

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**



12<sup>2</sup> Ego

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**"DISEÑO DE UN TABLERO DE PROTECCION Y CONTROL  
PARA UN GENERADOR DE VAPOR"**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A**

**CARLOS FREGOSO TIRADO**

**GUADALAJARA, JALISCO 1987**



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.

## I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
EL GENERADOR DE VAPOR	4
Tipos de Calderas	5
Partes de la Caldera	6
Comportamiento de las Calderas	12
Balance Térmico	13
Combustibles y Combustión	14
Protección del Generador	16
CAPITULO II	
DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DEL GABINETE	17
Secuencia de los Diagramas	17
- Seguros	18
- Alarmas	19
- Prueba de Alarmas y Luces	21
- Barrido	23
- Encendido de Quemadores	26
- En caso de Falla de Flama	29
- Modulación	30
- Diagramas Eléctricos	32

## CAPITULO III

LISTA DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES	44
Componentes	44
Relevadores: Clave y Contactos Usados	45
Temporizadores: Clave y Contactos Usados	47
Lámparas: Color y Número	47
Lista de Materiales	48
- Panel Exterior	48
- Panel Interior	49
Vista de los Dibujos del Tablero	53
- Interruptores y Lámparas del Tablero	54
- Leyenda de los Componentes del Tablero	60
Tablilla de Conexiones del Tablero	62
- Simbología	66

## CAPITULO IV

INSTRUCTIVO DE INSTALACION Y OPERACION	68
Descripción de las Funciones del Tablero	68
- Sistema de Seguros y Alarmas	70
- Sistema de Barrido de los Gases	73
- Sistema de Encendido de Pilotos y Quemadores.	74
- Sistema de Control de Presión de Vapor	75

	PAGINA
Instalación Eléctrica	76
Operación de la Caldera	78
- Preliminares	78
- Puesta a Punto de las Condiciones de Seguridad para preparar el Encendido	79
- Barrido de la Caldera	81
- Encendido de Pilotos	83
- Encendido Quemadores	85
- Control de Vapor	87
APENDICE	89
Relevadores	89
Abreviaturas	90
Controles Contra Falla de Flama	92
Servomecanismos	93
BIBLIOGRAFIA	95

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

En la vida moderna, se fabrican calderas de diferentes tipos - tamaños y modelos.

Cada una de ellas requiere elementos que supervisen y controlen en todo momento su operación para obtener de ella un servicio eficiente y confiable.

Un elemento muy importante para lograr esto, es un sistema que realice la función de monitorear y controlar los parámetros operativos de la caldera a través de componentes que le supervisen en todo momento información a dicho sistema, procese la información y ejecute las acciones de control que se requieran en forma inmediata, o muestre la información a un operador para que éste pueda decidir qué acciones deben seguir.

El tema de esta tesis trata precisamente de un sistema de protección y control de una caldera.

Las condiciones iniciales para el diseño se establecieron, en que fuera un diseño que permitiera construir el sistema de protección y control, rápida y confiablemente con el máximo contenido de componentes nacionales.

En base a lo anterior, se dispuso un diseño básicamente con relevadores electromecánicos de fácil adquisición en el mercado nacional.

Existen ya diseños en el mercado que hacen el mismo trabajo, pero existen industrias que no pueden utilizarlos por demasiado caros, ya que la mayoría de sus componentes no se fabrican en el país, también el querer cambiar una de las piezas se pierde mucho tiempo ya que habría que pedirla al extranjero.

Otros ya existentes son pocos, y ésta es una buena razón para hacer dicho sistema.

Para su comercialización se requieren ciertos perfeccionamientos que implicarían una inversión de capital así como de algunas modificaciones que hubiera necesidad de hacerle basadas en las observaciones del funcionamiento actual de cada generador de vapor que se fuera a controlar.

En el primer capítulo llamado "El Generador de Vapor", se presenta una descripción del generador de vapor, empezando por el significado de caldera, los pasos que necesita para generar vapor, los tipos de calderas, sus partes, su comportamiento, su balance térmico, los diferentes tipos de combustión que se utilizan y su combustión.

En el segundo capítulo llamado "Diseño del Sistema de Protección y Control del Gabinete", se representa una descripción de la secuencia de los diagramas, los eventos que suceden paso por paso, así como los diagramas eléctricos del tablero y las funciones que realizan los diferentes componentes.

En el tercer capítulo llamado "Lista de Materiales y Especificaciones de los Componentes", vemos los diferentes componentes, como por -- ejemplo los contactos utilizados en los relevadores, el número de piezas -- utilizadas y la función que realizan.

Se presenta también varias vistas de los dibujos del tablero, -- éste visto desde varios ángulos con algunos detalles de los mismos. Tam -- bién donde van los interruptores y lámparas utilizadas.

Aparece también la tablilla de conexiones y la simbología utili -- zada en los diagramas.

En el cuarto capítulo llamado "Instructivo de Instalación y ope -- ración", se describen las funciones que realiza el tablero y se va viendo detalladamente caso por caso.

Después de los capítulos viene una sección llamada "Apéndice", -- en la cual se tratan algunos datos complementarios para la realización -- del tablero.

También se cuenta con otra sección dedicada a la bibliografía, -- de donde se sacaron algunos o casi todos los datos para la realización de esta Tesis.

## CAPITULO I

### EL GENERADOR DE VAPOR

La palabra Caldera proviene de latín "Calderia" de Caldus, que significa caliente.

A la caldera se le denomina también "Generador de Vapor", puede definirse como equipo o aparato por medio del cual se eleva el nivel de energía interna por medio de combustibles mediante la transmisión del calor procedente de una fuente externa.

Generalmente una Caldera diseñada para generar vapor es empleada como calentador, la cual se utiliza para elevar la temperatura del agua.

Esta operación se realiza en varios pasos, los cuales son los siguientes:

1. Mediante la combustión se transforma la energía química del combustible en calor.
2. El calor se transmite al agua a través de los tubos internos.
3. El agua después de un tiempo se eleva a una temperatura suficientemente alta para después convertirse en vapor.
4. La temperatura del vapor se aumenta al pasar por el sobrecalentador, esto se hace con el objeto de aumentar su capacidad calorífica y evitar las pérdidas de calor debidas a la humedad, y con esto se dispone

de más energía útil.

#### TIPOS DE CALDERAS

El mayor factor de seguridad que presentan las calderas del tipo de Tubos de Agua se reconoció hace más de 100 años, y éstos en general han desplazado el tipo de caldera de tubo y humos, excepto en casos especiales.

Dependiendo de la posición relativa de los gases calientes y -- del agua se clasifican en:

Pirotubulares y

Acuotubulares

Pirotubulares: En éstas los gases calientes pasan por el interior de los tubos, los cuales se hallan rodeados de agua.

Este tipo de calderas generalmente tienen un hogar integral (o caja de fuego) limitados por superficies enfriadas por agua.

En la actualidad se utilizan en instalaciones de calefacción a baja presión y las más grandes para producir vapor destinado a la producción de energía.

Las de tubos de retorno son utilizadas en pequeñas centrales in

dustriales, por su bajo costo, gran facilidad de limpieza y gran volúmen de agua.

Acuotubulares: En éstas, por el interior de los tubos pasa -- agua o vapor y los gases calientes se hallan con la superficie externa - de éstos, se caracterizan por ser grandes productores de vapor debido a su gran poder calorífico por tener una gran superficie de calefacción y al gran recorrido de los gases de combustión.

Esta es la razón por la que las plantas de energía eléctrica - utilizan casi exclusivamente este tipo de calderas.

#### PARTES DE LA CALDERA

Básicamente las calderas son todas parecidas entre sí, aunque - con ciertas diferencias.

Sus principales partes son:

Hogar

Paredes de Agua

Tubos

Mamparas

Domos

Sobrecalentador

Tiro

Hogar; También llamado "Horno". Es una cámara donde se efectúa la combustión. La cámara regula la combustión y es capaz de resistir altas temperaturas que se presentan y la presión que se utiliza.

Este contribuye directamente a la generación de vapor, el calor absorbido puede recuperarse utilizando el aire de enfriamiento para la combustión, acelerando así la ignición y el completo quemado del combustible.

Los hornos con agua de enfriamiento reducen la transferencia de calor a los miembros estructurales que lo forman y en consecuencia, la temperatura puede limitarse de tal manera que satisfaga los requerimientos de resistencia de los elementos estructurales y se tenga resistencia a la oxidación, cuando se utilizan este tipo de hornos se reducen las pérdidas de calor al exterior.

Paredes de Agua; Se le llama así porque existe una serie de tubos que rodean al horno de la caldera. Estos tubos aumentan considerablemente la capacidad de la caldera y disminuyen la temperatura del horno, con lo cual protegen el refractario de las paredes.

Tubos; Estos pueden ser rectos o curvos. Los primeros se unen entre sí por cabezales, que a su vez están unidos a los tambores colectores de vapor.

Los tubos curvos permiten contracciones y expansiones, lo cual hace que entren en los colectores en forma radial.

Mamparas; Para que el generador pueda aprovechar mejor el calor de combustión, el paso de los gases no llega en forma directa a la chimenea, sino que está dividido por tabiques reflectores llamados mamparas, los cuales aumentan el recorrido de los gases.

Domo; El agua de alimentación de la caldera llega a un recipiente o colector llamado domo, el cual contiene el nivel de agua en la caldera. Este hay que estarlo checando para que nunca deje de tener agua.

Sobrecalentador; Este toma el vapor del colector y eleva su temperatura. Reduce la condensación del vapor, aumenta la energía útil. El término sobrecalentado se aplica al vapor de más alta presión.

Las ventajas que se obtienen con esto es la conservación de la energía, combustión mejorada, aumento de rendimiento y como consecuencia aumenta la transmisión de calor a la caldera.

Tiro; El término tiro nos dice que es la diferencia entre la presión atmosférica y alguna otra presión de menor valor que existe en el interior del horno o en los pasajes conductores de gases de combustión dentro de la unidad generadora de vapor.

Existen dos tipos diferentes de tiros que son:

Forzado

Inducido

El tiro forzado o inducido, se produce mecánicamente por medio de ventiladores, en los de presión a través de la unidad generadora de vapor puede ser superior a la presión atmosférica.

Ventilador de Tiro Forzado; Pasa el aire de la combustión al horno pasando a través del quemador, maneja aire frío y limpio y representa el medio más económico para proporcionar energía al flujo.

Ventilador de Tiro Inducido; Es el que se encarga de extraer los gases, maneja gases de combustión calientes, los cuales requieren más potencia.

Accesorios; Dependiendo del tipo de generador, existen varios accesorios que son los siguientes:

Recalentadores; Son simples intercambiadores de calor destinados a comunicar energía adicional al vapor además de la que posee en el estado de saturación a una presión dada.

Tienen por objeto llevar el vapor parcialmente expandido a la temperatura de recalentamiento haciéndolo pasar por el interior de tubos colocados a través de la corriente de los gases.

El nombre de recalentadores viene porque utiliza el vapor recalentado de presión más baja.

Saturadores; En los distintos procesos industriales (como son

la fabricación del azúcar, pinturas, aceites, materias textiles, celulosa, papel y otros más) se necesita vapor saturado en lugar de vapor recalentado y si también necesita energía la podemos generar más fácilmente y económicamente mediante vapor recalentado, entonces será necesario producir a la vez vapor recalentado y vapor saturado.

Las centrales industriales modernas recalientan primero el vapor y lo hacen pasar por unos aparatos llamados saturadores, que sirven para quitar el recalentamiento requerido por los aparatos y procesos.

Los saturadores pueden ser del tipo de pulverizador en los cuales se quita el recalentamiento inyectando agua de alimentación de la caldera.

El otro es el llamado del tipo de superficie, en los cuales mediante un intercambiador de calor, en el cual el agua y el vapor no se mezclan. Cada tipo tiene una regulación automática.

Economizadores: Son calentadores de agua de alimentación, que las reciben de las bombas de alimentación, eliminan el calor de los gases de combustión que ya tienen una temperatura relativamente baja.

Entre los accesorios tenemos también:

Manómetros

Válvulas de seguridad

Nivel de agua

Tapones fusibles

Indicadores de Tiro

Pilotos

Quemadores

Válvulas de Extracción

Hemos visto los diferentes tipos que puede tener un generador--  
de vapor y las diferentes partes que lo componen, pero ésto puede variar--  
en gran medida dependiendo la capacidad, el tipo y demás.

## COMPORTAMIENTO DE LAS CALDERAS

El comportamiento de un generador de vapor puede expresarse en función de los kilogramos de vapor producidos, velocidad de combustión, transmisión de calor en Kcal. por metro cuadrado de superficie de caldeo y por hora, temperatura de los gases de la chimenea, porcentaje de  $\text{CO}_2$  en dichos gases, combustible sin quemar y rendimiento global.

El rendimiento global de una caldera de vapor en condiciones de funcionamiento cualesquiera, es la relación entre el calor transmitido y la energía suministrada en forma de combustible.

La velocidad de combustión se puede expresar en kilogramos de combustible quemado:

- a) por metro cuadrado de superficie de parrilla y por hora.
- b) por metro cúbico de volumen de hogar y por hora.

