



14  
2er

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**“ A R A G O N ”**

**“ CONTROL LOGICO DE PROTECCIONES CONTRA  
INDUCCION DE AGUA A LA TURBINA DE LA UNIDAD 4 DE  
LA CENTRAL TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO ”**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

Presenta:

**JUAN CARLOS MARTINEZ GARCIA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

San Juan de Aragón, Estado de México, 1988



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

## INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I. DESCRIPCION DE UNA PLANTA TERMoeLECTRICA	6
1.1 DESCRIPCION GENERAL	6
1.2 CICLO DE CARNOT	11
1.3 CICLO RANKINE	13
1.4 CICLO RANKINE CON RECALENTAMIENTO	15
1.5 CICLO RANKINE REGENERATIVO	16
1.6 CICLO RANKINE REGENERATIVO CON RECALENTAMIENTO	18
1.7 UNIDAD 4 DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO	22
CAPITULO II. ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS A PROTEGER	26
II.1 CONSIDERACIONES GENERALES	26
II.2 EXTRACCION 1	28
II.3 EXTRACCION 2	31
II.4 EXTRACCION 3	31
II.5 EXTRACCION 4	37
II.6 EXTRACCION 5	40
II.7 EXTRACCION 6	44
II.8 EXTRACCION 7	46
CAPITULO III. REVISION DE RECOMENDACIONES, CODIGOS Y NORMAS	

APLICABLES A LOS SISTEMAS	53
III.1 CONSIDERACIONES GENERALES	53
III.2 SISTEMA DE EXTRACCIONES DE VAPOR	55
III.2.1 CALENTADORES DE AGUA	57
III.2.2 CALENTADOR DESAERADOR	64
III.3 SISTEMA HYDRATECT-2455D DE MONITOREO DE LA INDUCCION DE AGUA	69
CAPITULO IV. PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR	81
IV.1 CONSIDERACIONES GENERALES	81
IV.2 LINEAS DE EXTRACCION DE VAPOR	84
IV.2.1 EXTRACCION 3	85
IV.2.2 EXTRACCION 4	89
IV.2.3 EXTRACCION 5	90
IV.2.4 EXTRACCION 6	94
IV.2.5 EXTRACCION 7	97
IV.3 CALENTADORES DE AGUA	97
IV.3.1 DRENAJES DE EMERGENCIA AL CONDENSADOR EN CALENTADORES	100
IV.3.2 DRENAJES EN CASCADA ENTRE CALENTADORES	102
IV.3.3 AISLAMIENTO DE CALENTADORES DE BAJA PRESION	104
CAPITULO V. CIRCUITOS LOGICOS DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES	109
V.1 CONSIDERACIONES GENERALES	109
V.2 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR EN LAS EXTRACCIONES DE VAPOR 3 Y 7	112

V.2.1 OPERACION DE LA VALVULA DE BLOQUEO	113
V.2.2 OPERACION DEL DRENAJE SUPERIOR	118
V.2.3 OPERACION DEL DRENAJE INFERIOR	120
V.3 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR EN LAS EXTRACCIONES 4, 5 Y 6	121
V.4 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR EN LOS DRENAJES EN CASCADA DE LOS CALENTADORES	121
V.5 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DEL AISLAMIENTO DE LOS CALENTADORES 2 Y 1	127
V.5.1 CONTROL DE LA VALVULA DE DERIVACION	128
V.5.2 CONTROL DE LAS VALVULAS DE BLOQUEO	131
CONCLUSIONES	133
APENDICE A	136
APENDICE B	139
APENDICE C	142
BIBLIOGRAFIA	145

## INTRODUCCION

La energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de un país y la capacidad que de su generación posee éste, es un indicador de su nivel de desarrollo. La energía eléctrica posibilita una infinidad de procesos tecnológicos, que en unión con los hombres y mujeres implicados en éstos, constituyen la planta productiva de un país o conjunto de países.

Es inconcebible el mundo moderno sin la energía eléctrica, bien podría llamarse a nuestra era, la era de la electricidad. La iluminación de las grandes ciudades, las telecomunicaciones, las computadoras, la televisión, etcétera, son una manifestación del poder de la electricidad.

En México, todo el servicio público de energía eléctrica está a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), única responsable de su planeación, generación, transmisión y distribución en todo el país. Para cumplir con sus funciones, la CFE cuenta con plantas hidroeléctricas, termoeléctricas de combustible fósil, geotérmicas y próximamente pondrá en funcionamiento una central nucleoelectrica, todas ellas entrelazadas a través de un sistema interconectado de distribución.

Entre los diversos proyectos que actualmente desarrolla la CFE, está el de garantizar la continuidad de la generación y la salvaguarda del equipo principal de las centrales termoeléctricas en operación, las cuales generan la mayoría de la energía eléctrica en México, manteniendo niveles de confiabilidad y disponibilidad aceptables.

El desarrollo de este tipo de proyectos toma en consideración que es durante la vida útil de una central termoeléctrica cuando se hacen numerosas sugerencias en relación a mejoras posibles a las mismas. Estas sugerencias por lo general son como resultado de problemas de operación, comportamiento inadecuado del equipo, posibles errores y omisiones en el diseño, o protecciones insuficientes en los sistemas, que originan fallas que en muchas ocasiones provocan daños serios a los equipos principales e incluso largos y costosos paros no programados de la unidad.

Como parte de uno de sus proyectos, la Comisión Federal de Electricidad solicitó al Departamento de Instrumentación y Control de la División Estudios de Ingeniería del Instituto de Investigaciones Eléctricas, la realización de un estudio de las protecciones necesarias de ser instaladas, para reducir el riesgo de daños por inducción de agua a la turbina de la Unidad 4 de la Central Termoeléctrica (CTE) Valle de México.

La CTE Valle de México genera gran parte de la energía eléctrica que consume la Ciudad de México y las zonas industriales colindantes a ella, de allí la conveniencia y la

importancia de mantener a esta planta operando eficientemente.

Uno de los problemas de mayor consecuencia en las plantas termoeléctricas, es el daño debido a la introducción indeseada de agua a la turbina. La ocurrencia de este problema ocasiona daños tales como deformación en tuberías, erosión en los álabes de la turbina y algunas veces deformación del cuerpo de ésta. Lo que ocasiona el paro de la Unidad, para efectuar labores de reparación, con las consecuentes pérdidas económicas para la industria de generación de energía eléctrica y para la planta productiva que utiliza esta energía.

La presente tesis se centra en el desarrollo de la lógica de control de las protecciones a instalar en la turbina de la Unidad 4 de la CTE Valle de México para reducir el riesgo de daños por inducción de agua a ésta; problema que se ha presentado ya en varias ocasiones. En particular se trata lo referente al sistema de extracciones de vapor, el cual ha jugado un papel preponderante en la ocurrencia del problema.

Esta tesis tiene por objetivo el mejoramiento en la operación de la Unidad 4 de la CTE valle de México, por medio de la implementación de una lógica de control de las protecciones, acorde con las Normas internacionales en este campo, la experiencia acumulada en la resolución del problema, las características de operación de la planta y de los dispositivos de protección.

El diseño de la lógica de control de las protecciones es una



fase importante en la realización de proyectos de protecciones en plantas termoeléctricas, ya que a partir de esta lógica se diseñan los programas de control lógico que utilizarán los Controladores Lógicos Programables, los cuales se encargaran de coordinar a los dispositivos de control de las protecciones y proporcionar a los operadores información sobre el proceso de protección.

El presente trabajo se divide en cinco capítulos :

El capítulo I es una introducción general a los procesos termoeléctricos, la cual es necesaria para ubicar el problema del control lógico de las protecciones contra inducción de agua en la turbina de la Unidad 4 de la CTE Valle de México. Este capítulo aborda en forma breve los ciclos termodinámicos, haciendo énfasis en el Ciclo Rankine Regenerativo con Recalentamiento, por ser el que se utiliza en la CTE Valle de México y en su parte final se presenta una descripción de esta planta termoeléctrica.

En el capítulo II se hace una descripción del estado actual de las protecciones existentes en la Unidad 4 para reducir el riesgo de inducción de agua a la turbina, a través de las líneas de las extracciones de vapor.

En el capítulo III se hace una revisión de las recomendaciones, códigos y normas aplicables a los sistemas y en particular se hace una exposición de las recomendaciones contenidas en la Norma ASME, que lleva por nombre "Recommended Practices for the Prevention of Water Damage to Steam Turbines

Used for Electric Power Generation y se presenta el Sistema HYDRATECT-2455D de Monitoreo de la Inducción de Agua, ampliamente recomendado por fabricantes de equipo de protección contra inducción de agua.

En el capítulo IV se presentan por medio de Diagramas Funcionales las protecciones factibles de ser instaladas en el sistema de extracciones de vapor y en sus calentadores asociados.

En el capítulo V se muestran los circuitos lógicos de control encargados de la coordinación de los dispositivos y procesos de protección mostrados en el capítulo IV, así como una descripción operativa de los mismos.

La lógica presentada en el capítulo V fue aprobada por Investigadores del Departamento de Instrumentación y Control del Instituto de Investigaciones Eléctricas y por el personal de Instrumentación y Control de la CTE Valle de México, encontrándose en la actualidad en revisión por la Comisión Federal de Electricidad.

En la parte final del presente trabajo se encuentran algunos Apendices que contienen la simbología utilizada en los diversos diagramas aquí presentados.

Febrero, 1988.

## CAPITULO I. DESCRIPCION DE UNA PLANTA TERMOELECTRICA

### 1.1 DESCRIPCION GENERAL.

Una Planta Termoelectrica es una instalación que tiene por objeto transformar la energía calorífica en energía eléctrica. Esta transformación no se efectúa en forma directa sino que requiere de varios pasos, para los cuales se emplean cinco elementos principales: una caldera, una turbina de vapor, una bomba de agua, un condensador y el generador, así como el correspondiente equipo auxiliar que hace posible su funcionamiento.

En el horno u hogar de la caldera se realiza la combustión ya sea de carbón, combustóleo o gas. La energía potencial almacenada en el combustible se transforma en energía térmica para calentar el agua que se encuentra en la caldera. El agua procedente de la bomba de agua de alimentación llega al domo, el cual se encuentra en la parte superior de la caldera, en donde el agua es separada del vapor generado en el hogar de ésta. Posteriormente este vapor se sobrecalienta en la región de la caldera llamada sobrecalentador, donde se aumenta su temperatura, utilizando para ello los gases producto de la combustión. Después de esto, el vapor se encuentra en condiciones apropiadas para ser llevado a la turbina. (ver la figura 1.1).

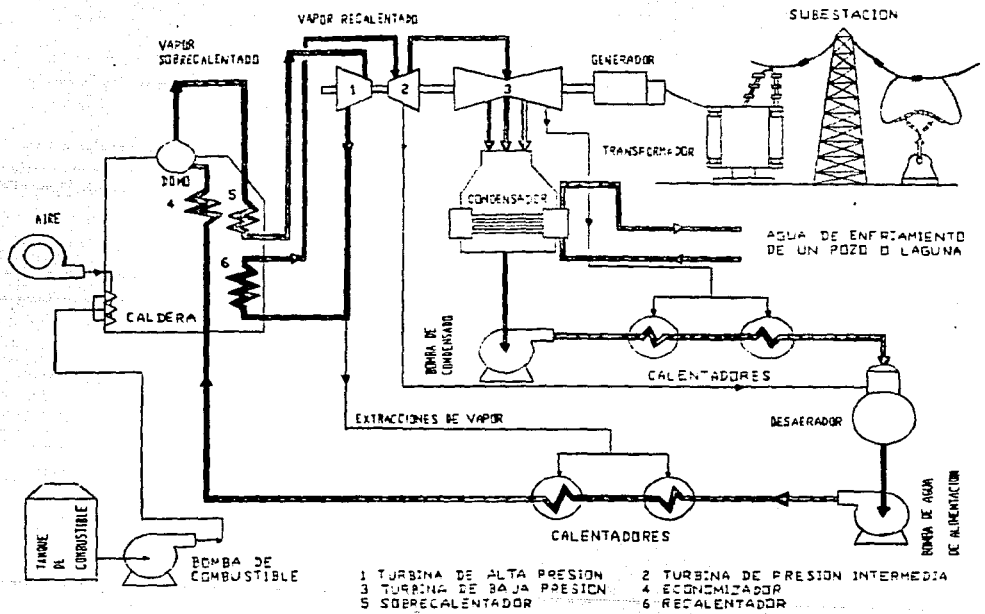


FIGURA 1.1 PROCESO LLEVADO A CABO EN UNA PLANTA TERMoeLECTRICA

El vapor sobrecalentado se conduce a la turbina, donde realiza trabajo al expanderse y chocar contra los álabes, proporcionando al rotor de la turbina un movimiento mecánico giratorio.

Ahora, al girar el rotor de la turbina, la energía mecánica del eje está en condiciones de generar electricidad. Las partes principales de un generador son : el rotor, el estator y el excitador.

El rotor del generador se encuentra acoplado al eje de la turbina y gira en casi todas las plantas a 3600 rpm.

El excitador, que es un generador de corriente continua, se encuentra acoplado al eje del rotor del generador, gira también a 3600 rpm y produce electricidad para el rotor.

Rodeando al rotor se encuentra el estator del generador, que es una pieza estacionaria la cual lleva un arrollamiento formado por bobinas.

Del rotor electromecánico radian líneas de fuerza magnética que son cortadas por el arrollamiento del estator, induciendo en este un alto voltaje, generándose así energía eléctrica.

Finalmente la energía eléctrica producida es conducida por cables a los transformadores, donde se eleva su voltaje para poder transportarla hasta los centros de consumo, en donde el voltaje es disminuido a los valores adecuados para su empleo industrial o doméstico.

Para la combustión se requiere cierta cantidad de oxígeno que se toma del aire, el cual es impulsado por un ventilador de tiro forzado y conducido a través de un ducto hasta los quemadores en donde el aire y combustible, se mezclan (en proporciones adecuadas) y se produce la combustión.

El agua absorbe el calor desprendido durante la combustión y debido a esto va elevando su temperatura hasta llegar a la evaporación.

Posteriormente este vapor se sobrecalienta y mediante el empleo de las tuberías de vapor principal adecuadas es introducido primero a la turbina de alta presión, donde una expansión que produce trabajo al bajar la temperatura y la presión, efectúa la transformación del calor en trabajo mecánico al girar el rotor de la turbina.

Una vez que el vapor ha hecho trabajo en la turbina de alta presión, ahora con menor presión y temperatura, se manda a recalentar en una sección dentro de la caldera llamada recalentador, donde utilizando los gases de combustión se le aumenta su temperatura casi al mismo valor con el que entró en la turbina de alta presión. El vapor recalentado se introduce a la turbina de presión intermedia y finalmente en la turbina de baja presión, donde nuevamente en cada etapa, una expansión que produce trabajo al bajar de presión y de temperatura, efectúa la transformación del calor en trabajo mecánico, al contribuir más al movimiento del rotor de la turbina.

Por otro lado, una vez que el vapor ha hecho trabajo en la

turbina y ha perdido presión, se hace pasar por el condensador, donde pierde su calor latente de vaporización y se convierte en agua. El agua obtenida, llamada a partir de este punto condensado, es almacenada en un depósito localizado en la parte inferior del condensador y al cual se le conoce como pozo caliente. A partir de este depósito, el condensado se bombea, haciéndolo pasar a través de una serie de calentadores que aumentan gradualmente su temperatura, utilizando para esto vapor extraído de la turbina. Posteriormente se hace pasar a través de un calentador desaerador, donde se le elimina el oxígeno atmosférico y demás gases no condensables, después de lo cual y de recibir una cierta cantidad de calor que aumenta su temperatura, pasa a un tanque de almacenamiento situado en la parte inferior del calentador desaerador, donde queda listo y convertido en agua de alimentación. Mediante las bombas de agua de alimentación, cuya finalidad básica es aumentar la presión del líquido, el agua se bombea hacia la caldera, pasando previamente por una segunda etapa de calentamiento. En esta etapa, el agua de alimentación se hace pasar primeramente por calentadores de alta presión que aumentan su temperatura, utilizando vapor extraído de la turbina de alta presión, y ya dentro de la caldera se hace pasar finalmente por el economizador que aumenta aún más su temperatura, utilizando para esto los gases de combustión. Después de esta etapa de calentamiento el agua se deposita finalmente en el domo de la caldera, completándose así el ciclo termodinámico agua-vapor.

A continuación se explica, a partir del Ciclo de Carnot que

determina el límite de nuestra capacidad para convertir calor en trabajo, el Ciclo Rankine y sus modificaciones que nos llevan al ciclo que se usa actualmente en las plantas termoeléctricas.

## 1.2 CICLO DE CARNOT.

El físico francés N. Leonard Sadi Carnot (1796-1832) ideó y analizó un ciclo formado por cuatro procesos, dos isotérmicos reversibles y dos adiabáticos reversibles, el cual se conoce como Ciclo de Carnot. La representación del Ciclo de Carnot en un diagrama Presión-Volumen se proporciona en la figura 1.2.

Analizando el ciclo proceso a proceso tenemos lo siguiente :

Proceso de 1 a 2, suministro de calor ( $Q_1$ ) a temperatura constante ( $T_1$ ). Este suministro se realiza en la caldera.

Proceso de 2 a 3, expansión adiabática ( $Pv^k = \text{cte.}$ ). Esta expansión tiene lugar en la turbina.

Proceso de 3 a 4, desprendimiento de calor ( $Q_2$ ) a temperatura constante ( $T_2$ ). Este desprendimiento de calor tiene lugar al condensarse el vapor en el condensador.

Proceso de 4 a 1, compresión adiabática ( $Pv^k = \text{cte.}$ ). Este proceso tiene lugar en la bomba.

En el Ciclo de Carnot el trabajo realizado está dado por la ecuación

$$W = Q_1 - Q_2$$



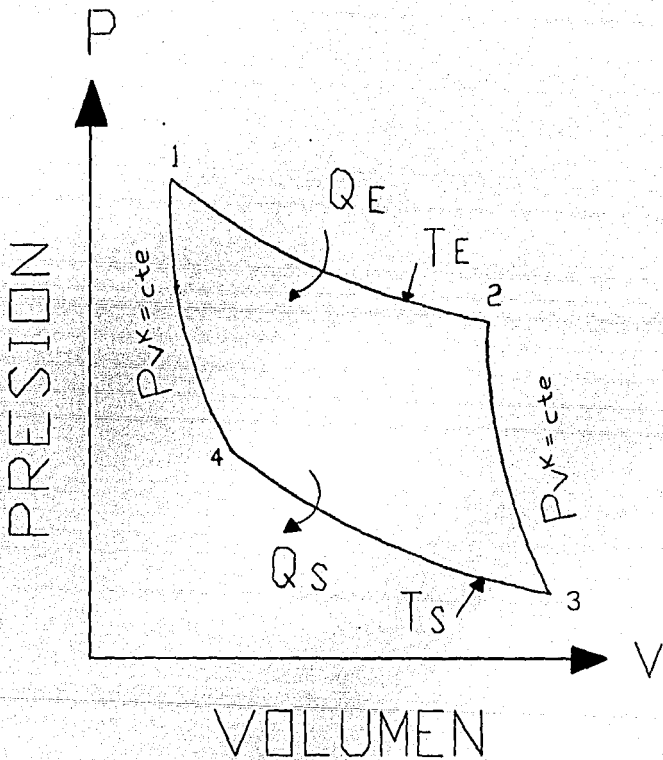


FIGURA 1.2 CICLO DE CARNOT

y el rendimiento o eficiencia por

$$\eta = \frac{T_C - T_S}{T_E} = 1 - \frac{T_S}{T_E}$$

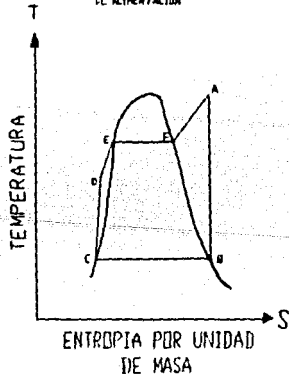
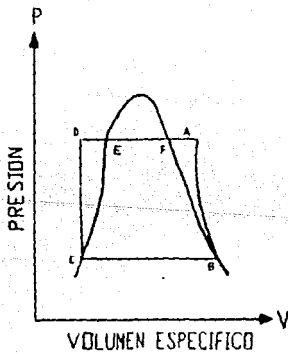
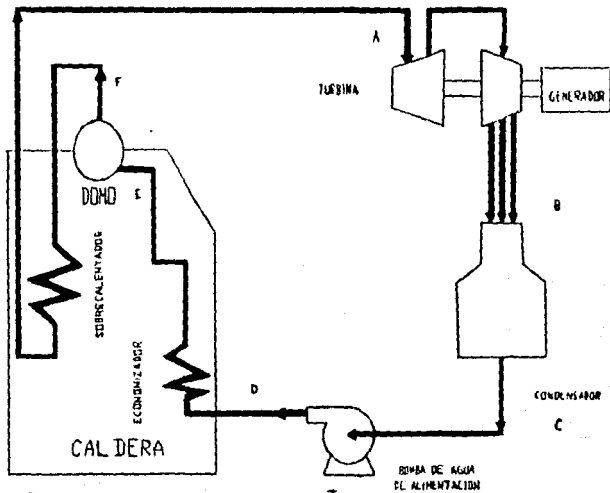
El Ciclo de Carnot es el de mayor rendimiento entre los que trabajan en los mismos límites de temperatura.

Debido a razones prácticas, el Ciclo de Carnot es imposible de lograr a pesar de ser el de mayor rendimiento térmico y el más deseable teóricamente. Una de las razones es que en este ciclo se tiene una expansión adiabática en la turbina, cosa que no sucede en la práctica ya que cierta pérdida de energía es inevitable.

### 1.3 CICLO RANKINE.

El esquema simplificado de las máquinas que constituyen un Ciclo Rankine y su arreglo, así como los diagramas Presión-Volumen específico y Temperatura-Entropía se muestran en la figura 1.3.

El agua del condensador se bombea hacia la caldera. El agua llega a un conjunto de tubos llamado economizador, donde adquiere calor proveniente de la combustión del material fósil y después se deposita en el domo, trayectoria C-D-E, en el domo se convierte en vapor y posteriormente se sobrecalienta. Este vapor se envía a la turbina, donde se expande y genera suficiente trabajo para hacer girar el eje del generador de energía eléctrica, trayectoria A-B. El vapor a la salida de la turbina,



- C-D INCREMENTO DE ENERGIA CINETICA AL FLUIDO
- D-E REABSORCION DE ENERGIA CALORIFICA
- D-E-F-A CALENTAMIENTO A PRESION CONSTANTE
- A-B EXPANSION IDEAL A ENTROPIA CONSTANTE
- B-C EXTRACCION DE CALOR LATENTE EN EL CONDENSADOR

FIGURA 1.3 CICLO RANKINE (FORMA SIMPLE)

una vez que ha efectuado trabajo, fluye hacia el condensador, trayectoria B-C, en el cual el vapor se transforma en líquido, cerrándose así el ciclo.

En la figura 1.3 se observa que la expansión real en la turbina no es adiabática, como en el Ciclo de Carnot, ya que cierta pérdida de energía es inevitable y la línea de expansión A-B se inclina un poco hacia la derecha.

El Ciclo Rankine tiene un rendimiento más bajo que el Ciclo de Carnot pero es el ciclo ideal al que nos podemos aproximar en la práctica.

El Ciclo Rankine aún involucra algunos problemas prácticos, los cuales se resuelven introduciendo algunas modificaciones al mismo. A continuación se explican las modificaciones del Ciclo Rankine, así como los problemas que resuelven.

#### 1.4 CICLO RANKINE CON RECALENTAMIENTO.

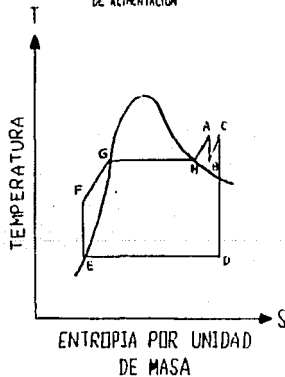
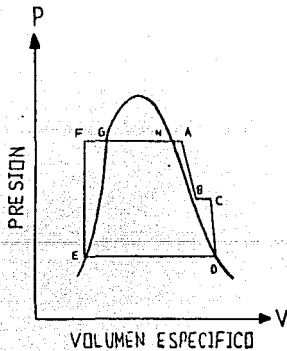
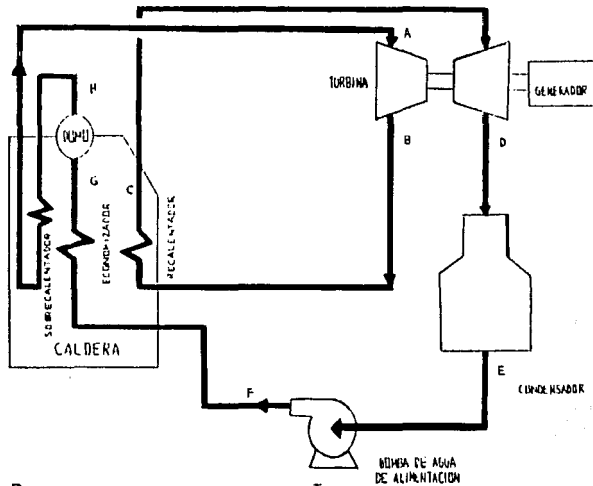
Cuando el vapor se expande a través de una turbina de vapor, una parte se condensa produciendo agua, la cual es arrastrada por la alta velocidad del vapor, causando daños en la parte de baja presión de la turbina. Para evitar esto, se incrementa la temperatura del vapor que entra en la turbina, con lo cual se reduce la cantidad de agua que se condensa en ella. Sin embargo, el límite máximo de temperatura del vapor entregado por la caldera y las características de la parte de alta presión de la turbina, hacen que sea considerable aún la cantidad de vapor

que se condensa en la sección de baja presión de la turbina. Este efecto indeseable de condensación, se elimina al permitir sólo la expansión parcial del vapor en la turbina de alta presión, y regresarlo a partir de ahí a la caldera, en donde se recalienta, en una sección de la misma llamada recalentador. Este proceso de recalentamiento hace que el vapor alcance su temperatura original, pero a menor presión, y en estas condiciones se lleva a la turbina en donde se expande dentro de la sección llamada de baja presión, eliminándose así la formación excesiva de condensado dentro de ella. La figura 1.4 muestra la operación de este ciclo.

