



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



"REHABILITACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE UNA CALDERA
APLICADO AL PROCESO DE FABRICACION DE HARINA DE PESCADO"

INFORME TECNICO

Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Ricardo F. Sandoya Alava



Guayaquil

Ecuador

Año

1.989

DE D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. IGNACIO WIESNER F.,
por su valiosa y desinteresada
ayuda en la elaboración -
del presente Informe Técnico.

DECLARACION EXPRESA

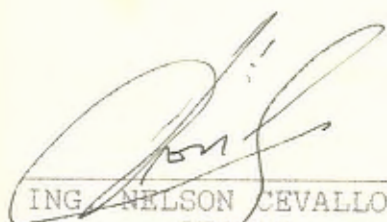
Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

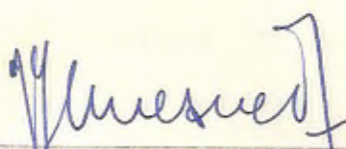
(Reglamento de Graduación mediante la Elaboración de Informes Técnicos).



.....
RICARDO F. SANDOYA ALAVA



ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO
FAC. ING. MECANICA



ING. IGNACIO WIESNER F.
DIRECTOR
INFORME TECNICO



ING. VLADIMIR BERMUDEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

R E S U M E N

Para poner en marcha la planta procesadora de harina de pescado fue necesario rehabilitar la caldera de 200 HP. Este trabajo tuvo relación integral con todas las partes del equipo, es decir cambios de tubos, colocación de refractarios y la reinstalación de todos los circuitos eléctricos.

Las dificultades técnicas que se presentaron en relación a esta última, se debieron a que no existían planos del cableado ni descripción de funciones de los pocos elementos de mando y control incorporados y en mal estado, debido al abandono que estuvieron sometidos.

En tales circunstancias se realizaron adaptaciones con dispositivos afines existentes en el mercado que permitieron luego de muchas pruebas parciales poner en marcha el único equipo que poseía la empresa.

El presente informe son las memorias de la rehabilitaci

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN	
ANTECEDENTES	
PROCESO DE FABRICACION	
REQUERIMIENTOS DEL VAPOR DENTRO DEL PROCESO	
I. CAPITULO	
DEFINICION DEL PROBLEMA	
1.1 Principio de funcionamiento de la caldera.	
1.2 Elementos de mando control y potencia eléctrica que conforman la caldera. .	
1.3 Evaluación preliminar	
II. CAPITULO	
ALTERNATIVAS DE SOLUCION	
2.1 Cambio total del sistema eléctrico...	
2.2 Recuperación de elementos	
2.3 Adquisición de caldera nueva	
III. CAPITULO	
SOLUCION DEL PROBLEMA	
3.1 Evaluación de alternativas	
3.2 Solución planteada	

ción del sistema eléctrico de potencia, mando, control y protección automática de dicha caldera.

A N T E C E D E N T E S

Dadas a las excelentes condiciones que reúne nuestro país por su gran riqueza ictiológica y situación geográfica; han permitido crear un gran desarrollo de la industria nacional del pescado y sus derivados.

Antiguamente una gran parte de los desperdicios se utilizaban como abono. Sin embargo, en la actualidad la salida realmente importante es la fabricación de la harina de pescado, un producto fácilmente almacenable.

Es de gran trascendencia la importancia que tiene la harina de pescado en nuestro país, y en el mundo, como un factor económico y también porque no decirlo alimenticio, ya que constituye un valioso ingrediente de la ración de los animales domésticos, particularmente de los cerdos y las aves. Sin la harina de pescado o alguna otra fuente equivalente de proteínas de alta calidad, la dieta de estos animales basados principalmente en los cereales, serían ina-

decuados para el rápido crecimiento y productividad que puedan alcanzar con dietas debidamente equilibradas.

Se puede decir que la producción de harina de pescao beneficia tanto a la economía nacional como al pescador y no debe considerarse como una operación de poca importancia. Si la materia prima es por naturaleza oleosa, el aceite se recupera como un producto adicional que encuentra diferentes salidas, - siendo transformado una gran parte de este después de un tratamiento de refinado, en mezclas de grasas y aceites comestibles.

Industria ERCO, es el nombre de la empresa donde - realicé mi trabajo. Es una fábrica de elaboración de harina de pescado, la misma está situada en Chanduy (Prov. Del Guayas).

El proceso de fabricación de este tipo de empresas - es de producción continua y el procesamiento de harina de pescado es muy simple, así, la materia prima es extraída del mar se cocina, se prensa, se seca y se muele.

Estas industrias están organizadas para un proceso -

de fabricación continua por que para la elaboración de harina de pescado es necesario tener dicho proceso, ya que el pescado es un producto perecible y no puede estar más de 24 horas a la intemperie sin procesar, tomado en cuenta desde el momento de su captura.

El proceso de transformación de la materia prima es rápida, no se estaciona en ninguna parte del proceso, circula a través de él por medio de los diversos equipos que realizan dicho proceso de fabricación, tales como: Transportadores helicoidales, cocinador, secador, molino, etc.

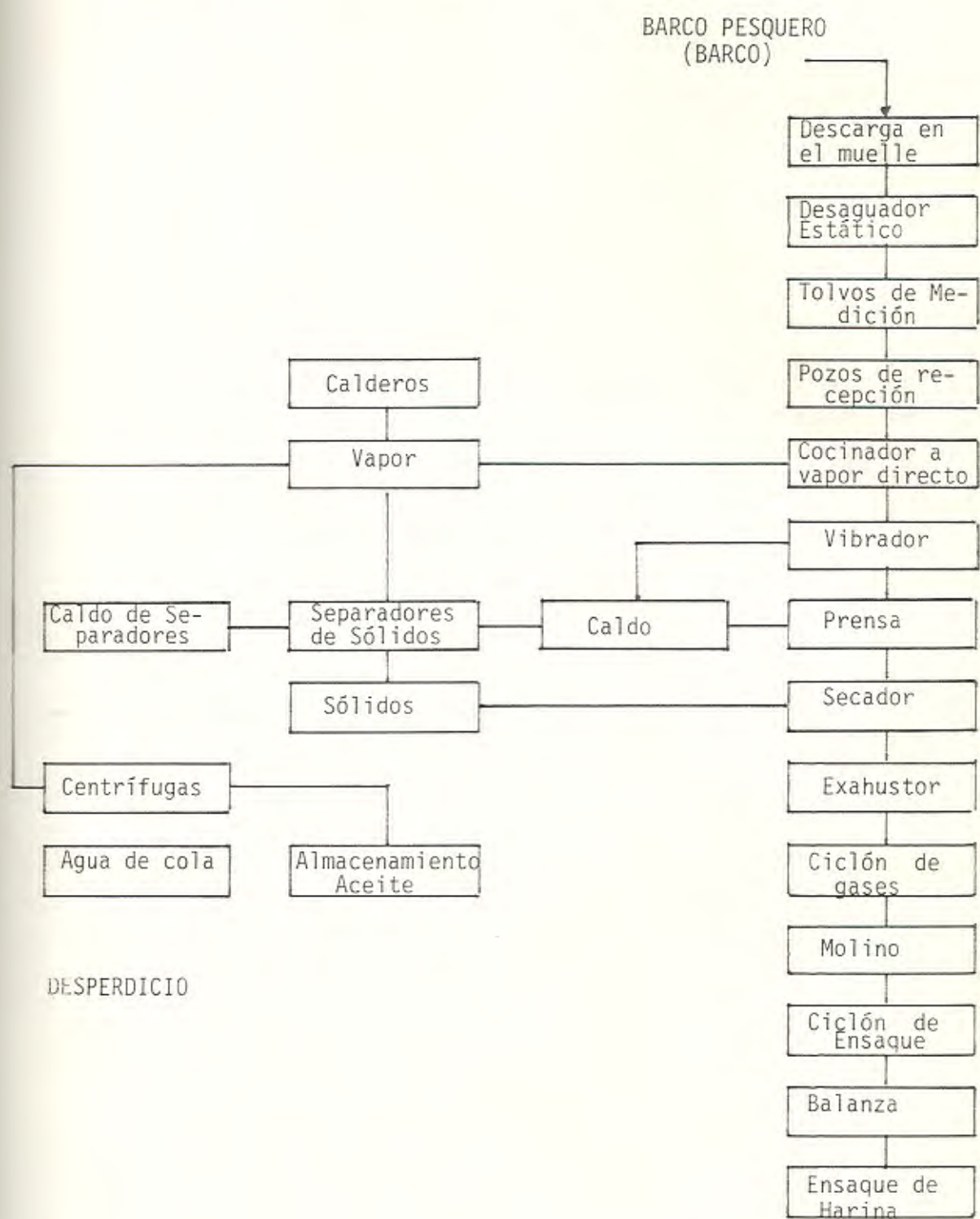
PROCESO DE FABRICACION.-

Flujo de Proceso.-

El flujo de proceso de fabricación lo observamos es el gráfico N° 1, que son los pasos para obtener los productos: Harina y aceite de pescado.