La capacidad que una caldera (kilogramos de vapor producidos - por hora) puede desarrollar depende de la velocidad de combustible, tamaño y tipo de parrilla, y cantidad de aire suministrado.

## BALANCE TERMICO

El balance térmico tal como se calcula ordinariamente da única mente la distribución de las pérdidas reales del generador de vapor trabajando durante un período de tiempo limitado, pero no representa condiciones promedio de trabajo, toda vez que no se consideran las pérdidas - circunstanciales.

Estas pérdidas comprenden:

- 1.- Pérdidas caloríficas que se producen al apagar la caldera.
- 2.- Combustible requerido para poner en marcha la caldera estando fría.
- 3.- Combustible quemado mientras se arreglan los fuegos, y
- 4.- Calor perdido con el agua al hacer purgas, y al limpiar las superficies de las calderas.

Algunas de las pérdidas caloríficas reales pueden reducirse - considerablemente e incluso eliminarse del todo, otras son inherentes y no pueden evitarse.

Pérdidas inherentes son aquellas pérdidas producidas al des- cargar los productos de la combustión (humedad del combustible, humedad del aire suministrado para la combustión, humedad producida por la com- bustión del hidrógeno) a temperatura más elevada que aquella a la cual en- tran en el hogar.

## COMBUSTIBLES Y COMBUSTION

Los combustibles comerciales, ya sea en su estado natural o en formas preparadas, pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

Los Combustibles sólidos comprenden los carbonos, lignitos, coques maderas y residuos combustibles procedentes de muchos procesos de fabricación.

Los Combustibles Líquidos comprenden el alcohol, petróleo y sus derivados (destilados), y las breas algunas veces.

Los Combustibles Gaseosos son:

Los gases naturales salen de la tierra.

Los gases fabricados son productos obtenidos principalmente del carbón.

Los elementos fundamentales de un combustible son:

Carbono (C)

Hidrógeno (H)

El Azufre (S) Es un elemento pero no se considera como un combustible, sino más bien como un cuerpo inde-seable.

Química de la Combustión; Combustión es sinónimo de oxidación y consiste en la unión del oxígeno con una materia combustible.

Los grados de combustión varían ampliamente, conociéndose la -- combustión muy rápida o detonación.

Se dice que la combustión es completa cuando el combustible es totalmente oxidado y se libera toda la energía.

La combustión es incompleta debido a:

1. Insuficiencia de oxígeno
2. Mezcla imperfecta entre el combustible y el oxígeno, y
3. Temperatura demasiado baja para mantener la combustión.

El oxígeno necesario para la combustión es captado siempre del aire, acompañándole gran cantidad de nitrógeno, debido a que no es fácil la separación entre ambos.

## PROTECCION DEL GENERADOR

Controles de Operación:

La secuencia de operaciones de control en general son necesarios para establecer un arranque en las calderas de servicio, una purga del horno, encendido del o los quemadores y el control de operación del quemador.

Las temperaturas de operación reales por debajo de las de diseño reducen la eficiencia e incrementan los costos de consumo de combustible, y la temperatura de operación arriba de las del diseño reducen la resistencia de los tubos, los domos, las válvulas y todo el sistema en general.

Es necesaria la interacción entre los instrumentos para activar la secuencia adecuada en la operación de arranque y encendido, así como para activar las alarmas automáticamente o parar completamente la unidad en el caso de falla de los elementos esenciales.

## CAPITULO II

## DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCION Y CONTROL DEL GABINETE

## SECUENCIA DE LOS DIAGRAMAS

Se energiza el tablero cerrando el interruptor dual "ID"

## EVENTOS QUE SUCEDEN:

Lámparas ámbar se ilumina (100)

El relevador "S" (135) se energiza con las siguientes implicaciones:

- Se cierran los contactos NA "S" (135), (137) y (138).
- Se energiza el relevador "T" (137), a la vez que se cierra el contacto de leva en "b" (136-137)
- Suena la campana (chicharra)

Para desenergizar el relevador "S". deberá pulsarse el interruptor de conocimiento "IC", y esto hace que deje de sonar la campana.

Para seguridad tenemos:

Seguros y

Alarmas.

Como a continuación se explica.

## Seguros-

Existen varios seguros, los cuales controlan varias funciones de la Caldera, que corresponden a los siguientes eventos, junto con sus respectivos relevadores.

Relevador	Evento
A (101)	Parada Inducido (VTI)
B (103)	Aire Menor al Mínimo
C (105)	Alta Presión de Gas
D (107)	Baja Presión de Gas
E (109)	Parada Forzado (VTF)
F (111)	Muy Bajo Nivel del Domo

Al energizar el tablero, si ocurriera cualquiera de los eventos anteriores, se energizará el relevador y la luz correspondiente que en este caso serían rojas. Además no podrá iniciarse el barrido y sonará la campana.

Ejemplo:

Evento- Baja Presión de Gas

Después de que es detectada Baja Presión de Gas, el contacto -- "BPJ" (107) se cierra y sucede lo siguiente:

- Se energiza el relevador "D" (107)
- Se ilumina el foco rojo (103)
- El contacto NC en (145) se abre, inhibiéndose el inicio del barrido.
- Suena la campana.

## Alarmas-

Los siguientes eventos, junto con sus respectivos relevadores nos dan la alarma correspondiente:

Relevador	Evento
G (113)	Bajo Nivel del Domo
H (115)	Alto Nivel del Domo
I (117)	Alta Presión de Vapor

Al energizar el tablero, si ocurriera cualquiera de los eventos anteriores, se energizará el relevador y la luz amarilla correspondiente, y sonará la campana.

## Ejemplo:

Evento - Alto Nivel del Domo

Al ocurrir Alto Nivel del Domo, el contacto "AND" (115) se cierra con las siguientes implicaciones.

-El relevador "H" (115) se energiza

-Se ilumina el foco ámbar (116)

Al energizar el tablero, el capacitor respectivo de "H" por medio del contacto NC se cargará a través de una resistencia de 22 ohms, a un voltaje de aproximadamente 18 volts del secundario del transformador 115/18 VCA.

-El capacitor de 1000 uF/40V, se descarga a través del contacto NA de "H", ahora cerrado pasando por el diodo.

-Se energiza momentáneamente el relevador "S" (135).

-El contacto NA de (135) se energiza y queda ahora sí bien -- sellado el relevador "S"

-Al sellarse el contacto NA de "S" (138), empieza a sonar la -- campana.

Para que deje de sonar la campana, es necesario pulsar el interruptor "IC" (136), desenergizándose los contactos NA de "S".

Ahora como el capacitor de "H" quedó descargado ya no puede -- energizar a "S" otra vez.

Queda la campana apagada, pero el foco ámbar de alto nivel del domo queda encendido hasta que se restablezca la falla.

La campana quedará lista para sonar en cuanto ocurra algún -- otro evento que obligue a otro capacitor descargarse nuevamente a través de "S".

### Prueba de Alarmas y Luces-

Se encuentran varios relevadores, que su función es la de probar que las alarmas y las luces se encuentran en buen estado, ya que, pongamos por ejemplo que uno de los focos se encontrara fundido, no nos daríamos cuenta que en algún momento estuviera ocurriendo una falla y más si dejara de sonar la campana, habría un riesgo para la Caldera y para los operadores también.

Los relevadores para prueba de alarmas y luces son los siguientes:

"J", "K", "L", "M", "N". "O", "P", "Q", "R", (123)

Cuando pulsamos el interruptor en (123), los nueve relevadores anteriores se energizarán. Los diferentes contactos N.A. de cada evento, harán que se prenda todas las luces y deberá empezar a sonar la campana.

Los siguientes relevadores típicos ejemplifican la secuencia:

Al energizarse el relevador "J" (123), los contactos NC de "J" en (102), (104) y (106) se abren, a la vez que se cierran los contactos NA, y se iluminan los 3 focos rojos respectivos.

Al energizarse el relevador "L", cierra sus contactos NA en (114), (116) y (118). Se energizan los relevadores "G" (113), "H" (115) e "I" (117), iluminándose los 3 focos respectivos (114), (116), (118), -

n la vez que se inicia un evento de alarmas, como ya se explicó con anterioridad.

Al dejar de pulsar el interruptor en (123), se desenergizarán los nueve relevadores y se apagarán todos los focos que se habían encendido.

Con esta prueba se puede comprobar el estado de todos los focos, excepto el foco (100), ya que éste deberá de permanecer encendido - todo el tiempo que el tablero se encuentre energizado.

## Barrido-

Para poder dar inicio al barrido, los siguientes eventos no de  
berán presentarse.

Relevador	Evento
A (101)	Parada Inducido (VTI)
B (103)	Aire Menor al Mínimo
C (105)	Alta Presión de Gas
D (107)	Baja Presión de Gas
E (109)	Parada Forzado (VTF)
FF (152-153)	Muy Bajo Nivel del Domo

Esto se hace con la finalidad de tener un control absoluto y --  
la plena seguridad de que antes de iniciarlo se encuentra la Caldera en -  
las condiciones más óptimas.

Una vez que se encuentren todos los contactos de los 7 relevado  
res anteriores cerrados en (145), la línea ya se encuentra energizada y -  
podrá iniciarse la purga pulsando el interruptor en (144), sucediendo los  
siguientes eventos:

- Se energizan los relevadores "U2" (144) y (145).
- Se cierran los contactos NA de "UI" y "U2" en (194) y (195), -  
(196) y (197), a la vez que se abren los NC.
- El servomotor de las compuertas del ventilador de tiro fuerza-

zo, abre sus compuertas de admisión de aire a la Caldera.

-El interruptor "AP" (143A) de flujo de aire cierra.

-Se ilumina la lámpara blanca (142), el relevador "ATB" y el --  
temporizador (tímer) "TB" (143A) se energizan.

Se cierra el contacto NA de "ATB" en (145).

Después de esto ya se puede dejar de pulsar el interruptor de --  
inicio de purga (144), puesto que "U1" y "U2" quedan sellados a través --  
del contacto NA de "ATB" en (145).

-Después de haber pasado un tiempo de 30 segundos aproximadamen  
te, se cierra el contacto NA "TB" (146) y se abre el contacto NC "TB" en  
(145).

-Luego los relevadores "U1" y "U2" se desenergizan y se abren --  
sus contactos en (194), (195), (196) y (197).

El servomotor de las compuertas de admisión de aire acciona y --  
cierra las compuertas.

Los relevadores "XI" (146) y "X2" (147), se energizan a través  
del contacto NA "TB" (146) y se autosellan a través del contacto NA "XI"  
(147).

El contacto "AP" (143A) de flujo de aire al ya no detectar ai  
re se abre y se desenergiza la lámpara blanca (142) y el relevador "ATB"

(143A) y el temporizador "TB" (143B).

-Se enciende el foco azul (149) de fin de purga.

-El contacto NC "XI" en (144) se abre y el contacto NA "ATB" en (145) queda abierto para prevenir cualquier cierre indebido del interruptor (145) de inicio de purga.

-El contacto NA "XI" en (140) cierra, energizándose los relevadores "MRG" (139) y "VMF" (141), a través de interruptores límites "RMG" y "VMF" ubicados en válvula reguladora de gas y compuertas de ventilador de tiro forzado, respectivamente.

Ambos relevadores se autosellan a través de contactos propios (139) (141).

Fin de Secuencia de Barrido.

Encendido de Quemadores-

Quemador No. 1:

Manualmente debemos cerrar el interruptor en (161), iluminándose el foco ámbar (158).

Se pulsa el interruptor para encendido de piloto (160), con las siguientes implicaciones:

-Se energiza el relevador "VPI" (159) y las válvulas solenoides (159) de admisión de gas a piloto.

-El transformador de ignición "TI" (162) se energiza.

-Se enciende la lámpara ámbar (163)

-El contacto NA "VPI" (161) se cierra, con esto podemos dejar de pulsar el interruptor en (160).

-El contacto NC "VPI" en (148) se abre apagándose el foco azul (149).

-Una vez detectada flama, se energiza el relevador "FL1B"(164).

-Se enciende el foco ámbar (165) de flama detectada y se energiza el temporizador "TPI".

-El contacto NC de "FL1B" en (119) se abre, apagándose el foco-rojo (119) que había permanecido encendido desde que energizó el tablero.

-Después de 15 segundos aproximadamente se cierran los contactos NA de "TPI" en (168), energizándose el relevador "TPI" (167) e iluminándose la lámpara verde (168) de piloto estabilizado.

-El contacto NA de "TPI" (171) cierra, energizándose la válvula de corte (174).

-Se ilumina la lámpara roja (176). "LS4" (175) cierra al energizarse la válvula de corte.

-El contacto NC "TPI" (153) abre.

El operador deberá abrir ahora manualmente la válvula de corte (174), lo cual implica que se cerrará "LS6" (192) y se encenderá la lámpara roja (193), a la vez que se energizará el relevador "VC" (192).

-El contacto NA "VC" (172) cierra.

-El operador deberá abrir la válvula macho del quemador, el contacto "LS1" (172A) deberá cerrar, y el quemador deberá encender.

-El temporizador "TS1" (172A) se energiza.