Del diagrama temperatura-entropía, es evidente que hay muy poca ganancia en el rendimiento por recalentamiento del vapor, porque el promedio de temperatura al cual el calor se suministra, no cambia mucho; la ventaja principal es la disminución de humedad, contenida en los pasos de baja presión de la turbina a valores seguros.

### 1.5 CICLO RANKINE REGENERATIVO.

Aproximadamente, una tercera parte de la energía del vapor que entra en la turbina, se convierte en trabajo efectivo, la energía calorífica restante se transfiere al agua de enfriamiento del condensador durante el proceso de condensación. Sin embargo, si se utiliza el vapor que se ha expandido parcialmente en la turbina, para precalentar el agua de condensado antes de entrar a la caldera, se aprovecha un alto porcentaje del calor contenido



- A VAPOR SOBRECALENTADO
- B VAPOR SOBRECALIENTADO
- A-B EXPANSION IDEAL A S/CTE. ANTES DEL RECALENTAMIENTO
- B-C RECALENTAMIENTO A P = C.TE.
- C-D EXPANSION IDEAL A S/CTE. DESPUES DEL RECALENTAMIENTO
- D-E EXTRACCION DEL CALOR LATENTE EN EL CONDENSADOR
- E-F INCREMENTO DE PRESION IDEAL A S/CTE. EN LA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACION
- G-H EXTRACCION DE VAPOR EN EL BOMBO DE LA CALDERA
- H VAPOR SOBRECALIENTADO
- F-G-H-A CALENTAMIENTO A PRESION CONSTANTE

FIGURA 1.4 CICLO RANKINE CON RECALENTAMIENTO

en el vapor. Este hecho incrementa significativamente el rendimiento de la planta termoeléctrica, observable por el aumento del área en la figura 1.5, ya que se emplea una mayor cantidad de energía del vapor para realizar trabajo mecánico. Al proceso anterior se le llama calentamiento regenerativo del agua de alimentación.

#### 1.6 CICLO RANKINE REGENERATIVO CON RECALENTAMIENTO.

Este ciclo resulta de la combinación del ciclo regenerativo con el ciclo con recalentamiento anteriormente descritos. Este ciclo es el que se usa actualmente en la mayoría de las plantas termoeléctricas, por ser el que hace posible el empleo del vapor de la manera más eficiente.

La descripción básica de este ciclo, mostrado en la figura 1.6, es: el vapor sobrecalentado sale de la caldera (punto L), fluyendo hacia la turbina de alta presión (turbina HP). El vapor se expande en la turbina HP produciendo trabajo mecánico.

Se toma vapor del escape de la turbina HP (punto N), y se regresa a la caldera donde es recalentado antes de entrar a la turbina de presión intermedia (turbina IP, punto O). El vapor continúa su recorrido en el ciclo y pasa del escape de la turbina IP (punto Q), a la turbina de baja presión (turbina LP). El escape de la turbina LP se transmite al condensador (punto A), donde el vapor se condensa. Este vapor, ya en forma de condensado, se bombea hacia la entrada del calentador de agua de baja presión (punto C). Aquí el agua se calienta en un

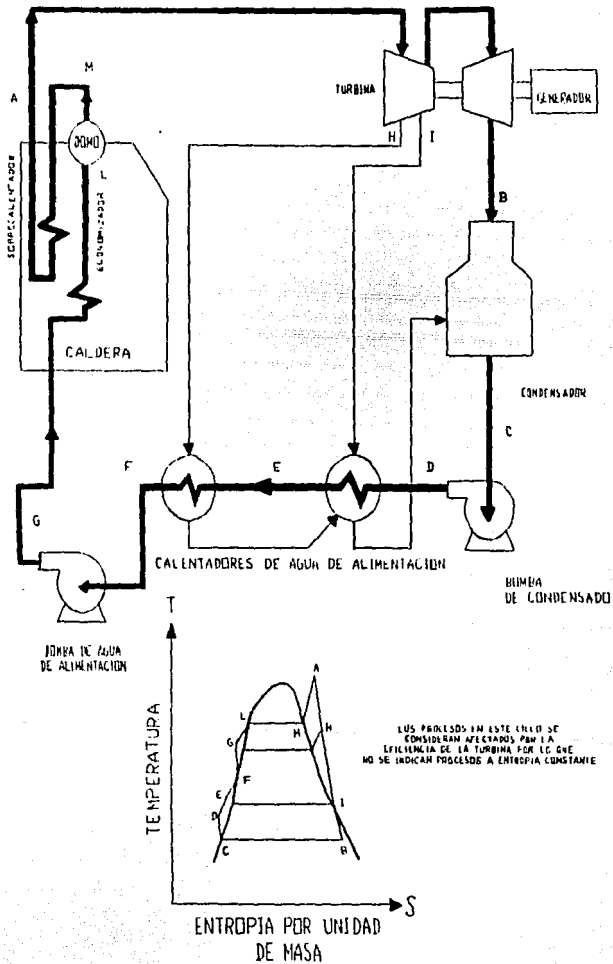


FIGURA 1.5 CICLO RANKINE REGENERATIVO

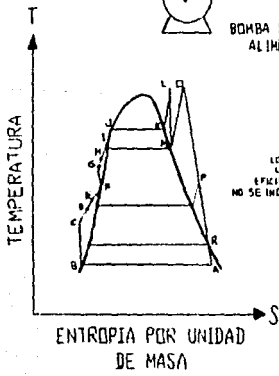
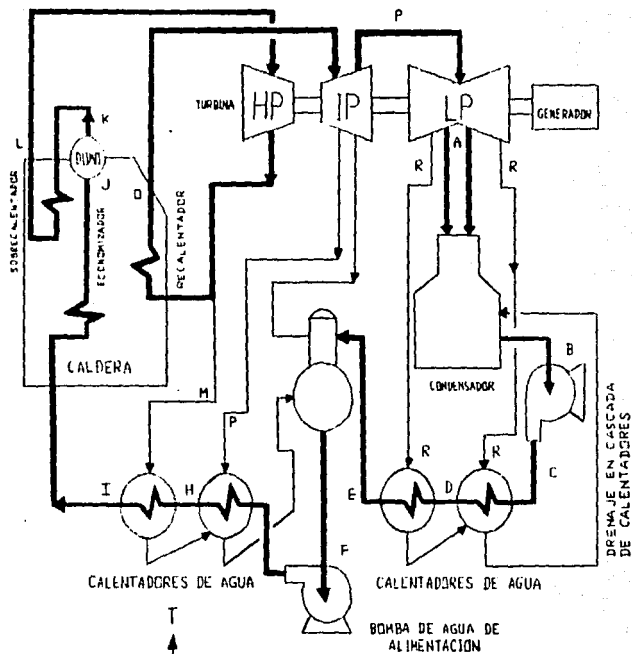


intercambiador de calor de coraza y tubos, con vapor extraído de la turbina de baja presión (punto R). El agua se calienta progresivamente por el tren de calentadores de agua de alimentación, incluyéndose también un aumento de temperatura que se realiza en un calentador conocido como desaerador (punto F). Del desaerador el agua llega a las bombas de alimentación a la caldera, donde adquiere una alta presión (punto G), pasa por los calentadores de alta presión y llega a la caldera (punto J) a través del economizador, donde aumenta todavía más la temperatura del agua, para convertirse en vapor en el domo y completar el ciclo cerrado.

El empleo de cualquiera de los ciclos, descritos anteriormente, dependerá de las razones económicas y del diseño tecnológico de la planta y el tipo de ciclo empleado determina la distribución y el equipo a usar en la planta.

Recibe el nombre de Central Termoeléctrica, el lugar donde se lleva a cabo la generación de energía eléctrica. Esta, a su vez, esta integrada por dos o más unidades termoeléctricas que contribuyen, cada una, con una cierta capacidad de generación de energía, sumando la capacidad de cada unidad, se obtiene la capacidad total de generación de energía eléctrica de una central en particular.

Las unidades de la Central Termoeléctrica "Valle de México", funcionan de acuerdo al Ciclo Rankine Regenerativo con Recalentamiento. Puesto que el presente trabajo trata acerca de las protecciones a instalar en la unidad 4 de la Central



LOS PROCESOS EN ESTE CICLO SON CONSIDERADOS Acelerados POR LA EFICIENCIA DE LA TURBINA POR LO QUE NO SE INDICAN PROCESOS A ENTROPIA CONSTANTE

FIGURA 16 CICLO RANKINE REGENERATIVO CON RECALENTAMIENTO

Termoeléctrica "Valle de México", para evitar la inducción de agua a la turbina, a continuación se hace una breve descripción de tal unidad.

#### 1.7 UNIDAD 4 DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA VALLE DE MEXICO.

En la figura 1.7 se muestra el diagrama de flujo del proceso de transformación de calor en energía eléctrica llevado a cabo en la unidad 4 de la Central Termoeléctrica "Valle de México".

Esta central se encuentra localizada en el noreste de la Ciudad de México a aproximadamente 70 km. La unidad 4 tiene una capacidad de 300 MW; la caldera, hecha en Gran Bretaña utiliza como combustible gas o combustóleo. El elemento fundamental de la unidad 4 es el turbogenerador, el cual consta de tres etapas (alta, intermedia y baja presión). Este turbogenerador fue manufacturado por un consorcio Suizo-Italiano llamado Brown-Boveri y gira en condiciones normales de operación a 3600 rpm. Esta unidad genera 20 kv (antes de los transformadores principales) de energía eléctrica con una frecuencia de 60 Hz.

La unidad 4 funciona de acuerdo al Ciclo Rankine Regenerativo con Recalentamiento. la descripción del ciclo que hemos hecho en el punto 1.6, de este capítulo, es válida para esta unidad.

Como puede apreciarse en la figura 1.7, el vapor sobrecalentado, una vez que ha salido de la caldera, realiza trabajo en la turbina de alta presión, al salir de ésta el vapor

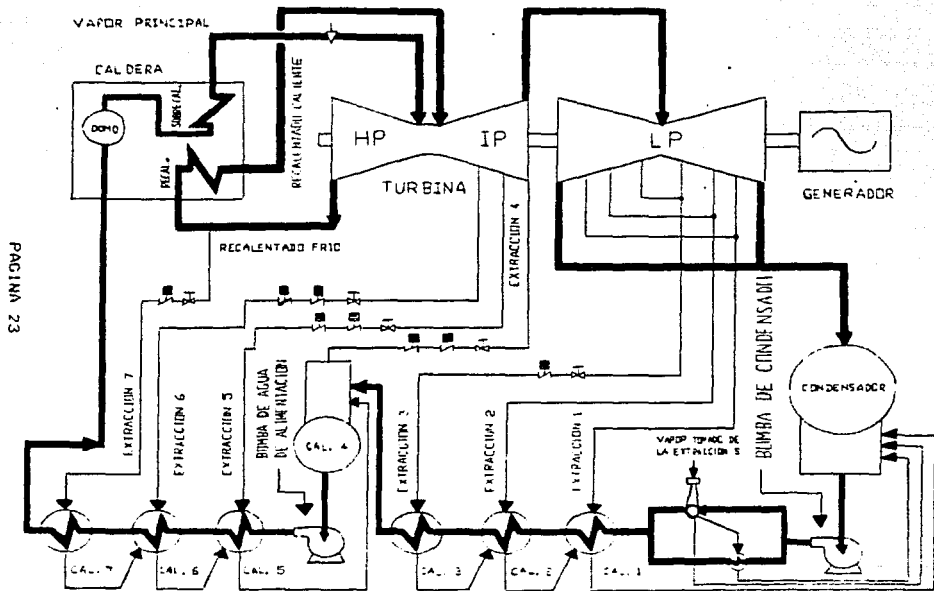


FIGURA 17 CENTRAL TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO - UNIDAD 4

regresa a la caldera, donde una vez que ha sido recalentado se envía a la turbina de presión intermedia, en la que realiza trabajo. El vapor pasa del escape de esta turbina a la turbina de baja presión. De la turbina de baja presión, el vapor pasa al condensador. El vapor, ya en forma de condensado, se bombéa hacia la entrada del primer calentador. Antes de llegar al calentador se usa el condensado como medio de enfriamiento para condensar el vapor que en el eyector de aire principal se utiliza para la succión de aire y gases no condensables en el condensador; y también condensa el vapor de sellos.

El agua se calienta progresivamente por un tren de tres calentadores, llamados calentadores de baja presión. El vapor utilizado en estos calentadores para calentar el agua, a través de un intercambiador de calor, es extraído de la turbina de baja presión. Una vez que el agua ha atravesado estos calentadores pasa al calentador 4 llamado desaerador, donde al mismo tiempo que se aumenta su temperatura se le quita el aire y gases disueltos que podrían causar erosión en tuberías y equipos, a la vez que dificultan la transferencia de calor, haciendo más ineficientes los equipos.

Del desaerador el agua llega a las bombas de agua de alimentación a la caldera, donde adquiere una alta presión, pasa por tres calentadores de alta presión y llega a la caldera, donde es vaporizada.

En los calentadores de alta presión se utiliza vapor extraído de la turbina de presión intermedia para incrementar la

temperatura del agua, mientras que para el calentador 7 se utiliza vapor extraído de la línea de vapor recalentado frío.

Esta tesis comprende el estudio y análisis de los sistemas de protecciones a instalar en las líneas de las extracciones de vapor y en los calentadores; que por ser los equipos que están en contacto directo con la turbina, tienen mayor probabilidad de provocar la inducción de agua a la misma.

Se puede mencionar también que las maniobras que permiten poner en marcha a la unidad, arrancar y parar bombas, ventiladores y demás dispositivos involucrados en la operación, sincronización con el Sistema Eléctrico, etc., son efectuadas a control remoto desde el Cuarto o sala de Control. En este cuarto, centro principal de actividades, se alojan los dispositivos de mando, protección y medición de la mayoría de equipos de la central. Las cuatro unidades que constituyen a la Central Termoelectrónica "Valle de México" son manejadas desde este lugar.

Los circuitos electrónicos que se encargan del control de los diversos dispositivos de la central se encuentran en un lugar llamado Cuarto de Relevadores.

En el siguiente capítulo se hace una descripción de los sistemas a proteger, que como ya se ha mencionado antes, son las líneas de extracciones de vapor a los calentadores y éstos.

## CAPITULO II. ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS A PROTEGER

### II.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

La inducción de agua a la turbina es uno de los problemas más graves que se presentan en una Planta Termoeléctrica y su ocurrencia es causante de daños de importancia en las instalaciones y en el equipo de ésta, que van desde la deformación de tuberías, hasta la destrucción de álabes e incluso la deformación del cuerpo del rotor de la turbina, por cambios bruscos en su temperatura de trabajo, razón por la cual se hace necesaria la instalación de sistemas de protección que minimicen la probabilidad de que este suceso tenga lugar.

La Unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México cuenta en la actualidad con protecciones contra inducción de agua a la turbina. Dichas protecciones se encuentran instaladas en todos los sistemas que constituyen una fuente potencial de entrada de agua a ésta.

No obstante que el conjunto de los sistemas en los que se puede originar la inducción de agua comprende a las líneas de vapor, principales y secundarias, así como a diversos sistemas de drenaje (en el capítulo siguiente se tiene un listado de estos sistemas), en esta tesis solo se expone lo referente al sistema de extracciones de vapor y a sus calentadores asociados, debido a

que es este sistema el que ha presentado mayores problemas de inducción de agua a la turbina de la Unidad 4.

En el capítulo anterior se indicó que a través de las extracciones de vapor se obtenía el vapor necesario para calentar el agua de alimentación a la caldera, por medio de intercambio de calor, en los calentadores. Debido a que el vapor que circula por estas extracciones se toma de las líneas de vapor principal, recalentado caliente y frío y directamente de la turbina, existe un gran riesgo de que a través de las extracciones penetre agua en ésta.

La Unidad 4 cuenta en la actualidad con protecciones contra inducción de agua a la turbina en el sistema de extracciones de vapor y en sus calentadores asociados; dichas protecciones, en su mayor parte, están contempladas en el diseño original de la Planta y las modificaciones que han sufrido pueden considerarse mínimas.

Estas protecciones, como la experiencia lo ha demostrado, carecen de la confiabilidad necesaria para garantizar la operación adecuada de la Planta. El hecho de que gran parte de las protecciones estén coordinadas a través de un sistema de lógica de relevadores, dispositivos neumáticos o bien manualmente, las hace susceptibles a fallas de operación, ya que el desgaste en sus componentes mecánicos, en el caso de relevadores y dispositivos neumáticos, y la lentitud de respuesta, en el caso de los sistemas de accionamiento manual, invalida en gran medida a la acción de protección.



Siendo el sistema de extracciones de vapor el que presenta un mayor riesgo de daños a la turbina por la inducción de agua, se hace necesaria una revisión de las protecciones que contra este problema existen en dicho sistema. A continuación se hace una descripción de las protecciones existentes en cada una de las extracciones de vapor.

Se presentan en primer termino las extracciones correspondientes a los calentadores del sistema de condensado también llamados calentadores de baja presión (calentadores 1, 2 y 3), inmediatamente después lo correspondiente al calentador 4 (desaerador) y finalmente se presentan las extracciones correspondientes a los calentadores 5, 6 y 7, que junto con el desaerador constituyen el sistema de calentamiento del agua de alimentación (los calentadores 5, 6 y 7 son llamados calentadores de alta presión).

En cada caso se indican únicamente las protecciones principales y cuya finalidad sea la de evitar la inducción de agua, evitando de esta manera entrar en detalles inútiles que podrían evitar una correcta exposición del tema.

La simbología utilizada en los diagramas contenidos en este capítulo se muestra en los apéndice A y B de la presente tesis.

## 11.2 EXTRACCION 1.

La extracción 1 suministra el vapor necesario, al calentador 1, para incrementar la temperatura del agua proveniente del

condensador (esta agua recibe el nombre de condensado) y que será utilizada para la alimentación de la caldera. El vapor que circula por esta extracción se obtiene de la tercera etapa de la sección de baja presión de la turbina (figura II.1).

#### Protecciones instaladas en la línea de la extracción 1

Esta línea no posee ningún medio de protección para evitar que a través de ella circule agua, del calentador, a la turbina y sólo posee instrumentos para la medición de temperatura y de presión en su interior. Esto se debe a que al estar el calentador en la boca del condensador, no es factible la instalación de dispositivos tales como válvulas de bloqueo o de no retorno.

#### Protecciones instaladas en el calentador 1

El calentador cuenta con un interruptor, indicado con la letra A en la figura II.1, que detecta muy alto nivel de agua en su interior y a través de un circuito de control, encerrado entre líneas punteadas en la figura II.1, rompe el vacío en el condensador, deteniendo de esta manera la condensación del vapor proveniente de la sección de baja presión de la turbina, eliminando así el flujo del agua de alimentación, lo que trae como consecuencia la cancelación del flujo de condensado y con ello la reducción en el nivel del calentador.

Dado que la extracción 1 no cuenta con válvulas de no retorno, ni de bloqueo, el calentador está provisto de drenajes de alta capacidad, que drenan directamente en el condensador y que constituyen una protección contra la inducción de agua a la

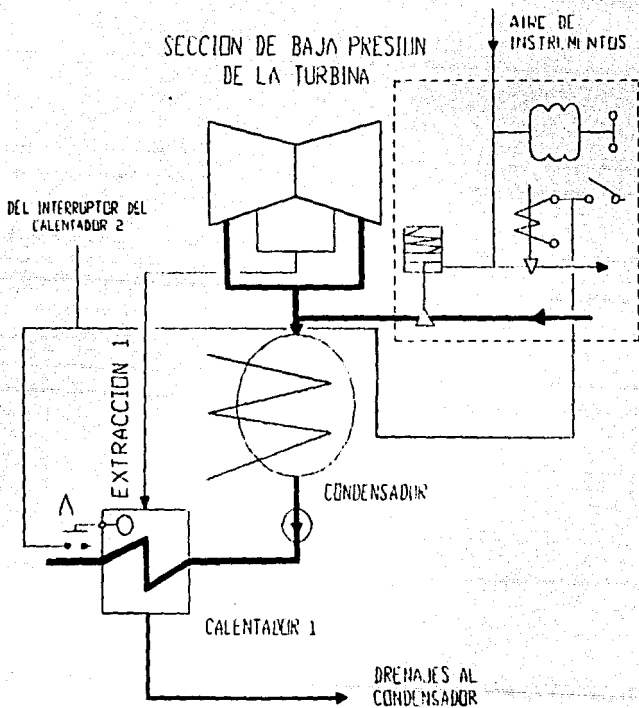


FIGURA II.1 EXTRACCION 1 - PROTECCIONES INSTALADAS

turbina.

### 11.3 EXTRACCION 2.

La extracción 2 se utiliza para direccionar vapor, proveniente de la segunda etapa de la sección de baja presión de la turbina, hacia el calentador 2, con la finalidad de incrementar la temperatura del agua de alimentación proveniente del calentador 1.

#### Protecciones instaladas en la línea de la extracción 2

Dado que el calentador 2 se encuentra en la boca del condensador, mismo caso que el calentador 1, la línea de la extracción no posee protección alguna contra la inducción de agua (ver figura 11.2).

#### Protecciones instaladas en el calentador 2

Como puede apreciarse en la figura 11.2 este calentador posee un interruptor de muy alto nivel de agua, el cual activa al mismo sistema de control (sistema de rompimiento de vacío) que es activado por el interruptor equivalente instalado en el calentador 1. Este calentador cuenta también con drenajes directos al condensador y con el drenaje en cascada al calentador 1; estos medios constituyen protecciones contra la inducción de agua a la turbina.

### 11.4 EXTRACCION 3.

SECCION DE BAJA PRESION  
DE LA TURBINA

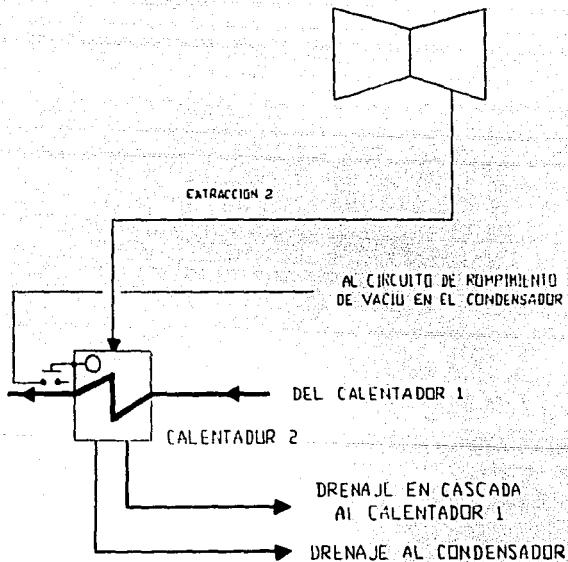


FIGURA 11.2 EXTRACCION 2 - PROTECCIONES INSTALADAS

El calentador 3 es la última etapa del sistema de calentamiento en el sistema de condensado (ver figura 1.7 en el capítulo anterior) y utiliza para este fin vapor extraído de la primera etapa de la sección de baja presión de la turbina.

#### Protecciones instaladas en la línea de la extracción 3

La extracción 3 cuenta con una válvula de no retorno en serie con una válvula de bloqueo de accionamiento manual, dichas válvulas constituyen un medio de contención para evitar el flujo de agua del calentador 3 a la turbina.

La válvula de no retorno, indicada en la figura 11.3 con la letra A, permite el paso del vapor hacia el calentador 3, pero esta diseñada para impedir el flujo en sentido contrario o bien cerrar inmediatamente al interrumpirse el flujo de vapor; la acción de corte del flujo por medio de esta válvula puede también ser causada por una acción de control externa al cuerpo de la misma. El sistema de control, encerrado entre líneas punteadas en la figura 11.3, permite, cuando el interruptor de muy alto nivel de agua instalado en el calentador 3 se acciona, cerrar la válvula de no retorno, por medio de la interrupción del suministro del aire de instrumentos a ésta.

Dado que por su estructura la válvula de no retorno no provee una protección total contra la inducción de agua, se encuentra instalada la válvula de bloqueo de accionamiento manual (indicada en la figura 11.3 por la letra B).

Entre la válvula de bloqueo y la turbina se encuentra

SECCION DE BAJA PRESION  
DE LA TURBINA

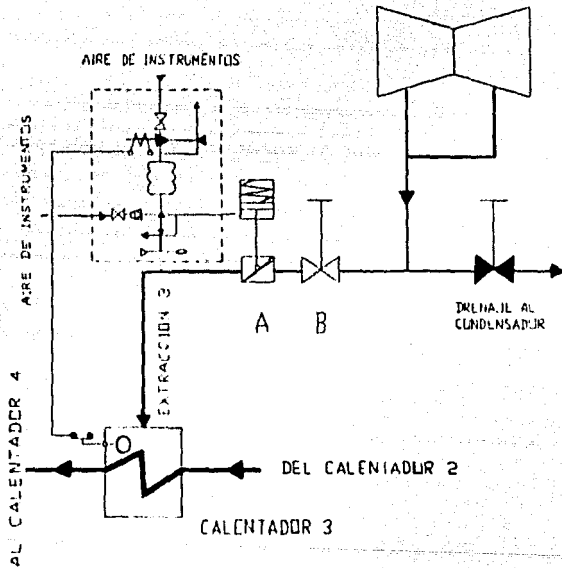


FIGURA 11.3 EXTRACCION 3 - PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LINEA DE LA EXTRACCION

instalado un drenaje cuya finalidad es direccionar el vapor condensado en esta sección, cuando la válvula de bloqueo se encuentra cerrada ,hacia el condensador. Anteriormente la apertura y cierre de la válvula de este drenaje se hacia en forma automática, con una señal originada en la válvula manual, lo que hacia muy lento el sistema y causaba problemas, por lo que en la actualidad el control es totalmente manual.

