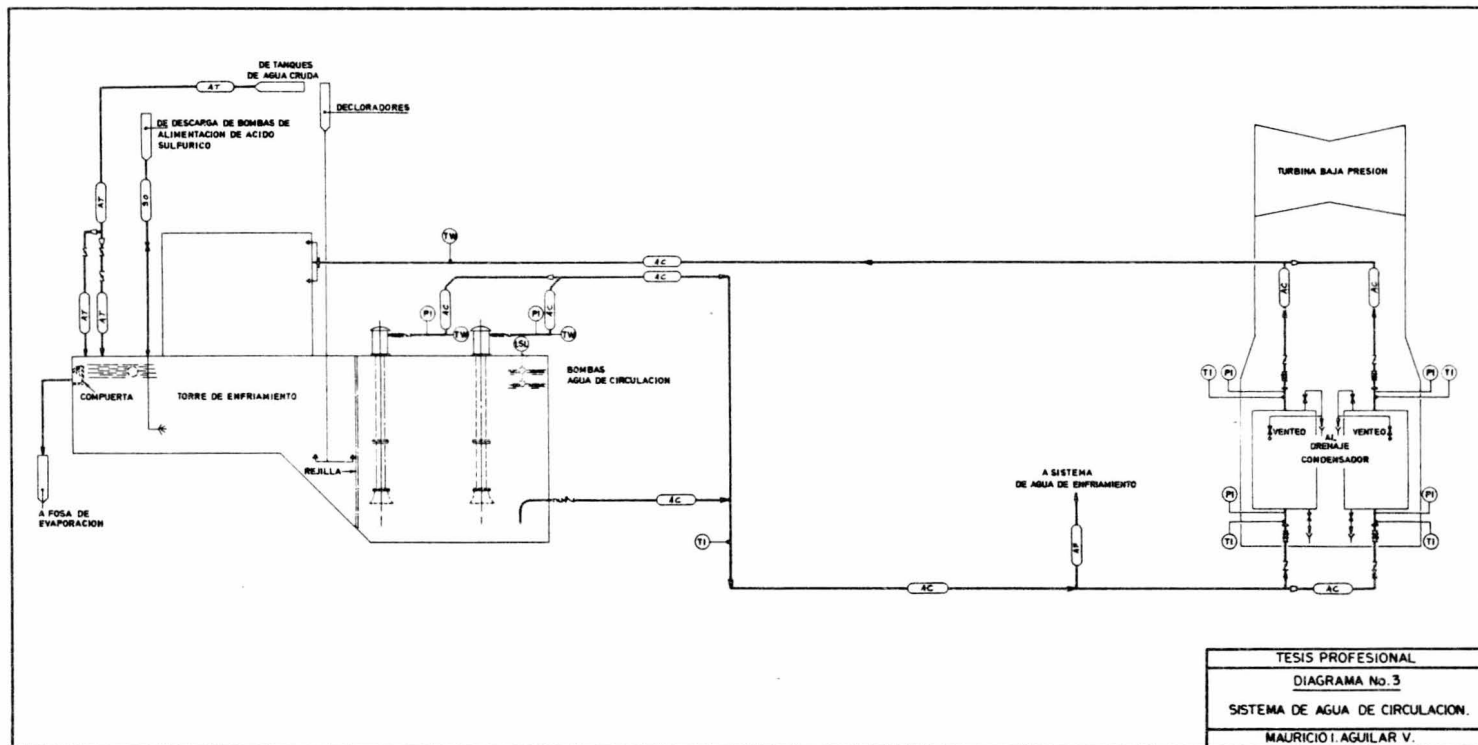
4. Arranque de las bombas de agua de circulación.

Abrir las válvulas de corte del sistema de agua de enfriamiento para los sellos y lubricación de las bombas.

Cierre las válvulas de mariposa operadas con motor en la descarga de las bombas de agua de circulación. Cambiar la posición del interruptor de control de la bomba a "Arranque" y sostenerlo así por lo menos tres segundos. Obsérvese el amperímetro para cerciorarse de que la bomba ha arrancado. Una vez que la bomba arranca, la válvula - motorizada en la descarga de ésta, abrirá automáticamente. Si la bomba opera satisfactoriamente se arranca la segunda bomba siguiendo el mismo procedimiento, con lo cuál el sistema quedará listo para operación normal.