Después de 15 segundos aproximadamente el contacto NA "TS1" (172B) deberá cerrar, energizándose el relevador "TTS1" (172B).

-El contacto NC "TS1" (159) abre, desenergizándose las válvulas solenoides, apagándose el piloto.

-El contacto NC "TTS1" (168) abre, apagándose la lámpara verde (168) de piloto estabilizado.

-El contacto NA "TTS1" (150) cierra.

-El contacto NA "TTS1" (170) cierra, encendiéndose lámpara ver de (170) de quemador estabilizado.

El quemador deberá ahora estar encendido y estabilizado con -- su piloto apagado.

En caso de falla de flama acontecerá lo siguiente:

Cuando el Quemador No. 1 esté encendido y el quemador No. 2 --  
apagado:

-Se pierde la energía de las terminales 3,5 y 6 de "UV30NR" (161)

-El relevador "FL1A" (159) se energiza.

-El contacto NA "FL1A" (152) cierra, y como el quemador 2 está  
apagado, el contacto NC "TTP2" (152) está cerrado, entonces el relevador  
"FF" (152-153) se energiza.

-El contacto NC "FF" (145) se abre, desenergizándose los rele  
vadores "X1" (146) y "X2" (147).

El contacto NA "X2" en (161) (180) desenergiza ambos controles-  
de los quemadores, y cierra la válvula de corte de gas a través del con-  
tacto en (174).

-El relevador "FF" (152-153) se desenergiza nuevamente al ~ --  
abrir el contacto NA "X2" en (161), desenergizándose el relevador "FL1A"  
(159) y abriéndose su contacto NA en (152), con lo cual ya podemos y de-  
bemos por seguridad iniciar nuevamente el Barrido de la Caldera.

El encendido del Quemador No. 2 es idéntico al del Quemador---  
No. 1.

### Modulación-

El control del fuego se puede realizar en forma manual o automático.

El interruptor "BAM" (155-156) selecciona el modo de operación que se desea.

Si el interruptor "BAM" lo ponemos en forma manual, se cierra el circuito por la línea (156) y la lámpara ámbar se enciende (156).

El control se puede realizar con los potenciómetros de control manual (194-195) y (196-197), a través de los contactos NC de "Z1", "Z2", "X1" y "X2".

Para controlar en forma automática se gira el interruptor "BAM" en forma manual, a la posición automática, con las siguientes implicaciones:

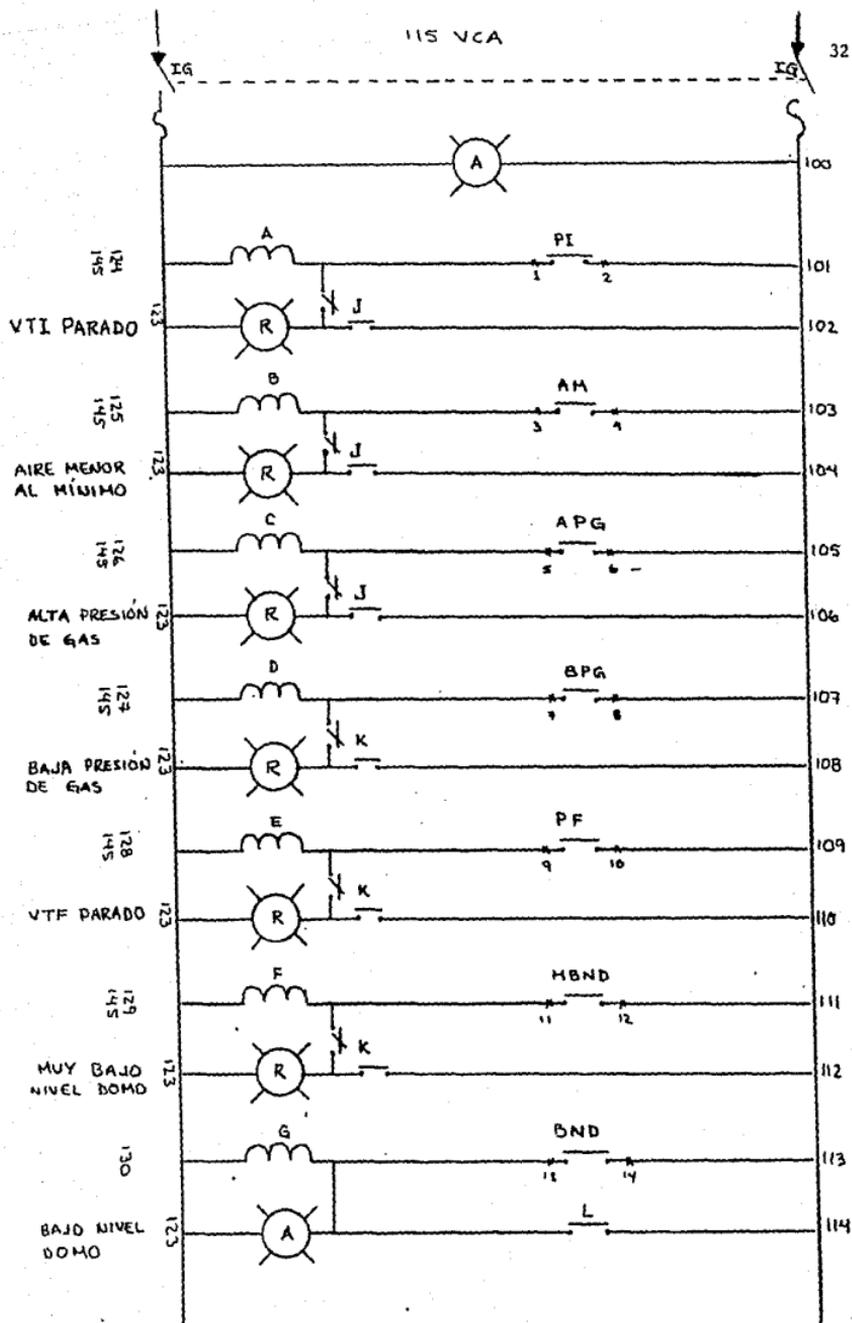
- Se apaga el foco ámbar (156)
- Se ilumina la lámpara ámbar (154)
- Se energizan los relevadores "Z1" y "Z2" (155)
- Se cierran los contactos NA de "Z1" y "Z2" en (194-195) y -- (196-197).

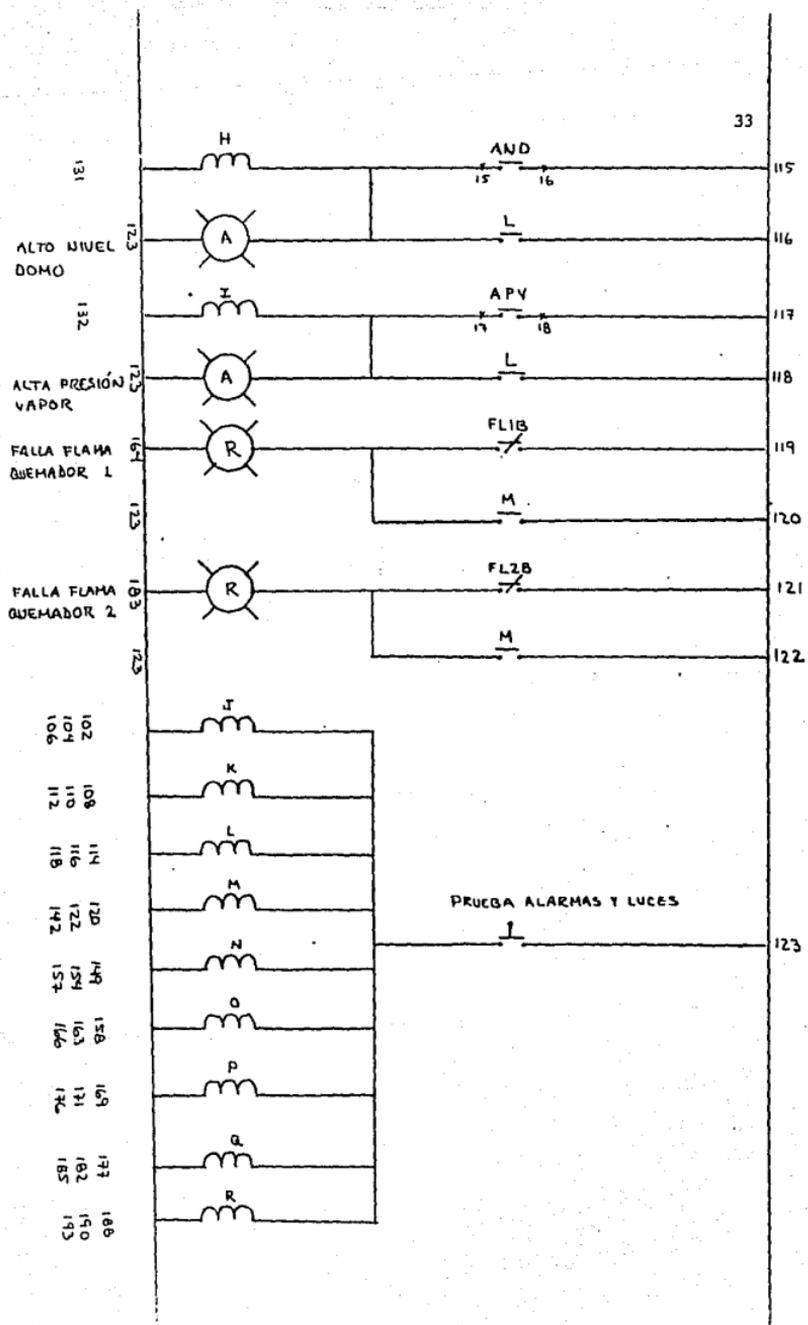
Ahora se deberá pulsar el interruptor de Modular (150), con lo que se energizarán los relevadores "MOD1" y "MOD2" (150-151), siempre -- que los contactos NA de "TTS1" (150) y "TTS2" (151) estén cerrados.

El control del fuego se realizará en forma automática a través de los potenciómetros de control de vapor (194-195) y (196-197), y a través de los contactos cerrados de "Z1", "Z2", "MOD1" y "MOD2".