El proceso de fabricación se inicia con la captura de los peces, que son conducidos a la fábrica por barcos pesqueros.

FLUJO DEL PROCESO



DESPERDICIO

Los barcos cargados de pescado atracan en el muelle y por medio de bombas de agua, inundan las bodegas de éstos; luego a través de una bomba estacionaria - succionan el pescado con agua de las bodegas del barco, haciendo uso de un manguerón de estructura metálica y material de jebe lo transporta por medio de una tubería hasta un desaguador estático. De aquí el pescado es conducido por un transportador de mallas hasta las tolvas de pesaje: Una vez pesado se lo almacena en las pozas de recepción de pescado.

Usando un transportador helicoidal recolector se saca el pescado del fondo de las pozas y por medio - de un transportador elevador de rastras, lo conduce hasta la tolva de alimentación del cocinador para posteriormente cocinarlo.

Luego pasa por un vibrador que separa al caldo del pescado cocido, pasando éste a un recipiente de almacenamiento que está ubicado debajo del vibrador.

En éstas el pescado cocido desaguado es prensado, sacándole el resto de caldo que contiene y éste pasará a almacenarse en un recipiente o pozo de caldo; el cake (Nombre que se le da al pescado una vez que sale de la prensa), que sale de las prensas es condu

cido a un secador rotativo de paletas, por medio de un transportador elevador helicoidal.

El secador, que es un tambor rotativo de paletas por su interior se hace circular aire caliente suministrado por un quemador, el aire pasa previamente por una cámara de fuego de combustión. El Cake pasará en forma de lluvia por el interior del secador, el aire caliente saca la humedad existente en el Cake. Por el interior del secador la temperatura es de 68-70 C.

Los gases y polvillo que salen del secador, son enviados a través del exahustor hacia los ciclones de gases; estos son eliminados por un equipo o baterías de torre de lavado, disminuyendo al mínimo la cantidad de olor; el polvillo que circula a través de los ciclones de los gases, bajan por gravedad hasta un transportador helicoidal que se une al Cake que será conducido al molino de martillo. Luego, a través de un extractor o aspirador de harina, es conducido a la sección de ensaque.

El caldo del pescado cocido, separado por el vibrador y las prensas, es bombeado hasta un separador de sólidos; las pequeñas partículas de sólidos son en-

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CALDERA.-

GENERALIDADES:

La caldera es básicamente un recipiente donde el calor generado por la energía química de un combustible es parcialmente absorbida por el agua hasta el punto de ebullición.

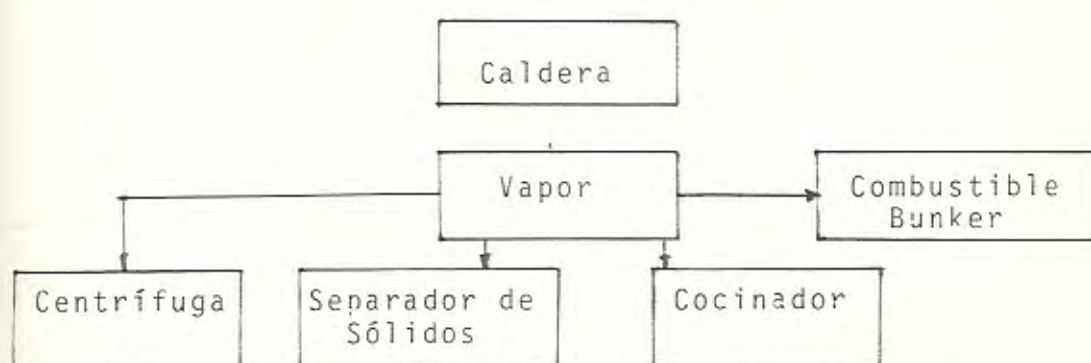
Como la caldera es un recipiente herméticamente cerrado, al subir a cierto grado la temperatura el agua comienza a evaporar y consecuentemente la presión a subir.

Hay básicamente dos tipos de calderas: Las Piro-tubulares y las acuaturbulares. Las calderas piro-tubulares son aquellas donde el fuego y los gases de combustión circulan dentro de los tubos de la caldera como también se las llaman calderas de tubos de fuego.

viadas al secador y el aceite con agua es bombeado a un tanque de triple compartimiento, el cual será calentado con agua hervida a vapor para ser introducido a la centrífuga, la cual realiza la separación del agua de la cola con el aceite.

REQUERIMIENTO DEL VAPOR DENTRO DEL PROCESO.-

DIAGRAMA DE FLUJO



El vapor producido en la caldera alimenta al cocinador, al tanque de precalentamiento de bunker- que es para la combustión del quemador; al separador de sólidos y a la centrífugas.

Las calderas acutubulares o llamadas también calderas de tubos de agua, son aquellas donde el agua se encuentra dentro de los tubos.

En lo sucesivo me referiré exclusivamente a la caldera pirotubular, ya que el presente trabajo se relaciona con este tipo de caldera.

La caldera como medio de calentamiento utilizan diversos tipos de combustible, en nuestro medio tenemos básicamente los siguientes:

- DIESEL OIL N° 2:

Es el más ligero de los combustibles utilizados para este propósito, tiene como ventaja que su manejo es más fácil, no necesita precalentarse, su uso es muy limpio; como desventaja debo anotar que su costo es más elevado que otras opciones, su contenido de calor está entre 135.800 - 143.100 BTU/GALON.

- EL BUNKER O ACEITE PESADO N° 6:

Tiene como ventaja su bajo costo, aproximado -

al 60% del Diesel, y su mayor contenido de calor, que es de 146.300 - 156.600 BTU/Galón. Sus desventaja es que su manejo es más difícil debido a su gran densidad, necesitando así de un precalentamiento para poder ser quemado. Debido a estos antecedentes la inversión inicial es - mucho más elevada que si se quema diesel. El - combustible utilizado en la caldera en cues - tión es el aceite pesado N° 6. (BUNKER).

Es muy común el uso del gas licuado de petróleo para proveer a la caldera una llama piloto, que es en definitiva la que enciende el combustible que utiliza el quemador.

PRINCIPALES PARTES DE LA CALDERA.-

Lado de Agua.-

Es la parte del recipiente en donde el agua es depositada para su calentamiento y su conservación en vapor. En esta parte debemos distinguir los siguientes elementos:

- El vaso

- El hogar
- El domo
- Los tubos
- Los registros de mano y hombre

Lado de Fuego.-

Como su nombre lo indica es el lado que está en contacto directo con el fuego y los gases de combustión y en la que se distinguen las siguientes partes:

- Hogar
- Tubos
- Refractarios
- Chimenea

Los refractarios van instalados en el cono del quemador, en el anillo de estrangulación, en las puertas anteriores y posteriores, etc. Los mismos que sirven para que el fuego no de directamente sobre las paredes metálicas de la caldera.