El sistema que controla a la válvula de no retorno está diseñado para realizar la acción de protección cuando se suspende el suministro del aire de instrumentos o bien cuando se le interrumpe el suministro de energía eléctrica.

Existen en la sala de control lámparas que indican la posición de las válvulas.

Es conveniente mencionar que todas y cada una de las válvulas de no retorno instaladas en las extracciones de vapor, pueden ser cerradas o abiertas desde la sala de control.

#### Protecciones instaladas en el calentador 3

En el calentador 3 se encuentra instalado el interruptor de nivel que acciona a la válvula de no retorno. Este interruptor está normalmente cerrado y al detectar el muy alto nivel (mediante un flotador colocado en el calentador) se abre, iniciando así la maniobra de control.

Como puede apreciarse en la figura 11.4 el calentador 3 cuenta con un drenaje cuya válvula es regulada por medio de una señal neumática generada por un controlador proporcional de nivel



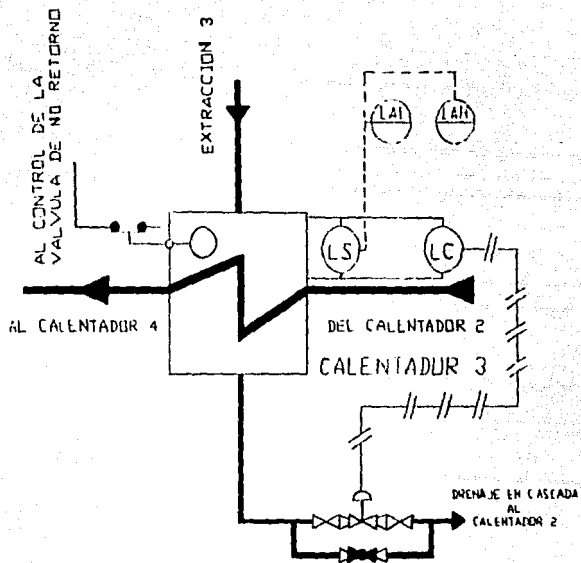


FIGURA 11.4 EXTRACCION 3 - PROTECCIONES INSTALADAS EN EL CALENTADOR 3

instalado en el calentador 3. A través de este drenaje se elimina el agua producto de la condensación del vapor proveniente de la extracción.

Se tiene también instalado un interruptor de alto nivel que acciona una alarma en la sala de control, en caso de que éste se produzca.

#### 11.5 EXTRACCION 4.

El calentador 4, también llamado desaerador, no sólo tiene la función de incrementar la temperatura del agua de alimentación a la caldera, por contacto directo con el vapor proveniente de la extracción, sino también eliminar de ésta los gases disueltos, que son causantes de problemas tales como la reducción en la eficiencia del condensador, obstaculización en los procesos de transferencia de calor y corrosión en las tuberías.

Bajo el calentador se encuentra el tanque de oscilación que recibe el agua, libre de aire, del calentador (ver figura 11.5), para ser enviada posteriormente a la etapa de calentamiento (calentadores 5, 6 y 7).

Protecciones instaladas en la línea de la extracción 4

A través de la extracción 4 circula hacia el calentador 4 vapor proveniente de dos puntos de la sección de presión intermedia de la turbina, para incrementar la temperatura del agua de alimentación y eliminar el aire disuelto en ésta.

SEGUNDO PASO DE LA  
SECCION DE PRESION INTERMEDIA  
DE LA TURBINA

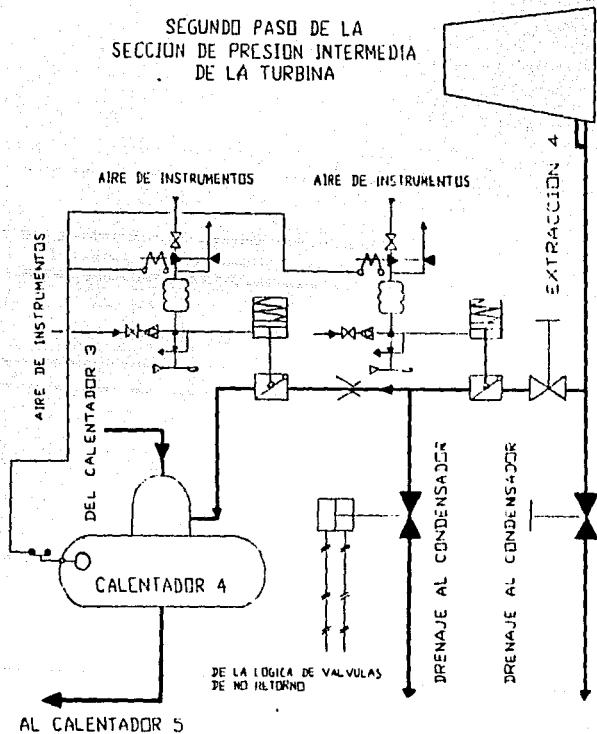


FIGURA 115 EXTRACCION 4 - PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LINEA DE LA EXTRACCION

Dada la gran capacidad del tanque de oscilación, la línea de la extracción posee dos válvulas de no retorno y una válvula de bloqueo de accionamiento manual, asimismo el tubo venturi instalado entre las dos válvulas de no retorno determina el flujo máximo de vapor para el desaerador-tanque de oscilación de agua.

Las dos válvulas de no retorno cortan el flujo en cuanto se acciona un interruptor de muy alto nivel instalado en el tanque de oscilación, el cual se encuentra normalmente cerrado y al detectar el muy alto nivel de agua (mediante un flotador) se abre, iniciando la maniobra de control del cierre de las válvulas; dicha maniobra es igual a la que activa a la válvula de no retorno instalada en la extracción 3.

Entre la turbina y la válvula de bloqueo se encuentra un drenaje al condensador que esta normalmente cerrado y que se abre para eliminar el condensado acumulado en esta sección.

Entre las dos válvulas de no retorno existe un drenaje cuya válvula es abierta cuando se cierra la válvula de no retorno próxima al calentador.

Para cada válvula se tienen instalados interruptores de posición que activan lámparas indicadoras de ésta en la sala de control.

Protecciones instaladas en el calentador 4

El tanque de oscilación cuenta con el interruptor de muy alto nivel de agua que ocasiona el cierre de las válvulas de no retorno, instaladas en la extracción 4, al producirse éste.

Como puede apreciarse en la figura 11.6 en el tanque de oscilación se tiene instalado un drenaje al condensador. Este drenaje está controlado de tal manera que se garantiza que no falte agua en el tanque, es decir si el nivel fuera muy alto se drenaría agua al condensador, pero se detendría el drenado si se llegase a cierto nivel, abajo del cual no se garantizará el suministro de agua a las bombas.

En la línea a través de la cual llega al desaerador el agua proveniente del calentador 3, se tienen instaladas dos válvulas cuya apertura es regulada en una forma muy fina. La señal encargada de la regulación la realiza un controlador proporcional de nivel instalado en el tanque de oscilación. La acción de control de esta válvula tiene como finalidad evitar un exceso en el nivel del tanque y puede ser considerada como una protección contra la inducción de agua a la turbina a través de la línea de la extracción, ya que evita una posible inundación del calentador.

Se tienen en el tanque de oscilación indicadores de presión y temperatura.

## 11.6 EXTRACCION 5.

A través de la extracción 5 circula vapor, proveniente de la parte media de la sección de presión intermedia de la turbina, hacia el calentador 5, el cual constituye la segunda etapa del sistema de calentamiento del agua de alimentación (la primera etapa la constituye el desaerador); el vapor se utiliza para

DRENAJE EN CASCA  
PROVENIENTE DEL CALENTADOR 5

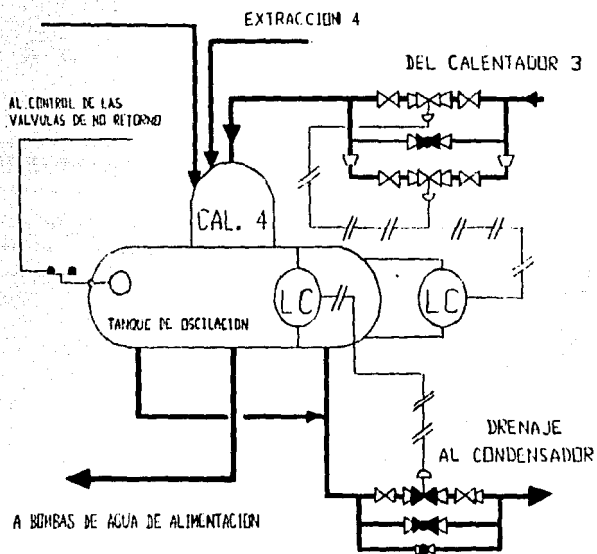


FIGURA 11.6 EXTRACCION 4 - PROTECCIONES INSTALADAS EN EL CALENTADOR 4

incrementar la temperatura de ésta.

#### Protecciones instaladas en la línea de la extracción 5

Como puede apreciarse, en la figura 11.7, en la línea de la extracción 5 se cuenta con dos válvulas de no retorno y una válvula de bloqueo. Mientras que la válvula de bloqueo es de accionamiento manual, las de no retorno se activan (acción de corte del flujo) al detectarse muy alto nivel de agua en el calentador 5 por medio de un flotador instalado en éste.

Al producirse el muy alto nivel de agua en el calentador se abre un interruptor, lo que corta el suministro de electricidad a las bobinas B1 Y B2 (ver figura 11.7), que da como resultado la suspensión del aire de instrumentos a la válvulas de no retorno, ocasionando su cierre.

Entre las válvulas de no retorno existe una línea a través de la cual se proporciona vapor al ejetor de aire, para crear el vacío en el condensador; en dicha línea se encuentra una válvula de no retorno para reducir el riesgo de inducción de agua a la turbina.

Entre la turbina y la válvula de bloqueo esta instalado un drenaje al condensador, cuya válvula es de accionamiento manual. Este drenaje debe abrirse cuando se cierra ya sea la válvula de bloqueo o bien las de no retorno.

#### Protecciones instaladas en el calentador 5

En el calentador 5 se encuentra instalado el interruptor de

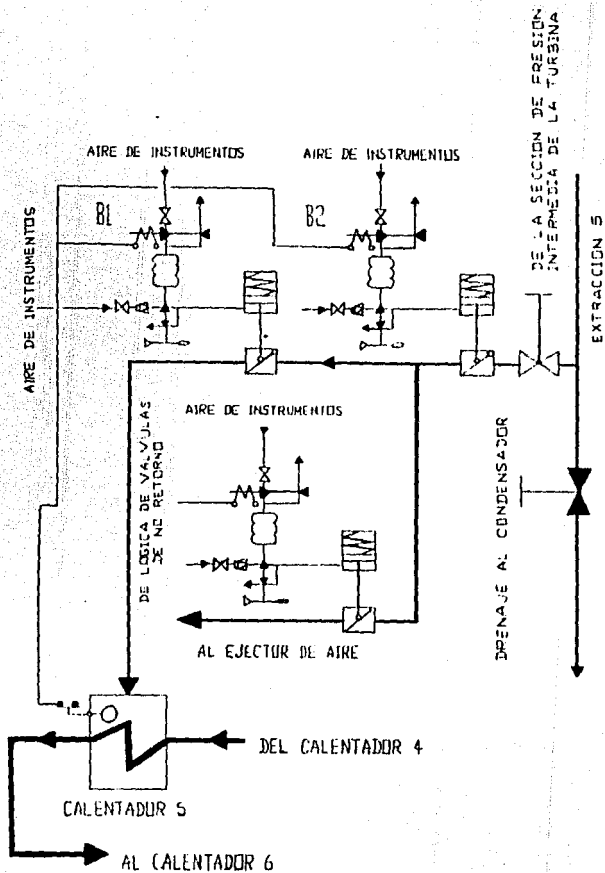


FIGURA 11.7 EXTRACCION 5 - PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LINEA DE LA EXTRACCION



muy alto nivel de agua que cierra a las dos válvulas de no retorno.

Se tiene también el drenaje en cascada al calentador 4, a través del cual se elimina el agua producto de la condensación del vapor de la extracción 5 y que ha sido utilizado para calentar el agua de alimentación (ver figura II.8).

La apertura de la válvula del drenaje en cascada es controlada por una señal neumática generada por un controlador proporcional de nivel instalado en el calentador 5.

Existe en la línea del drenaje en cascada una derivación a través de la cual se puede enviar el agua al condensador. A la válvula de esta línea, normalmente cerrada, la opera un controlador de nivel instalado en el calentador.

Se tiene asimismo un interruptor que acciona alarmas de bajo y alto nivel en la sala de control.

#### 11.7 EXTRACCION 6.

A través de la extracción 6 circula vapor, proveniente de la parte media de la sección de presión intermedia de la turbina, hacia el calentador 6; el vapor se utiliza para incrementar la temperatura de ésta. El calentador 6 constituye la tercera etapa del sistema de calentamiento del agua de alimentación.

Protecciones instaladas en la línea de la extracción 6

Al igual que en las extracciones 5 y 4, en esta extracción,

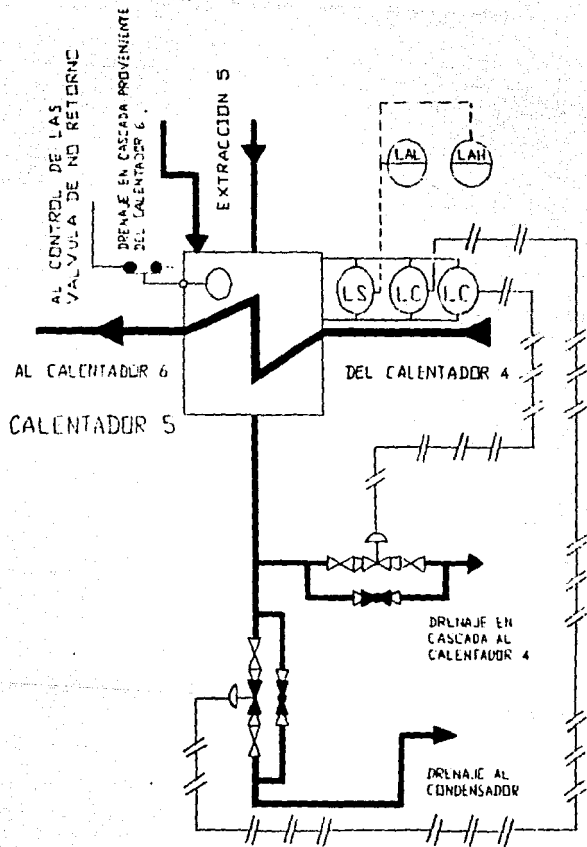


FIGURA 11B EXTRACCION 5 - PROTECCIONES INSTALADAS EN EL CALENTADOR 5

se cuenta con dos válvulas de no retorno y una válvula de bloqueo (ver figura II.9).

Las válvulas de no retorno se accionan por medio de un circuito de control que tiene como señal de entrada a la generada por el interruptor de muy alto nivel instalado en el calentador 6, al alcanzarse el punto de disparo.

En lo que respecta a la válvula de bloqueo, es de accionamiento manual y tiene como función cortar el flujo, en caso de que las válvulas de no retorno no lo hagan.

Al igual que en la extracción, se tiene un drenaje entre la turbina y la válvula de bloqueo. La válvula de este drenaje, normalmente cerrada, es operada manualmente.

Protecciones instaladas en el calentador 6

Drenaje en cascada hacia el calentador 5, cuya válvula es controlada por el controlador proporcional de nivel instalado en el calentador 6 (figura II.10).

Detector de nivel que activa alarmas de alto y bajo nivel de agua en el calentador, con indicación en la sala de control.

## II.B EXTRACCION 7.

La extracción 7 proporciona vapor extraído de las líneas de vapor recalentado frío (ver figura II.11), al calentador 7, cuarta etapa del sistema de calentamiento del agua de alimentación a la caldera, con la finalidad de incrementar la

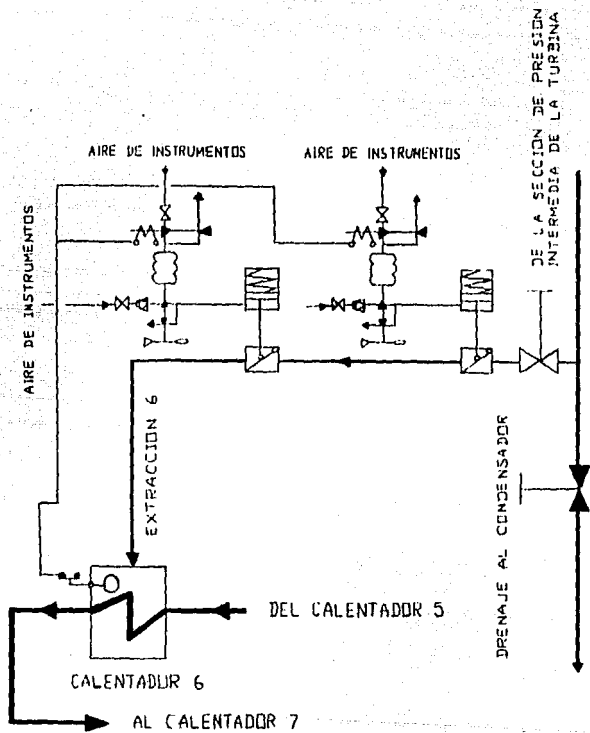


FIGURA 11.9 EXTRACCION 6 - PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LINEA DE LA EXTRACCION

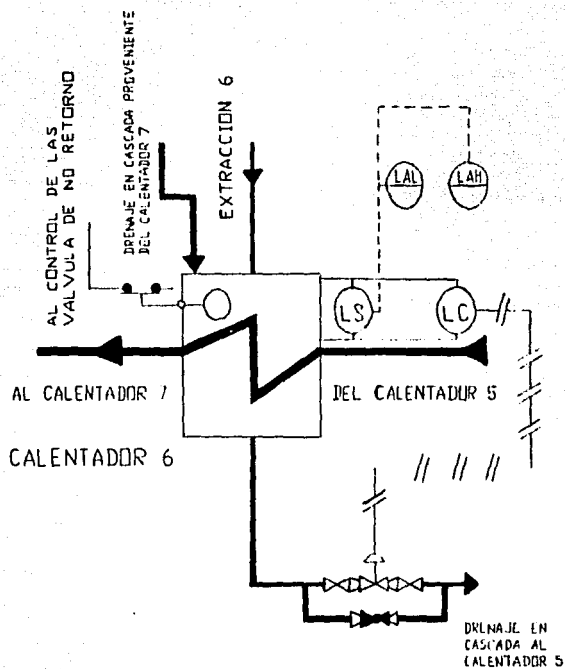


FIGURA 1110 EXTRACCION 6 - PROTECCIONES INSTALADAS EN EL CALENTADOR 6

temperatura del agua de alimentación, previamente calentada en los calentadores 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

#### Protecciones instaladas en la línea de la extracción 7

A diferencia de las extracciones 4, 5 y 6 en esta extracción se considero, en el diseño original de la planta, suficiente tan sólo una válvula de no retorno, dado que al tomarse el vapor de una de las líneas de vapor recalentado frfo, se contaba con las proteccion que proveian algunos dispositivos instalados en ésta, para evitar la inducción de agua a la turbina. Dichos dispositivos constituyen parte del sistema de control de velocidad de la turbina; dispositivos tales como las válvulas de paro del recalentamiento, drenajes a la entrada y a la salida del recalentador, etcétera. Sin embargo la experiencia demuestra que es la extracción 7 la que ha presentado mayores problemas de inducción de agua a la turbina.

Como respaldo a la válvula de no retorno se cuenta, en la línea de la extracción, con la válvula de bloqueo accionada manualmente. En el caso de esta extracción no existe un drenaje entre la turbina y la válvula de bloqueo.

#### Protecciones instaladas en el calentador 7

Como puede observarse, en la figura II.12, en el calentador 7 se encuentra instalado el interruptor de muy alto nivel que da origen a la acción de protección en la válvula de no retorno, el drenaje en cascada al calentador 6 y por supuesto el interruptor que nos activa alarmas, en la sala de control, de

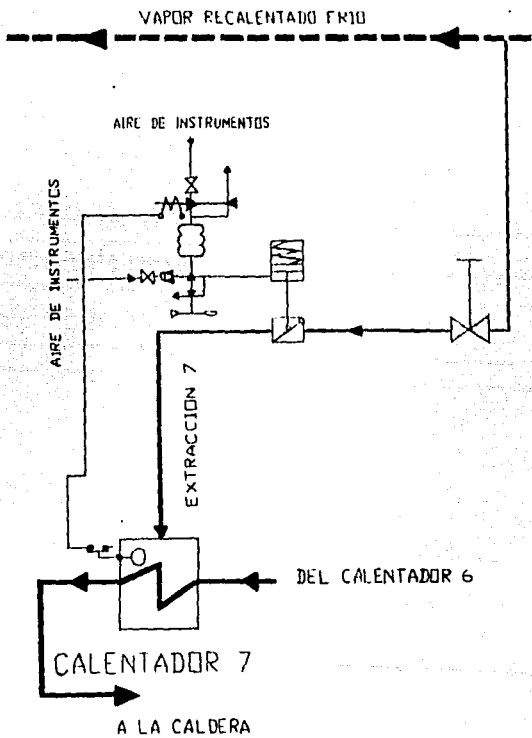


FIGURA 1111 EXTRACCION 7 - PROTECCIONES INSTALADAS EN LA LINEA DE LA EXTRACCION

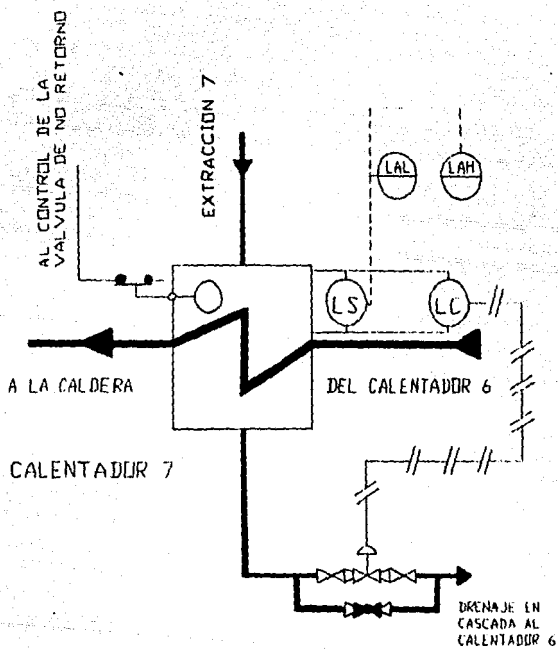


FIGURA 11.12 EXTRACCION 7 - PROTECCIONES INSTALADAS EN EL CALENTADOR 7



alto y de bajo nivel de agua en el calentador.

En este capítulo se han presentado las protecciones contra inducción de agua, que actualmente se encuentran instaladas en las extracciones de vapor y en sus calentadores asociados. Dichas protecciones han sido insuficientes para evitar la inducción de agua, problema que ha obligado en varias ocasiones al paro de la Unidad 4, con las consecuentes pérdidas económicas, tanto para la Comisión Federal de Electricidad, como para la Planta Productiva a la que se le reduce el suministro de electricidad.

Factores tales como la preponderancia de las acciones manuales en la apertura y cierre de válvulas de bloqueo y de drenaje, han redundado en una falta de seguridad en las protecciones existentes, lo que hace necesaria su modificación para garantizar la adecuada operación de la Planta.

En el capítulo siguiente se hace una exposición de las Normas existentes y de las recomendaciones que los fabricantes de equipo de protección hacen para reducir el riesgo de inducción de agua a la turbina a través de las líneas de las extracciones de vapor y a partir de las cuales y tomando en cuenta lo que en este capítulo se ha expuesto, se presentan en el capítulo IV las protecciones que contra este problema son factibles de ser instaladas en la Unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México.

CAPITULO III. REVISION DE RECOMENDACIONES, CODIGOS Y NORMAS  
APLICABLES A LOS SISTEMAS

III.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

Entre los problemas de mayor gravedad que se presentan en las plantas termoeléctricas actuales, está el daño a la turbina por inducción de agua.

Dado que cualquier conexión de vapor a la turbina representa una fuente potencial de daño por inducción de agua, la prevención de éste debe de cubrir a los siguientes sistemas :

- a) Sistema de vapor principal. Tuberfa y drenajes
- b) Sistema de vapor recalentado. Tuberfa y drenajes
- c) Sistema de atemperación de recalentado. Tuberfa y drenajes
- d) Extracciones de vapor a la turbina
- e) Calentadores de agua de alimentación
- f) Drenaje de turbina
- g) Sistema de sellos de vapor
- h) Rociadores del atemperador del vapor principal
- i) Sistemas de arranque
- j) Condensador de vapor y depósitos de agua

ya que estos son los que guardan una relación directa con la

turbina.

En el diseño de una planta termoeléctrica moderna se contempla una cuidadosa planificación de las protecciones contra inducción de agua a la turbina. Esta planificación está fundamentada en la experiencia que de este problema se posee. Ahora bien, la experiencia internacional sobre este campo está contenida en una serie de Normas, de las cuales la más ampliamente utilizada, por su sólida información y por su constante actualización es la Norma ASME (THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS), que lleva por nombre "Recommended Practices for the Prevention of Water Damage to Steam Turbines Used for Electric Power Generation" (Prácticas Recomendadas para la Prevención de Daño por Agua a las Turbinas de Vapor Usadas para la Generación de Potencia Eléctrica).

El presente capítulo hace una exposición de las recomendaciones, que para la prevención de daños a la turbina por inducción de agua, hace la Norma ASME correspondiente al año de 1985.

En el caso de la Unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México, la experiencia ha demostrado que es el sistema de extracciones de Vapor y sus calentadores asociados, el que mayores problemas ha causado en lo que respecta a la inducción de agua a la turbina. Es en este sistema en el que la Comisión Federal de Electricidad ha fijado su atención y en el que se ha decidido la implementación, por parte del IIE, de un sistema de control lógico que garantice una adecuada coordinación de los

elementos de protección.

Partiendo de la anterior observación, se hace en este capítulo una exposición de las recomendaciones formuladas por la Norma ASME para evitar la inducción de agua a la turbina, a partir del sistema de extracciones de vapor y sus calentadores.