115 VCA

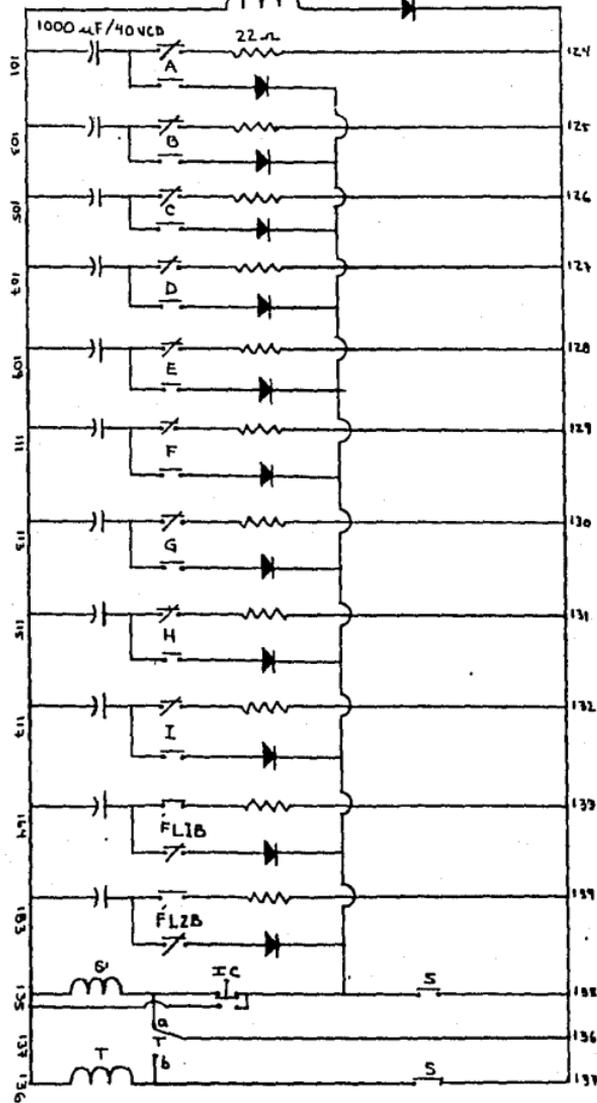
32





115/18 VCA; 100 mA

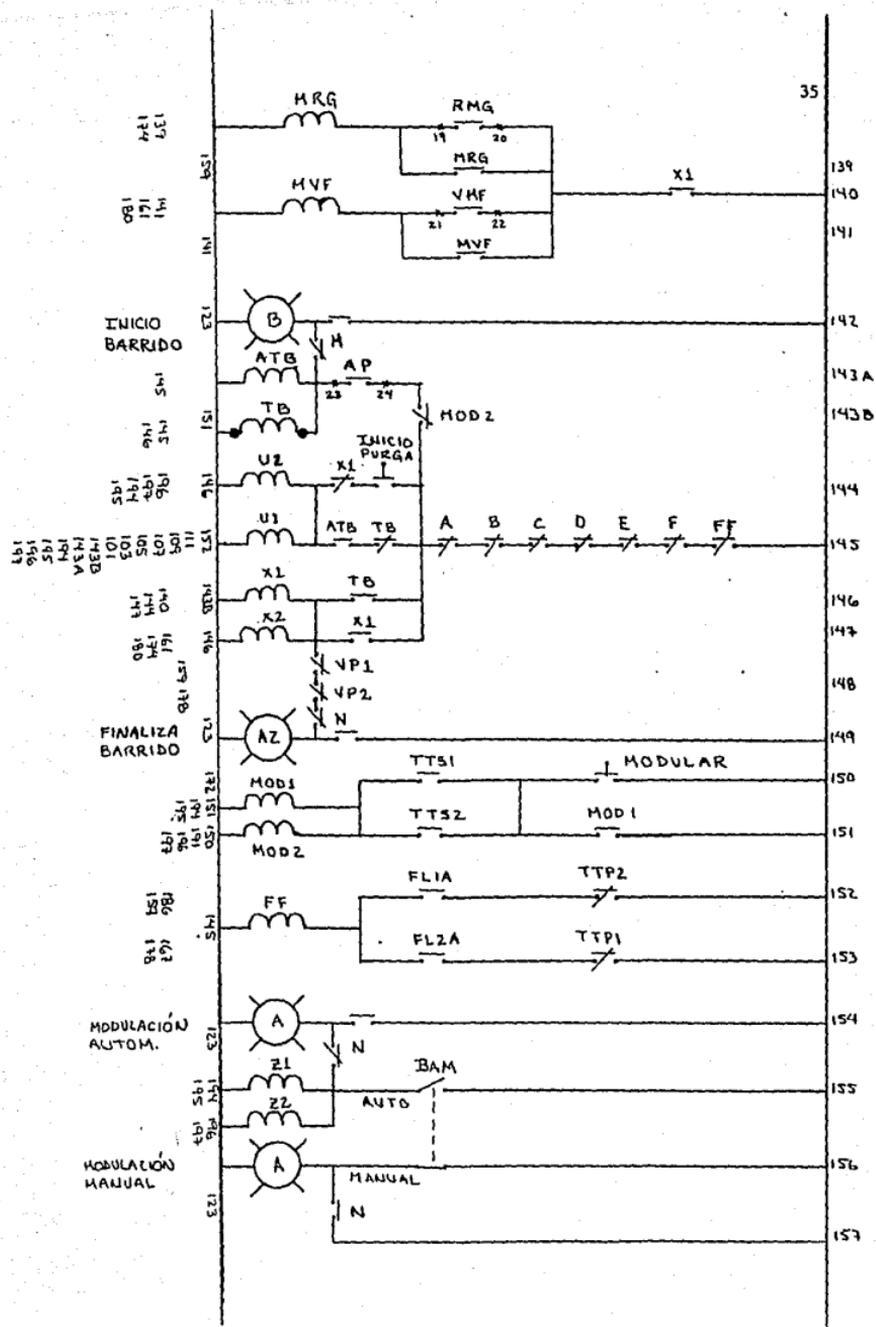
IN4001

135  
137  
138

136

136

138



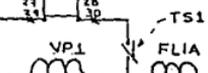
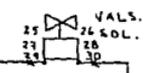
ENERGIA QUEMADOR 1



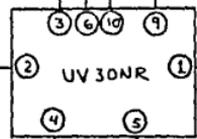
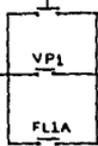
158

36

197  
847  
297  
251



ENCENDER PILOTO N.1



157  
141  
151

ENERGIA QUEMADOR II.1



PILOTO ENCENDIENDO  
FLAMA DETECTADA



181  
841  
171



PILOTO ESTABILIZADO



178  
173



172  
172



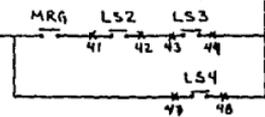
172A  
159  
150  
131  
101  
161



VALV. CORTE



TTP1



171  
171

VALVULA ENCENDIENDO



176

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172A

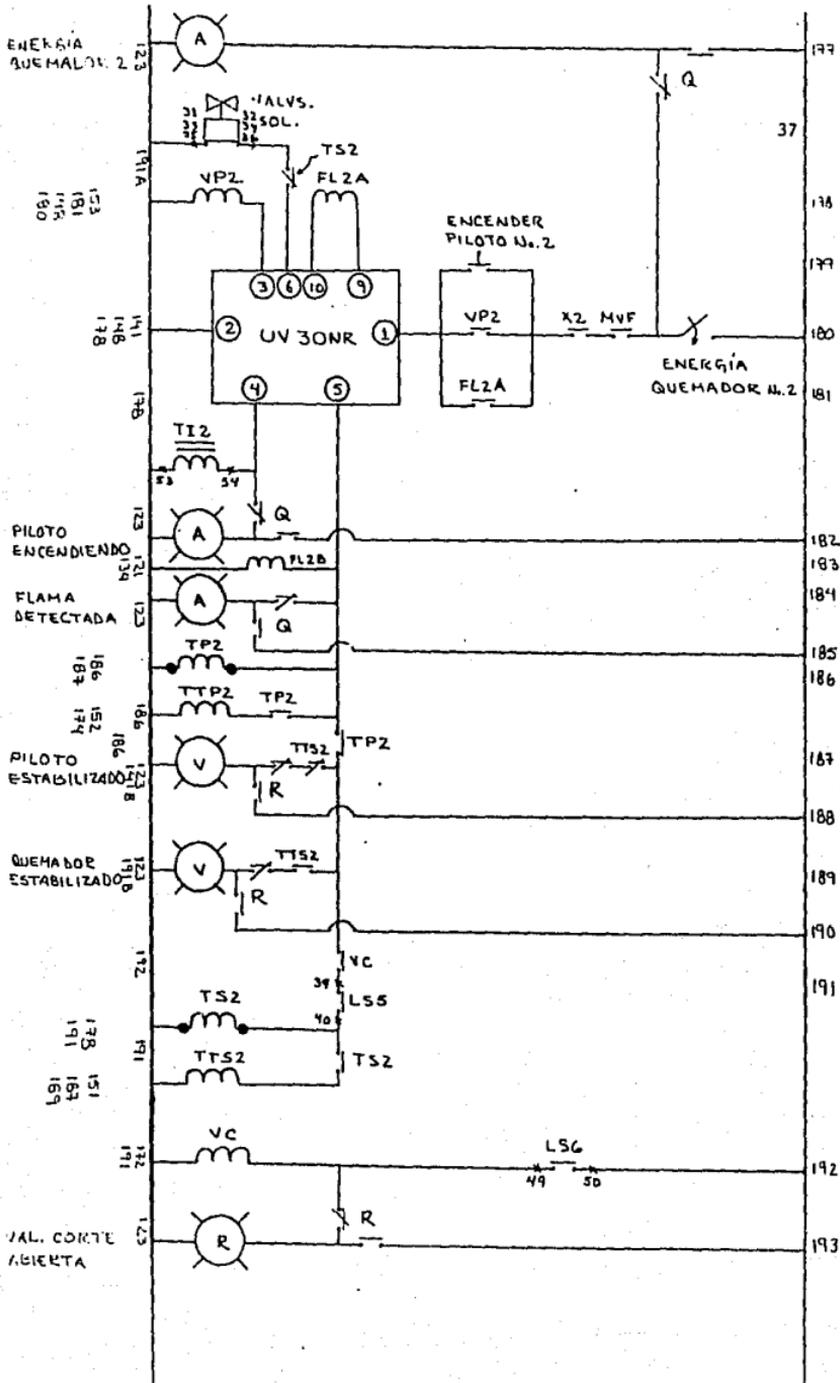
172B

173

174

175

176



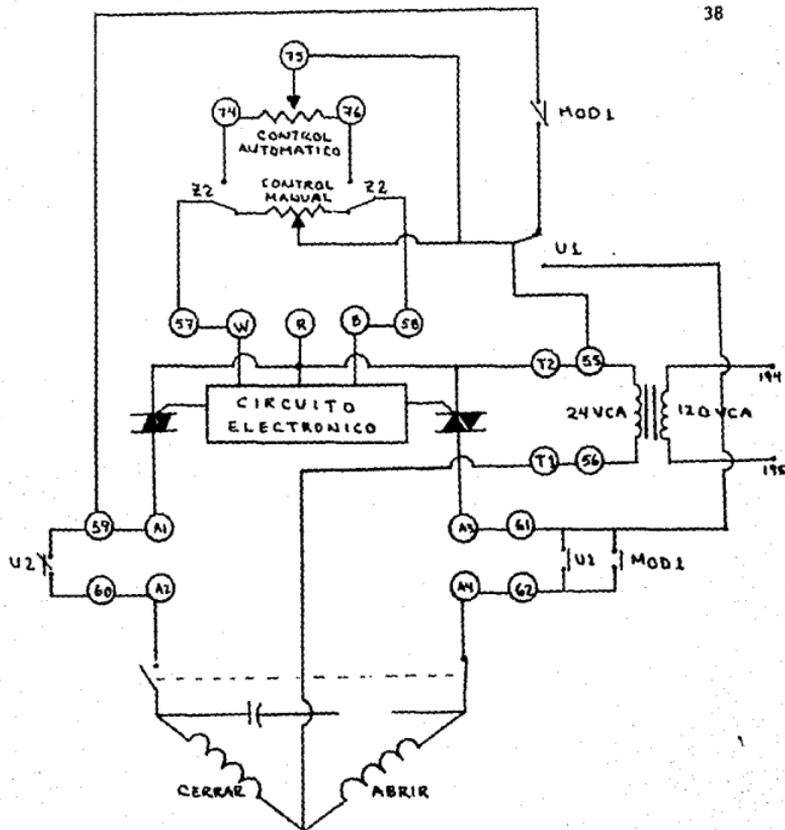


DIAGRAMA ESQUEMATICO MODUTROL  
VALVULA REGULADORA GAS

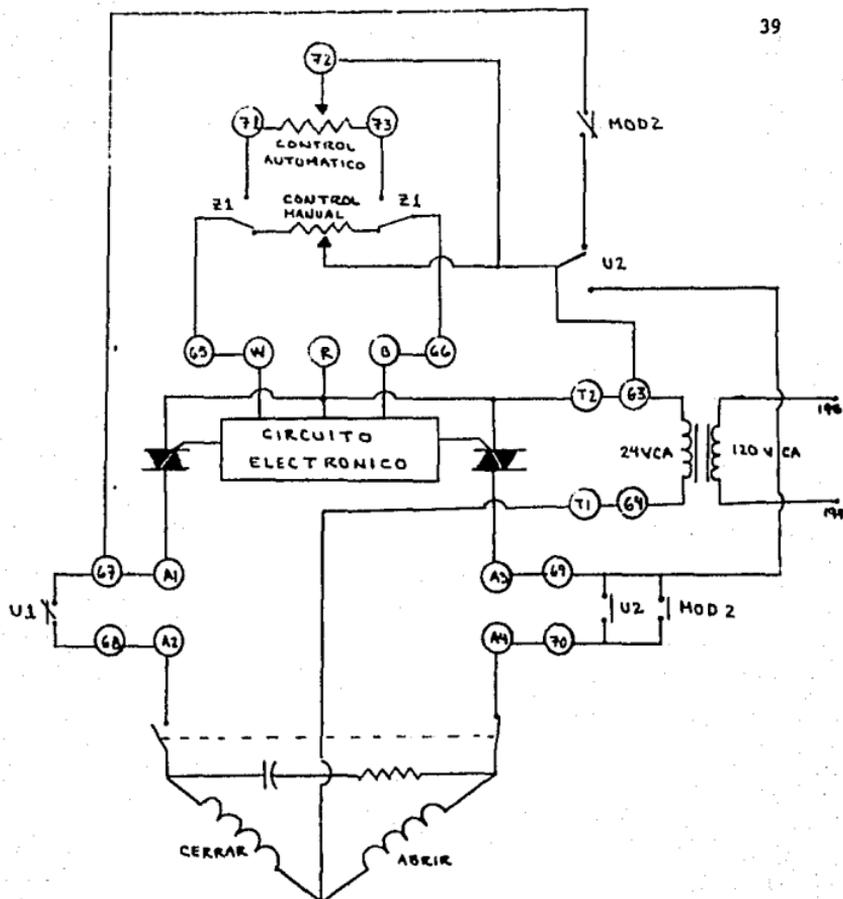


DIAGRAMA ESQUEMATICO MODUTROL

TIRO FORZADO

NOTA.

- LS1: Cierra con válvula macho No. 1 abierta.
- LS2: Cierra con válvula macho No. 1 cerrada.
- LS3: Cierra con válvula macho No. 2 cerrada.
- LS4: Cierra con válvula de corte energizada.
- LS5: Cierra con válvula macho No. 2 abierta.
- LS6: Cierra con válvula de corte abierta.

Para la realización de esta tesis, se vieron antes otros tableros de protección, los componentes utilizados en cada uno de ellos y así poder comparar que componentes se podían dejar y cuales eran reemplazables por otros más sencillos y económicos, también se tomó en cuenta la manera como iban a quedar los diagramas para una mayor comprensión y la localización de los componentes, fuera de lo más rápido y fácil de encontrar.