La chimenea es el ducto por donde salen los ga

ses de combustión, a su más bajo nivel de temperatura que ya no es aprovechable por la caldera, ésta debe tener una altura de un metro por arriba de la máxima altura del techo más cercano.

ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE.-

Para quemar el combustible es necesario esparcir el líquido en un rocío compuesto de pequeñas gotas de manera que se presente la mayor cantidad de área posible. La combustión se produce porque el líquido se vaporiza, los vapores se mezclan con el O_2 , y se calientan hasta la temperatura de encendido, quemándose el combustible. Una presión mínima de 100 PSI, es necesario para atomizar mecánicamente el combustible. Al Bunker hay que precalentarlo para que disminuya la viscosidad o no se atomiza. Dentro de este ítem debemos distinguir las siguientes partes:

1. Tanques diarios de combustible
2. Filtro de combustible
3. Bomba de combustible

4. Válvula de alivio
5. Tubería de retorno
6. Precalentador de vapor
7. Termostato de operación
8. Precalentador eléctrico
9. Caja de viscosidad
10. Inductor de giro
11. Boquilla
12. Compresor de aire para atomización
13. Presostato de aire comprimido
14. Tubería de aire
15. Solenoides

SOPLADO DE AIRE PARA COMBUSTION.-

Los objetivos principales del soplador en la caldera son los de proveer suficiente aire al hogar para una adecuada combustión y ayudar a circular a los gases por los tubos hasta la chimenea, consiguiendo todo esto con un ventilador de tiro - forzado. En este artículo debemos distinguir las siguientes partes:

1. Motor de ventilador
2. Ventilador
3. Compuerta de entrada de aire

4. Presostato de aire para combustión
5. Inductor de giro
6. Levas de compuerta para entrada de aire.

ALIMENTACION DE AGUA A LA CALDERA.-

Básicamente el sistema consta de un tanque diario con una capacidad mínima para 20 minutos de operación. Es decir que si el consumo de agua en la caldera es de 800 galones-hora; el tanque diario debe tener una capacidad mínima de 260 galones.

Al tanque está incorporado un sistema de precalentamiento de agua que consta básicamente de un serpentín, por el se hace circular vapor a través de una válvula solenoide (a la entrada), activada termostáticamente y una trampa a la salida.

Se tiene una bomba tipo engranaje de alta presión y bajo caudal, la que está dimensionada para proveer el doble del flujo de agua requerido en la caldera y a una cabeza dinámica total mayor que la que opera la caldera.

Entre la bomba y la entrada de agua a la caldera se tiene instalada una válvula check, como norma de seguridad se acostumbra poner dos. Tenemos una válvula tipo compuerta, con el objeto de que al realizar reparaciones en las válvulas check, se cierra la válvula de compuerta - sin necesidad de desaguar toda la caldera.

PURGAS EN LA CALDERA.-

El agua natural contiene siempre algunas impurezas, de las cuales las más perjudiciales cuando se trata de agua para las calderas, son las sales de calcio y magnesio. Estas son las sustancias que originan la dureza del agua.

Por lo general tenemos cuatro purgas en la caldera: dos purgas de fondo ubicadas en la parte más baja del vaso de la caldera, que son abiertas generalmente tres veces al día; al inicio de la operación al medio día y antes de ser apagada.

La tercera purga es la de superficie que se usa generalmente para eliminar espumas en la parte

alta del nivel de agua de la caldera y la cuarta purga la tenemos en el control de nivel de agua; es la purga más importante que debe hacerse religiosamente tres veces al día ya que de lo contrario se corre el riesgo que el control de nivel se incruste quedando prisionero el flotador y dejando de trabajar.

1.2 ELEMENTOS DE MANDO, CONTROL Y POTENCIA ELECTRICOS - QUE CONFORMAN LA CALDERA.-

La regulación completamente automática de las calderas es muy necesaria, viéndose completamente justificada por el costo creciente de combustible y, por que no decirlo, para la preservación del equipo en sí y seguridad del elemento humano que la opera.

En todas las calderas se desea mantener constante la presión y el nivel de agua; la única indicación del aumento de la presión del vapor que se tiene en muchas calderas, es la lectura del manómetro, pues un descenso de presión, nos dice que la caldera se le saca más calor que el que se les suministra y recíprocamente, el aumento de presión indica una baja en la demanda de vapor.

La regulación automática que se aplica a las pequeñas calderas relacionan las variaciones de la producción de vapor con la cantidad de aire y combustible que ingresan al hogar.

CONTROLES DE COMBUSTION.-

En este acápite debemos distinguir las siguientes partes:

- PROGRAMADOR:

Llamado comúnmente el cerebro de la caldera, - es un aparato que recibe señales de diferentes elementos de control del sistema, que luego de analizadas ordena abrir o cerrar algún elemento de operación o de seguridad.

El programador está dividido en dos importantes secciones, la una que está formada por circuitos puramente electrónicos, encargada de analizar la señal recibida de la fotocelda, y la otra sección compuesta por elementos eléctricos como micro switch, relé y timer.

Para que la caldera entre completamente en operación, ésta toma su tiempo, ya que cada uno de los elementos eléctricos que intervienen en la operación de combustión van accionándose secuencialmente; secuencia que es controlada por el programador, la misma que se da inicio desde el momento que accionamos el switch de operación.

- FOTOCELDA:

Es un elemento de control, que en este caso es una fotocelda del tipo infrarrojo, cuya misión es detectar la presencia de llama dentro del hogar, con el objeto de que sólo entre combustible si hay llama, y lo corte si no la hay.

- CONTROLES DE OPERACION:

Aquí encontramos dos tipos de controles, el primero es operado por presión y se llama presostato. El segundo es operado por temperatura y se llama termostato.

El termostato responde a la temperatura, puede

hacer esto a causa del efecto de desplazamiento de una barra bimetálica/o de la presión de un fluido.

El presostato más común es el tipo fuelle. Cuando la presión dentro del sistema cambia, también lo hace la presión dentro del fuelle, haciendo que este se mueva junto con las variaciones de presión. En definitiva, tanto el termostato como el presostato realizan cierre o apertura de circuitos eléctricos a través de platinos o bulbos de mercurio.

En la caldera básicamente tenemos dos termos-tos de operación que están ubicados en: el precalentador eléctrico y otro en el precalen-tador a vapor. Además tenemos un tercer ter-mostato que acciona mecánicamente a una válvula eliminadora de aire, ubicada en la parte más alta del vaso de la caldera.

Tenemos dos presostato para el control de presión del vapor, generalmente del mismo tipo, - uno de operación, y otro de seguridad, este último graduado a un 10% más que el de operación, igualmente el de operación está graduado

para que opere con un diferencial no mayor del 5%.

Tenemos un tercer presostato, que es el envía la señal al motor de modulación, de ir de fuego bajo a fuego alto. Este presostato generalmente está regulado a un 40% de la presión de operación, es decir, cuando la caldera comienza a operar, ésta lo hace a fuego bajo, una vez que la presión sube a 40% de la de operación, la caldera se pone en condiciones de fuego alto (máximo flujo de mezcla aire combustible al hogar).

Tenemos un cuarto presostato que funciona no con el sistema de platinos ni bulbos de mercurio, sino con un potenciómetro, que es el que envía la señal al motor de modulación que vaya de fuego alto a fuego bajo o viceversa, en toda la escala, dependiendo de las necesidades de la caldera; esto es, si la presión dentro del vaso baja, el potenciómetro se encamina a posición de fuego alto; si de lo contrario, la presión dentro del vaso sube, el potenciómetro se encamina a la posición de fuego bajo.

- CONTROLES DE IGNICION:

Aquí encontramos las válvulas solenoides que pueden ser normalmente abiertas o normalmente cerradas, el transformador de ignición y los electrodos que excitados por el transformador producen un arco eléctrico que encenderá al combustible (gas).