En la parte final del capítulo se hace una breve descripción del dispositivo detector HYDRATEC, ampliamente recomendado por los fabricantes de instrumental de protección para plantas termoeléctricas y que constituye el elemento fundamental de detección en las protecciones a instalar en el sistema de extracciones de vapor.

La simbología utilizada en los diagramas contenidos en este capítulo se muestra en el apéndice B de la presente tesis.

### III.2 SISTEMA DE EXTRACCIONES DE VAPOR.

Cuatro causas básicas de inducción de agua desde este sistema son :

- a) Fugas en los tubos de los calentadores de agua.
- b) Falla o control inadecuado del nivel de los calentadores de agua.
- c) Arreglos impropios o inadecuados del sistema de drenaje.
- d) Fuga o mala operación de las válvulas de no retorno en las líneas de extracciones de vapor.

Los posibles daños a la turbina son, además de los

mencionados en el capítulo anterior, la sobrevelocidad de la turbina.

La sobrevelocidad de la turbina se presenta cuando por alguna causa falla una válvula de no retorno instalada en una línea de extracción, durante transitorios y disparos de la Unidad. Esto es aplicable en líneas de extracción donde el vapor de los calentadores puede expandirse directamente al condensador, proporcionando potencia a la turbina debido a que pasa a través de ella.

Cuando existe un disparo del turbogenerador, se cierran las válvulas de paro de la turbina impidiendo el flujo de vapor a la misma. Esto provoca que la presión en la turbina baje bruscamente y represente una trayectoria hacia el condensador para el vapor contenido en los calentadores de agua (el condensador se encuentra en condiciones de vacío y los calentadores a una presión mayor a la que adquirió la turbina después del disparo). En caso de que la válvula de no retorno falle, el vapor contenido en los calentadores fluye al condensador a través de la turbina, produciendo potencia. La reducción de presión en el calentador provoca que el agua en el calentador continúe evaporándose, el calor en los componentes de metal también produce vapor. Todo esto puede ocasionar una significativa aceleración de la turbina, tal que alcanzará una velocidad demasiado alta. La sobrevelocidad que se presente puede ser tan alta que la turbina sería dañada seriamente. Algunos resultados de la sobrevelocidad de la turbina son: distorsión de la flecha, destrucción de los álabes, sobrecalentamiento de los engranes y daño al sistema de sellos.

Lo anterior también puede ocurrir durante transitorios, cuando la presión de la turbina llega a ser menor que la que hay en los calentadores, y las válvulas de no retorno fallan para impedir el contraflujo de vapor.

Debido a que el punto más susceptible de entrada a la turbina, potencialmente hablando, está comprendido en el sistema de extracciones de vapor, es importante poner una considerable atención en su diseño.

### III.2.1 CALENTADORES DE AGUA.

La Norma ASME para esta sección establece lo siguiente :

Siguiendo las recomendaciones siguientes para el diseño de extracciones de vapor y drenajes, se minimiza la posibilidad de daño a la turbina por inducción de agua.

Debido a la severidad del daño que puede ocurrir por la introducción de agua a la turbina, desde un punto de extracción de vapor, se recomienda que el sistema sea diseñado de tal forma que una simple falla del equipo no ocasione la entrada de agua a la turbina. Para llevar a cabo esto, se deben proporcionar dos medios independientes para evitar automáticamente la entrada de agua a la turbina desde este sistema.

En general, estos medios independientes pueden ser cualquier combinación de los incisos 1 y 2 ó 1 y 3, que se dan a continuación :

1. Sistema de drenaje automático de la carcasa del calentador de agua (leer las recomendaciones para este inciso y ver la figura III.1).
2. Instalar una válvula de bloqueo automático entre el calentador de agua y la turbina, así como en la línea de drenaje de calentadores previos (leer las recomendaciones para este inciso y ver la figura III.2).
3. Instalar válvulas de bloqueo automático en todas las fuentes de entrada de agua a la carcasa del calentador (leer las recomendaciones para este inciso y ver la figura III.3).

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 1 son :

Contar con un drenaje normal y un drenaje alternativo o de emergencia, cada uno con control de nivel independiente. Las válvulas de estos drenajes se deben operar automáticamente.

El drenaje alternativo o de emergencia descargará directamente al condensador y entrará en funcionamiento cuando se detecte alto nivel.

Se debe de contar con alarma de alto nivel en el cuarto de control.

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 2 son :

Instalar válvulas de bloqueo automático en las líneas de

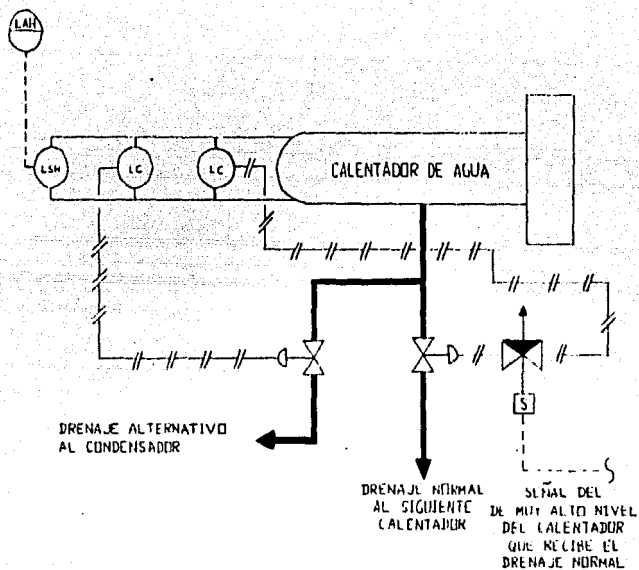


FIGURA III.1 CALENTADOR DE AGUA CON SISTEMA DE DRENAJE





DEL CONTROL DE NIVEL  
DEL CALENTADOR ANTERIOR

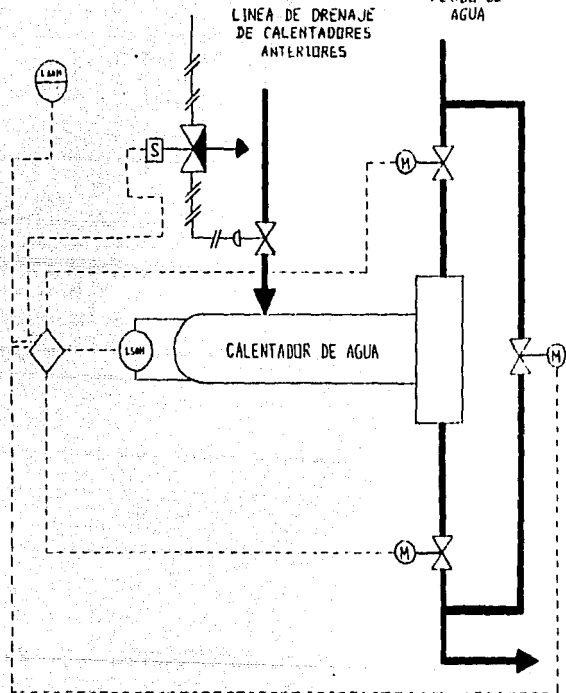


FIGURA III.3 CALENTADOR DE AGUA CON SISTEMA DE AISLAMIENTO  
LADO AGUA DE ALIMENTACION

extracción de vapor. Estas válvulas contarán con un control independiente del usado en el arreglo anterior y cerrarán cuando se presente muy alto nivel en los calentadores de agua. El cierre de estas válvulas indica que el sistema de drenaje mostrado en la figura III.2, no es capaz de drenar el calentador, por lo tanto los drenajes en cascada a este calentador deben estar diseñados para cerrar automáticamente cuando se tiene muy alto nivel. El drenaje en cascada que fluye desde el calentador anterior será entonces cerrado y se abrirá el drenaje alterno al condensador.

Las válvulas de no retorno no son consideradas como válvulas de bloqueo satisfactorio para esta aplicación, debido a las posibles distorsiones de sus asientos y discos. Las válvulas de no retorno se proporcionan normalmente por su cierre sumamente rápido, con lo cual se limita la sobrevelocidad de la turbina debida a energía arrastrada en el sistema de extracción de vapor. Estas válvulas no proporcionan un sello hermético como las válvulas de bloqueo, sin embargo, permiten cierta protección contra la inducción de agua. Estas válvulas se pueden colocar en cualquier punto de la extracción, ya sea entre la turbina y la válvula de corte o entre ésta y el calentador correspondiente.

Se debe de contar con una alarma por muy alto nivel (LAHH) en la sala de control.

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 3 son :

Para este caso, una alternativa aceptable para el segundo

medio de defensa es colocar una línea de derivación en el calentador de agua, como se muestra en la figura III.3. Esto permitirá sacar de servicio al calentador y cortar la fuente de agua que resulte por fugas en los tubos. Resulta impráctico instalar válvulas de bloqueo en las extracciones como lo propone el inciso 2 para calentadores de agua que se encuentran en el cuello del condensador.

Los drenajes en cascada a estos calentadores se deben cortar cuando se detecte muy alto nivel.

Se debe contar con una alarma de muy alto nivel (LAHH) instalada en la sala de control.

Las alarmas se deben proporcionar para facilitar la operación. Estas indicarán cuando el primero y segundo medios de protección, han sido llamados a entrar en operación. La alarma de alto nivel indica que el nivel del calentador se elevó a tal punto que se requirió entrara en funcionamiento el sistema de drenaje alternativo. La alarma de muy alto nivel indica que el sistema de aislamiento del calentador ha entrado en operación. La alarma de muy alto nivel es una advertencia para investigar y cortar la fuente de agua.

Instalar un drenaje en el punto bajo de cada línea de extracción, entre la turbina y la válvula de no retorno. Este drenaje contará con una válvula motorizada que abrirá automáticamente al cerrar la válvula de no retorno de la línea de extracción. Cualquier otro punto bajo, en la línea de extracción, se debe drenar similarmente. Las válvulas de drenaje tendrán

indicación de la posición cerrado y abierto en el cuarto de control, durante el arranque de la Unidad. Estos drenajes se proporcionan para desalojar el vapor condensado en la línea de extracción, cuando la válvula de retención esta cerrada.

No se pondrán líneas de derivación, alrededor de las válvulas de bloqueo o de no retorno, en las líneas de extracción.

Se pueden instalar termopares en lugares determinados por el fabricante de la turbina, o en las líneas de extracción de vapor, cerca de la conexión de la turbina, para ayudar en la localización de fuentes de agua que puedan entrar a la turbina.

### III.2.2 CALENTADOR DESAERADOR.

Las recomendaciones que para este tipo de calentadores hace la Norma ASME se indican a continuación :

Se deben proporcionar dos medios independientes para evitar automáticamente la entrada de agua a la turbina desde el desaerador.

En general el arreglo de protecciones puede ser una combinación de los incisos 1 y 2 ó 1 y 3, que se dan a continuación :

1. Válvulas de bloqueo automáticas en la línea de extracción al desaerador (leer las recomendaciones para este inciso y inciso ver la figura III.4).
2. Sistema de drenaje automático en el tanque del desaerador

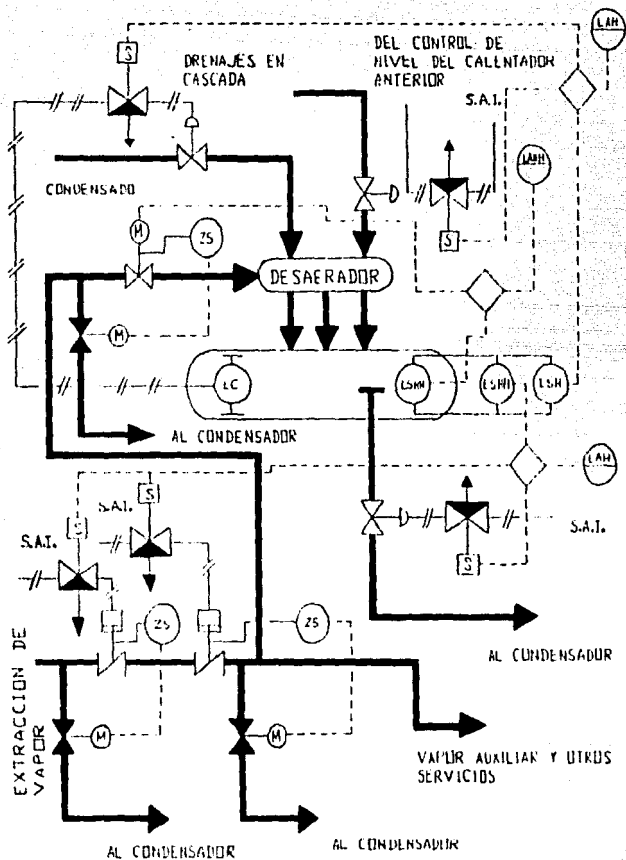


FIGURA III.4 ARREGLO TIPICO PARA LAS RECOMENDACIONES DE LOS INCISOS 1 Y 2

(leer las recomendaciones para este inciso y ver la figura III.4).

3. Válvulas automáticas en todas las fuentes de entrada de agua al desaerador (leer las recomendaciones para este inciso y ver la figura III.5).

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 1 son :

Instalar una válvula de bloqueo automática en la línea de extracción de vapor al desaerador, de tal forma que pueda aislar a este último de la línea de extracción de vapor, pero que permita el flujo de extracción de vapor a otros servicios, tal como se muestra en la figura III.4.

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 2 son :

Instalar un drenaje en el tanque de oscilación del desaerador. Este drenaje debe descargar en el condensador y ser activado cuando se tiene muy alto nivel en el tanque de oscilación. La figura III.4, muestra un arreglo típico para este drenaje en el tanque de almacenamiento, así como su sensor de nivel asociado.

Las recomendaciones para llevar a cabo lo que propone el inciso 3 son :

Instalar válvulas de no retorno automáticas en todas las fuentes de entrada de agua al desaerador. Estas deben ser

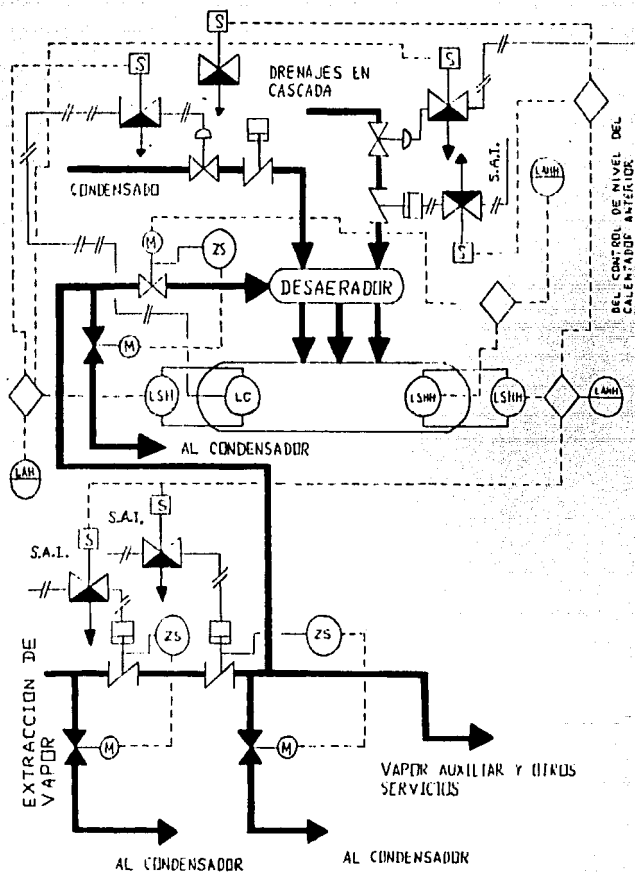


FIGURA 1115 ARREGLO TÍPICO PARA LAS RECOMENDACIONES DE LOS INCISOS 1 Y 3



operadas por potencia e instaladas en serie con las válvulas de control primario y cerrarán automáticamente cuando se presente muy alto nivel. La recirculación mínima de las bombas de alimentación de agua no se considerará como fuente de entrada de agua al desaerador.

Las recomendaciones siguientes son aplicables a los tres medios de protección dados en los tres incisos.

Instalar tres sensores de nivel en separados niveles escalonados predeterminados, arriba del nivel de operación normal. Cuando el agua alcance el primer nivel (alto nivel), se deben cerrar las válvulas de control primario y activar una alarma en el cuarto de control. Cuando el agua alcance el segundo nivel (muy alto nivel), debe entrar en funcionamiento ya sea la protección del inciso 1 ó la del inciso 3 y activar una alarma en el cuarto de control. Cuando el agua alcance el tercer nivel (emergencia de muy alto nivel), se deben cerrar las válvulas de bloqueo en las líneas de extracción de vapor al desaerador y activar una alarma en el cuarto de control. El tercer sensor de nivel se puede usar también para proporcionar una señal redundante a los medios de protección activados por la señal del segundo sensor de nivel.

La instalación de drenajes, válvulas y alarmas, se debe hacer como se mencionó en las recomendaciones para los calentadores de agua.

En cuanto a las recomendaciones de los fabricantes, a continuación se hace una descripción del sistema de monitoreo de

la inducción de agua HYDRATECT-2455D, ya que este dispositivo es el más ampliamente utilizado en la actualidad en la protección de plantas termoelectricas y es el que más posibilidades de aplicación tiene en la Unidad 4 de la Central Termoelectrica Valle de México.

### III.3 SISTEMA HYDRATECT-2455D DE MONITOREO DE LA INDUCCION DE AGUA.

Ampliamente recomendado por los fabricantes de equipo de protección contra inducción de agua, el sistema HYDRATECT-2455D, perteneciente a los Sistemas Protectivos Solartron de Dos Puntos, manufacturado por la compañía SOLARTRON SCHLUMBERGER, consiste en un método de detección de la presencia o ausencia de agua en los puntos críticos de los sistemas caloríficos de alimentación a la turbina, altamente confiable y dotado de una electrónica tolerante a fallas, acoplada a sensores pasivos fijados en localidades críticas de la planta de poder.

El sistema aprovecha la diferencia existente entre la resistividad del vapor (o aire) y el agua, a temperaturas arriba de los 750 F y presiones superiores a 3000 psi, para realizar la medición dentro de un múltiple, diseñado de acuerdo a la aplicación específica, por medio de electrodos. La medición es realizada por el extremo energizado del electrodo, referenciado al cuerpo del múltiple y que se encuentra aislado de éste por medio de un aislante cerámico de óxido de Alúmina de alta pureza. Al conjunto formado por el electrodo, el aislante y el múltiple

se le llama "celda" (ver figuras III.6 (a) y III.6 (b)).

Gracias a que las resistividades del agua y del vapor son substancialmente diferentes, más de 200 a 1 (ver figura III.7), la electrónica del sistema es relativamente simple y de funcionamiento no crítico ante cambios en factores externos tales como la calidad del agua, humedad del vapor, temperatura ambiental, etc.

El sistema HYDRATECT-2455D es aplicado, típicamente, en la detección de agua en drenajes de líneas de extracción de vapor y en la activación de alarmas de nivel en calentadores de agua, aunque también puede ser utilizado en la detección de goteo de agua de rotto de los sistemas de derivación de alta presión, drenajes en líneas de vapor principal, líneas de calentado frío y en la activación de alarmas de nivel en el desaerador.

El sistema HYDRATECT-2455D utiliza parejas de electrodos montados en un múltiple de dos puntos en los drenajes a ser monitoreados. Cada electrodo detecta agua o vapor y es dirigido via conexiones independientes a un circuito electrónico discriminante. En la figura III.8 se muestra el diagrama de bloques del sistema HYDRATECT-2455D básico de dos puntos.

Utilizando una conexión de electrodo de cuatro alambres y un circuito discriminante operado por corriente alterna, manejando dos relevadores en modos opuestos, toda falla que ocurra en componentes de cada canal de electrodo será declarada. Con la validación adicional entre los dos canales electrodo sujetos a las mismas condiciones, un sistema de alta seguridad puede ser

CONEXION A LA FUENTE  
Y A LOS CIRCUITOS  
DE DETECCION

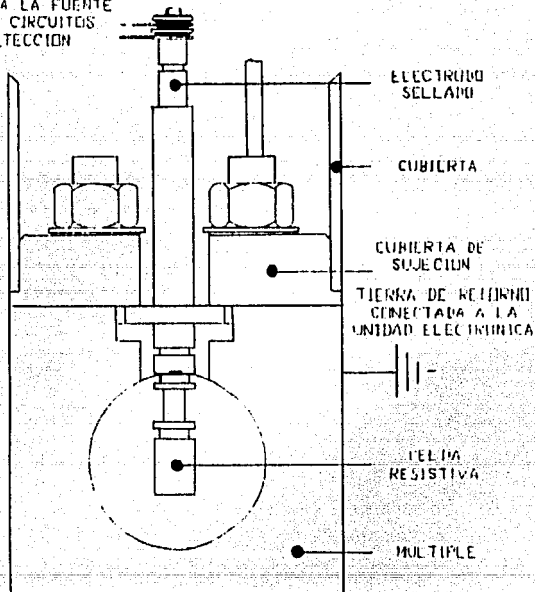


FIGURA J11.6 (a) CELDA PARA ELECTRODO EN COLUMNA DE ALTA PRESION

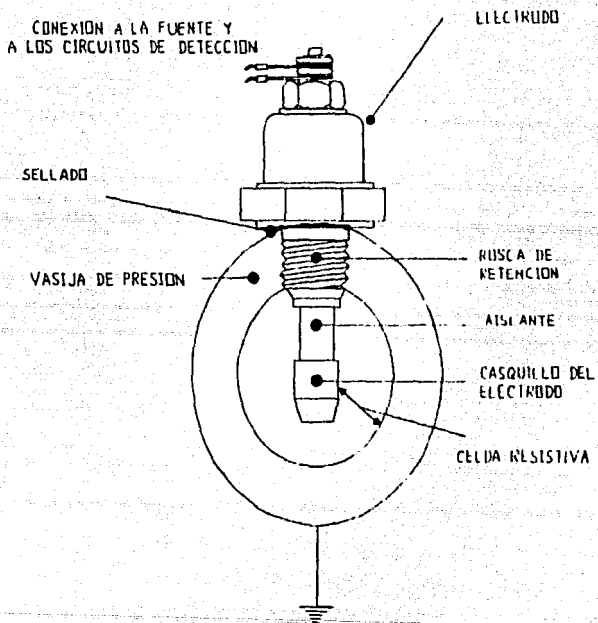


FIGURA III.6 (b) CELDA PARA ELECTRODO EN COLUMNA DE BAJA PRESION

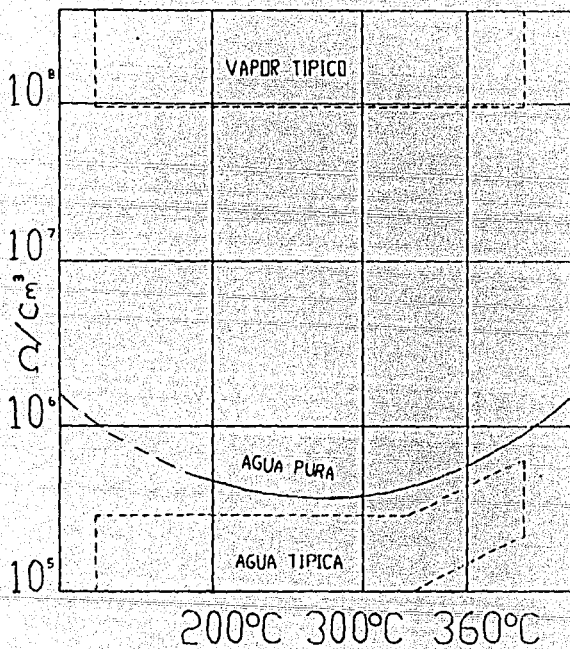


FIGURA III.7 GRAFICA DE RESISTIVIDAD AGUA - VAPOR

previsto, sin requerir rutinas de prueba. El sistema está diseñado para estar a salvo de fallas, así como para funcionar ante fallas operativas, de tal forma que si se mantiene una falla sin ser reparada, en el sistema, éste continuará proveyendo de la protección esencial a la planta.

El sistema utiliza electrónica probada y simple, que no requiere puntos de ajuste, rutinas de mantenimiento o prueba y es continuamente autoprotegido. El sistema HYDRATECT-2455D utiliza cuatro canales con electrodo para monitorear dos localidades en forma separada o cuatro, cuando un menor grado de seguridad es aceptable.

El sistema provee contactos de salida, libres de voltaje, para iniciar alarmas o acciones de control, de acuerdo a la conveniencia de la aplicación.

Relevadores de interposición de servicio pasado pueden ser incluidos dentro del conjunto, para proveer acción automática local de operación de la válvula del drenaje o inicio de un proceso de derivación, así como salidas para información en el cuarto de control.

#### Configuraciones del Sistema HYDRATECT-2455D.

Los cuatro canales electrodo pueden ser arreglados en las siguientes configuraciones :

1. Montaje horizontal de un múltiple de dos electrodos con aplicación de validación coincidente. Para servicio en dos localidades separadas, por ejemplo en líneas de

drenaje.

2. Los cuatro electrodos arreglados en orden ascendente en una vasija vertical presurizada y aplicando validación vertical, por lo que este arreglo puede ser usado en series ascendentes-descendentes de alarmas, por ejemplo en calentadores.
3. Montaje vertical de un múltiple de dos electrodos, aplicando validación vertical. Para servicio en dos localidades separadas, por ejemplo en líneas de recalentado.
4. Validación coincidente aplicada a múltiples de dos electrodos montados horizontalmente; validación vertical aplicada a un segundo múltiple montado horizontalmente.

Para instalaciones donde el montaje de múltiples no es conveniente, se tiene la alternativa de instalar un electrodo dominante simple, soldado directamente dentro del recipiente de trabajo. En la figura III.9 se muestran las configuraciones del sistema HYDRATECT-2455D.