La operación del lavado de rejillas se lleva a cabo en forma manual, para lo cuál se dispone de un dispositivo de transporte, grúa local o polipasto para extraerla y llevarla al lugar apropiado donde serán lavadas por medio de mangueras.

La única medida de protección que existe, para saber cuando dichas rejillas están obstruyendo el flujo al cámara de bombeo por las impurezas o sedimentos almacenados, es una alarma de bajo nivel en el tablero general del cuarto de control.



CAPITULO 6

SISTEMA DE EXTRACCION DE INCONDENSABLES

6.1 GENERALIDADES

6.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

6.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

6.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

CAPITULO 6

SISTEMA DE EXTRACCION DE INCONDENSABLES

6.1 GENERALIDADES

El sistema de extracción de incondensables (Diagrama No.4), tiene como función remover el aire, los vapores incondensables y mantener el vacío en el condensador por medio de un eyector que opera con vapor. El sistema está formado por: el Eyector de arranque, el Eyector de doble efecto, el Intercondensador y el Postcondensador.

6.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA

La extracción de aire e incondensables se logra con la operación de dos eyectores por separado, uno de nominado Eyector de Arranque, y el otro conocido como Eyector de Operación Normal.

El eyector de arranque servirá para una evacuación rápida del aire, hasta un vacío parcial durante el arranque de la unidad. Los eyectores de operación normal, -

mantendrán un alto vacío evacuando los gases incondensables y los vapores durante la operación normal de la unidad.

El eyector de arranque está instalado en un ramal de la línea de extracción de incondensables del condensador y descarga directamente a la atmósfera.

La primera etapa del eyector de operación normal extrae los incondensables a través de la línea de extracción del condensador y los descarga al intercondensador del eyector.

Con la segunda etapa se extrae el aire e incondensables del intercondensador y se descarga al postcondensador, ambos elementos de la primera y segunda etapa pueden ser operados separadamente o en paralelo, o un solo elemento puede ser usado dependiendo de las condiciones de los vapores incondensables o la cantidad de estos. El vapor de operación es suministrado a los eyectores por el sistema de vapor principal. El postcondensador es venteado a la atmósfera a través de una estación de medición. El drenaje del intercondensador del eyector, retorna al condensador principal a través de una curva de tubería que opera como un sello hidráulico. En tan

que el drenaje del postcondensador lo hace también - al condensador principal pero pasando antes por una trampa de vapor.

La presión del vapor se indica localmente, tanto - para el eyector de arranque como para el eyector de operación normal.

6.3 DESCRIPCION DEL EQUIPO

6.3.1 EYECTORES DE AIRE

Los eyectores de operación normal son de tipo: Dos etapas, elemento gemelo, cada uno de 100% de capacidad, montados en inter y post-condensadores de superficies comunes.

El eyector de arranque es de una sola etapa y un solo elemento. Ambos son del tipo operado con chorro de vapor vivo proveniente del generador de vapor.

Características Técnicas:

		OP. NORMAL	ARRANQUE
a) Capacidad	m ³ /min	0.354	25.485
b) Consumo <u>total</u> de vapor	Kg/Hr	456.314	1950.446

		OP. NORMAL	ARRANQUE
c) Presión			
del vapor	Kg/cm ² man	24.61	24.61
d) Temperatu-			
ra del vapor	°C		
	Max/Min	493/saturado	493/saturado

6.3.2 INTERCONDENSADOR Y POSTCONDENSADOR

La función primordial del intercondensador y del postcondensador, es la de condensar el vapor de operación de los eyectores, junto con el vapor extraído del condensador principal, a la vez que funcionan como calentadores del condensado principal.

El inter y postcondensador son del tipo de superficie. Cada uno de ellos tiene su propia carcaza, con su respectivo haz de tubos y su juego de válvulas.