Se buscó también que los componentes que se fueran a utilizar fueran fáciles de conseguir y reemplazar, es por ello que se decide utilizar estos componentes.

Se vieron por ejemplo diferentes tipos de relevadores que se consiguen en el mercado nacional, los cuales se utilizan para muchos y muy diferentes propósitos, es por ello que los encontramos con diferentes características generales y su utilidad es muy amplia.

Se busca que los relevadores hagan las mayores funciones posibles es por ello que se escogió este tipo el cual tiene cuatro contactos.

Se escogió un relevador universal tipo "RA" miniatura, el cual presenta cuatro contactos de conmutación, con una vida mecánica de - - -  $100 \times 10^6$  operaciones, gran resistencia de aislamiento, soporta una temperatura máxima de  $70^{\circ}$  C.

También se escogió por su seguridad, funcionabilidad, su gran número de operaciones, fácil de montar y su protección (transparente) al

polvo.

Las lámparas utilizadas aquí son las más comunes que se ven en cualquier gabinete o mueble para alarmas, son muy fáciles de reemplazar.

En la parte de alarmas se buscó que fuera confiable, que tuviera un tiempo de vida larga, que no fuera complicado el sistema, que fuera económico y que los componentes se encontraran fácilmente en el mercado.

En esta parte se utiliza un transformador que reduce el voltaje para que se reduzca el valor de voltaje de los componentes.

La entrada del transformador (primario) es de 115 volts de alterna, ya a la salida del mismo (secundario) tenemos un voltaje ya reducido de 18 volts.

A través del voltaje del primario haremos sonar la alarma.

Se utilizó un diodo IN4001 a la salida del secundario, por ser éste muy común en el mercado y por ser éste un Rectificador de Propósito General, se le encuentra muy fácilmente y así la alarma no deja de estar en operación por mucho tiempo.

Se utiliza un capacitor de 1000 uF a 40V, porque se estuvo probando con varios y se llegó a la conclusión de que éste era el que podía hacer que entrara en operación el relevador "S", mientras que otros no -

podían hacer que trabajara dicho relevador y por lo tanto no podía cerrar sus contactos y no sonaba la chicharra.

La resistencia de 22 ohms es suficiente para dejar pasar la corriente que necesita el capacitor para así poder cargarse, al ocurrir alarma en cualquiera de los eventos, el capacitor se cargará momentáneamente a través de la resistencia, luego se descarga pasando por el diodo, cargándose momentáneamente el relevador "S", el cual hace que cierre sus contactos NA respectivos que se explica más detalladamente en la parte de alarmas.

El Control Contra Falla de Flama, utilizado, es sensible a radiación ultravioleta, es adecuado para supervisar flamas de Diesel o Gas, se aplica donde se desee obtener una gran confiabilidad ya sea en quemaduras de un solo combustible o en los llamados duales.

El Modutrol utilizado es reversible, de acción proporcional es usado en circuitos de control de baja tensión, controlando en forma modulante válvulas y persianas, se emplea en equipos de seguridad de llama en quemadores comerciales/industriales, utiliza además un transformador de Baja Tensión el cual provee 24 Vca.

Este Modutrol puede abrir sus persianas en forma automática o manual, cuando se encuentra en manual, trabaja por medio de un potenciómetro doble.

## CAPITULO III

LISTA DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES  
DE LOS COMPONENTES.

La construcción del tablero requiere de diferentes materiales, los cuales enumeramos a continuación.

También los diferentes contactos utilizados de los relevadores y temporizadores.

No.	Componentes
1	Gabinete de 115 X 30 cms.
1	Chicharra o campana
1	Potenciómetro de doble acción
43	Relevadores tipo Universal RA Miniatura
5	Temporizadores
5	Transformadores
28	Lámparas piloto
6	Interruptores de botón
4	Selectores de contacto sostenido
11	Capacitores electrolíticos de 1000 uF/40 V
11	Resistencias de 22 ohms.
12	Diodos IN 4001
2	Controles contra falla de flama UV 30NR
	Tablillas de conexiones
	Cable para conexiones.

## RELEVADORES

CLAVE	CONTACTOS USADOS
A	2
B	2
C	2
D	2
E	2
F	2
G	1
H	1
I	1
J	3
K	3
L	3
M	3
N	3
O	3
P	3
Q	3
R	3
FLIA	2
FL1B	2
FL2A	2
FL2B	2
MRG	2

MVF	3
X1	3
X2	3
ATB	1
FF	1
VP1	2
VP2	2
MOD1	3
MOD2	2
Z1	2
Z2	2
VC	2
U1	2
U2	2
TTP1	2
TTP2	22
TTS1	3
TTS2	3
S	3
T	1
<hr/>	
Total	43 piezas

## TEMPORIZADORES

CLAVE	CONTACTOS USADOS
TB	2
TS1	2
TS2	2
TP1	2
TP2	2
<hr/>	
Total	5 piezas

## LAMPARAS

Color	Número
Ambar	12
Verde	4
Blanca	1
Azul	1
Rojo	10
<hr/>	
Total	28 piezas

## LISTA DE MATERIALES

## PANEL EXTERIOR

No.	EQUIPO AL FRENTE	LEYENDA
1	Selector contacto sostén	Energía
2	Lámpara piloto ámbar	Energía
3	Lámpara piloto ámbar	Manual
4	Selector contacto sostén	Auto.Manual
5	Lámpara piloto ámbar	Automático
6	Lámpara piloto rojo	Ventilador Induc. Parado
7	Lámpara piloto rojo	Aire Menor al Mínimo
8	Lámpara piloto rojo	Ventilador Forz. Parado
9	Lámpara piloto rojo	Alta Presión Gas
10	Lámpara piloto rojo	Baja Presión Gas
11	Lámpara piloto rojo	Falla Flama Quem. No. 1
12	Lámpara piloto rojo	Falla Flama Quem. No. 2
13	Lámpara piloto ámbar	Alto Nivel Domo
14	Lámpara piloto ámbar	Bajo Nivel Domo
15	Lámpara piloto rojo	Muy Bajo Nivel Domo
16	Lámpara piloto ámbar	Alta Presión Vapor
17	Interruptor de botón	Silenciador Alarma
18	Interruptor de botón	Barrer
19	Lámpara piloto ámbar	Barriendo
20	Lámpara piloto azul	Barrido
21	Selector contacto sostén	Energía (Quem. No. 1)
22	Lámpara piloto ámbar	Energía (Quem. No. 1)
23	Interruptor de botón	Encender piloto
24	Lámpara piloto ámbar	Encendiendo Piloto
25	Lámpara piloto verde	Piloto Estabilizado
26	Lámpara piloto ámbar	Flama Detectada
27	Lámpara piloto verde	Quemador Estabilizado
28	Selector Contacto sostén	Energía (Quem. No. 2)
29	Lámpara piloto ámbar	Energía (Quem. No. 2)

## Continuación

No.	EQUIPO AL FRENTE	LEYENDA
30	Interruptor de botón	Encender piloto
31	Lámpara piloto ámbar	Encendiendo Piloto
32	Lámpara piloto verde	Pilto Estabilizado
33	Lámpara piloto ámbar	Flama detectada
34	Lámpara piloto verde	Quemador Estabilizado
35	Lámpara piloto rojo	Válvula Corte Energizada
36	Lámpara piloto rojo	Válvula Corte Abierta
37	Interruptor de botón	Modular
38	Potenciómetro	Reducir (Mod. de Flama)
39	Interruptor de botón	Prueba de Alarmas
40	Chicharra	Alarma

PANEL INTERIOR

No.	Componentes
43	Relevadores
5	Temporizadores
1	Transformador 110/18 VCA
4	Transformadores 120/24 VCA
11	Capacitores de 1000 uF/40 VCD
11	Resistencias de 22 ohms
12	Diodos IN 4001
2	Controles contra falla de Flama UV 30 NR
	Cable para conexiones
	Tablillas de conexiones

Para obtener mayor información, existen en el mercado nacional varias compañías que manejan todo este tipo de materiales, las cuales proporcionan distintos catálogos para apoyarse en ellos y así saber cual es el mejor, ésto con el fin de utilizar el que mejor convenga, en este caso para uso del tablero.

Varias de las compañías que producen estos materiales son - las siguientes:

SQUARE D. DE MEXICO  
 HONEYWELL, S.A.  
 SCHRACK, S.A.

### Vista de los Dibujos del Tablero-

A continuación aparecen una serie de dibujos, con las correspondientes medidas en centímetros de las dimensiones del tablero.

En el frente del tablero, aparecen los detalles de donde van a ir los diferentes botones, así como las lámparas y las correspondientes palancas, para cada etapa el control.

Cada detalle viene numerado para saber exactamente que significa cada uno de ellos, luego viene una lista numerada de los diferentes interruptores y lámparas del tablero.

Después aparece un dibujo del frente del tablero, pero éste de la parte interior del mismo, donde se detalla la forma en que podrían quedar los diferentes relevadores, los capacitores con sus resistencias, los temporizadores, los controles contra falla de flama y los transformadores.

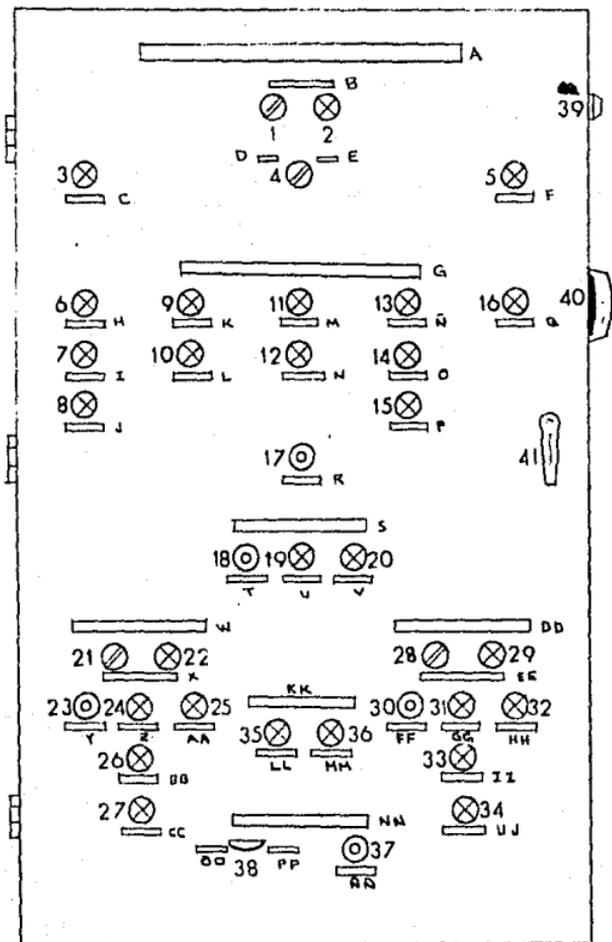
En la siguiente página se ve el tablero, pero visto en forma lateral de la parte izquierda y también una vista desde la parte de arriba (planta).

En la última hoja de los dibujos, vemos de nuevo la vista de planta, pero ahora aparece con ciertos detalles del tablero. También se ve en detalle parte del panel interior.

La forma en que van a ir conectados los diferentes componentes que están conectados al tablero, consultar la tablilla de conexiones que aparece en el apéndice.

## VISTA DE FRENTE DEL EXTERIOR DEL TABLERO

## ALZADO



## Interruptores y lámparas del tablero-

No.	FUNCION
1	Pistola para energizar el tablero.
2	Lámpara indicativa de tablero energizado.
3	Lámpara indicativa de selección de modo manual para controlar la presión de vapor.
4	Pistola para seleccionar modos manual o automático para control de presión de vapor.
5	Lámpara indicativa de selección de modo automático para controlar la presión de vapor.
6	Lámpara indicativa del ventilador de tiro inducido parado.
7	Lámpara indicativa de flujo de aire menor al mínimo.
8	Lámpara indicativa de ventilador de tiro forzado parado.
9	Lámpara indicativa de alta presión de gas.
10	Lámpara indicativa de baja presión de gas.
11	Lámpara indicativa de falla de flama del conjunto piloto-quemador No. 1.
12	Lámpara indicativa de falla de flama del conjunto piloto-quemador No. 2.
13	Lámpara indicativa de alto nivel del domo.
14	Lámpara indicativa de bajo nivel del domo.
15	Lámpara indicativa de muy bajo nivel del domo.
16	Lámpara indicativa de alta presión de vapor.
17	Interruptor para silenciar la campana.
18	Interruptor para iniciar el barrido.
19	Lámpara indicativa de barrido iniciado.