Por seguridad, dos suministros de potencia X y Y son incluidos y operados desde fuentes separadas de alimentación principal. Con un par coincidente, un canal es alimentado por el suministro X y el otro por el suministro Y (ver figura III.8). De tal manera que la pérdida de un canal no afectará el funcionamiento del sistema de protección. La unidad electrónica del sistema, NEMA3R, puede estar colocada a una distancia máxima



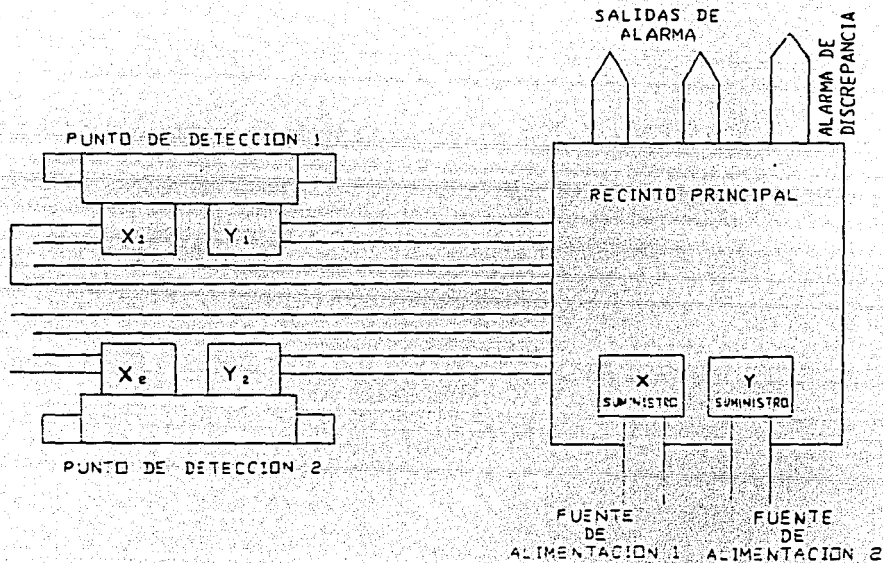


FIGURA III.8 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA HYDRATECT BASICO DE DOS PUNTOS

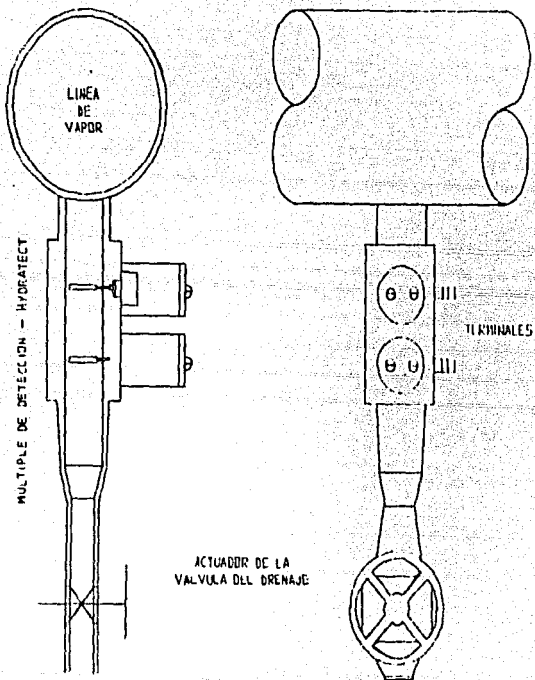


FIGURA III.9 (c) VALIDACION VERTICAL

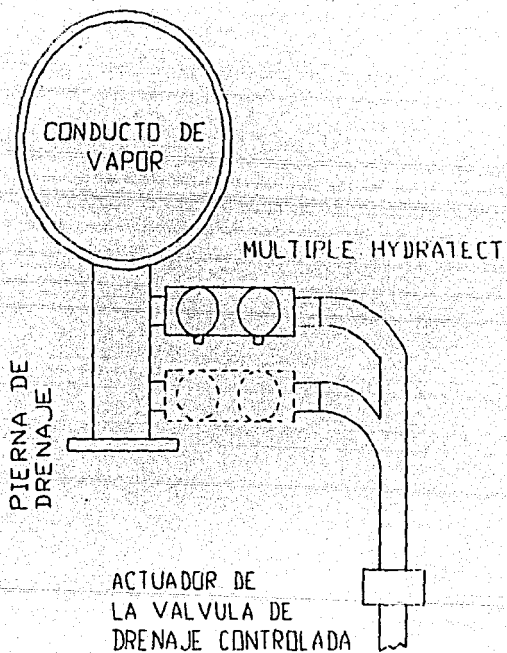


FIGURA III.9 (b) VALIDACION COINCIDENTE PARA DOS NIVELES

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

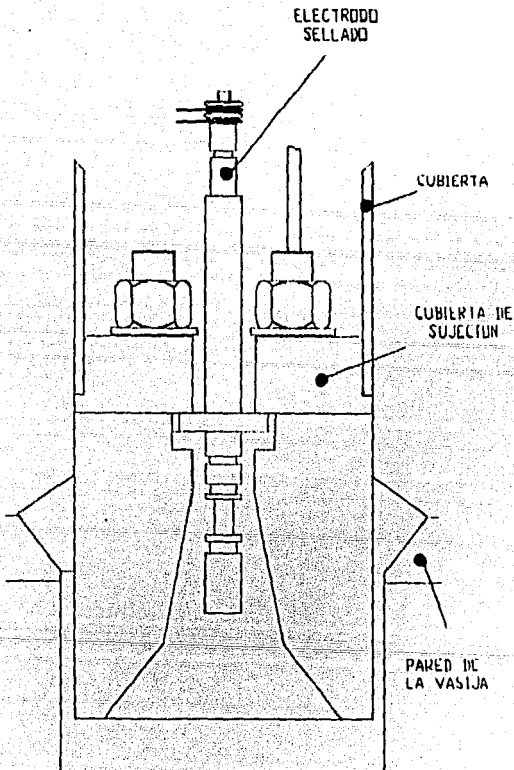


FIGURA III.9 (c) INSTALACION DOMINANTE

de 50 pies, de los electrodos y operar a temperaturas ambientales del orden de los 130 F.

Una vez presentado el estado de los sistemas a proteger y las recomendaciones existentes para realizar la protección contra inducción de agua a la turbina, a través de las extracciones de vapor, en este capítulo y en el anterior, en el capítulo siguiente se muestran las protecciones que son factibles de ser instaladas.

## CAPITULO IV. PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR

### IV.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En base a la descripción del estado actual de los sistemas a proteger y a la revisión de recomendaciones, códigos y normas, hecha en los dos capítulos anteriores, se proporcionan las protecciones recomendadas, a partir de las cuales obtendremos un mejoramiento de las protecciones existentes y como consecuencia un aumento en la confiabilidad y disponibilidad del sistema. Estas protecciones están basadas en principio, en las recomendaciones dadas en el capítulo III, con la aplicación de ciertos criterios de control y de nuevos dispositivos y métodos de medición.

Estas protecciones están fundamentadas en un análisis de factibilidad de aplicación técnica realizado por investigadores del Departamento de Instrumentación y Control de la División Estudios de Ingeniería del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Dicho análisis cubrió aspectos tales como: pláticas con personal de la Comisión Federal de Electricidad y con personas relacionadas con el sector eléctrico, con el fin de conocer sus experiencias y criterios al respecto, validación por medio de visitas a la Planta de la información contenida en los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI's), así como la determinación de la posibilidad de implantación física de las

protecciones.

Por su fácil interpretación los Diagramas Funcionales son una herramienta adecuada para la representación de las protecciones. Es por esta razón que en el presente capítulo se describen las protecciones, en forma gráfica, a partir de dichos diagramas.

Los Diagramas Funcionales están divididos en 6 Áreas :

1. Área de Campo. El área de campo comprende a todos aquellos dispositivos y equipos en los cuales tiene lugar el proceso de conversión de energía térmica a energía eléctrica.
2. Área de Caja de Conexiones. Esta área comprende a los gabinetes de entradas y salidas, en los cuales son agrupadas las señales provenientes de campo, para ser direccionadas al cuarto de relevadores y a la sala de control. En estos gabinetes son acondicionadas las señales de acuerdo a las características que de ellas requieran los sistemas de control lógico que se encuentran en el cuarto de relevadores y los indicadores localizados en la sala de control.
3. Área del Cuarto de Relevadores. Esta área comprende al cuarto en el cual se encuentran los sistemas de control lógico que coordinan a los diversos dispositivos y equipos que forman parte del proceso termoelectrónico. El cuarto de relevadores recibe este nombre por el hecho de que en los

años 50's todo el control lógico de una planta termoeléctrica se hacía por medio de sistemas de lógica de relevadores, pero en la actualidad en dicho cuarto se encuentran sistemas de lógica alamburada e incluso sistemas de control fundamentados en microprocesadores.

4. Area de Atras del Tablero. Esta Área comprende a la zona que se encuentra en la parte trasera del tablero de control del tablero y que se localiza en la sala de control.
5. Area de Frente del Tablero. Esta Área comprende a la parte frontal del tablero de control del proceso.
6. Area de Notas. Esta Área de los diagramas funcionales comprende notas referentes a los sistemas representados en los Diagramas y que tiene como función proporcionar información que facilite la comprensión de éstos.

La simbología utilizada en los Diagramas Funcionales se indica en el apéndice B al final de la presente tesis.

Los círculos que aparecen en los Diagramas indican instrumentos, por ejemplo: un círculo con la indicación UV 300E en su interior indica una válvula cuyo accionamiento depende de varias variables del proceso (UV); el número 300E indica un código de identificación de la válvula en un índice de instrumentos.

Las líneas continuas indican el flujo del proceso y las segmentadas señales eléctricas.



El circuito lógico de control está indicado por medio de un rombo en el área correspondiente al cuarto de relevadores y los elementos existentes en el sistema se indican por medio de un asterisco.

En este capítulo se presentan las protecciones factibles de instalar, en cada subsistema, en el orden siguiente :

- Líneas de extracción de vapor.
- Calentadores.

Estos subsistemas son los que comprenden a las extracciones de vapor y a sus calentadores asociados.

La observación de los Diagramas Funcionales contenidos en este capítulo y que muestran las protecciones factibles de instalar en cada subsistema permitirán una mayor comprensión de lo aquí expuesto.

#### IV.2 LINEAS DE EXTRACCION DE VAPOR.

Dado que los calentadores 1 y 2 se encuentran dentro del condensador, no es factible la instalación de nuevos sistemas de protección en las líneas de extracción de vapor de estos calentadores, siendo factible la instalación de tales sistemas en las extracciones 3, 4, 5, 6 y 7.

En lo que sigue se mencionan las protecciones factibles de instalar en las extracciones 3, 4, 5, 6 y 7, haciendose una revisión completa de las protecciones a instalar en la extracción

3, mientras que para el resto de las extracciones la revisión es breve, ya que las protecciones de éstas son similares a las de la extracción 3. Sin embargo, para cada extracción, se indican las diferencias existentes con respecto a la extracción 3.

#### IV.2.1 Extracción 3.

Motorización de la válvula de bloqueo (UV 305A) que se encuentra en serie con la válvula de no retorno (UV 305) y que actualmente es de accionamiento manual. Esta válvula se controlará por medio de un interruptor de muy alto nivel de agua (LSHH 305A) a instalar en el calentador 3. Este interruptor tomará como muy alto nivel al que actualmente activa al interruptor que controla a la válvula de no retorno (UV 305) instalado en la extracción (ver figura IV.1).

Instalación de una alarma de muy alto nivel de agua (LAHH 305A) en la sala de control, que será activada por el interruptor de muy alto nivel de agua (LSHH 305A) en el calentador 3.

Instalación de un interruptor de posición (ZB 305A) en la válvula motorizada de bloqueo, que active a dos lámparas de posición (abierta o cerrada) en la sala de control y que proporcione señales para el control de las protecciones.

Instalación de un interruptor de posición (ZB 305) en la válvula de no retorno, que participe en el control de las protecciones, según se muestra en diagrama lógico de control de la extracción aquí tratada y que se encuentra en el siguiente

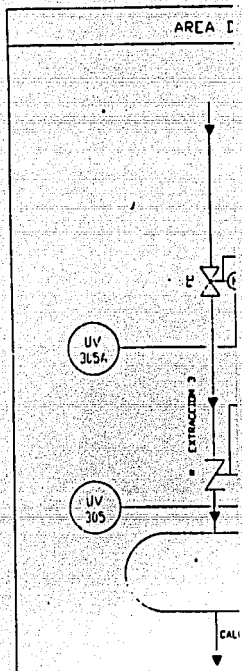
capítulo de esta tesis.

De acuerdo a las recomendaciones contenidas en el capítulo anterior, la válvula motorizada de bloqueo se cerrará al detectarse el muy alto nivel de agua en el calentador o al cerrarse la válvula de no retorno. Un interruptor manual (HS 305A), colocado en la sala de control, permitirá abrir o cerrar la válvula motorizada de bloqueo, cuando se cumplan algunas condiciones de operación del sistema de control de las protecciones (ver capítulo V).

Instalación de drenajes en la extracción, ver figura IV.2, en los puntos más bajos existentes entre la turbina y la válvula motorizada de bloqueo y entre ésta y la válvula de no retorno. Las válvulas de estos drenajes (UV 305C y UV 305B) serán de accionamiento neumático, por su rapidez de respuesta, y abrirán cuando las válvulas en la línea de la extracción 3 (UV 305 y UV 305A) estén cerradas.

El control del aire, proveniente del Sistema de Aire de Instrumentos (SAI), que activará a las válvulas de los drenajes, se efectuará por medio de válvulas solenoide de tres vías (UY 305C y UY 305B). Es factible la instalación en la sala de control de interruptores manuales (HS 305C y HS 305B) que intervengan en el control de las válvulas de los drenajes.

Instalación, en los drenajes, de piernas donde el agua drene y se colecte, dotadas de interruptores de alta (MSH 305C y MSH 306B) y muy alta (MSHH 305C y MSHH 305B) humedad. La detección de alta humedad abrirá la válvula del drenaje y



EXTR 3 | CAL 3 | UV 305A | 25

TESIS PROFE:  
 Juan Carlos Marti

FIGURA IV.1

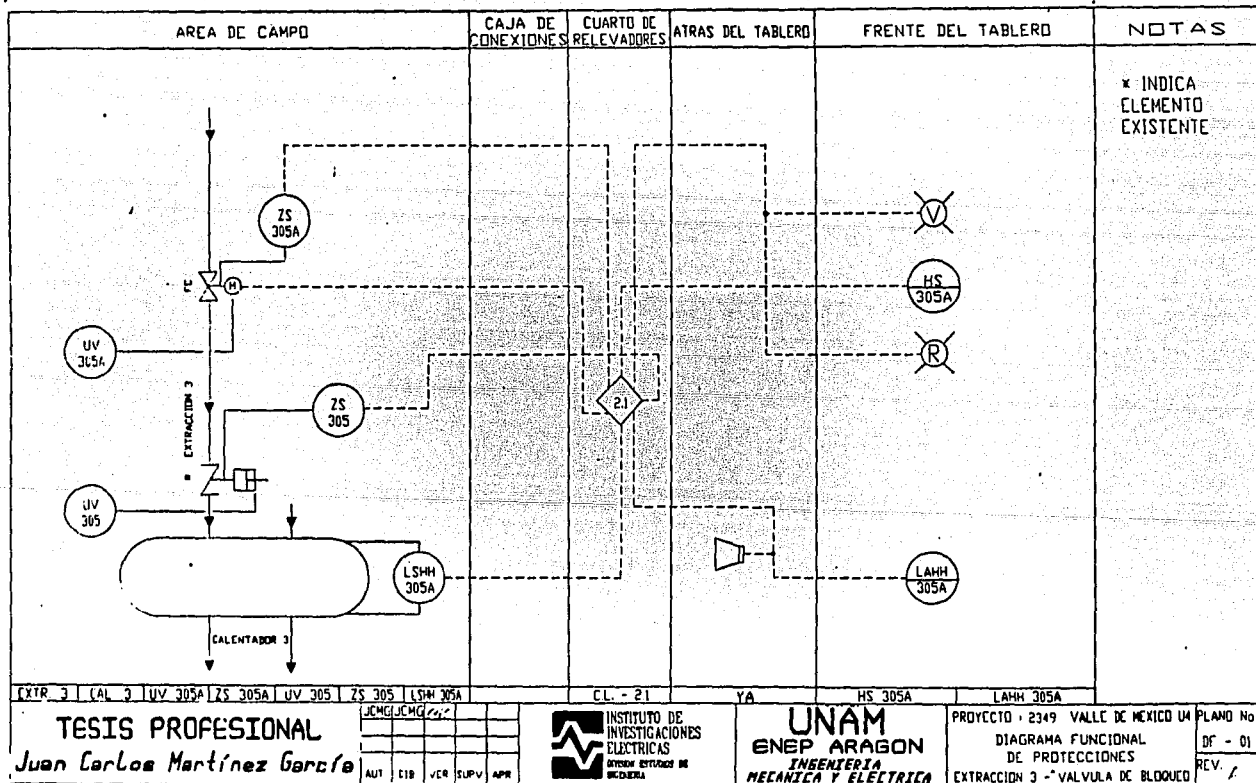
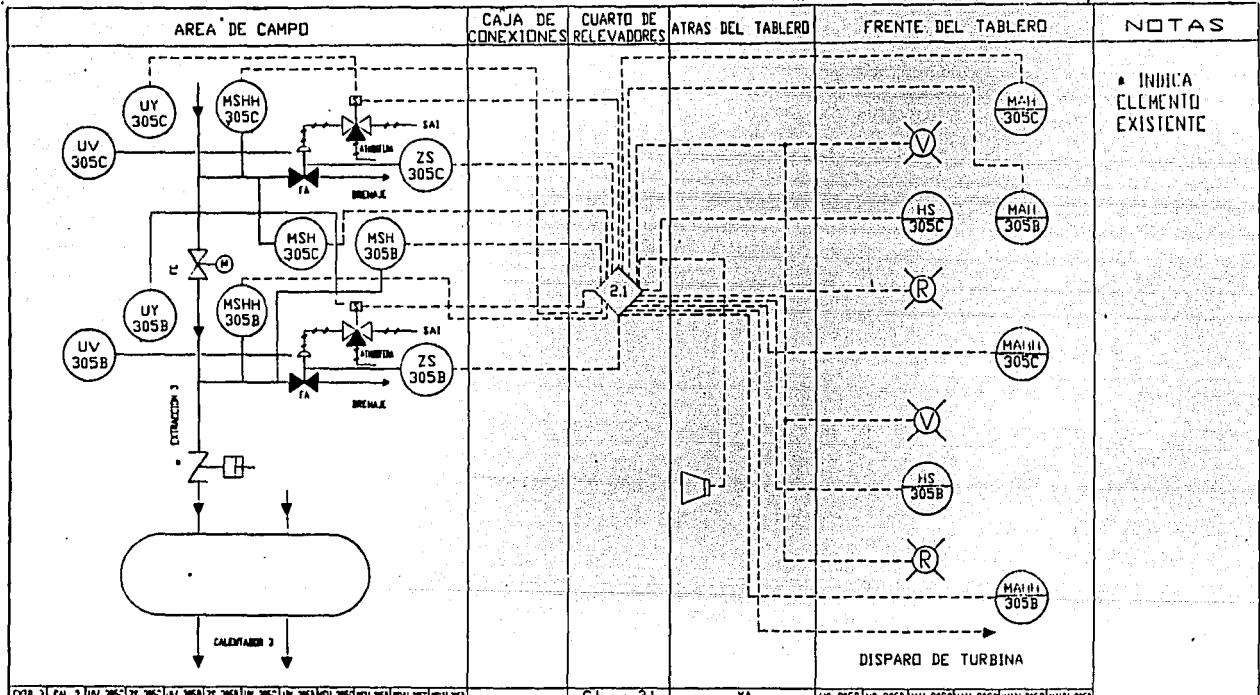


FIGURA IV.2



• INDICA ELEMENTO EXISTENTE

C.L. - 21      YA      HS 305C HS 305B MAH 305C MAII 305B MAIII 305C MAIII 305B

**TESIS PROFESIONAL**  
 Juan Carlos Martínez García

AUT	DIB	VER	SUPV	APR	

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS**  
 DIVISION ESTUDIOS DE SEGURIDAD

**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO 2349 VALLE DE MEXICO U4  
 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES  
 EXTRACCION 3 - DRENAJES

PLANO No.      DF - 02  
 REV. 1

activará una alarma de alta humedad (MAH 305C o MAH 305B dependiendo del drenaje en el que se haya detectado la alta humedad) en la sala de control.

La detección de muy alta humedad en los drenajes, por medio de los interruptores de muy alta humedad, activará alarmas de muy alta humedad (MAHH 305B o MAHH 305C) en la sala de control y si ésta se mantiene durante un cierto tiempo disparará la turbina.

Instalación de interruptores de posición (ZS 305C y ZS 305B) en las válvulas de los drenajes, que permitirá la activación de lámparas de posición en la sala de control y la realización de acciones de control sobre las protecciones.

Dadas sus características, se puede utilizar el sistema HYDRATECT-2455D de monitoreo de la inducción de agua (ver capítulo anterior) como interruptor de alta y muy alta humedad en las piernas de los drenajes.

El control de estas protecciones las realizará el circuito lógico indicado en los Diagramas Funcionales de las figuras IV.1 y IV.2 por el rombo con el número 2.1 en su interior y cuya descripción se presenta en el siguiente capítulo. En la descripción de este circuito se indica en detalle la operación, como sistema, de las protecciones mencionadas anteriormente y el papel que cada componente, del sistema de protección, cumple.

#### IV.2.2 Extracción 4.

Las protecciones factibles de instalarse en esta extracción

son las mismas que las de la extracción 3, con la salvedad de que al existir dos válvulas de no retorno (ver figura IV.3) se contará con un interruptor de posición más (ZS 300B), que corresponde a la válvula próxima al calentador 4.

En esta extracción no es conveniente la instalación del drenaje entre la válvula motorizada de bloqueo y la primera de no retorno, ya que este tramo de la extracción es perpendicular al plano de la planta, lo que haría inútil la instalación de la pierna del drenaje. En su lugar, es factible aprovechar un drenaje existente entre las dos válvulas de no retorno (ver figura IV.4) e instalar una línea de drenaje en el punto más bajo del tramo existente entre la válvula motorizada de bloqueo (UV 300E) y la de no retorno (UV 300A) que drene el agua y el vapor que se acumule al cerrarse estas válvulas, a través del drenaje situado entre las dos válvulas de no retorno.

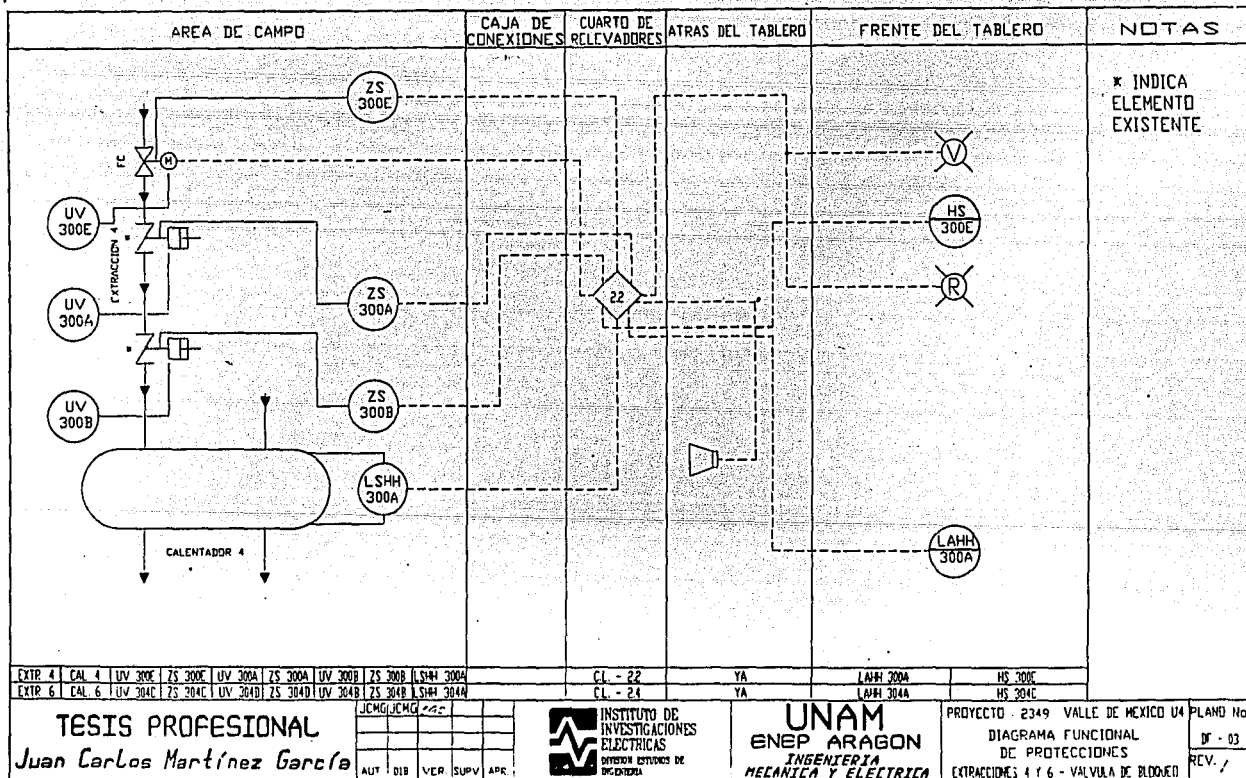
El circuito lógico encargado del control de estas protecciones se indica en las figuras IV.3 y IV.4 con el número 2.2 y su descripción se halla en el siguiente capítulo.

#### IV.2.3 Extracción 5.

Las protecciones factibles de instalarse en esta extracción son las mismas que las de la extracción 3. Al igual que en la extracción 4 se cuenta actualmente en esta extracción con dos válvulas de no retorno y la válvula de bloqueo de accionamiento manual, la cual es factible motorizar (ver figura IV.5).