Ambos condensadores tienen válvula de alivio tipo centinela en el lado de los tubos, además de conexiones para medición de temperatura y presión.

Características Técnicas:

		INTER	POST
a) Gasto de condensado			
	Máximo Kg/Hr	107,728	107,728
	Mínimo Kg/Hr	215,456	215,456
b) Temperatura máxima - permisible del condensado a la entrada	°C	48,055	48,888
c) Aumento en la Temperatura	°C	0.833	1.228
d) Presión de operación en la carcaza	Kg/cm ² man	0.1898	1.070
e) Temperatura de diseño en la carcaza	°C	232	232
f) Gasto de vapor condensado	Kg/Hr	456.314	

6.4 INSTRUCCIONES DE OPERACION

6.4.1 ARRANQUE DEL SISTEMA

- a. Para arrancar el sistema de extracción de incondensables, verifíquese que las válvulas en la línea de suministro de vapor al eyector de aire estén cerra-

bles.

- g. Abranse lentamente las válvulas de la segunda etapa. Cuando la estabilidad se ha obtenido, ábranse las - válvulas de vapor de la primera etapa.
- h. Abranse las válvulas de succión de incondensables de la primera y segunda etapa, ajústese la presión de - vapor a 24.61 Kg/cm² man. en el suministro.
- i. Ciérrese la válvula de succión de incondensables en el eyector de arranque. Reajústese la válvula de -- corte a la presión de operación.
- j. Verificar que los drenajes del intercondensador y - postcondensador del eyector principal estén funcio- nando apropiadamente.

CAPITULO 7
PARAMETROS DE DISEÑO

7.1 GENERALIDADES

7.2 CICLO

CAPITULO 7

PARAMETROS DE DISEÑO

7.1 GENERALIDADES

En el diseño de una Planta Industrial se tiene una secuencia de pasos importantes a seguir como son:

- a) Localización de la planta
- b) Datos preliminares de diseño
- c) Desarrollo de la Ingeniería Básica
- d) Elaboración de diagramas de flujo
- e) Elaboración de planos
- f) Preparación del programa del proyecto
- g) Diseño de Ingeniería y Dibujos (Ingeniería de Detalle).

En una planta termoeléctrica, es de mucha importancia seguir una secuencia de pasos perfectamente delineados, para obtener no solamente un buen diseño, sino una correcta operación dentro del tiempo estimado.

En el capítulo presente nos interesa de manera especial un punto dentro de la Ingeniería de proceso ó Ingeniería básica, la cual trata del desarrollo, evaluación y diseño del proceso a seguir.

El desarrollo del proceso para la generación eléctrica, se ha completado y mejorado a partir de experiencias obtenidas de otras plantas similares y de los estudios de laboratorio - para mejorar los materiales de construcción.

La evaluación del proceso consiste en el análisis tanto de la Ingeniería como de la economía del proceso. Un cuidadoso análisis de costos en la etapa inicial indicará si el proceso propuesto es prometedor. La estimación de diseño preliminar no sólo es valiosa porque dirige los proyectos de investigación por la trayectoria más ventajosa sino porque también es un auxiliar efectivo en los cálculos de diseño.

La estimación de costos no termina cuando se toma la decisión de construir la planta, sino que debe continuar - aún después de que la planta entre en operación. Los planes para aumentar la producción de Energía Eléctrica ó para obtener una mejor eficiencia, deben ser evaluados siempre sobre una base económica. La evaluación del proceso y su instrumento primordial, la estimación de costos, penetran en cada fase del desarrollo, diseño, construcción y operación de una planta.

En el diseño del proceso es donde toman una función primordial los parámetros de diseño requeridos para cada uno de los equipos principales de la unidad generadora.

Antes de proceder a cualquier cálculo, es esencial establecer por escrito una base completa del diseño. Esta incluye la cantidad de energía eléctrica que se desea generar, las materias primas y sus características, los servicios y sus temperaturas y presiones. Simultáneamente se deben hacer otras dos importantes decisiones, estas son; la selección de los factores de seguridad que se van a usar en el diseño y la determinación de la fecha límite en que se ha de terminar el diseño.