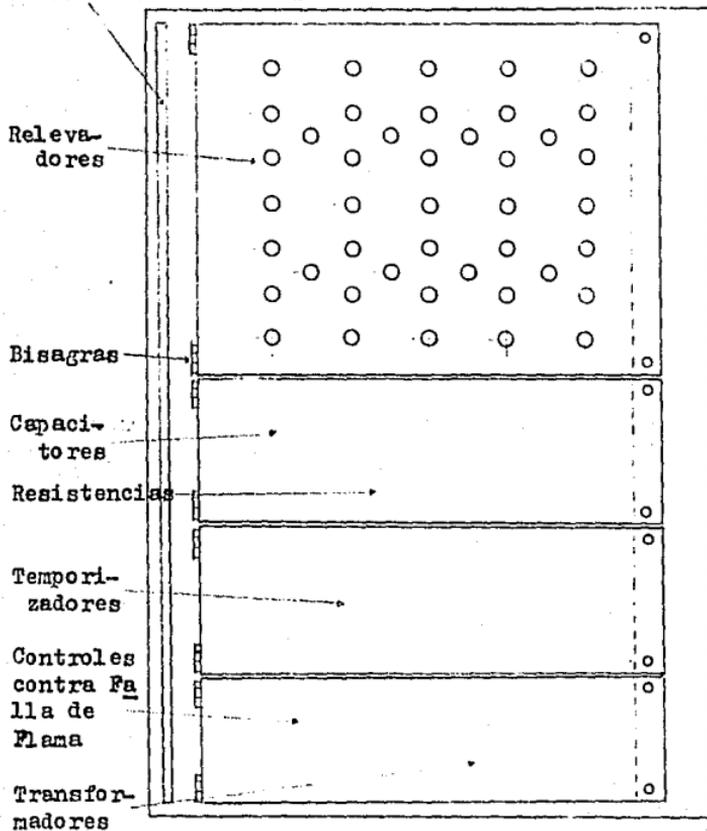
- 20 Lámpara indicativa de barrido terminado.
- 21 Pistola para energizar el sistema de encendido del conjunto piloto-quemador No. 1.
- 22 Lámpara indicativa de sistema de encendido, conjunto piloto-quemador No. 1 energizado.
- 23 Interruptor para iniciar encendido del piloto No. 1.
- 24 Lámpara indicativa del piloto No. 1 en proceso de encendido.
- 25 Lámpara indicativa de flama de piloto No. 1 estabilizado.
- 26 Lámpara indicativa de detección de flama del conjunto piloto-quemador No.1.
- 27 Lámpara indicativa de quemador No. 1 estabilizado.
- 28 Pistola para energizar el sistema de encendido del conjunto piloto-quemador No.2.
- 29 Lámpara indicativa de sistema de encendido, conjunto piloto-quemador No.2 energizado.
- 30 Interruptor para iniciar encendido del piloto No. 2.
- 31 Lámpara indicativa del piloto No. 2 en proceso de encendido.
- 32 Lámpara indicativa de flama de piloto No. 2 estabilizado.
- 33 Lámpara indicativa de detección de flama del conjunto piloto-quemador No. 2.
- 34 Lámpara indicativa de quemador No. 2 estabilizado.
- 35 Lámpara indicativa de válvula de corte de gas energizada.
- 36 Lámpara indicativa de válvula de corte de gas abierta.
- 37 Interruptor para iniciar modulación.
- 38 Perilla para modulación manual de la presión de vapor.
- 39 Interruptor para prueba de alarmas.
- 40 Campana (chicharra).

41 Manija para abrir el tablero.

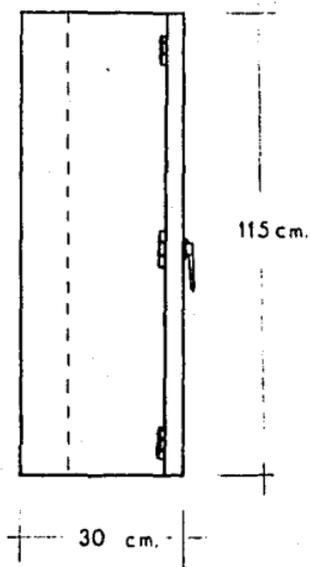
## VISTA DE FRENTE

(PANEL INTERIOR)

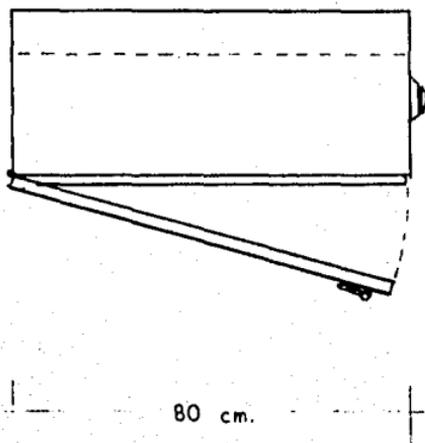
Tablilla de conexiones



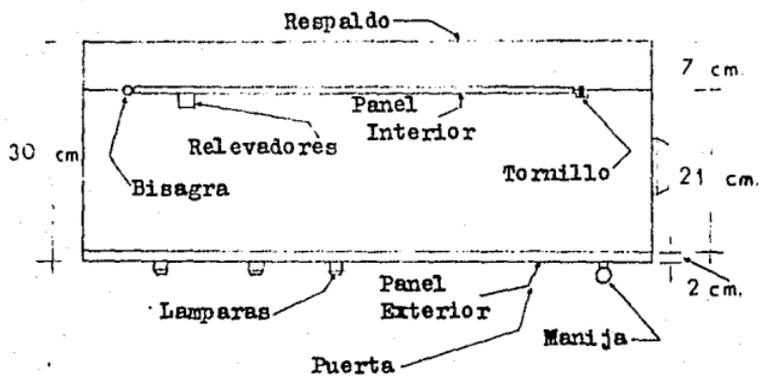
## VISTA LATERAL IZQUIERDA



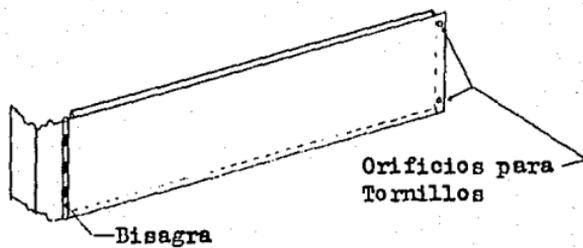
## VISTA DE PLANTA (AEREA)



## VISTA DE PLANTA (DETALLES)



## DETALLE PANEL INTERIOR



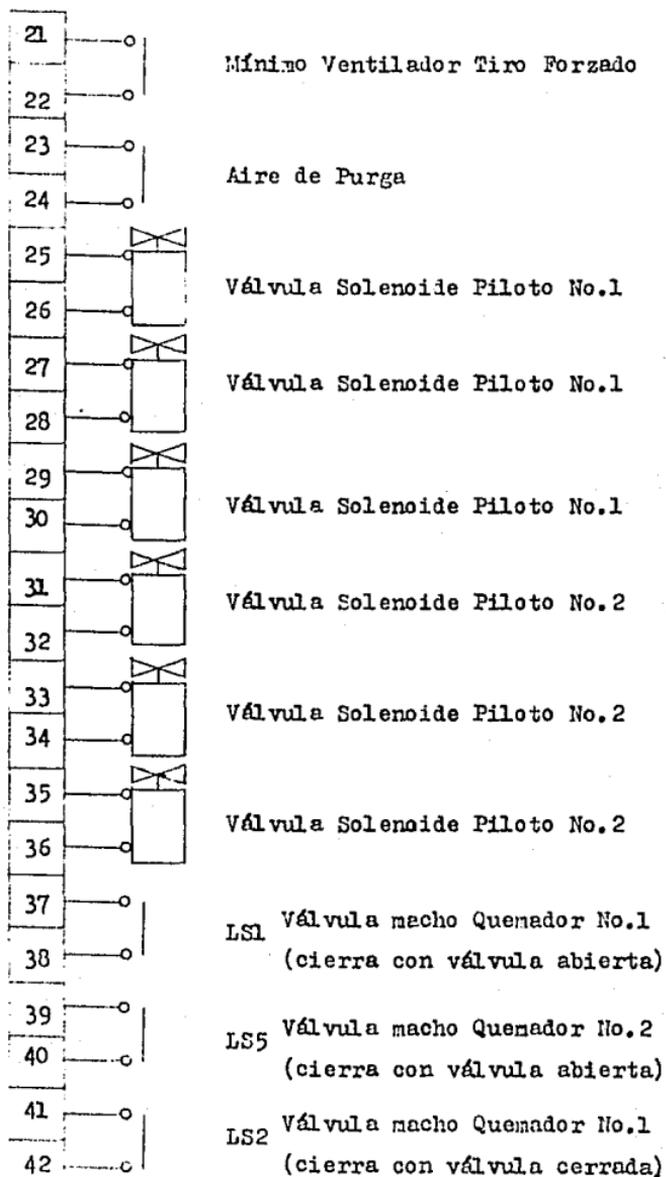
## Leyenda de los componentes del Tablero-

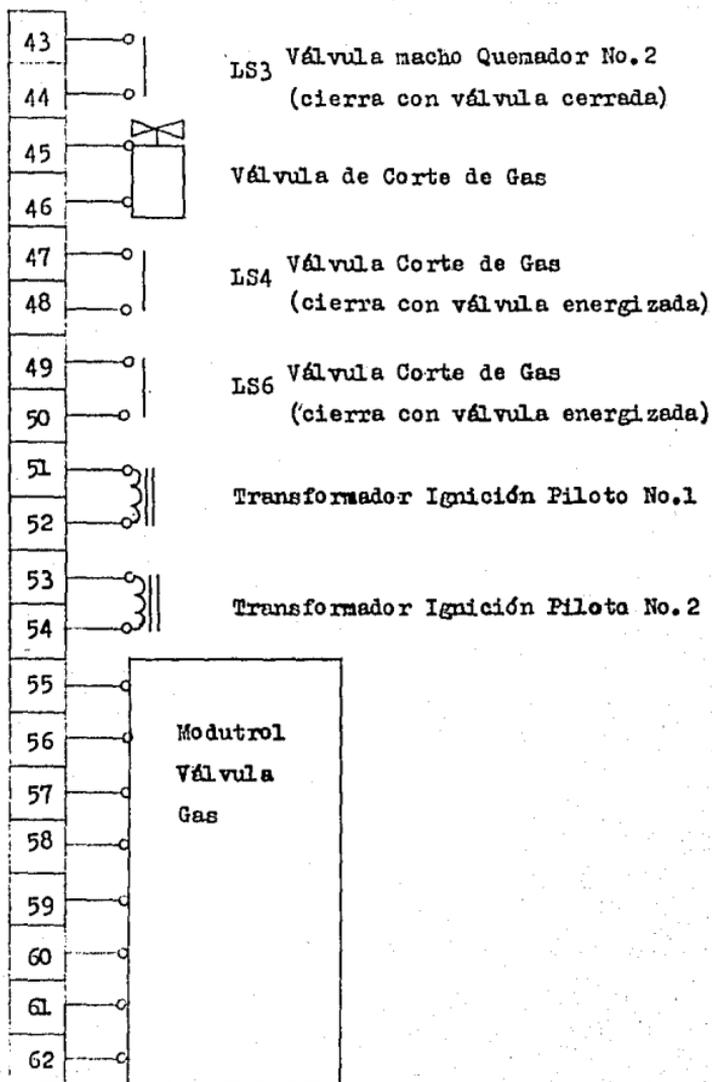
A	Tablero de Protección y Control
B	Energía
C	Manual
D	Man
E	Auto
F	Automático
G	Seguros y Alarmas
H	Ventilador Inducido Parado
I	Aire Menor al Mínimo
J	Ventilador Forzado Parado
K	Alta Presión Gas
L	Baja Presión Gas
M	Falla Flama Quemador No. 1
N	Falla Quemador No. 2
Ñ	Alto Nivel Domo
O	Bajo Nivel Domo
P	Muy Bajo Nivel Domo
Q	Alta Presión Vapor
R	Silenciador Alarma
S	Barrido Caldera
T	Barrer
U	Barriendo
V	Barrido
W	Quemador No. 1
X	Energía

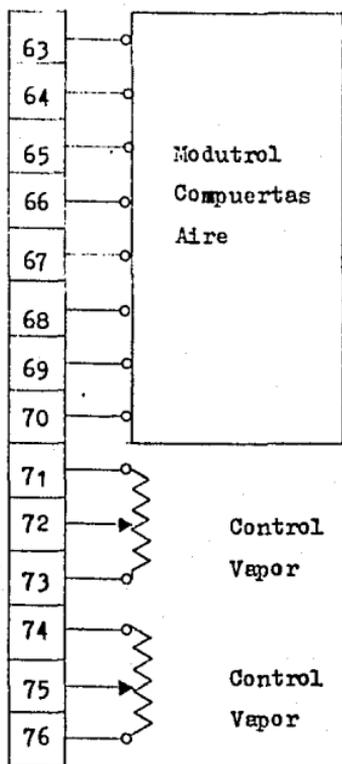
Y	Encender Piloto
Z	Encendiendo Piloto
AA	Piloto Estabilizado
BB	Flama Detectada
CC	Quemador Estabilizado
DD	Quemador No. 2
EE	Energía
FF	Encender Piloto
GG	Encendiendo Piloto
HH	Piloto Estabilizado
II	Flama Detectada
JJ	Quemador Estabilizado
KK	Válvula Corte
LL	Energizada
MM	Abierta
NN	Modulación de Flama
ÑÑ	Modular
OO	Reducir
PP	Aumentar
QQ	Prueba Alarmas