- CONTROLES DE NIVEL:

El control de nivel de agua dentro de caldera está siempre monitoreado por un flotador que mueve a una cabeza flexible donde están ubicados un par de bulbos de mercurio, uno que es el que opera a la bomba de agua y otro es el que desactiva al sistema de combustión cuando el nivel de agua baja de los límites permitidos (el bulbo de seguridad está graduado 1" por debajo del bulbo de operación de la bomba).

- ELEMENTOS DE OPERACION Y PROTECCION DEL SISTEMA DE POTENCIA:

El presostato, el termostato, el pulsador u otro

control normal no están diseñados para llevar corriente de alto amperaje a través de los - contactos. Por consiguiente cuando las cargas eléctricas son demasiados pesadas para ser manejadas por elementos de control, debe usarse un contactor para manejar estas cargas.

Básicamente un contactor consiste en una bobina, una armadura de hierro y uno o más conjuntos de contactos diseñados para llevar cargas eléctricas pesadas. Aunque todos los contactores hacen o rompen circuitos eléctricos; vienen en muchos tamaños y su acción mecánica y apariencia física varían con el productor.

Cuando los motores se conectan con contactores, la protección en el circuito principal - lo constituye un relé de sobrecarga, cuyo disyuntor bimetálico, ajustado a la intensidad nominal del motor, activa en caso de sobrecarga un contacto de reposo en el circuito - de mando. También en este caso se protege - contra cortocircuitos mediante fusibles.

Cuando el motor debe protegerse contra tensiones demasiados bajas o cuando deba desconectar

se en caso de que desaparezca la tensión se montará en el circuito principal un disyuntor de - tensión mínima que abrirá el circuito de man- do cuando la tensión baje, por debajo de un de- terminado valor.

COMBUSTION DE CALDERA:

En esta parte se explica la forma como operan cada uno de los elementos que intervienen en el - proceso de combustión de la caldera. Como ya - se lo mencionó anteriormente el combustible con - que opera la caldera es Bunker (aceite N° 6); pa- ra ser atomizado dentro del hogar, necesita pre- viamente ser calentado a 180°F aproximadamente. Co- mo se observa en la Figura 2, partimos de un tanque diario de combustible con la suficiente capa- cidad para una jornada de trabajo. De este tan- que es subcionado con una bomba de combustible que generalmente es una bomba de piñones para el manejo de líquidos muy viscosos. Esta bomba es movida por un motor eléctrico a través de una - banda. El sistema eléctrico que opera a la bom- ba es totalmente independiente al sistema eléctrico de la caldera.

Incorporado a la bomba de combustible encontramos un manómetro y una válvula de alivio con la misión de permitir el retorno del combustible al tanque diario en el caso de producirse alguna obstrucción en las líneas de flujo del combustible, sin necesidad de apagar la bomba.

Aguas arriba encontramos el precalentador a vapor que no es más que un intercambiador de calor - que comienza a operar el momento que haya vapor en la caldera; como elementos incorporados tenemos una válvula solenoide de ingreso de vapor, un termostato de operación y una purga para condensados; más adelante encontramos el precalentador eléctrico que funciona básicamente con resistencia eléctrica (6.000-10.000 wts), como elementos incorporados tenemos un termostato de operación y un termómetro. Siguiendo el proceso nos topamos con un segundo filtro de combustible para retener partículas de hasta 30 micrones con el objeto de evitar que éstas lleguen a la boquilla del quemador, aparte del primer filtro, ubicado entre el tanque diario y la bomba de combustible.

Aguas arriba encontramos 3 válvulas solenoides, dos de operación normalmente cerradas y una normalmen-

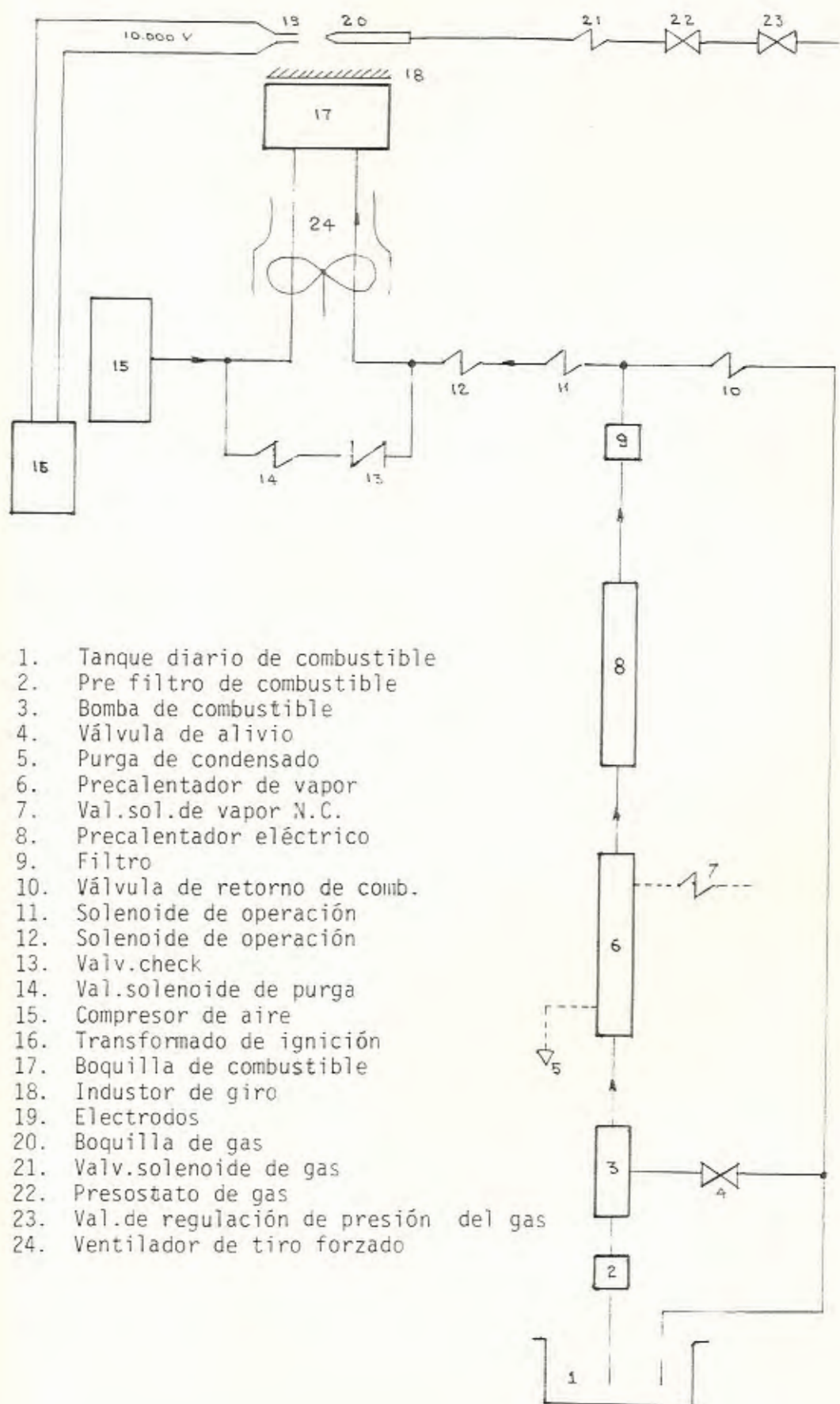
te abierta que sirve para dar retorno del combustible al tanque diario. Esta operación de retorno - se mantendrá hasta que el combustible haya alcanzado la correspondiente temperatura de trabajo - (180° F).

Una vez que el combustible está en condiciones de trabajo podemos encender la caldera; poniendo el switch eléctrico en la posición "ON", empieza a soplar el ventilador que es del tipo canastilla de alto caudal y baja presión, energizándose al mismo tiempo el compresor de aire que es generalmente del tipo de paletas; este aire comprimido sirve para atomizar el combustible. De la tubería que lleva aire al atomizador se deriva una segunda tubería que conecta con la tubería de ingresos de combustible, con el objeto de limpiar o purgar la tubería que ingresa combustible al quemador, repitiéndose esta operación cada vez que se interrumpe el ingreso de combustible. En este último ducto de aire encontramos intercaladas una válvula solenoide y una válvula check.