A continuación se deben desarrollar, el diagrama esquemático de flujo y los balances de materia y energía.

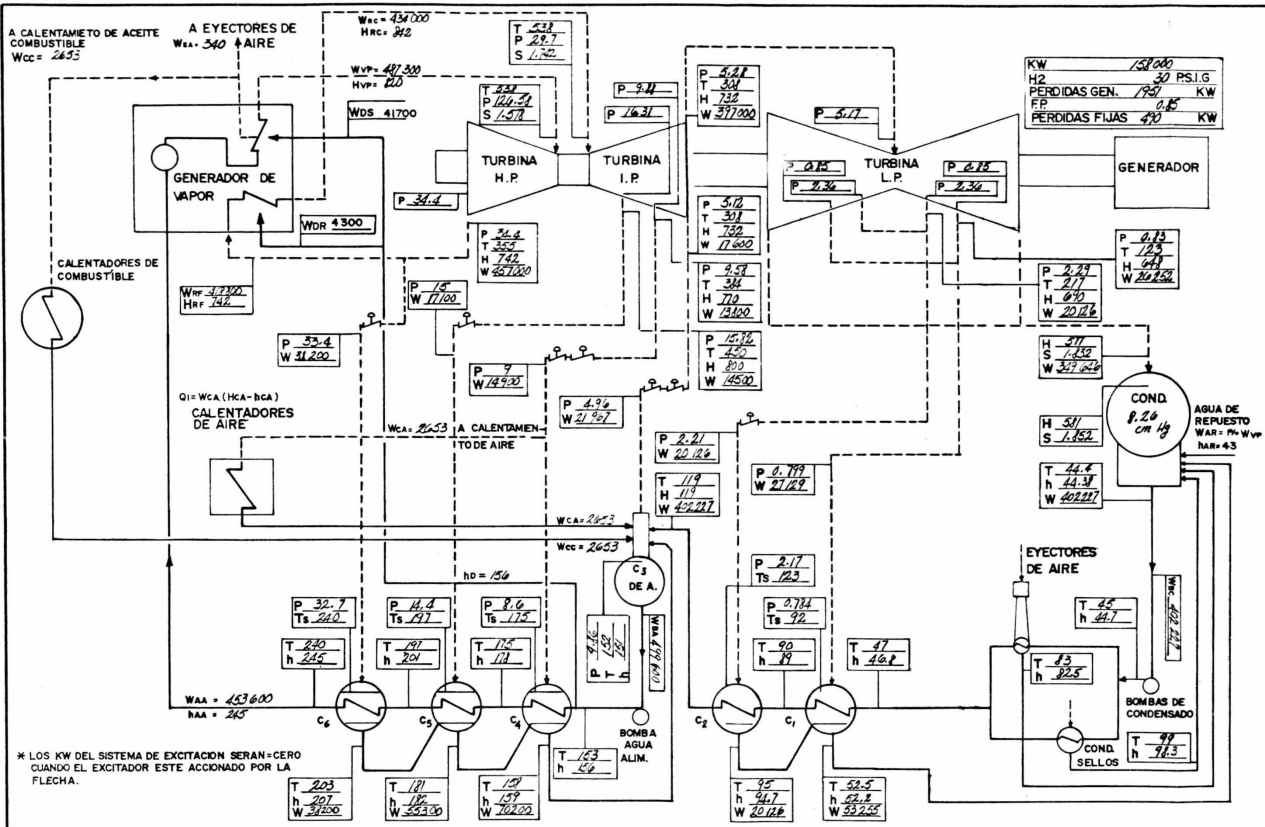
El procedimiento para el diseño puede ser separado en dos partes principales; la primera implica fijar la capacidad de generación total requerida y en base a ésta seleccionar el turbogenerador adecuado. La segunda consiste en especificar y optimizar los parámetros de operación para cada uno de los restantes equipos, los que son dados por los requerimientos de operación del equipo principal ó turbogenerador.