FIGURA 211.3



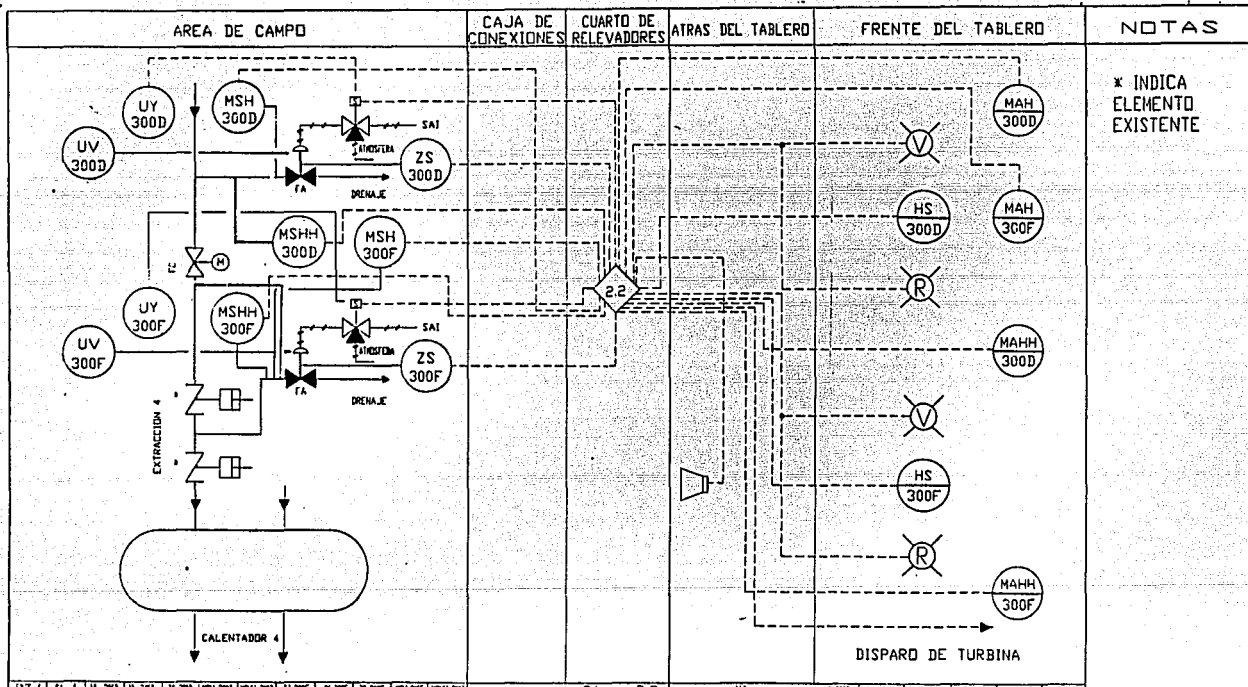
TESIS PROFESIONAL  
 Juan Carlos Martínez García

JEM	JEM	JEM	REV	REV	REV
AUT	DIB	VER	SUPV	APR	



UNAM  
 ENEP ARAGON  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4  
 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES  
 EXTRACCIONES 4 Y 6 - VALVULA DE BLOQUEO



UV 300D UV 300F MSH 300D MSHH 300D MSH 300F MSHH 300F ZS 300D ZS 300F SAI SAI DRENAJE DRENAJE EXTRACCION 4 EXTRACCION 3 CALENTADOR 4

C.L. - 2.2

YA

HS 300D MAH 300D MAH 300F HS 300F MAH 300F

DISPARD DE TURBINA

**TESIS PROFESIONAL**  
*Juan Carlos Martínez García*

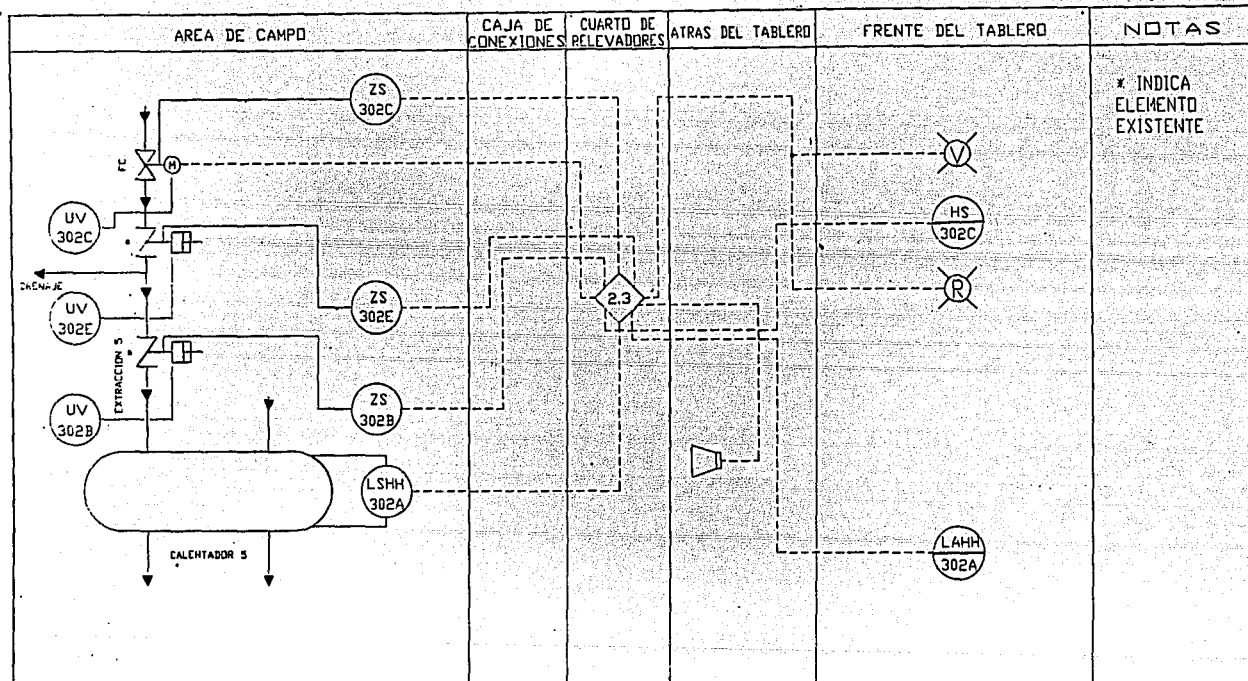
JCM	JCM	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...



**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO 2349 VALLE DE MEXICO U4  
 DIAGRAMA FUNCIONAL  
 DE PROTECCIONES  
 EXTRACCION 4 - DRENAJES

PLAND No.  
 DF - 04  
 REV. 2'



\* INDICA ELEMENTO EXISTENTE

FIG 5 | CA 5 | UV 302C | ZS 302C | UV 302E | ZS 302E | UV 302B | ZS 302B | LSHH 302A | C.L. - 2.3 | YA | HS 302C | LAHH 302A

**TESIS PROFESIONAL**  
 Juan Carlos Martínez García

JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
AUT	DIB	VER	SUPV	APR		



**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO - 2349 VALLE DE MEXICO UA PLANO No  
 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES D - A3  
 EX'PACCIDA 5 - VALVULA DE BLOQUEO REV. /

En el caso de esta extracción si es factible instalar el drenaje entre la válvula motorizada de bloqueo (UV 302C) y la primera de no retorno (UV 302E). Actualmente existe un drenaje entre las dos válvulas de no retorno, el cual está dotado de una válvula de accionamiento manual y al que por diversas cuestiones técnicas no es factible instalarle nuevas protecciones (figura IV.6).

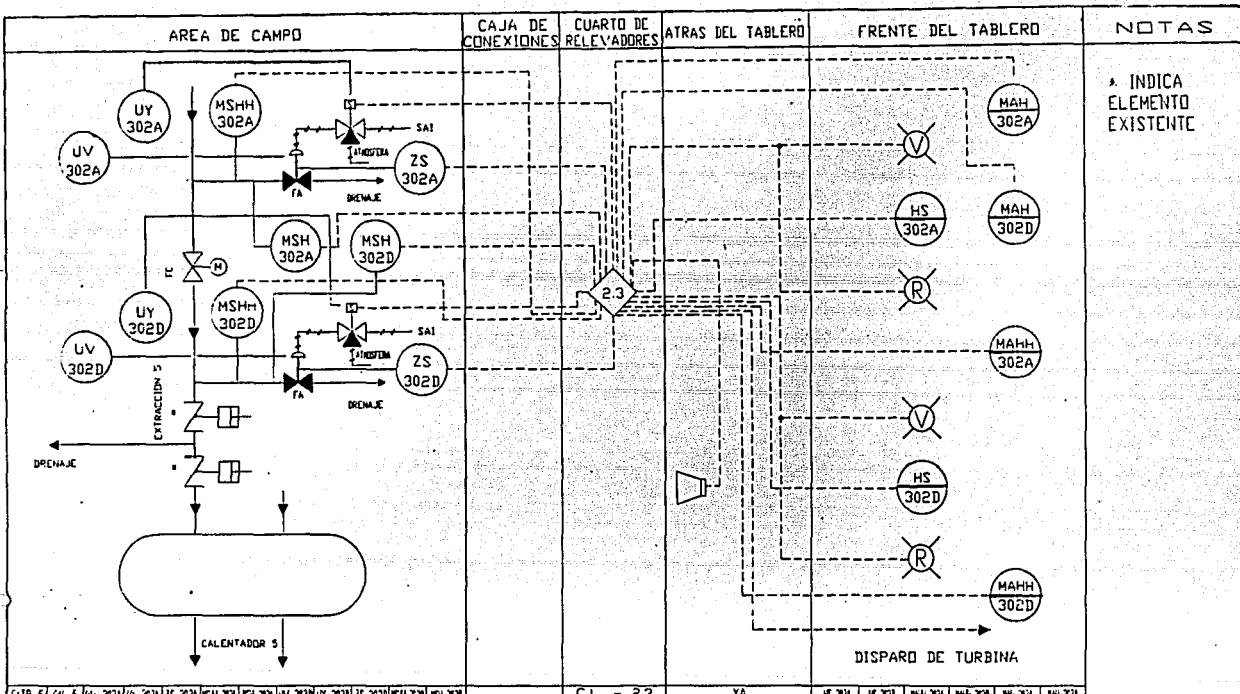
El circuito lógico encargado del control de estas protecciones se indica en las figuras IV.5 y IV.6 con el número 2.3 y su descripción se halla en el siguiente capítulo.

#### IV.2.4 Extracción 6.

Al igual que en las extracciones 4 y 5 se cuenta en esta extracción con las dos válvulas de no retorno (UV 304D y UV 304B) y la de bloqueo (UV 304C). En la figura IV.3 se indican estas válvulas y los dispositivos de protección asociados a ellas, en el renglón que se encuentra inmediatamente arriba de la zona que contiene los datos de identificación del dibujo.

Las protecciones factibles de instalar son similares a las de la extracción 3, sólo que en este caso únicamente es factible la instalación del drenaje entre la turbina y la válvula de bloqueo (figura IV.7).

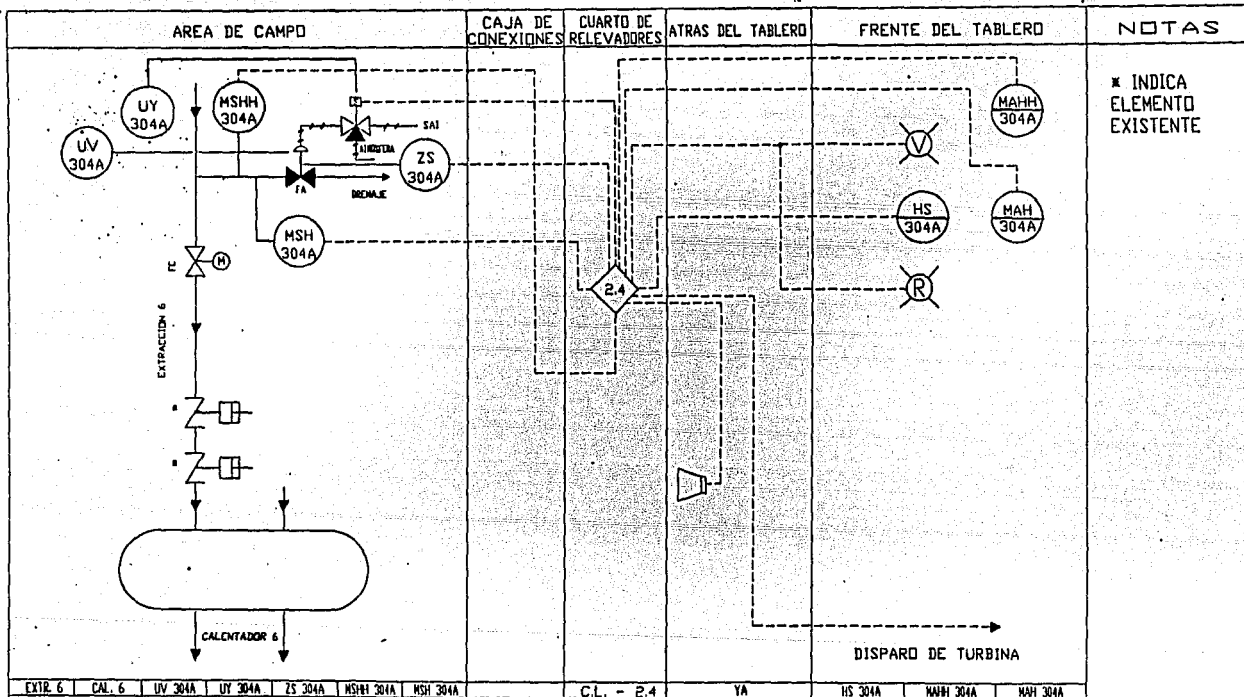
En los tramos comprendidos entre la válvula de bloqueo y la primera de no retorno y entre ésta y la segunda de no retorno no es factible la instalación de drenajes con válvulas de



\* INDICA ELEMENTO EXISTENTE

C.L. - 23				YA	HS 302A	HS 302D	MAH 302A	MAH 302D	MAH 302A	MAH 302D
<b>TESIS PROFESIONAL</b> Juan Carlos Martínez García				 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS DIVISION ESTUDIOS DE PROTECCION	<b>UNAM</b> ENEP ARAGON INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA		PROYECTO 2349 VALLE DE MEXICO U4 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES EXTRACTACION S - DRENAJES			PLANO No. DF - AA REV. 2

FIGURA IV.7



EXTR. 6	CAL. 6	UY 304A	UY 304A	ZS 304A	MSHH 304A	MSH 304A	C.L. - P.4	YA	HS 304A	MAHH 304A	MAH 304A	PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4	PLANO No.
		JCMGJCMG										DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES	DF - B4
		AUT. DIB. I.VCR. SUPV. APR.										EXTRACCION 6 - DRENAJE	REV. 1

TESIS PROFESIONAL  
 Juan Carlos Martínez García



UNAM  
 ENEP ARAGON  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICIA

accionamiento neumático, debido a la imposibilidad física de implantación, ya que no hay espacio para la colocación de los dispositivos.

El circuito lógico encargado del control de estas protecciones se indica en las figuras IV.3 y IV.7 con el número 2.4 y su descripción se halla en el siguiente capítulo.

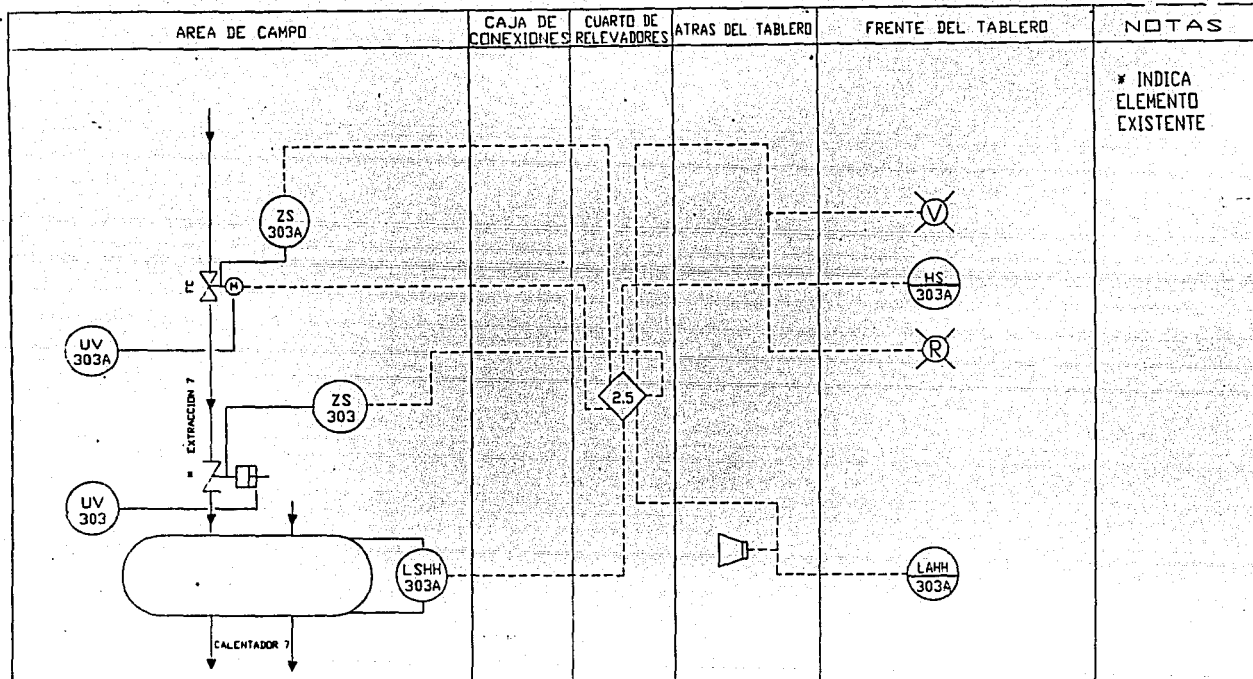
#### IV.2.5 Extracción 7.

El caso de esta extracción es exactamente el mismo que el de la extracción 3 y las protecciones que son factibles de instalar en dicha extracción, lo son también en ésta. Estas protecciones se muestran en los Diagramas Funcionales de las figuras IV.8 y IV.9.

El circuito lógico encargado del control de las protecciones de la extracción 7 se indica con el número 2.5 y su descripción también se encuentra en el capítulo V.

#### IV.3 CALENTADORES DE AGUA.

No obstante que en un calentador el agua circula a través de tubos y el vapor que aumenta su temperatura lo hace fuera de éstos, pero dentro del cuerpo del calentador, es posible que de ocurrir la ruptura de tubos el agua penetre a la región de vapor y si existen fallas en el control de nivel en el calentador o mal funcionamiento en los sistemas de drenaje de éste, se hace posible la inducción de agua a la turbina a través de la línea



EXTR 7 | CAL 7 | UV 303 | ZS 303 | UV 303A | ZS 303A | LSHH 303A

CL - 25

YA

HS 303A

LAHM 303A

**TESIS PROFESIONAL**  
*Juan Carlos Martínez García*

J	C	M	J	C	M	J	C	M	J	C	M
AUT	DIB	VER	ISUP	V	APR						



**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO 2349 VALLE DE MEXICO UA  
 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES  
 EXTRACCION 7 - VALVULA DE BLOQUEO

PLANO No  
 DF - 05  
 REV. 2





de extracción de vapor, mediante la cual se proporciona el vapor que incrementa la temperatura del agua, de allí la importancia de instalar protecciones que minimizen este riesgo.

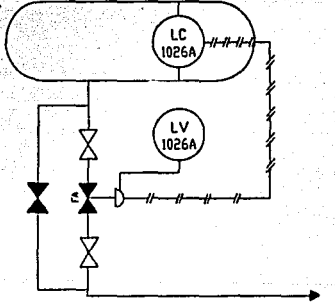

A continuación se tratan las protecciones que son factibles de instalarse en los calentadores de agua de la Unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México.

#### IV.3.1 Drenajes de emergencia al condensador en calentadores.

Aunque el tema de la presente tesis abarca básicamente lo concerniente al control lógico de las protecciones contra inducción de agua a la turbina, en este punto se trata la instalación de un drenaje de emergencia, en algunos calentadores, cuyo control es independiente de cualquier circuito lógico, ya que su control es analógico. Se incluye este punto para proporcionar una visión más amplia de las protecciones en el sistema de extracciones de vapor.

Es factible la instalación de un drenaje de emergencia al condensador dotado de una válvula de accionamiento neumático (LV 1026A para el calentador 7) controlada por medio de un controlador proporcional de nivel (LC 1026A para el calentador 7) en los calentadores 7, 6 y 3 (ver figura IV.10). En estos calentadores no existen adecuados drenajes de emergencia en la actualidad y es conveniente su instalación en beneficio de una mayor seguridad en la operación de la Unidad 4 de la Central Termoeléctrica Valle de México. En los calentadores restantes 5, 4, 2 y 1 no es necesaria la instalación de este drenaje, porque

FIGURA IV.10

AREA DE CAMPO	CAJA DE CONEXIONES	CUARTO DE RELEVADORES	ATRAS DEL TABLERO	FRENTE DEL TABLERO	NOTAS
<p style="text-align: center;">CALENTADOR 7</p>  <p style="text-align: center;">DRENAJE DE EMERGENCIA AL CONDENSADOR</p>					<p>* INDICA ELEMENTO EXISTENTE</p>
CALENTADOR 7	LC 1026A	LV 1026A			
CALENTADOR 6	LC 1027A	LV 1027A			
CALENTADOR 3	LC 2076A	LV 2076A			
<p style="text-align: center;"><b>TESIS PROFESIONAL</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Juan Carlos Martínez García</i></p>	JCHG JCHG				
	AUT.	DIB.	VER.	SUPV.	APR.
 <p style="text-align: center;">INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS OFICINA CENTRAL DE PROYECCION</p>	<p style="text-align: center;"><b>UNAM</b> ENEP ARAGON INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA</p>	<p>PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES DRENAJE DE EMERGENCIA EN CALENTADORES</p>	<p>PLANO No. DF - 07 REV. 1</p>		

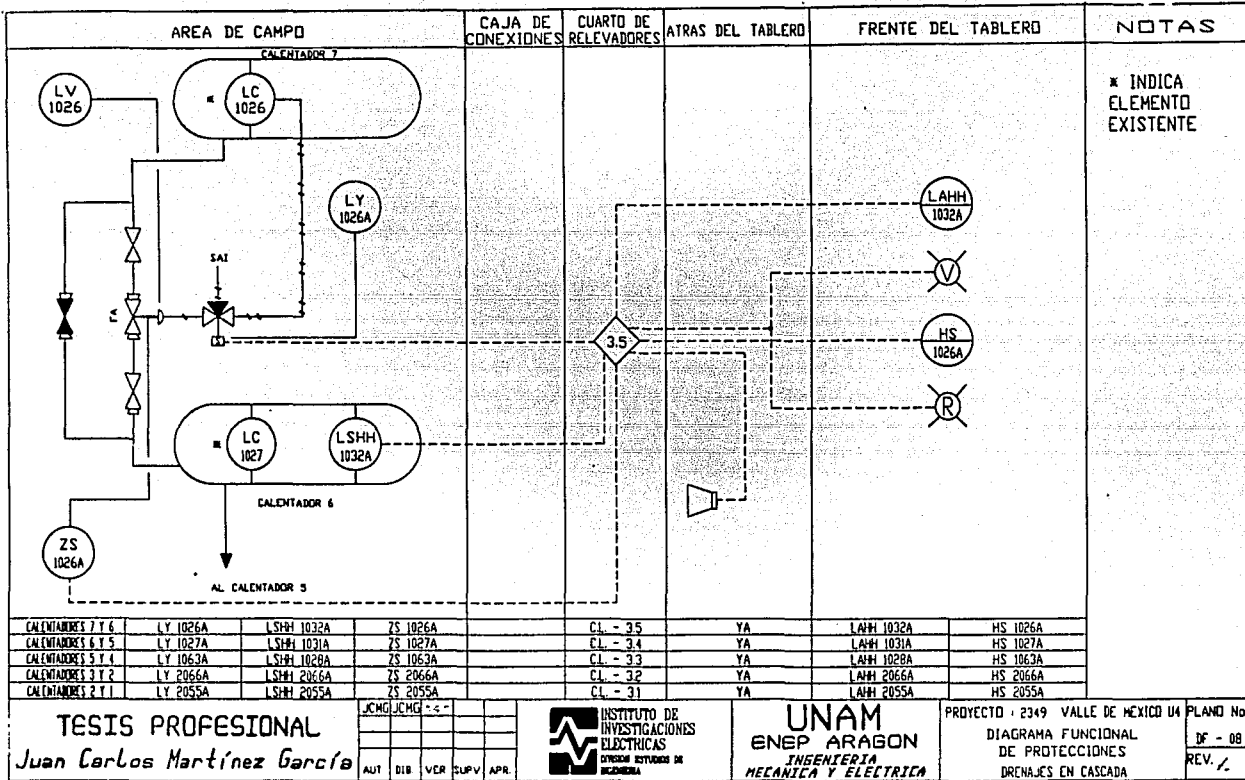
ya lo poseen. En el caso del calentador 5 el drenaje en cascada, hacia el desaerador (calentador 4), proporciona una fuente segura de alivio del agua acumulada en su interior. En el calentador 4 no se requiere drenaje de emergencia ya que debido a la capacidad del tanque del desaerador, es improbable se produzca inundación. Los calentadores 2 y 1 no requieren la instalación de drenajes de emergencia al condensador, ya que cuentan en la actualidad con este tipo de drenajes controlados por controladores proporcionales de nivel.

La instalación de un drenaje de emergencia al condensador en los calentadores mencionados, es adecuada para tener una segunda línea de defensa que reduzca el riesgo por inundación de los mismos, de inducción de agua a la turbina a través de las líneas de las extracciones de vapor.