El flujo de aire que entra al hogar, es controlado por una compuerta, siendo esta automáticamente monitoreada entre dos posiciones, llamadas de fuego

alto y fuego bajo respectivamente. Cuando se da inicio al soplado, la compueta de entrada de aire está completamente abierta (fuego alto), con el propósito de realizar un barrido completo del hogar y los tubos. Concluida la operación de barrido se cierra la compuerta, condición necesaria para dar inicio al encendido de la llama piloto.

El gas para producir la llama piloto es transportado desde el cilindro por medio de una tubería hasta un boquilla situada a un lado del quemador. En la tubería para gas encontramos acoplado una válvula reguladora de presión, un presostato y una válvula solenoide normalmente cerrada, la que al abrir eléctricamente, simultáneamente se energiza al transformador de ignición en su fase primaria con 110V, entregando en su fase secundaria 10.000V y a través de dos electrodos se produce un arco eléctrico para encender el gas. La presencia de llama dentro del hogar es detectada por la fotocelda; señal que luego de ser analizada en el control de combustión, que si es suficientemente amplia ordenará abrir las dos válvulas de operación y cerrar la válvula solenoide de retorno. En tales circunstancias se produce



1. Tanque diario de combustible
2. Pre filtro de combustible
3. Bomba de combustible
4. Válvula de alivio
5. Purga de condensado
6. Precalentador de vapor
7. Val.sol.de vapor N.C.
8. Precalentador eléctrico
9. Filtro
10. Válvula de retorno de comb.
11. Solenoide de operación
12. Solenoide de operación
13. Valv.check
14. Val.solenoide de purga
15. Compresor de aire
16. Transformado de ignición
17. Boquilla de combustible
18. Inductor de giro
19. Electrodo
20. Boquilla de gas
21. Valv.solenoide de gas
22. Presostato de gas
23. Val.de regulación de presión del gas
24. Ventilador de tiro forzado

la inyección de combustible a través del atomizador al hogar y consecuentemente estableciéndose la llama principal que una vez detectada por la fotocelda el control de combustión ordena apagar la llama piloto. En este momento ya tenemos a la caldera en operación.

1.3 EVALUACION PRELIMINAR.-

En la visita realizada a la planta se pudo constatar que todo el equipo para el proceso de harina de pescado, estaba montado, faltando únicamente el equipo que iría a suministrar vapor para cada uno de los procesos.

La única caldera que se tenía en la planta era un YORK SHIPLEY de 200HP, parcialmente desarmada. El mencionado equipo daba una imagen de un deterioro completo; y había sido comprado por la empresa en tales condiciones, para someterlo a una completa rehabilitación.

La caldera, al parecer había sufrido los efectos de fuego; en efecto, esta unidad sufrió un incendio debido a un corto circuito en sus sistema de potencia, lo que afectó a todo su sistema de control y cableado eléctrico.

Revisando someramente sus partes integrales, era necesario reconstruir todo el sistema de cableado eléctrico, cambiar parte de sus sistema de control, chequear uno a uno todos los elementos del sistema de potencia. En la parte interna de la caldera no se podía determinar como se encontraba el estado de conservación del mismo tanto el lado de fuego, como el de agua; para la cual había que destapar la caldera.

Entrando ya al campo de la evaluación de los daños, se procedió a destapar la caldera, encontrándose la siguiente situación:

- El sistema de refractarios, estaba completamente deteriorado en su condición física, careciendo de ciertas partes del mismo.
- Los tubos de la caldera, tenían incrustaciones muy severas de hasta 3/8 de pulgada.
- Los espejos se encontraban en buen estado.
- En la parte baja del vaso de las calderas, se encontró sedimentaciones de hasta 2" de espesor

que una vez retiradas se constato el buen esta
do del mismo.

- El sistema de purga de la caldera no operaba; una vez desarmado se pudo constatar su recupe
ración.
- El forro aislante exterior del vaso estaba com-
pletamente inservible.
- En el sistema de alimentación de agua, las tube-
rías se encontraron completamente podridas; la
válvula de Check y la válvula tipo compuerta -
no valían, el tanque diario se encontró en bue -
nas condiciones.
- En cuanto al sistema de alimentación de combus-
tibles, nos encontramos con el tanque diario
en buenas condiciones, igualmente con el siste-
ma de tuberías, requiriendo únicamente ser lim
piadas.
- El precalentador a vapor de combustible aparen-
temente se lo veía en buenas condiciones, no pu
diendo dar un diagnóstico de la eficiencia -

del mismo hasta que no se lo haya probado con vapor.

- En el precalentador eléctrico, una vez que se realizaron pruebas de sus resistencias y prueba a tierra, se constató su buen estado; los filtros de combustible únicamente sucios, y con una limpieza eran recuperables.
- Referentes a las válvulas solenoides de vapor y gas, completamente inservibles; las restantes, mecánicamente estaban en buenas condiciones, habiendo únicamente que cambiarles las bobinas a la de purga y retorno.
- De los presostatos, el más afectado fue el de control de modulación, el potenciómetro que éste contenía estaba quemado, el bulbo de Hg del presostato de fuego alto no valía.
- El potenciómetro de operación manual estaba completamente inservible.
- Los manómetros de todo el sistema deberían ser cambiados a excepción del que censa la presión

de vapor dentro de la caldera, que por la dimen
sión del mismo pudo ser abierto e inspecciona
do, siendo recuperado con pequeños ajustes.

- Lo que a motores eléctricos se refiere, el del ventilador requería ser rebobinado completamen
te, dando la impresión de que en este punto se dió inicio al flajelo por carecer totalmente de protecciones contra corto circuitos y sobre
carga. Igualmente las bobinas del motor de la -
bomba de combustible se las notó sobrecalenta-
das. El resto de los motores quedarían en bue
nas condiciones, previo a un mantenimiento.
- Respecto al control de combustión no funciona ,
siendo recuperable revisándolo más minuciosamente.
- Las bobinas de los transformadores de 110/24V,
que alimentaban al motor de modulación y a las
resistencias restantes para el calentamiento -
de líneas de combustible se las notó sobrecalenta-
das.
- Los contactores con que trabajaban los motores
y el precalentador de combustible se les notó

la bobina sobrecalentada, el que controlaba al ventilador se le observó la bobina y los platinos totalmente destruidos.

- En un 80% del cableado eléctrico tanto del sistema de control y potencia no valían.
- Todo el sistema carecía de protección contra - cortocircuito y sobrecarga.
- De acuerdo a las condiciones mecánicas del vaso, los espejos y el hogar, la vida útil de la caldera se la estimó en 15 años.
- En el siguiente capítulo describiré las alternativas de solución.

CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

En el presente capítulo se describen las alternativas de solución con estimación de costos; esto es:

- Cambio total del sistema eléctrico
- Recuperación de elementos
- Adquisición de caldera nueva

En las dos primeras se incluyen los valores que demandarían la mano de obra, imprevistos y transporte.

2.1 CAMBIO TOTAL DEL SISTEMA ELECTRICO.-

Esta alternativa involucra el cambio de todos los elementos o materiales en regular o mal estado, elementos adicionales y mantenimiento del equipo restante.