Es por esto que el fabricante del turbogenerador proporciona los balances de materia y energía correspondientes a su equipo operando a diferentes cargas; en e-

llos incluyen los requerimientos que deberán cumplirse y que a su vez constituyen los parámetros para el diseño de los equipos auxiliares.

Dentro de estos requerimientos, los cuales dependerán fundamentalmente del diseño del turbogenerador seleccionado, se encuentran entre otras, las condiciones (gasto, presión y temperatura) del vapor de entrada al turbogenerador, del vapor recalentado, del vapor de extracción y del vapor de escape a la salida del turbogenerador (Estos valores se encuentran sintetizados en la figura N° 7-1, que corresponde al balance para el turbogenerador a 100% de carga).

Resumiendo, podemos decir que el diseño de los restantes equipos estará en función del Turbogenerador seleccionado, de manera que el Generador de Vapor será diseñado para entregar el vapor a las condiciones que requiera el Turbogenerador, así como el Condensador Principal será diseñado para condensar el vapor de escape de la Turbina de baja presión. Los Calentadores de baja y alta presión, así como el Deaerador, son diseñados en función del vapor de extracción suministrado por la Turbina. En el sistema de agua de circulación, la Torre de



- P = PRESION $Kg/cm^2 A.$
- T = TEMPERATURA $^{\circ}C$
- H = ENTALPIA $Kcal/Kg.$
- h = ENTALPIA $Kcal/Kg.$
- W = FLUJO $Kg./Hr.$
- S = ENTROPIA $Kcal/Kg.^{\circ}C$

* LOS KW DEL SISTEMA DE EXCITACION SERAN CERO CUANDO EL EXCITADOR ESTE ACCIONADO POR LA FLECHA.

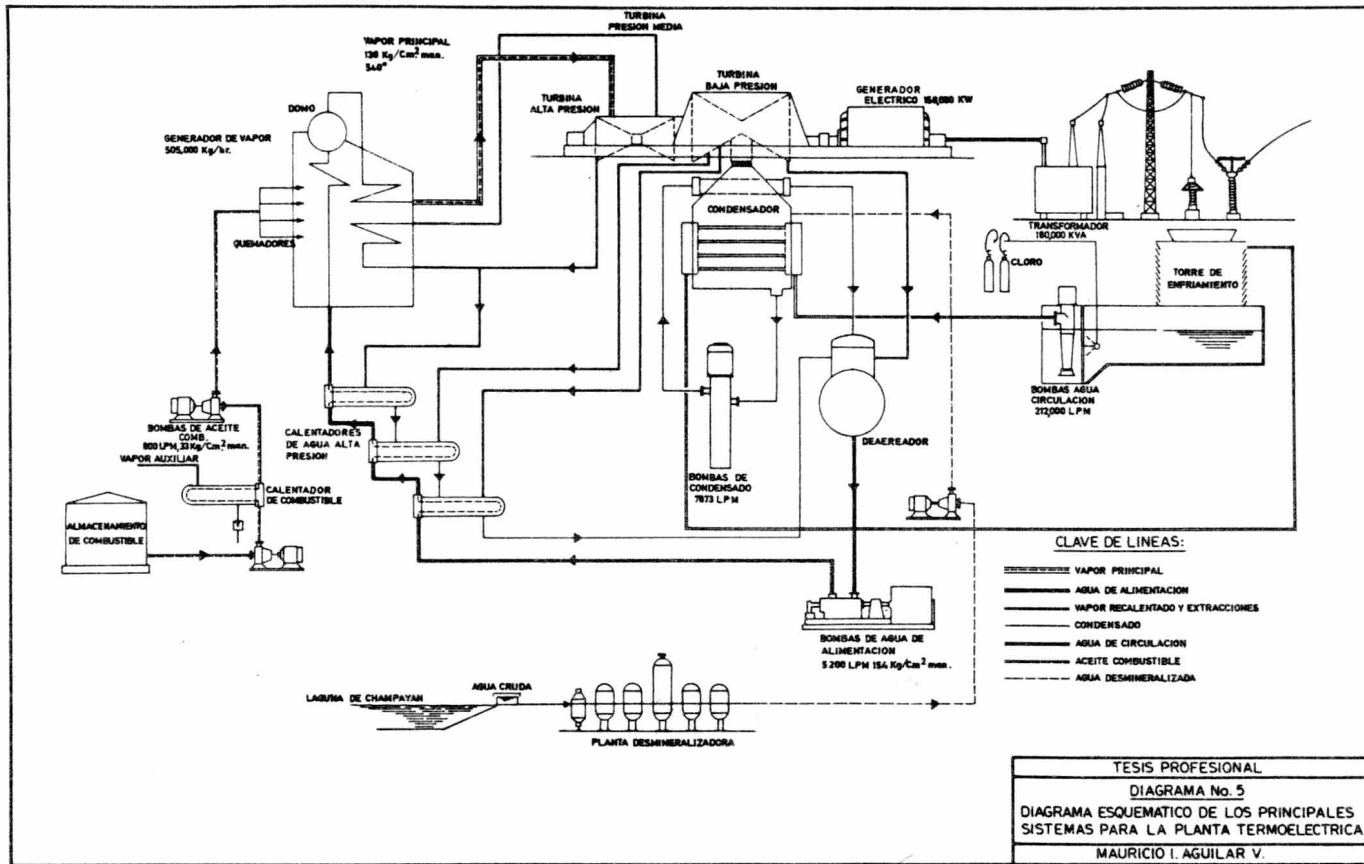
$$C.T.U. = WVP(HVP-hAA) + Wrc(Hrc-Hrp) + WEA(HEA-hAA) + WBA(hBA) + Wbc(hbc) + WDR(hDR-hD) + Wds(hAA-hD) + Wcc(Hcc-hcc) - Q1$$