## TABLILLA DE CONEXIONES DEL TABLERO

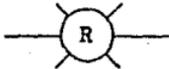
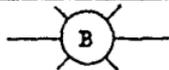
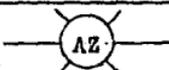
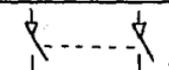
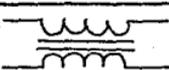
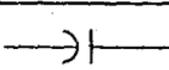
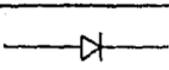
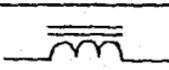
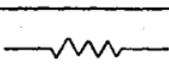
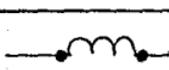
1	○	
2	○	Ventilador Tiro Inducido
3	○	
4	○	Aire Mínimo
5	○	
6	○	Alta Presión Gas
7	○	
8	○	Baja Presión Gas
9	○	
10	○	Ventilador Tiro Forzado
11	○	
12	○	Muy Bajo Nivel Domo
13	○	
14	○	Bajo Nivel Domo
15	○	
16	○	Alto Nivel Domo
17	○	
18	○	Alta Presión Vapor
19	○	
20	○	Mínimo Válvula Reguladora Gas

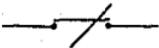
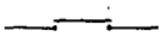
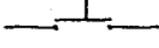
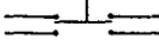
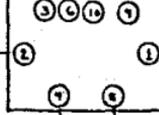






## SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Relevador
	Lámpara color Rojo
	Lámpara color Amarillo
	Lámpara color Blanco
	Lámpara color Verde
	Lámpara color Azul
	Interruptor General
	Transformador
	Capacitor
	Diodo
	Transformador de Ignición
	Alarma Zumbador
	Resistencia
	Temporizador

SIMBOLO	DESCRIPCION
	Interruptor Normalmente Cerrado (NC)
	Interruptor Normalmente Abierto (NA)
	Interruptor de Nivel Interruptor de Carrera o Límite
	Interruptor de Contacto sostenido
	Interruptor Doble Circuito
	Interruptor de Leva
	Válvulas
	Potenciómetro
	Control contra Falla de Flama

CAPITULO IV  
INSTRUCTIVO DE INSTALACION Y OPERACION

Descripción de las Funciones del Tablero-

Este tablero está diseñado para instalarse en una Caldera de - dos quemadores, cada uno con su piloto.

Las funciones incluidas en el tablero permiten al operador encender y operar la caldera a través de interruptores y lámparas en forma confiable.

Para el encendido de la caldera, éste sólo podrá efectuarse si se han cumplido todas y cada una de las condiciones de seguridad requeridas.

El encendido de los pilotos se realiza en forma semiautomática a través de las válvulas macho instaladas en las líneas de gas. Una vez encendido cualquier quemador, la presión de vapor podrá controlarse de manera manual o automático según se requiera.

Durante todo el proceso de encendido y operación de la caldera se mantiene una supervisión continua sobre las condiciones de seguridad que deben prevalecer, y siempre que alguna de dichas condiciones no se cumpla se disparará la caldera, cerrando la válvula de corte de gas y - apagando los pilotos que estuviesen encendidos.

El Tablero cuenta con los siguientes sistemas, que conjunta--

mente con los elementos de campo le permiten realizar las funciones antes descritas:

- Sistema de Seguros y alarmas
- Sistema de Barrido de Gases
- Sistema de Encendido de Pilotos y Quemadores
- Sistema de Control de Presión de Vapor.

### Sistemas de Seguros y Alarmas-

Es a través de éste sistema que se realiza la supervisión de las condiciones de seguridad que deben de prevalecer tanto durante el en cendido de la caldera como durante su operación normal, y está dividido en dos partes:

a) Seguros

b) Alarmas

a) Seguros-

Está compuesto por un conjunto de relevadores que realizan decisiones lógicas de acuerdo a las señales que reciban de los elementos del campo.

Estas decisiones pueden estar catalogadas como de permisivo y alarma; cuando la caldera se encuentre en su fase de encendido, y de disparo y alarma cuando la caldera está en operación normal.

Se tienen ocho seguros para las condiciones siguientes, representadas por elementos de campo externos al tablero:

- 1.- Ventilador de Tiro Inducido Parado
- 2.- Aire para Combustión Menor al Mínimo.
- 3.- Alta Presión de Gas
- 4.- Baja Presión de Gas
- 5.- Ventilador de Tiro Forzado Parado

- 6.- Falla de Flama del Piloto o del Quemador No. 1
- 7.- Falla de Flama del Piloto o del Quemador No. 2
- 8.- Muy Bajo Nivel del Domo.

Cuando la caldera esté apagada, siempre que estén presentes -- cualquiera de las condiciones del 1 al 5 y la 8, se inhibirá el encendido y aparecerá la o las alarmas respectivas.

Estando la caldera encendida, en operación normal siempre que se presenten cualquiera de las condiciones del No. 1 al 5 y la 8, se disparará la caldera y aparecerá la o las alarmas respectivas.

Los seguros 6 y 7 actuarán conforme a los siguientes eventos;

Estando la caldera encendida con un solo quemador si se produjese falla de flama de ese quemador se disparará la caldera apareciendo la caldera apareciendo la alarma respectiva.

Con los dos quemadores encendidos, si se produjese falla de flama en uno solo de ellos, no se disparará la caldera, pero sí aparecerá alarma.

#### b) Alarmas

Además de las alarmas que se incluyen en cada seguro, se tienen tres alarmas para las condiciones siguientes:

- 1.- Bajo Nivel del Domo
- 2.- Alto Nivel del Domo
- 3.- Alta Presión de Vapor.

### Sistema de Barrido de los Gases.-

Este sistema, compuesto por un conjunto de relevadores y elementos de campo, permite efectuar un barrido de aire a la caldera una vez que las condiciones de seguridad requeridas para el encendido se -- han cumplido a través del sistema de seguros.

El barrido se inicia al pulsar el botón de encendido (inicio) del barrido abriéndose las compuertas de aire durante 45 segundos aproximadamente, permitiendo que el flujo de aire impulsado por los ventiladores de tiro forzado e inducido, recorran el interior de la caldera para asegurar que no queden gases explosivos atrapados en ella.

### Sistema de Encendido de Pilotos y Quemadores-

Este sistema permite encender cualquier quemador sin importar en que orden se efectúe, una vez que ha finalizado el barrido, el sistema obliga a encender siempre cualquier piloto, antes de poder abrirse - la válvula de corte a los quemadores.

El encendido de los pilotos se efectúa en forma semiautomática a través de un interruptor de botón. El encendido de los quemadores deberá efectuarse abriéndose las válvulas "macho", instaladas en las líneas de gas a quemadores.

Para cada par piloto-quemador se incluye un detector de flama para monitorear en forma continua la flama respectiva.

Los quemadores podrán encenderse sólo hasta que aparezca la - indicación de que la flama de su piloto se ha estabilizado.

Los pilotos se apagarán automáticamente una vez que la flama de sus quemadores se han estabilizado.

### Sistema de Control de Presión de Vapor-

Una vez encendido cualquier quemador, este sistema permite -- controlar la presión de vapor en forma manual o automático, según se requiera.

En forma manual, la función de control manual que acciona sobre los servomotores de la válvula reguladora de gas y compuertas de regulación de aire.

En forma automática, el controlador de presión instalado en - la línea de vapor, acciona directamente sobre ambos servomotores de la - válvula reguladora de gas y compuertas de regulación de aire.

## INSTALACION ELECTRICA

El tablero debe alimentarse con 115 VCA, a 60 Hz, interiormen  
te se encuentra protegido por medio de dos fusibles de 6 Amp.

Para la conexión de los elementos externos al tablero, b́ase en el diagrama que aparece en el aṕndice (Tablilla de Conexiones del - Tablero).

La condici3n de los contactos de los interruptores debeŕ ser de acuerdo a la siguiente tabla.

Condici3n	Contacto
Ventilador Tiro Forzado Parado	NC
Ventilador Tiro Inducido Parado	NC
Aire Menor al Ḿnimo	NC
Alta Presi3n de Gas	NC
Baja Presi3n de Gas	NC
Muy Bajo Nivel del Domo	NC
Alto Nivel del Domo	NC
Alta Presi3n de Vapor	NC
Válvula Reguladora de Gas en su posici3n ḿnima	NC
Compuerta Ventilador Tiro Forzado en su posici3n ḿnima	NC
Aire de Purga Mayor al Ḿnimo	NC

LS1-Válvula macho Quem. 1 abierta	NC
LS5-Válvula macho Quem. 2 abierta	NC
LS2-Válvula macho Quem. 1 cerrada	NC
LS3-Válvula macho Quem. 2 cerrada	NC
LS4-Válvula corte de Gas energizada	NC
LS6-Válvula corte de Gas abierta	NC

Los detectores de flama inducidos en el tablero deberán ca --  
blearse directamente hasta los controles internos y conectarse a los bor  
nes 7 y 8, correspondiendo un cable al No. 7 y otro cable al No. 8.

Visto de frente al tablero, el control para el quemador No. 1  
se localiza en la parte interior izquierda, y el control para el quema--  
dor No. 2 en la parte interior derecha.

La longitud total no deberá exceder los 50 metros y no deberán  
llevarse juntos con otros cables.

Hay que considerar para esto, que la temperatura máxima que so  
porta el detector es de 100°C, cuando se efectúa la instalación.

En relación a los Modutroles, para invertir el giro basta in-  
tercambiar el par de conexiones A1-A2 por A3-A4.

## OPERACION DE LA CALDERA

## 1.- Preliminares-

1.1 Se prevé que la caldera está apagada y sus auxiliares -  
parados, y que se desea efectuar el encendido de la misma.

## 1.2 Se consideran las siguientes condiciones iniciales:

Tablero de Control Desenergizado.

Válvulas macho de ambos quemadores cerradas.

Ventiladores de Tiro Inducido Parado.

Ventiladores de Tiro Forzado Parado

Nivel del Domo Normal

Válvula macho de corte de Gas Abierta.

Presión de Gas Normal.

1.3 Se deberán verificar que las siguientes condiciones exis  
tan:

Válvula Reguladora de Gas en posición mínima.

Compuertas del Ventilador de Tiro Forzado en posición mínima.

Válvula Solenoide de corte de Gas cerrada.

Arreglo de válvulas solenoides de ambos pilotos en posición de  
corte de gas a caldera y venteos abiertos.

Pistola (4) en tablero en posición manual

Pistola (21) en quemador No. 1 desenergizado.

Pistola (28) en quemador No. 2 desenergizado.

2.- Puesta a Punto de las Condiciones de Seguridad para preparar el Encendido.

Para poder seguir la siguiente explicación debemos estar ayudándonos con los dibujos del tablero.

2.1 Energice el tablero girando la pistola (1) a la derecha - ocurriendo lo siguiente:

Suena la Alarma

Se iluminan las siguientes lámparas;

Lámpara (2) -Energía.

Lámpara (3) Manual

Lámpara (6) - Ventilador Inducido Parado.

Lámpara (7) - Aire menor al Mínimo.

Lámpara (8) - Ventilador Forzado Parado.

2.2 Oprimir el botón (17) para silenciar alarma y callar la - campana.

2.3 Oprimir el botón (39) prueba de alarmas para verificar - que todos los focos encienden. Si alguno no encendiera, reponerlo por alguno en buen estado.

Oprima de nuevo el botón (17) para silenciar alarma.

2.4 Una vez arrancados los ventiladores, de tiro forzado e -  
inducido:

Las siguientes lámparas deberán apagarse:

Lámpara (6) - Ventilador Inducido Parado

Lámpara (7) - Aire Menor al Mínimo

Lámpara (8) - Ventilador Forzado Parado.

2.5 Verifique ahora que las siguientes lámparas estén apaga-  
das además de las (6), (7) y (8).

Lámpara (9) - Alta Presión de Gas

Lámpara (10) - Baja Presión de Gas

Lámpara (15) - Muy Bajo Nivel Domo

Si alguna de ellas estuviese encendida, habrá que ver la causa  
y efectuar las acciones necesarias para que la condición se corrija.

### 3.- Barrido de la Caldera-

Una vez que las lámparas (6), (7), (8), (9), (10), y (15) están apagadas, oprima el botón (18) "barrer", y no deje de oprimirlo hasta que encienda la lámpara (19) "barriendo".

El modutrol de las compuertas de aire debe haber abierto las - compuertas permitiendo barrer la caldera por un tiempo de 45 segundos -- aproximadamente.

Al finalizar el barrido, se enciende la lámpara (20) "barrido" se apaga la lámpara (19) "barriendo", y el modutrol de las compuertas -- de aire debe haber posicionado las compuertas en posición mínima de apertura.

La caldera está lista para encender cualquier quemador.

La lámpara (20) "barrido", permanecerá encendida todo el tiempo que se tenga en operación a la caldera y sólo se apagará con disparo de caldera.