Descripción:

- Motor de ventilador	335.355	
- Motor de bomba de combusti <u>ble</u> .	224.085	
- Válvula solenoide de retor <u>no</u> .	272.435	
- Válvula solenoide de purga	272.435	
- Control de combustión	1'144.400	
- Presostato de fuego alto	191.005	
- Control de nivel de agua	146.000	
- Contactor del compresor	19.924	
- Contactor de bomba de agua	35.198	
- Contactor de precalentador	55.000	
- Contactor de bomba de com <u>bustible</u> .	19.924	2'715.761
<hr/>		
- Válvula solenoide vapor	272.435	
- Válvula solenoide de gas	272.435	
- Potenciómetro	57.835	
- Presostato de modulación	113.435	
- Transformador de modulador	68.000	
- Transformador para calenta <u>miento</u> de línea de combus <u>tible</u> .	65.000	
- Contactor de ventilador	46.403	
- Cable y terminales eléctri <u>cos</u> .	35.000	930.543
<hr/>		

Elementos adicionales relés de protección para motores de:

- Ventilador	31.930	
- Compresor	25.528	
- Bomba de agua	25.528	
- Bomba de combustible	<u>25.528</u>	108.514
Mano de obra	300.000	
Transporte	50.000	
Imprevisto	<u>100.000</u>	450.000

2.2 RECUPERACION DE ELEMENTOS.-

De acuerdo a la evaluación preliminar, se encontraron muchos elementos en regular estado, que sometiénolos individualmente a reparaciones podrían ser recuperados previo a pruebas en frío y con tensión.

A continuación se detallan los valores requeridos en esta alternativa.

Elementos a recuperarse:

MOTOR DEL VENTILADOR

- Rebobinada	130.000
- Cambio de rodamientos	20.000

Motor de bomba de combustible

- Rebobinada	60.000
- Cambio de rodamientos	14.000

Válvula solenoide de retorno

- Cambio de bobina	56.300
--------------------	--------

Válvula solenoide de purga

- Cambio de bobina	56.360
--------------------	--------

Control de combustión

- Amplificador de señal	175.400
- Relay (RA)	120.000

Control de nivel de agua

- Bulbo de mercurio	54.000
---------------------	--------

Contactores

- Bobina (compresor)	6.000
- Bobina (bomba de agua)	10.000
- Bobina (bomba de combustible).	6.000
- Bobina (precalentados)	12.000

Presostato fuego alto

- Bulbo de Hg	18.000
---------------	--------

Elementos a sustituirse completamente

- Válvula solenoide (vapor)	272.435	
- Válvula solenoide (Bas)	272.435	
- Presostato de modulación	113.435	
- Potenciómetro	57.835	
- Transformador (modulador)	68.000	
- Transformador (calentamiento).	65.000	
- Contactor (ventilador)	46.403	
- Cable y terminales	<u>35.000</u>	930.534

Elementos adicionales relés de
protección para motores de:

- Ventilador	31.930	
- Compresor	25.528	
- Bomba de agua	25.528	
- Bomba de combustible	<u>25.528</u>	108.514

Mano de obra	450.000	
Transporte	60.000	
Imprevisto	<u>120.000</u>	630.000

2.3 ADQUISICION DE CALDERA.-

Dadas a las condiciones económicas de la empresa la presente alternativa era imposible llevarla a la práctica, sirviendo únicamente como información referencial. El costo (S/.80'000.000 aproximadamente).

CAPITULO III

3.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS.-

El parámetro más importante que se tomó en cuenta a parte del económico, en cualquiera de las alternativas y que le interesaba al dueño, fue cuanto más operaría eficientemente la caldera su vida útil. No cabe la menor duda que la adquisición de una caldera nueva hubiera sido lo ideal para una planta de reciente creación.

Los indicativos más importante que se tomaron en cuenta para pronosticar la vida útil de la caldera fueron el estado del vaso, espejos y hogar. Suele estimarse por lo general en veinte años la vida útil de un equipo nuevo; muchas dan servicio satisfactorio después de los 25 años. El deterioro depende del uso de adecuada agua de alimentación, de la limpieza y de la corrección de los defectos en cuanto se presenten.

Las dos primeras alternativas prestan similar -
bondad, esto es el en cambio total del sistema -
eléctrico como la recuperación de elementos. La
diferencia de costo radica en que en la primera -
se hacen uso de elementos nuevos y en la segunda
de elementos reparados, sin descuidar una buena
eficiencia y seguridad del equipo.

Está claro que una vez que comenzarían a operar
los elementos recuperados requerirían de una mayor
inspección que un equipo nuevo; principal -
mente el programador o control de combustión forma
do en su gran parte por relés, cuyos contac -
tos son a base de platinos, los que tienden a
picarse por la frecuencia de trabajo. El programa
dor que se considera en la primera alternativa,
está formado por circuitos complejos puramente
electrónicos, en el que se omiten en su
mayor parte los contactos a base de platino.

Desde el punto de vista económico, las dos prime
ras alternativas resultan grandemente adsequibles,
sin embargo la segunda mucho más económica
sin desmejorar calidad y bondad técnica.

Analizado desde el punto de vista tiempo, encontra

tramos igualmente que la segunda alternativa presenta un tiempo mucho menor que la primera y tercera alternativa, debido a que todos los repuestos requeridos para la segunda opción existen en el mercado local, en cambio para las otras opciones había que recurrir a la importación con los consecuentes trámites burocráticos.

2 SOLUCION PLANTEADA._

ELABORACION DE DIAGRAMAS ELECTRICOS:

a) Diagrama general del sistema de potencia.-

En este diagrama se describen los circuitos de alimentación de los motores, del precalentador y características de contactores, relés de sobrecarga y conductores (Fig. 3).

b) Diagramas de operación control y alarmas.-

Estos diagramas comprenden la interconexión del programador con los elementos de operación control y alarma del sistema (Fig. 4-5-6-7-8).