(KW NETOS EN LAS TERMINALES DEL GENERADOR) - (KW SISTEMA DE EXCITACION) *

TESIS PROFESIONAL
DIAGRAMA No. 7-1
DIAGRAMA DE FLUJO DEL
CICLO REGENERATIVO.
MAURICIO I. AGUILAR V.

Enfriamiento necesita disipar todo el calor cedido durante la condensación del vapor de escape, por lo que también su diseño está basado en el tipo de Turbogenerador utilizado. Todo esto vinculado con las características de sitio, materias primas disponibles, etc.

Una vez obtenidos los parámetros de los equipos -- principales se procede a determinar los correspondientes a los servicios, con esto queda definido en su totalidad el equipo de la Planta. En el diagrama N° 5 se muestra un diagrama esquemático de los principales sistemas con los datos de operación más importantes.



BIBLIOGRAFIA:

Thermodynamics
Virgil Moring Faïres
Collier Mc Millan Limited, London
5a. Edición, 1970

Centrales Eléctricas
Frederick T. Morse
Editorial Continental, S.A., México
1966

La Producción de Energía Mediante el Vapor de Agua,
el Aire y los Gases
W.H. Severns, H.E. Degler J.C. Miles
Editorial Reverté, S.A., México
1961

Principios de los Procesos Químicos
Parte II Termodinámica
O.A. Hougen, K.M. Watson, R.A. Ragatz
Editorial Reverté, S.A., México

Fundamentals of Heat Engineering and Hidraulics
A. Chernov N. Bessrebrennikov
Mir Publishers, Moscow
1969

Power Plant Theory and Design
Philip J. Potter
The Ronald Press Company, N.Y.
1959

Plantas de Vapor
Charles Donald Switt
Compañía Editorial Continental, S.A., México
1975

Procedimiento de Cálculo de Reactivos en Torres
de Enfriamiento
Bufete Industrial, Diseños y Proyectos, S.A.

Instructions for Turbine Supervisory Instruments System
C.F.E. Tampico Unit 1 & 2 158 MW T/G
Tokyo Shibora Electric CO., LTD.
Toshiba

Condensing and Feed Heating Plant
C.F.E. Tampico Unit 1 & 2
Swecomex, S.A.

Feed Water Heater 4, 5 y 6
C.F.E. Tampico Unit 1 y 2

Fundamentos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Fitzgerald y Higginbotham
McGraw-Hill Book Company
1966