#### IV.3.2 Drenajes en cascada entre calentadores.

Para los drenajes en cascada entre los calentadores 7 y 6, 6 y 5, 5 y 4, 3 y 2 y 2 y 1 (ver Diagrama Funcional de la figura IV.11) se hará lo siguiente :

Instalación de una válvula de tres vías operada por una solenoide (LY 1026A para los calentadores 7 y 6), que cierre la válvula del drenaje normal en cascada (LV 1026 para los calentadores 7 y 6) proveniente del calentador anterior (calentador 7 por ejemplo), que actualmente es controlada por medio de un controlador proporcional de nivel (LC 1026 en el calentador 7), cuando se presente muy alto nivel de agua en el



\* INDICA ELEMENTO EXISTENTE

TESIS PROFESIONAL  
Juan Carlos Martínez García

JCMG	JCMG	...	...	...
AUT	DIB	VER	SUPV	APR



UNAM  
ENEP ARAGON  
INGENIERIA  
MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4 PLANO No.  
DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES DE DRENAJES EN CASCAIDA DF - 08  
REV. /

calentador posterior (calentador 6 por ejemplo). El muy alto nivel de agua en el calentador posterior se detectaría mediante la instalación de un interruptor de muy alto nivel de agua (LSHH 1032A en el calentador 6).

Instalación en la sala de control de una alarma de muy alto nivel de agua en el calentador posterior (LAHH 1032A para el calentador 6).

Instalación de un interruptor manual (HS 1026A para los calentadores 7 y 6) en la sala de control, que permita controlar a la válvula del drenaje en cascada.

Instalación de un interruptor de posición (IS 1026A para los calentadores 7 y 6) en la válvula del drenaje en cascada, que controle a dos lámparas de posición (abierto o cerrado) en la sala de control.

La coordinación de los elementos de protección de los drenajes en cascada corre a cuenta de los circuitos lógicos a instalar en el cuarto de relevadores (circuito 3.5 para los calentadores 7 y 6) y cuya descripción se encuentra en el siguiente capítulo.

#### IV.3.3 Aislamiento de calentadores de baja presión.

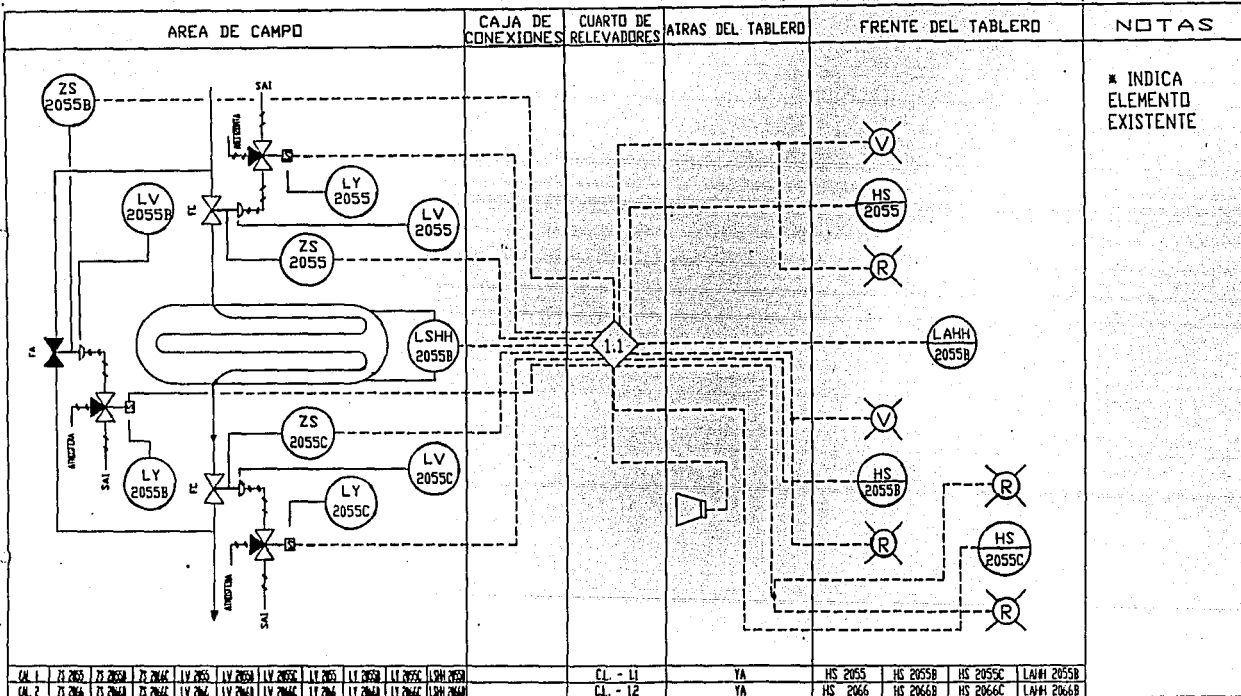
Los calentadores de baja presión, calentadores 1 y 2, que se encuentran en el cuello del condensador, cuentan además de su drenaje normal, con un drenaje alternativo o de emergencia, que

se emplea para desalojar el exceso de agua, sin embargo no cuentan individualmente con un segundo medio de defensa que impida que se introduzca agua a la turbina, si la falla es tal que el sistema de drenaje no es suficiente para desalojar el agua y el nivel en el calentador sigue incrementandose (en estos calentadores no se cuenta con válvulas de no retorno ni de bloqueo en las líneas de extracción de vapor, las cuales evitan el problema anterior en los demás calentadores).

De acuerdo a la experiencia que se tiene en diversas Plantas Termoeléctricas el problema anterior se puede eliminar por medio de un mecanismo de aislamiento del sistema de agua de alimentación, de los calentadores mencionados.

Es factible implementar esta protección en los calentadores 1 y 2 de la siguiente manera :

Instalación de una línea de derivación automática en el calentador de agua, como se muestra en la figura IV.12. Esto permitirá poner fuera de servicio al calentador y cortar la fuente de entrada de agua al mismo, que resulte por fugas en los tubos, lo cual evita que si los drenajes del calentador no son suficientes para desalojar el agua presente, se siga incrementando el nivel en el calentador y pueda entrar agua a la turbina a través de las líneas de extracción de vapor. Este arreglo consiste de dos válvulas (accionadas en forma neumática) de aislamiento, una en la entrada (LV 2055 para el calentador 1) y otra (LV 2055C para el calentador 1) en la salida del calentador, y una válvula (también de accionamiento neumático) de



CL. 1	ZS 2055B	ZS 2055	ZS 2055C	LV 2055B	LV 2055	LV 2055C	LV 2055	LV 2055B	LV 2055	LV 2055C	LSHH 2055B	CL. - 11	YA	HS 2055	HS 2055B	HS 2055C	LAHH 2055B
CL. 2	ZS 2055B	ZS 2055	ZS 2055C	LV 2055B	LV 2055	LV 2055C	LV 2055	LV 2055B	LV 2055	LV 2055C	LSHH 2055B	CL. - 12	YA	HS 2066B	HS 2066C	HS 2066C	LAHH 2066B

**TESIS PROFESIONAL**  
 Juan Carlos Martínez García

JCMG	JCMG	12			
AUT.	DIB.	VER.	SUPV.	APR.	



**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4  
 DIAGRAMA FUNCIONAL DE PROTECCIONES AISLAMIENTO DE CALENTADORES

PLANO No. DF - 09  
 REV. 1



derivación (LV 2055B en el calentador 1). Estas válvulas se controlarán por medio de un circuito lógico (1.1 para el calentador 1 y 1.2 para el calentador 2) que abrirá primero la válvula de derivación y después cerrará las de aislamiento; la señal para aislar el calentador será proporcionada por un interruptor de muy alto nivel (LSHM 2055B para el calentador 1) a instalarse en el calentador. Una vez que el calentador ha sido aislado, entrará nuevamente en servicio mediante una señal dada por el operador en la sala de control (la señal la proporcionará un interruptor manual, HS 2055B para el sistema de aislamiento del calentador 1).

Instalación en las válvulas del sistema de aislamiento del calentador de interruptores de posición (ZS 2055, ZS 2055B y ZS 2055C para el calentador 1) que permitan al circuito lógico conocer el estado del sistema, proporcionar las acciones de control necesarias e indicar al operador, por medio de lámparas de posición, la ocurrencia de éstas.

Instalación en la sala de control de una alarma de muy alto nivel de agua (LAHH 2055B en el caso del calentador 1) y que sea activada por el interruptor de muy alto nivel a instalarse en el calentador.

Instalación en la sala de control de interruptores manuales (HS 2055 y HS 2055B para el calentador 1) que permitan realizar acciones de control sobre las válvulas de aislamiento.

El control del aire de instrumentos que deberá accionar a las válvulas de aislamiento y derivación se hará mediante la

utilización de válvulas de tres vías accionadas por solenoide (LY 2055, LY 2055B y LY 2055C en el caso del calentador 1) que a su vez serán controladas por el circuito lógico.

En el capítulo que a continuación se presenta se hace una descripción detallada de la lógica de control del sistema de aislamiento de calentadores.

## CAPITULO V. CIRCUITOS LOGICOS DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES

### V.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

En el capítulo anterior se han presentado las protecciones que son factibles de ser instaladas en el Sistema de Extracciones de Vapor, con la finalidad de evitar la inducción de agua, a la turbina de la Unidad 4 de la Central termoeléctrica Valle de México, a través de éstas. En el presente capítulo se hace una descripción de los circuitos lógicos de control de dichas protecciones.

La obtención de dichos circuitos hizo necesario el seguimiento de cierta metodología de trabajo, cuyos pasos se indican a continuación :

1. Elección de la simbología a seguir en la elaboración de los circuitos. La simbología elegida se encuentra en las Normas de la Comisión Federal de Electricidad y es una variante de la que existe en la Norma ISA para la elaboración de circuitos lógicos de control de procesos industriales.

Esta simbología permite, tanto al personal de operación de la Planta, como a las personas encargadas de la implementación del sistema de control, una fácil comprensión de la lógica contenida en los circuitos.

La simbología arriba mencionada se encuentra en el apéndice C de la presente tesis.

2. Identificación a partir de los Diagramas Funcionales, ver capítulo anterior, de las señales de entrada y de salida del circuito lógico.

Las señales de entrada incluyen a aquellas, que provenientes de campo, censan niveles de agua, humedad, posición de válvulas y disparo de turbina, así como a las señales que se generan en la sala de control por medio de la activación de interruptores manuales.

Las señales de salida incluyen tanto a las que realizan acciones de control sobre las protecciones, tales como la activación de solenoides en válvulas de tres vías o energización de arrancadores en válvulas motorizadas, como a las de señalización, las cuales activan alarmas y luces piloto en la sala de control.

3. Determinación de las reglas de relación entre las señales de entrada y las de salida.

Estas reglas de relación se obtuvieron en base a las recomendaciones dadas por las Normas existentes (ver capítulo III de la presente tesis) y al conocimiento del proceso a ser controlado.

Para la obtención de las reglas de relación fue necesaria una constante interacción, del trabajo elaborado, por parte del personal del Departamento de Instrumentación y Control de la Central Termoeléctrica Valle de México y de Investigadores del IIE.

4. Aplicación de las leyes del álgebra de Boole para la optimización de la lógica obtenida.
5. Realización de pruebas de escritorio con la finalidad de verificar los circuitos lógicos obtenidos.

Los circuitos que aquí se presentan son los que fueron entregados a la Comisión Federal de Electricidad como parte del Estudio, que para proteger a la turbina de la Unidad 4 de la Central antes mencionada, realizó el Departamento de Instrumentación y Control de la División Estudios de Ingeniería del IIE, del cual formo parte.

La descripción que aquí se hace de los circuitos es operativa, es decir se indica la función de éstos, la acción de control que ejercen sobre los elementos de protección. La estructura lógica se comprende a través de la observación de las figuras contenidas en este capítulo.

La numeración que se hace de los circuitos (2.1 para el que corresponde a la extracción 3, por ejemplo) y que aparece en los Diagramas Funcionales del capítulo anterior, les fue asignado durante la elaboración de una lista de señales que fue elaborada como parte del Estudio antes mencionado. Tal numeración es la que a continuación se indica :

- 1.1 Circuito lógico correspondiente al aislamiento del calentador 1.
- 1.2 Circuito lógico correspondiente al aislamiento del calentador 2.

- 2.1 Circuito lógico correspondiente a la extracción 3.
- 2.2 Circuito lógico correspondiente a la extracción 4.
- 2.3 Circuito lógico correspondiente a la extracción 5.
- 2.4 Circuito lógico correspondiente a la extracción 6.
- 2.5 Circuito lógico correspondiente a la extracción 7.
  
- 3.1 Circuito lógico correspondiente al drenaje en cascada entre calentadores 2 y 1.
- 3.2 Circuito lógico correspondiente al drenaje en cascada entre calentadores 3 y 2.
- 3.3 Circuito lógico correspondiente al drenaje en cascada entre calentadores 5 y 4.
- 3.4 Circuito lógico correspondiente al drenaje en cascada entre calentadores 6 y 5.
- 3.5 Circuito lógico correspondiente al drenaje en cascada entre calentadores 7 y 6.

En este capítulo se presentan los circuitos lógicos en el orden en que fueron presentadas las protecciones en el capítulo anterior.

## V.2 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACTIBLES DE INSTALAR EN LAS EXTRACCIONES DE VAPOR 3 Y 7.

La presente descripción es válida para las líneas de las

extracciones 3 y 7, aunque para fines descriptivos se hace para la extracción 7.

El circuito lógico se encargará del control de las protecciones de la extracción 7, las cuales consisten en la motorización de la válvula de bloqueo, para impedir la circulación de agua del calentador hacia la turbina, así como sistemas de drenaje con válvulas de accionamiento neumático, que eliminen el agua acumulada en la extracción y que permiten la salida de vapor, cuando se le impide el paso hacia el calentador.

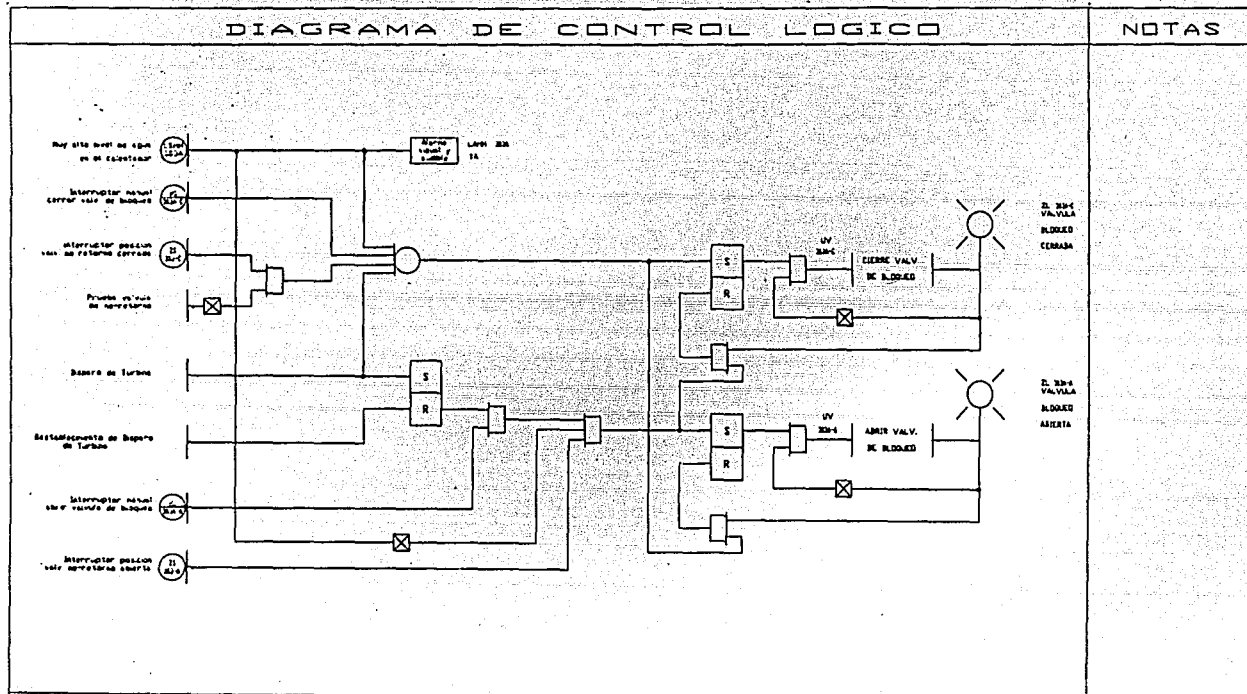
En las figuras V.1, V.2 y V.3 se muestra el circuito lógico correspondiente a la extracción 7 (circuito 2.5), que es exactamente igual al diseñado para controlar a la extracción 3 (circuito 2.1), por lo que no se considera necesaria la presentación de éste.

#### V.2.1 Operación de la válvula de bloqueo.

##### Cierre de la válvula

El cierre de la válvula de bloqueo (UV 303A) tendrá lugar al existir cualquiera de los siguientes permisos:

1. Muy alto nivel de agua en el calentador 7, detectado por medio de un interruptor (LSHH 303A).
2. Orden manual de cierre dada por medio de un interruptor colocado en la sala de control (HS 303C).
3. Disparo de turbina (X-ENT).

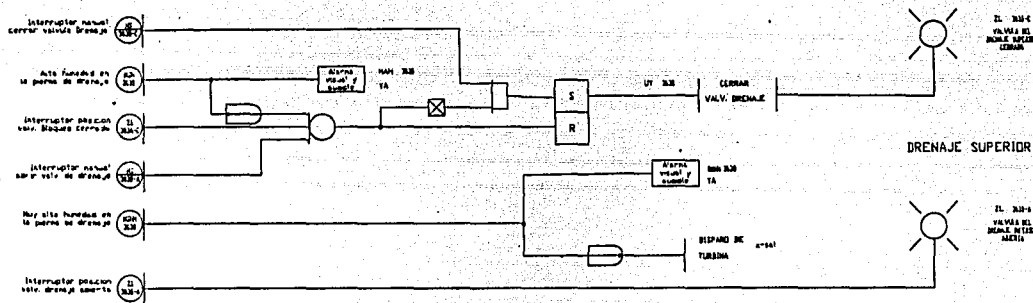


<p><b>TESIS PROFESIONAL</b> Juan Carlos Martínez García</p>	<table border="1" style="font-size: 8px;"> <tr> <td>FAK/ENK/MSI</td> <td>FAK</td> <td>DGC</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">AUT</td> <td style="text-align: center;">VER</td> <td style="text-align: center;">SUPV</td> <td style="text-align: center;">APR</td> </tr> </table>	FAK/ENK/MSI	FAK	DGC						AUT	VER	SUPV	APR	<p>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS OFICINA ESTADOS DE MEXICO</p>	<p><b>UNAM</b> <b>ENEP ARAGON</b> INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA</p>	<p>PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO UA LOGICA DE CONTROL DE PROTECCIONES EXTRACCION 1 - VALVULA DE BLOQUEO</p>	<p>PLANO No. DL - 25 REV. A</p>
	FAK/ENK/MSI	FAK	DGC														
AUT	VER	SUPV	APR														



DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



DRENAJE SUPERIOR

EL 200-4  
VALV. DE  
DRENAJE SUPERIOR

EL 200-4  
VALV. DE  
DRENAJE INFERIOR

TESIS PROFESIONAL  
Juan Carlos Martínez García

ENC	EM	MIC	FAC	DISE
AUT	VER	SUP	V	APR



UNAM  
ENEP ARAGON  
INGENIERIA  
MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO - 2549 VALLE DE MEXICO UA  
LOGICA DE CONTROL  
DE PROTECCIONES  
EXTRACCION 7 - DRENAJE SUPERIOR

PLANO No  
DL - 25  
REV. A



4. Cierre de la válvula de no retorno (IV 303) instalada en la extracción 7. La detección de la posición de la válvula se realiza por medio de un interruptor de posición (ZS 303A-C).

El circuito lógico no cerrará la válvula de bloqueo cuando se esté realizando la prueba de la válvula de no retorno. Esta prueba se realiza por medio de la activación de un interruptor manual (HN) en un tablero instalado cerca de la turbina; la prueba se debe realizar todos los días. Cuando ocurra este evento, la válvula motorizada no deberá cerrar, ya que no es una condición de peligro y el paro repentino del motor puede ser peligroso para el mismo.

La detección de muy alto nivel de agua en el calentador 7 activará también una alarma visual y audible (LAHH 303A) en la sala de control.

Al producirse el muy alto nivel de agua, o al cerrarse la válvula de no retorno, el circuito lógico permitirá el paso de energía al arrancador del motor de la válvula de bloqueo, ocasionando el cierre de ésta.

El circuito lógico mantendrá el suministro de energía al arrancador del motor, hasta que la válvula se encuentre totalmente cerrada.

El operador, en la sala de control, será testigo del proceso por medio de la percepción de la alarma (LAHH 303A) que indica el muy alto nivel de agua y también mediante la observación de las

lámparas indicadoras de la posición (ZL 303A-A y ZL 303A-C) de la válvula de bloqueo.

#### Apertura de la válvula

La apertura de la válvula de bloqueo tendrá lugar al producirse los siguientes permisos al mismo tiempo :

1. Válvula de no retorno abierta. La detección de la posición se realiza por medio de un interruptor de posición (ZS 303A-A).
2. No existencia de muy alto nivel de agua en el calentador.
3. Orden manual de apertura. Dada por medio de un interruptor colocado en la sala de control (HS 303A-A).

El operador en la sala de control dará la orden de apertura por medio del accionamiento de un interruptor, al dejar de existir la alarma del muy alto nivel de agua y al estar abierta la válvula de no retorno. En caso de que la causa del cierre de la válvula de bloqueo haya sido el disparo de turbina (X-ENT), se requerirá el restablecimiento de éste (HB), antes de ser factible la apertura de la válvula.

El circuito lógico mantendrá energizado el arrancador del motor de la válvula, hasta que ésta se abra totalmente.

#### V.2.2 Operación del drenaje superior.

Apertura de la válvula del drenaje superior (UV 303B)

La apertura de la válvula del drenaje tendrá lugar al existir cualquiera de los siguientes permisivus :

1. Detección de alta humedad, por medio de un interruptor (MSH 303B) colocado en la pierna de drenaje.
2. Válvula de bloqueo cerrada. Posición detectada por medio de un interruptor (ZS3 303A-C).
3. Orden manual de apertura. Dada mediante la activación de un interruptor (HS 303B-A) colocado en la sala de control.

La detección de alta humedad en la pierna del drenaje activará también una alarma visual y audible (MAH 303B) en la sala de control.

Al producirse la alta humedad el circuito lógico cortará el suministro de energía a la bobina de la válvula solenoide (UY 303B) que controla el flujo del aire de instrumentos a la válvula neumática del drenaje, interrumpiendo el paso de éste, ocasionando su apertura. El circuito lógico mantendrá abierto el drenaje el tiempo necesario para que desaparezca la alta humedad.

El operador, en la sala de control, será testigo del suceso mediante la percepción de la alarma que indica la alta humedad y también por la observación de las lámparas indicadoras de la posición (ZL 303B-A y ZL 303B-C) de la válvula del drenaje.

Cierre de la válvula del drenaje superior

El cierre de la válvula del drenaje superior tendrá lugar únicamente al cumplirse los siguientes permisivus :

1. No presencia de señal producto de la alta humedad en la pierna del drenaje.
2. Válvula de bloqueo abierta.
3. Orden manual de cierre. Dada por medio de un interruptor (HS 303B-C) localizado en la sala de control.

El operador en la sala de control dará la orden de cierre por medio del accionamiento del interruptor manual, al dejar de existir la alarma de alta humedad y al estar abierta la válvula de bloqueo.

Si se produce muy alta humedad en la pierna del drenaje, detectada por medio de un interruptor (MBHH 303B) colocado en la pierna del drenaje, el circuito lógico activará inmediatamente una alarma visual y audible (MAHH 303B) en la sala de control y si la muy alta humedad se mantiene durante un cierto tiempo, disparará la turbina.

#### V.2.3 Operación del drenaje inferior.

La operación de la lógica de control del drenaje inferior es igual a la del drenaje superior, siendo en este caso la válvula de no retorno (UV 303), próxima a la de bloqueo, la que realiza el papel de ésta.

### V.3 CIRCUITO LÓGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACILITABLES DE INSTALAR EN LAS EXTRACCIONES 4, 5 Y 6.

Las figuras V.4, V.5 y V.6 muestran al circuito lógico de control de las protecciones facilitables de instalar en la extracción 5 (circuito 2.3). Este circuito de control es igual al que requieren las extracciones 4 (circuito 2.2) y 6 (circuito 2.4), con la salvedad de que en esta última no existe el drenaje inferior y por lo tanto no se requiere la lógica de control de éste.

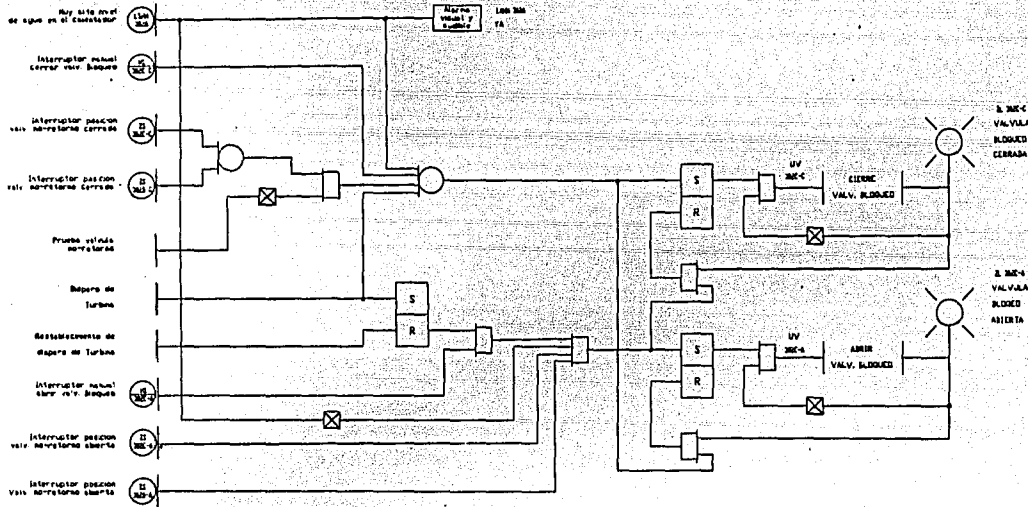
La única diferencia existente entre este circuito y el presentado anteriormente es la presencia de señales provenientes de una válvula de no retorno adicional, la cual no existe en las extracciones 3 y 7. Dado lo anterior se considera conveniente recurrir a la descripción hecha en el punto precedente para visualizar el funcionamiento del circuito aquí presentado.