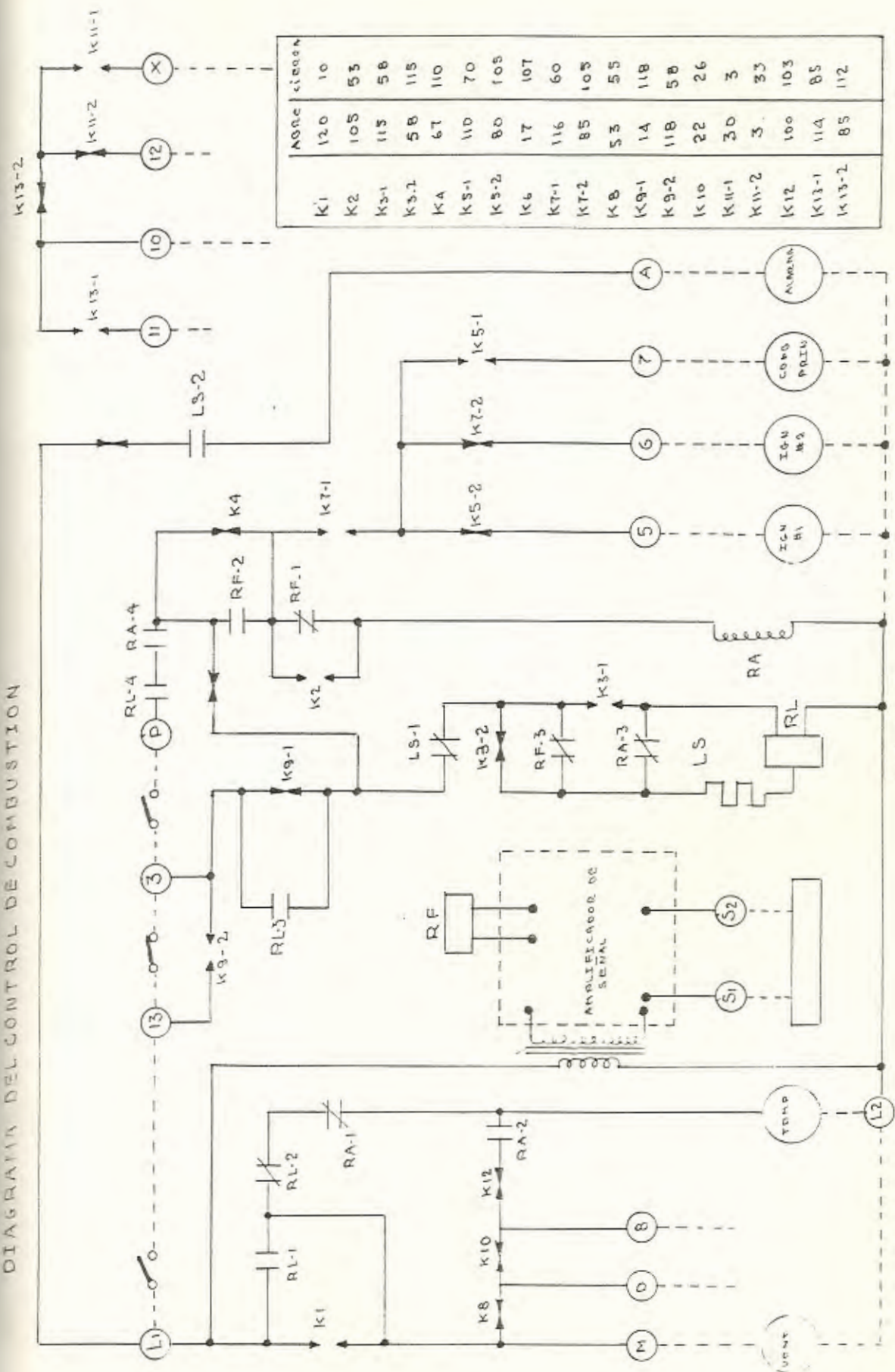


FIGURA H

SECUENCIA DEL PROGRAMADOR

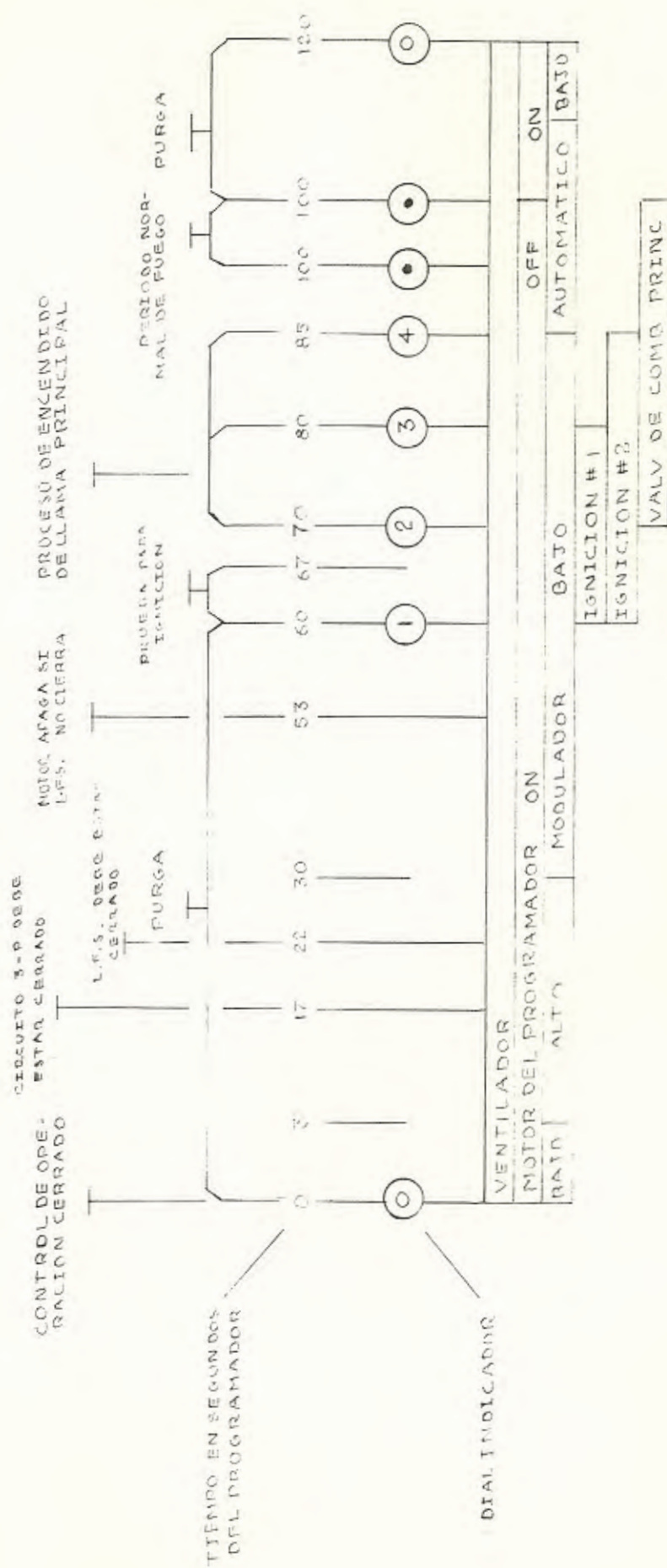


FIGURA #

POSICION INICIAL DE CONTACTOS EN LOS ELEMENTOS
INTERNOS DEL CONTROL DE COMBUSTION

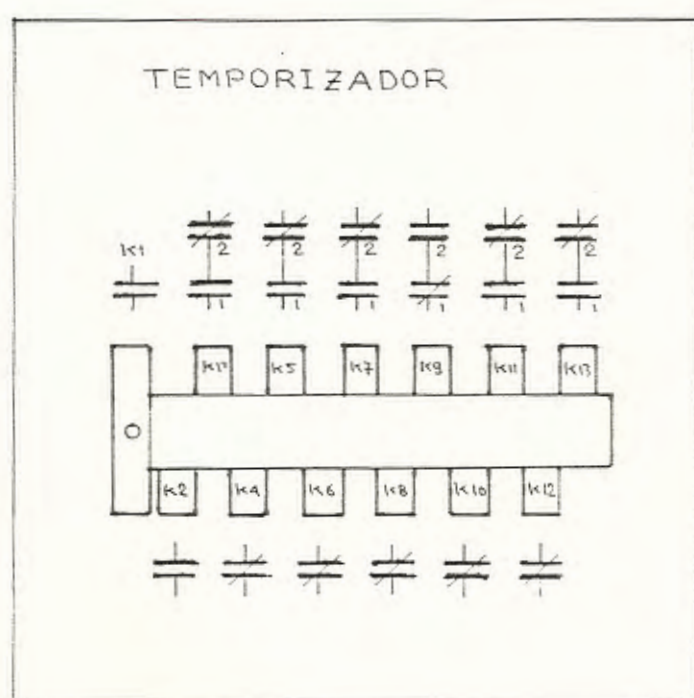
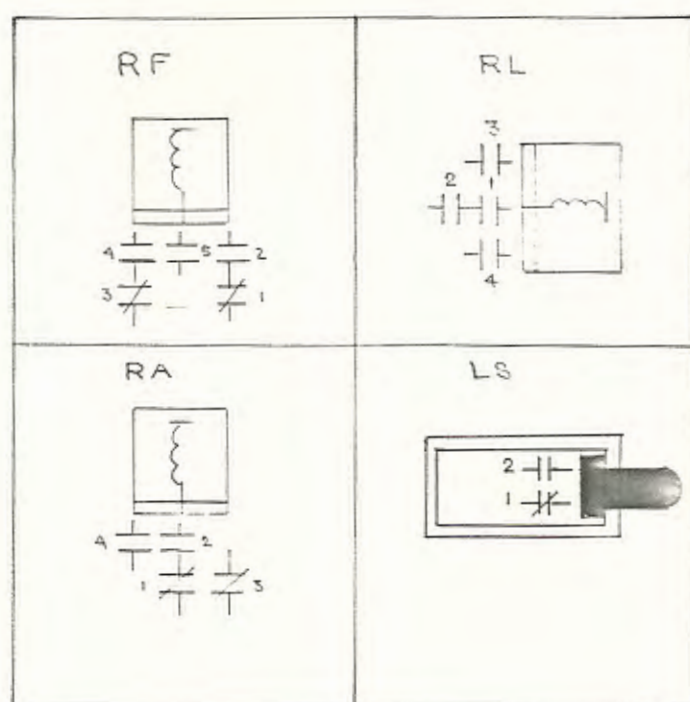