Si ocurriera una o varias de las condiciones de disparo de Caldera, esto es:

Ventilador Inducido Parado

Aire Menor al Mínimo

Ventilador Forzado Parado

Alta Presión Gas

Baja Presión Gas

Muy Bajo Nivel Domo

Habrã que restablecer la condición de disparo y reiniciar la -  
secuencia en el punto 2.5.

#### 4.- Encendido de Piloto-

Una vez barrida la caldera puede procederse al encendido de los pilotos, los cuales pueden encenderse en cualquier orden.

Para ejemplificar el encendido de los pilotos se procede a la explicación del encendido del piloto No. 1 en el entendido de que el procedimiento es válido para el piloto No. 2.

4.1 Girar la pistola (21) "Quemador No. 1". energía a la derecha. Se encienden las lámparas (22) y la (11) "falla flama quemador No. 1".

4.2 Oprimir el botón (23) "encender piloto", y mantenerlo oprimido hasta que encienda la lámpara (24) "encendiendo piloto".

En este momento el arreglo de las válvulas solenoides de gas debe estar permitiendo el flujo de gas al piloto y la bujía debe estar produciendo la chispa alimentada por el transformador de ignición.

4.3 Una vez encendido el piloto deberá encenderse la lámpara (26) "flama detectada" y apagarse la (11) "falla flama quemador No.1".

Si por alguna razón no encendiera la flama del piloto después de 30 segundos de iniciado el intento, se cortará el flujo de gas al piloto a través del arreglo de válvulas solenoides, se desenergizará el transformador de ignición, se disparará la caldera y sonará la campana.

Calle la campana con el botón (17) "silenciar alarma", 20 segundos después aproximadamente, el interruptor térmico localizado en el control de flama se disparará y sonará la alarma.

Calle la campana y restablezca el interruptor térmico oprimiéndolo.

Deberá ahora reiniciarse la secuencia desde el punto 2.5.

4.4 Una vez detectada la flama del piloto, pasarán 15 segundos antes de que encienda la lámpara (35) "válvula corte de gas energizada".

Si por alguna razón se apagara la flama del piloto, la lámpara (26) "flama detectada" se apagará, entonces la lámpara (11) "falla - de flama" encenderá, y 30 segundos después se cortará el flujo de gas a pilotos, se desenergizará el transformador de ignición, se disparará la caldera y sonará la alarma.

Debemos proceder ahora como se explica en el punto 4.3, después del disparo de la caldera para reiniciar el encendido.

También cualquier condición de disparo de las que se mencionan en el punto 3, puede disparar la caldera y apagar la flama del piloto.

Si esto aconteciera, habrá de procederse de igual manera como se explica en el punto 4.3, después del disparo de la caldera.

### 5.- Encendido de Quemadores-

Consideramos ahora el encendido del quemador No.1, continuando con la secuencia de la explicación del encendido del piloto No. 1, - en el entendido que la explicación es válida para el conjunto piloto-que-mador No. 2.

5.1 Una vez estabilizado el piloto No. 1, indicado por la lám-pa (25) "piloto estabilizado" y energizada la válvula de corte de gas indicado por la lámpara (35) "válvula corte gas energizada", proceder a - -- abrir la válvula macho y después lentamente la válvula de corte; o a la in-versa, de acuerdo a la práctica normal, el quemador No. 1 debe estar aho-ra encendido.

20 segundos después, se encenderá la lámpara (27) "quemador --estabilizado" y se apagará la lámpara (25) "piloto estabilizado", apagandose automáticamente el piloto.

PRECAUCION- Cerciórese que, teniendo encendido el piloto No.1 al proceder a encender el quemador, abrir la válvula macho correspondien-te al quemador No. 1. Si por error abriera la válvula macho del quema-dor No. 2, se introducirá peligrosamente gas a la caldera sin inflamarse, con peligro de una explosión.

Este evento no es controlable ni detectado por el tablero al -carecerse de válvulas solenoides de corte de gas por cada línea de gas a quemadores.

## 5.- Encendido de Quemadores-

Consideramos ahora el encendido del quemador No.1, continuando con la secuencia de la explicación del encendido del piloto No. 1, - en el entendido que la explicación es válida para el conjunto piloto-que-mador No. 2.

5.1 Una vez estabilizado el piloto No. 1, indicado por la lámpa (25) "piloto estabilizado" y energizada la válvula de corte de gas indicado por la lámpara (35) "válvula corte gas energizada", proceder a - -- abrir la válvula macho y después lentamente la válvula de corte; o a la inversa, de acuerdo a la práctica normal, el quemador No. 1 debe estar ahora encendido.

20 segundos después, se encenderá la lámpara (27) "quemador -- estabilizado" y se apagará la lámpara (25) "piloto estabilizado", apagandose automáticamente el piloto.

PRECAUCION- Cerciórese que, teniendo encendido el piloto No.1 al proceder a encender el quemador, abrir la válvula macho correspondiente al quemador No. 1. Si por error abriera la válvula macho del quema--ador No. 2, se introducirá peligrosamente gas a la caldera sin inflamarse, con peligro de una explosión.

Este evento no es controlable ni detectado por el tablero al - carecerse de válvulas solenoides de corte de gas por cada línea de gas a quemadores.

5.2 Cuando se requiera encender el quemador No. 2, iniciar la secuencia de encendido desde el punto 4.1, y seguir para ambos pilotos y quemador No. 2 la explicación que se menciona para piloto y quemador No. 1.

Sin embargo, la caldera ahora no se disparará cuando se presente falla de flama para el piloto o el quemador No. , siempre y cuando se mantenga encendido el piloto o el quemador No. 1.

Así mismo, cuando se tengan los dos quemadores encendidos y presente falla de flama en sólo uno de ellos, la caldera no se disparará.

Para reencender el quemador apagado, esperar que se bote el interruptor térmico del control respectivo, restablézcase o inicie la secuencia a partir del punto 4.1.

## 6.- Control de Vapor-

Una vez encendido cualquier quemador, es posible comenzar a modular al flujo de combustible y de aire.

Deberá primeramente oprimirse el botón (37) "modular", y enseguida podrá modularse manualmente manipulando la perilla (38), la cual actúa sobre ambos modutroles de la válvula reguladora de gas y compuertas de aire.

Una vez que la caldera se encuentre en posibilidad de operarse en automático, es decir, con la caldera caliente y la presión de vapor igualada con el punto de ajuste del controlador de vapor, puede pasarse el control a modo automático, girando la pistola (4) a la derecha, apagándose la lámpara (3) "manual" y encendiéndose la lámpara (5) "automático".

Siempre que se quiera regresar al modo manual, basta con girar la pistola (4) a posición de manual.

Siempre que ocurra un disparo de caldera, habrá que reiniciar su encendido energizando la secuencia a partir del punto 2.5.

Cuando se presenten las condiciones de alarma siguientes:

Bajo nivel del Domo

Alto Nivel del Domo

Alta presión de Vapor.

Habrá que proceder a corregir la causa de la alarma según se -  
requiera.

## APENDICE

La representación de los diagramas está basado en la Unión del Consejo Industrial (Join Industrial Council "JIC") y por la Nacional Electrical Manufacturers Association "NEMA".

Se escogió así para darle mayor claridad ya que el objeto es lograr que los esquemas de circuitos puedan entender lo mejor posible.

## Relevadores-

Es práctica aceptada dibujar las bobinas de los relés y sus contactos en la posición de reposo.

A fin de dar al contacto la máxima vida posible, el circuito da una caída de tensión mala en el contacto, en el momento de apertura, para que el voltaje de pico al que se carga, no de lugar a una ruptura.

Al escoger los relevadores se tomó en cuenta los diferentes factores que contribuyen a determinar su vida útil, en esto influye; la naturaleza de los materiales, la presión de contacto, condiciones atmosféricas, etc.

## ABREVIATURAS

## A - Relevador

B - "

C - "

D - "

E - "

F - "

G - "

H - "

I - "

J - "

K - "

L - "

M - "

N - "

O - "

P - "

Q - "

R - "

S - "

T - "

MRG - "

## MVF - Relevador

ATB - "

U1 - "

U2 - "

MOD1 - "

MOD2 - "

FF - "

Z1 - "

Z2 - "

X1 - "

X2 - "

VP1 - "

FL1B - "

TTP1 - "

TTS1 - "

FL2A - "

FL1A - "

VP2 - "

FL2B - "

TTP2 - "

TTS2 - "

VC - "

## Continuación;

PI -Parada Inducido

AM - Aire Mínimo

APG - Alta Presión Gas

BPG - Baja Presión Gas

PF - Parada Forzada

MBND - Muy Bajo Nivel Domo

BND - Bajo Nivel Domo

AND. - Alto Nivel Domo

APV - Alta Presión Vapor

RMG - Regulación Mínima Gas

VMF - Ventilación Mínima Forzado

VLS. SOL. - Válvulas Solenoides

LS - Interruptor de Carrera o límite (limit switch)

AP - Aire Purga

T1 - Transformador Ignición

## Controles contra Falla de Flama-

### Especificaciones:

Modelo;

Control contra Falla de Flama I.C. UV 30 en 6 diferentes clases.

Sensor de Flama;

Fototubo I.C. 2200 sensible a radiación ultravioleta.

Temperatura en el sensor;

100° C. Máximo.

El fototubo I.C. 2200 deberá quedar lo más cerca posible de la flama para obtener la máxima señal y asegurar un correcto funcionamiento del control.

Es posible usar dos sensores I.C. 2200 por cada control UV30. Esto se hace para obtener una más confiable supervisión de flama.

### Aplicación:

Son adecuadas para supervisar flamas de diesel o gas, por lo que se recomiendan para aplicaciones donde se desee obtener una gran confiabilidad.

NOTA: Para mayor información consultar los catálogos de "Control de Flamas, S.A."

Servomotor- Motor con alta resistencia en el rotor.

Servomecanismos (Controles de Posición)

Estos se aplican para controlar una posición mecánica, esto es, mover algún objeto mecánico hasta que quede situado exactamente en una posición especificada; o moverlo de tal manera que su posición mecánica esté controlada con precisión mientras está en movimiento.

En ambos casos, el sistema debe mantener (regular) la posición deseada cuando la salida se vea perturbada por fuerzas o pares externos.

La filosofía de los Controles de Posición con ciclo de retroalimentación, es simplemente que la cantidad (posición) que va a controlarse, se mide, y el valor medido se compara con el de una cantidad de referencia que expresa el valor deseado.

Cualquier diferencia entre los valores medidos y deseados es un error.

El requerimiento primordial del sistema, es un dispositivo de medición que pueda determinar la posición con exactitud suficiente y que pueda ser incorporado en un "detector de error de posición"

Es un axioma que la magnitud de salida no puede ser controlada con más exactitud que con la que es medida.

Se necesita un motor para cambiar la posición de la salida y también se necesita un dispositivo de amplificación para accionar el motor.

Teniendo como referencia la siguiente figura, vemos que el amplificador recibe la señal de error, de tal manera que manda la señal al motor, el cual hace que se mueva el engranaje hasta dejarlo en la posición especificada (la salida del sistema es medida, y una señal proporcional a ésta medida es retroalimentada al punto de entrada, donde es comparada con la señal de referencia).

Teóricamente, sí es posible igualar el error de posición, pero en la práctica generalmente existe algún pequeño error debido a pegaduras líga de los engranes, la histéresis, etc.

En casi todos los casos de sistema de control de retroalimentación, el propósito fundamental del sistema es lograr la precisión adecuada en el estado permanente, por lo que no es permisible reducir la ganancia, a fin de estabilizar el sistema.

Sí la ganancia que se requiere para la precisión deseada hace inestable el sistema, entonces el sistema debe ser cambiador en alguna forma para lograr la dinámica deseada, sin afectar la precisión.

## BIBLIOGRAFIA

- Stephen Michael. Operación de Plantas Industriales. (Manual Práctico para la Operación, Mantenimiento y Reparación de Equipos y Sistemas).- Elonka, 1983.
- Havrella. Fundamentos de Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de Aire. Mc Graw Hill, 1983.
- Carl D. Shield. Calderas, (Tipos, Características y sus Funciones). Cía. Editorial Continental, 1984.
- George M. Chute/Chute Robert D. Electronica Industrial. Hispano-Europea, 1982.
- Manual de Calderas. Cleaver Brook.
- Manual de Botones Pulsadores, Selectores, Señalizadores. Brown Boveri: Mexicana.
- Avalos y Vez. Generadores de Vapor. Editorial ESIME. 1941.
- Manual de Especificaciones de Relevadores. Schrack de México.
- Catálogo de Controles contra Fallas de Flama.
- Boletín IIE (Instituto de Investigaciones Eléctricas).

V. Giles Ronald. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica. Editorial Prentice/Hall Internacional.

J. Maloney Timothy. Electronica Industrial (Dispositivos y Sistemas). --  
Edit. Prentice Hall Internacional, 1979.

Baumeister Theodore/A. Avallone Eugene/Baumeister III Theodore Marks. --  
Manual del Ingeniero Mecánico. Octava Edición (Segunda Edición en Español). Editorial Mc Graw Hill.

Severns WH/Degler H.E./Miles J.C. Energía Mediante Vapor, Aire o Gas. --  
Editorial Reverté, S.A. 1976.

Calderas Myrgo, S.A.