### V.4 CIRCUITO LÓGICO DE CONTROL DE LAS PROTECCIONES FACILITABLES DE INSTALAR EN LOS DRENAJES EN CASCADA DE LOS CALENTADORES.

El circuito lógico de control de las protecciones facilitables de instalar en el drenaje en cascada entre los calentadores 2 y 1 (circuito 3.1) es exactamente igual a los que corresponden a los drenajes en cascada entre los calentadores 3 y 2, 5 y 4, 6 y 5 y 7 y 6 (circuitos 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 respectivamente). Este circuito lógico es en verdad simple y es equivalente a la parte del circuito de control de las extracciones que se encarga del

DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



TESIS PROFESIONAL

Juan Carlos Martínez García

FAC/ING/IEG FAC/IEG

AUT. VER. SUPV. APR.

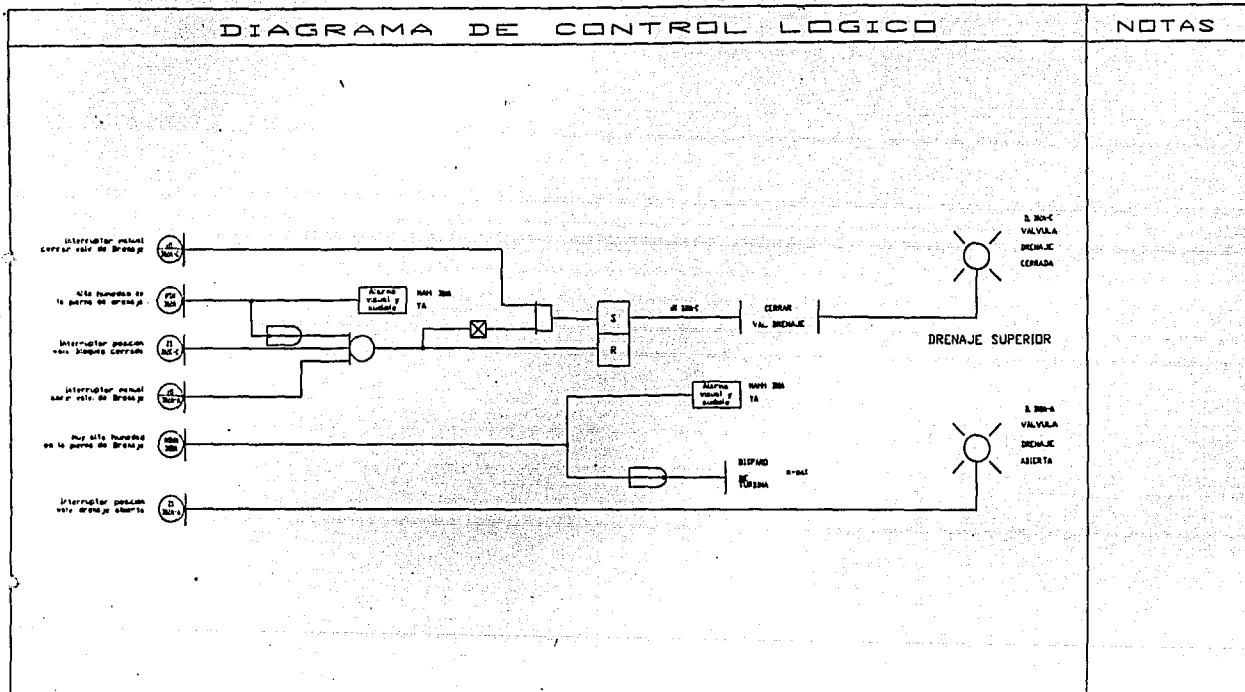


INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS  
DIVISION ESTUDIOS DE INGENIERIA

UNAM  
ENEP ARAGON  
INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO U4 PLANO No.  
LOGICA DE CONTROL DE PROTECCIONES  
EXTRACCION 5 - VALVULA DE BLOQUEO  
DL - 23  
REV. A





NOTAS

**TESIS PROFESIONAL**  
*Juan Carlos Martínez García*

FAC/ENGENG	FAC	DGC
AUT.	VER	SUPV
	APR	



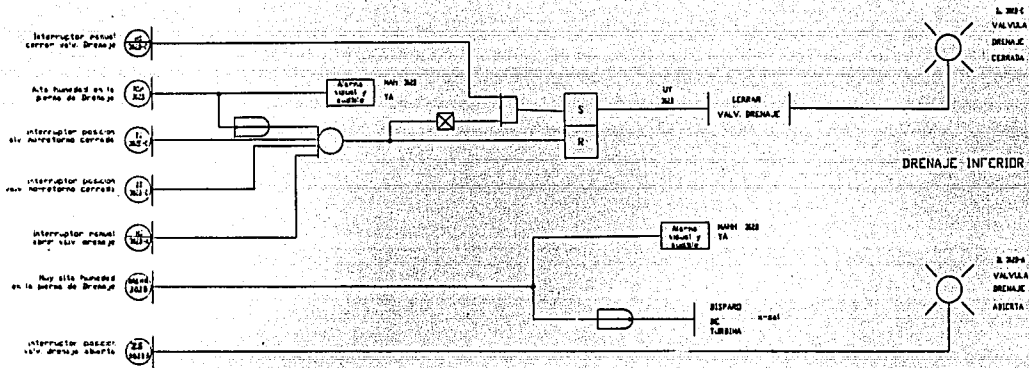
**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO UA  
 LOGICA DE CONTROL  
 DE PROTECCIONES  
 EXTRACCION 5 - DRENAJE SUPERIOR

PLANO No.	DL - 23
REV.	A

DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



DRENAJE INFERIOR

TESIS PROFESIONAL  
 Juan Carlos Martínez García

ELAB./ING./MID.	FAC.	DGC.	
AUT.	VER.	SUP.V.	APR.



UNAM  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO - 2349 VALLE DE MEXICO U4	PLANO No.
LOGICA DE CONTROL DE PROTECCIONES	DL - 23
EXTRACCION 5 - DRENAJE INFERIOR	REV. A

control de alguno de los drenajes. En la descripción que a continuación se presenta podrá notarse el carácter repetitivo de los circuitos lógicos contenidos en este capítulo, siendo esta característica de repetitividad la que permite, una vez diseñado un circuito, utilizar algunos de sus componentes estructurales en la construcción de otros.

La figura V.7 contiene el circuito de control de la válvula del drenaje en cascada existente entre los calentadores 2 y 1.

#### Funcionamiento del circuito lógico :

El circuito lógico iniciará la operación de protección en cuanto exista muy alto nivel de agua en el calentador 1, dando lugar al cierre de la válvula del drenaje en cascada existente entre este calentador y el calentador 2.

#### Cierre de la válvula del drenaje en cascada

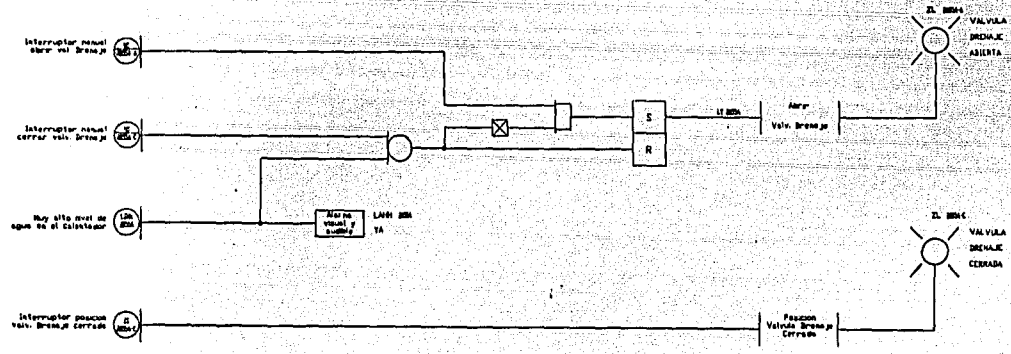
El cierre de la válvula del drenaje en cascada tendrá lugar al existir cualquiera de los siguientes permisivus :

1. Detección, por medio de un interruptor (LHH 2055A), de muy alto nivel de agua en el calentador 1.
2. Orden manual de cierre dada desde la sala de control por medio de un interruptor (HS 2055A-C).

La detección de muy alto nivel de agua en el calentador 1 activará también una alarma visual y audible (LAHH 2055A) en la sala de control.

DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



TESIS PROFESIONAL  
 Juan Carlos Martínez García

FAC/INGENIERIA	FAC	DGC
ALT.	VER	SUPV
	APR	



UNAM  
 ENEP ARAGON  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICA

PROYECTO : 2349 VALLE DE MEXICO UNAM  
 LOGICA DE CONTROL  
 DE PROTECCIONES  
 DRENAJE EN CASCADA ENTRE CALENTADORES 2 Y 1

PLAND No.	DL - 31
REV.	A

Al presentarse el muy alto nivel de agua, el circuito lógico cortará el suministro de energía a la bobina de la válvula solenoide que controla el flujo de aire de instrumentos a la válvula neumática del drenaje, interrumpiendo el paso del aire a ésta, lo que ocasiona su cierre.

Mediante la observación, en la sala de control, de la alarma que indica el muy alto nivel de agua en el calentador 1 (LAHH 2055A) y de las lámparas de posición de la válvula del drenaje en cascada (ZL 2055A-A y ZL 2055A-C), el operador será testigo del proceso de protección.

#### Apertura de la válvula del drenaje en cascada

La apertura de la válvula del drenaje en cascada tendrá lugar únicamente al cumplirse los siguientes permisos:

1. No existencia de muy alto nivel de agua en el calentador 1.
2. Orden manual de apertura de la válvula, la cual se genera al activarse un interruptor (HS 2055A A) en la sala de control.

El operador en la sala de control dará la orden de apertura por medio del accionamiento de un interruptor, al dejar de existir la alarma que indica el muy alto nivel de agua.

#### V.5 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL DEL AISLAMIENTO DE LOS CALENTADORES 2 Y 1.

Este punto comprende la descripción del circuito lógico correspondiente al aislamiento de los calentadores 2 y 1. Las figuras V.8 y V.9 muestran el circuito correspondiente al aislamiento del calentador 1, que es exactamente igual al que se requiere para controlar el aislamiento del calentador 2.

El circuito lógico iniciará la operación de protección en cuanto sea detectado muy alto nivel de agua en el calentador. Como fue visto en el capítulo anterior, el aislamiento del calentador 1 se hará por medio de la instalación de una válvula de bloqueo en la entrada del calentador y otra en la salida, asimismo se asegurará el paso de agua de alimentación por medio de una línea de derivación dotada de una válvula comúnmente llamada válvula by-pass.

#### V.5.1 Control de la válvula de derivación.

##### Apertura de la válvula

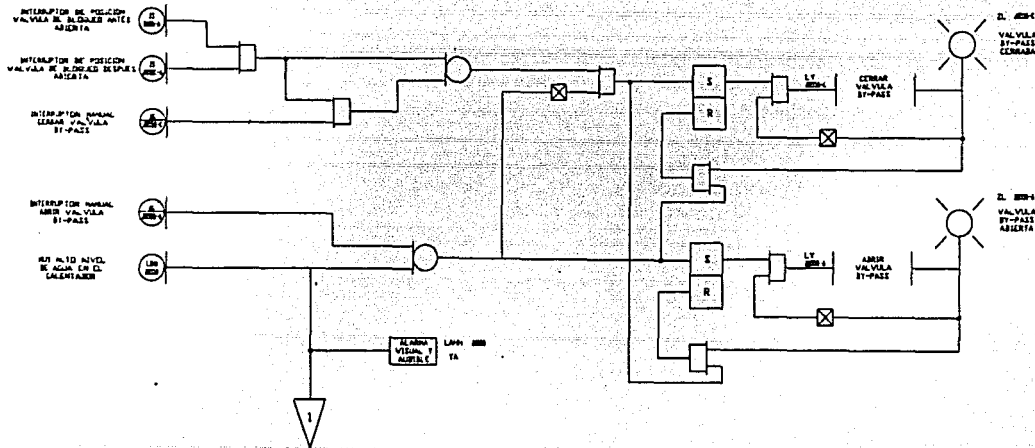
Esta válvula se encontrará cerrada en condiciones normales de operación del sistema y abierta cuando el calentador sea aislado. La apertura de la válvula tendrá lugar al producirse muy alto nivel de agua en el calentador, lo cual será detectado mediante la utilización de un interruptor colocado en éste (LSHH 2055B).

La detección de muy alto nivel activará una alarma visual y audible (LAHH 2055B) en la sala de control.

El circuito lógico efectuará la apertura de la válvula de

DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



**TESIS PROFESIONAL**  
*Juan Carlos Martínez García*

FAC	ENGEN	FAC	DCG
AUT.	VER	SUPV	APR.



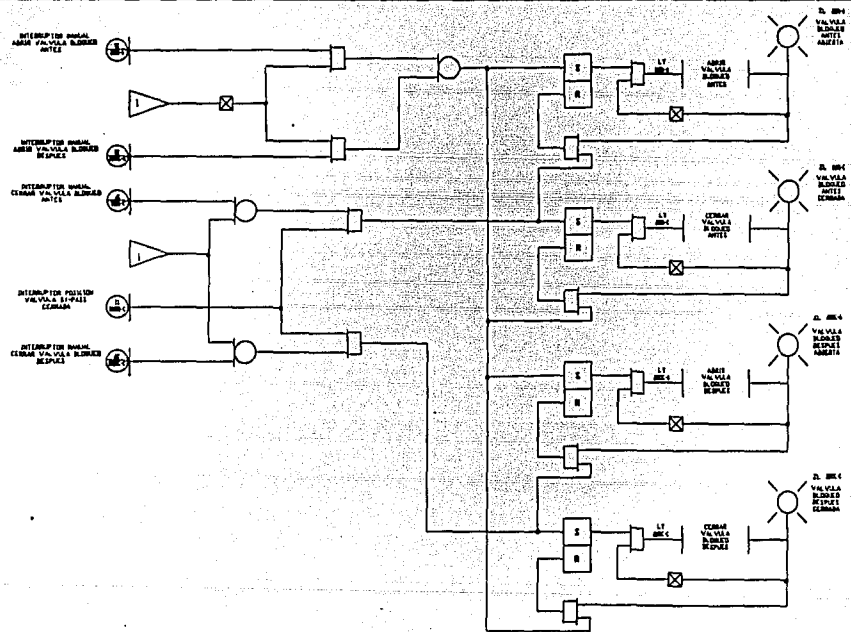
**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
 INGENIERIA  
 MECANICA Y ELECTRICIA

PROYECTO 2349 VALLE DE MEXICO U4  
 LOGICA DE CONTROL  
 DE PROTECCIONES  
 AUMENTO DEL CALENTADOR 1 - VALVULA DE REVISION

PLANO No.
DL - 11
REV. A

DIAGRAMA DE CONTROL LOGICO

NOTAS



S. 004  
VALVULA BOMBEO AGUA  
ABASE

S. 001  
VALVULA BOMBEO ESPESA  
CERRAR

S. 004  
VALVULA BOMBEO AGUA  
ABASE

S. 001  
VALVULA BOMBEO ESPESA  
CERRAR

TESIS PROFESIONAL

Juan Carlos Martínez García

FAC/ING/ME	FAC	DGC		
AUT.	VER.	SUP.	APR.	



**UNAM**  
**ENEP ARAGON**  
INGENIERIA  
MECANICA Y ELECTRICIA

PROYECTO - 2349 VALLE DE MEXICO U4  
LOGICA DE CONTROL DE PROTECCIONES  
AISLAMIENTO DEL CALENTADOR 1 - VALVULAS DE BOMBEO

PLANO No.  
DL - 11  
REV. A



derivación, de accionamiento neumático, energizando una de las dos bobinas de la válvula solenoide (LV 2055B), lo que interrumpe el paso del aire de instrumentos a la válvula de derivación, ocasionando su apertura. El operador en la sala de control podrá también iniciar el proceso de aislamiento por medio de la activación de un interruptor manual (HS 2055B-A).

#### Cierre de la válvula

El cierre de la válvula tendrá lugar al cumplirse los siguientes permisos:

1. Válvulas de bloqueo (LV 2055 y LV 2055C) abiertas.
2. Orden manual de cierre (HS 2055B-C).

El operador en la sala de control dará la orden de cierre por medio del accionamiento de un interruptor (HS 2055B-C), al dejar de existir el muy alto nivel de agua en el calentador y estando abiertas las válvulas de bloqueo.

#### V.5.2 Control de las válvulas de bloqueo.

Las válvulas de bloqueo (LV 2055 y LV 2055C) se cerrarán al presentarse el muy alto nivel de agua en el calentador (LSH4 2055B), siempre y cuando se encuentre abierta la válvula de derivación (LV 2055B). El operador en la sala de control será testigo del proceso por medio de la observación de las lámparas indicadoras de posición (ZL 2055-A, ZL 2055-C, ZL 2055C-A y ZL 2055C-C) de las válvulas de bloqueo. El cierre de estas válvulas

por medio de los interruptores manuales (HS 2055-C y HS 2055C-C), a instalar en la sala de control, será posible sólo si no hay muy alto nivel de agua en el calentador y si se encuentra abierta la válvula de derivación.

El circuito lógico, activando a las bobinas adecuadas de las válvulas solenoide (LY 2055 y LY 2055C), ocasiona la interrupción del paso del aire de instrumentos a los actuadores neumáticos de las válvulas de bloqueo, lo que las cierra.

La apertura de las válvulas de bloqueo se realizará sólo por orden manual, activando los interruptores adecuados (HS 2055-A y HS 2055C-A) en la sala de control y siempre y cuando no exista ya el muy alto nivel de agua en el calentador.

## CONCLUSIONES

Como se marco en la introducción de la tesis aquí presentada, el diseño de la lógica de control es muy importante en el desarrollo de proyectos de protecciones, ya que esta lógica resume el conocimiento adquirido del funcionamiento de un determinado proceso y de las técnicas optimas para su manipulación.

En el problema tratado, control lógico de protecciones contra inducción de agua en la turbina de la Unidad 4 de la CTE Valle de México, el desarrollo de la lógica implicó una larga secuencia de actividades tales como el conocimiento del problema a resolver, que motivo el aprendizaje de las técnicas de control lógico empleadas en plantas termoelectricas, el conocimiento de las características de los dispositivos de protección, el manejo de ciertas Normas y criterios, etc. y asimismo permitió el esclarecimiento de las limitantes y defectos que existen en el diseño de circuitos de control lógico de procesos industriales. En particular, en el desarrollo de la lógica aquí expuesta, como parte de un proyecto del Instituto de Investigaciones Eléctricas, se noto la ausencia de herramientas modernas de diseño, tales como paquetes de programación para la simulación y diseño de circuitos lógicos de control de procesos industriales, paquetes que de no existir, deberían haber sido realizados tiempo atrás

por expertos en computación del propio Instituto de Investigaciones Eléctricas, personal por demás capacitado para elaboración de tales herramientas. Fue también de notarse la ausencia de una metodología de trabajo que permitiera la optimización del tiempo empleado en la resolución del problema.

Cabe mencionar que el desarrollo de circuitos lógicos de control de procesos industriales implica el conocimiento de éstos y por lo tanto la interrelación con el personal encargado de su operación. En mi caso, recibí la asesoría de personal de Instrumentación y Control de la CTE Valle de México y como una de las conclusiones más importantes de este trabajo, note la necesidad de la inclusión de este tipo de personal, conocedor profundo de los procesos que ocurren en la planta a su cargo, en la ejecución de un estudio de ingeniería, no como asesor, sino como parte integrante del equipo encargado del proyecto, ya que la unión de la teoría y la práctica hacen más completo cualquier trabajo de ingeniería.

En lo que respecta al aspecto puramente técnico del contenido de esta tesis, la lógica elaborada fue aprobada por Investigadores del Departamento de Instrumentación y Control del Instituto de Investigaciones Eléctricas y por el Departamento de Instrumentación y Control de la Central Termoeléctrica Valle de México y se considero técnicamente factible la implantación de las protecciones aquí recomendadas.







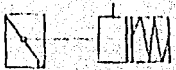

Cabe mencionar que la realización física de los circuitos lógicos de control de las protecciones contra inducción de agua a


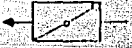



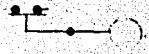
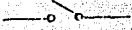

la turbina de la Unidad 4 de la CTE Valle de México, se hará por medio de la utilización de un sistema de control lógico programable basado en microprocesadores, el cual fue diseñado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Cada uno de los circuitos aquí presentados será codificado como un programa de computo, haciendo uso para ello de un lenguaje de programación para control lógico, diseñado también por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. De lo anterior se concluye que los circuitos lógicos obtenidos como producto de esta tesis facilitaran la elaboración de los programas de control, ya que son los algoritmos básicos a ser codificados.

Dada la importancia de garantizar el suministro constante de energía eléctrica y de los altos costos que su interrupción ocasiona, el mantenimiento de las plantas generadoras es indispensable, más en este momento de crisis económica por la que atraviesa el país, que hace en extremo onerosa la reparación de daños ocurridos a equipos principales de éstas, de allí la importancia de evitar la ocurrencia de tales daños, de ello se desprende la necesidad de la realización de proyectos, que como en el que se suscribe esta tesis, tengan por finalidad evitar daños por inducción de agua a la turbina en plantas termoeléctricas, principales fuentes de generación de energía eléctrica en nuestro país.

**APENDICE A**

**SIMBOLOGIA UTILIZADA EN DIAGRAMAS SIMPLIFICADOS  
DE CONTROL**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	<b>FILTRO DE AIRE - VALVULA DE REDUC- CION DE PRESION</b>
	<b>VALVULA DE GLOBO</b>
	<b>VALVULA OPERADA POR PISTON</b>
	<b>VALVULA CONTROLADA NEUMATICAMENTE</b>
	<b>VALVULA DE NO RETORNO</b>
	<b>VALVULA DE NO RETORNO - VALVULA FLAP</b>
	<b>VALVULA DE NO RETORNO PARA EXTRAC- CION, OPERADA POR PISTON</b>
	<b>ORIFICIO</b>

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBO VENTURI
	VALVULA DE MARIPOSA
	SOLENOIDE
	FUELLE
	FLOTADOR CON INTERRUPTOR NORMAL- MENTE ABIERTO
	FLOTADOR CON INTERRUPTOR NORMAL- MENTE CERRADO
	INTERRUPTOR MANUAL
	VALVULA OPERADA MANUALMENTE



**A P E N D I C E      B**





**A P E N D I C E G**

SIMBOLOGIA UTILIZADA EN DIAGRAMAS DE CONTROL LOGICO



$$C = A \cdot B$$

COMPUERTA AND

FUNCION LOGICA



$$C = A + B$$

COMPUERTA OR

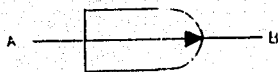
FUNCION LOGICA



$$B = \bar{A}$$

INVERSOR

FUNCION LOGICA



TEMPORIZADOR

(CONSERVACION TEMPORAL DE LA SEÑAL)

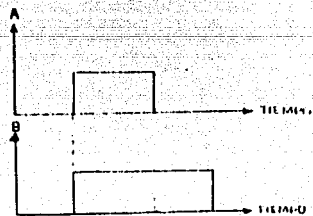


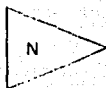
DIAGRAMA DE TIEMPOS



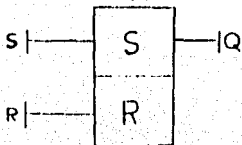
TEMPORIZADOR  
(ATRASSO TEMPORAL DE LA SENAL)



DIAGRAMA DE TIEMPOS



BANDERA DE INDICACION DE ORIGEN O DESTINO DE UNA SENAL DENTRO DE UN DETERMINADO CIRCUITO (N INDICA PUNTO ORIGEN O DESTINO)



$$Q_{n+1} = S + RQ_n$$

FLIP FLOP SR

FUNCION LOGICA

## BIBLIOGRAFIA

1. PROTECTIVE SYSTEMS.  
Solartron System Group
2. CENTRALES DE VAPOR.  
G.A. Gaffert  
Ed. Reverte, S.A., 1975
3. ELEMENTS OF THERMODYNAMICS AND HEAT TRANSFER.  
Obert  
International Students Edition, 1962
4. PRACTICAL PROCESS INSTRUMENTATION AND CONTROL.  
The staff of Chemical Engineering  
McGraw-Hill Co., 1980
5. STANDARDS AND PRACTICES FOR INSTRUMENTATION (NORMA  
S5.1).  
Instrumentation Society of America  
ISA, 1986
6. PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.  
Kern, Donald Q.  
C.E.C.S.A., 1976
7. RECOMMENDED PRACTICES FOR THE PREVENTION OF WATER

DAMAGE TO STEAM TURBINES USED FOR ELECTRIC POWER  
GENERATION.

The American Society of Mechanical Engineers  
ASME, 1985

8. INSTRUMENTATIONS SYMBOLS AND IDENTIFICATION.  
ISA Standard, 1986
9. CURSO DE ESTRUCTURA Y CONCEPTOS DE DISEÑO DE SISTEMAS  
DE CONTROL EN PLANTAS TERMoeLECTRICAS.  
Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1979
10. TURBINE WATER DAMAGE PREVENTION.  
Kurt G. Reinhard and Giovanni P. Schatzman  
American Power Conference, 1972
11. HOW TO KEEP WATER OUT TURBINES.  
I. H. Moore  
Power, 1971
12. CENTRAL TERMoeLECTRICA VALLE DE MEXICO (INSTRUCTIVO DE  
PRUEBAS Y AJUSTES AL SISTEMA DE CONTROL DE TURBINA  
MARCA BROWN BOVERI DE 300 MW).  
Gerencia General de Operación. Región de  
Generación Termoelectrónica Central (CFE)
13. ORGANIZACION DE COMPUTADORAS.  
Hamacher, V. Carl  
McGraw-Hill, 1986