FIGURA #

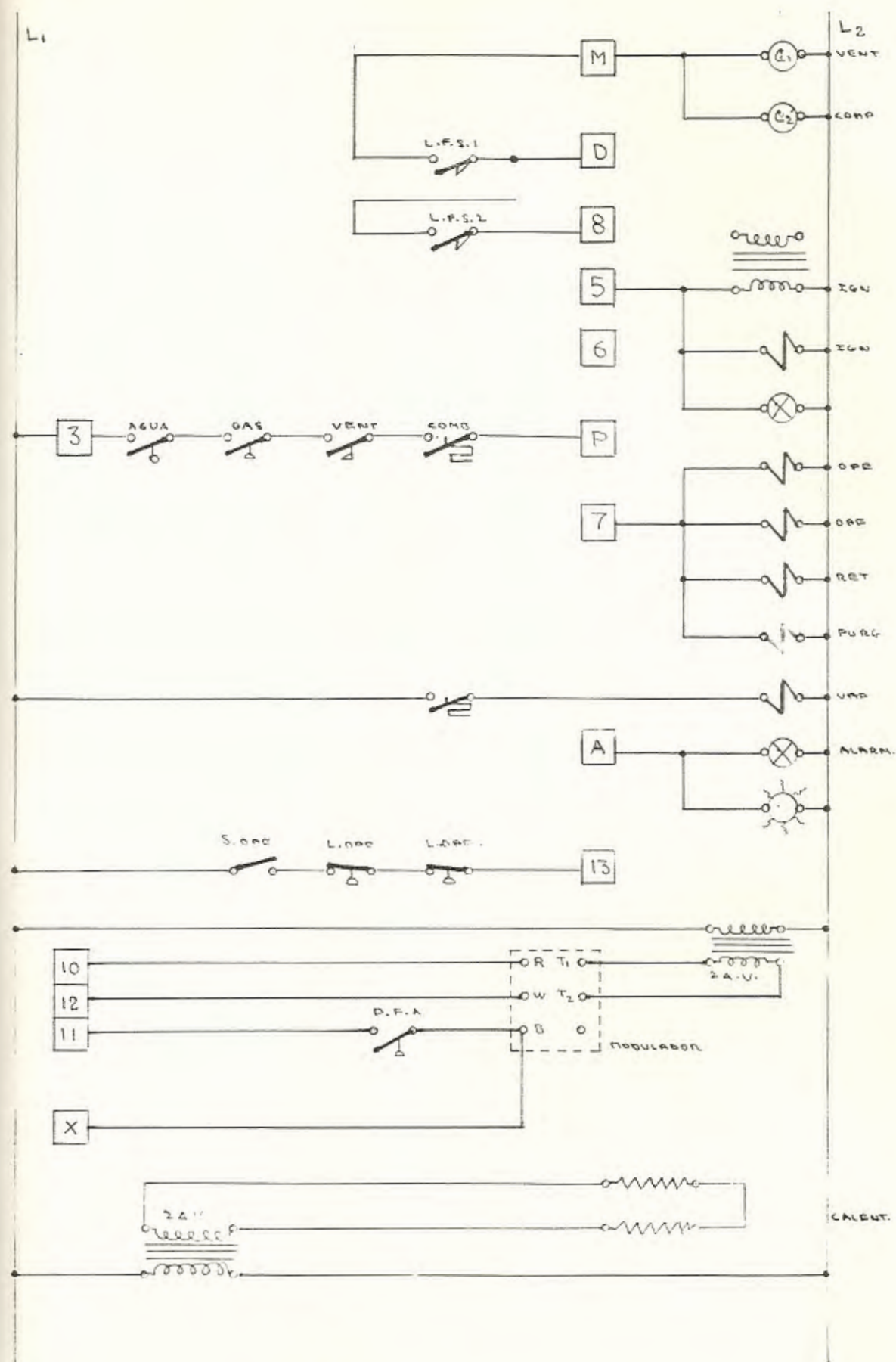


FIGURA #

CIRCUITO DE POTENCIA

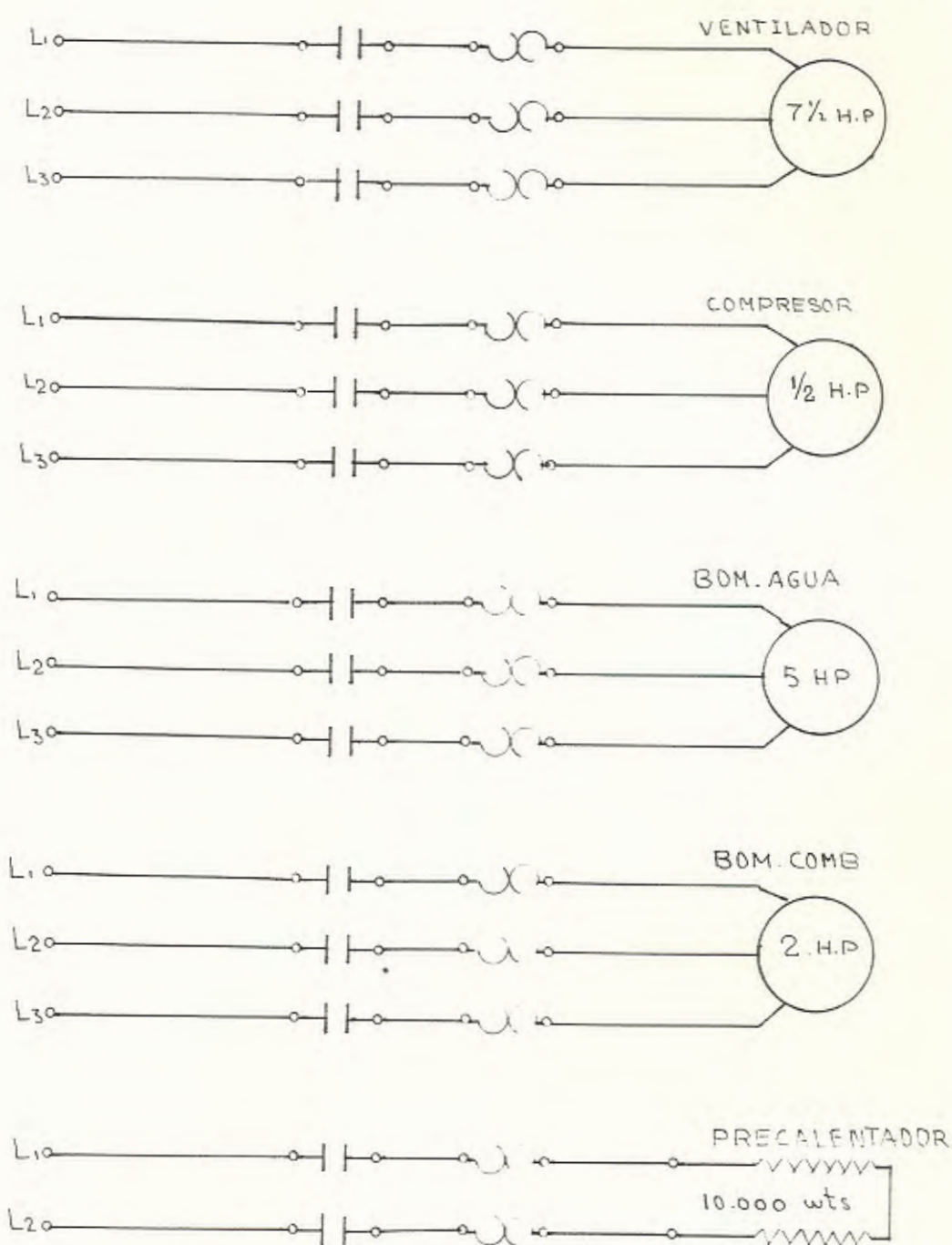


FIGURA #

DIAGRAMA DEL MOTOR DE MODULACION

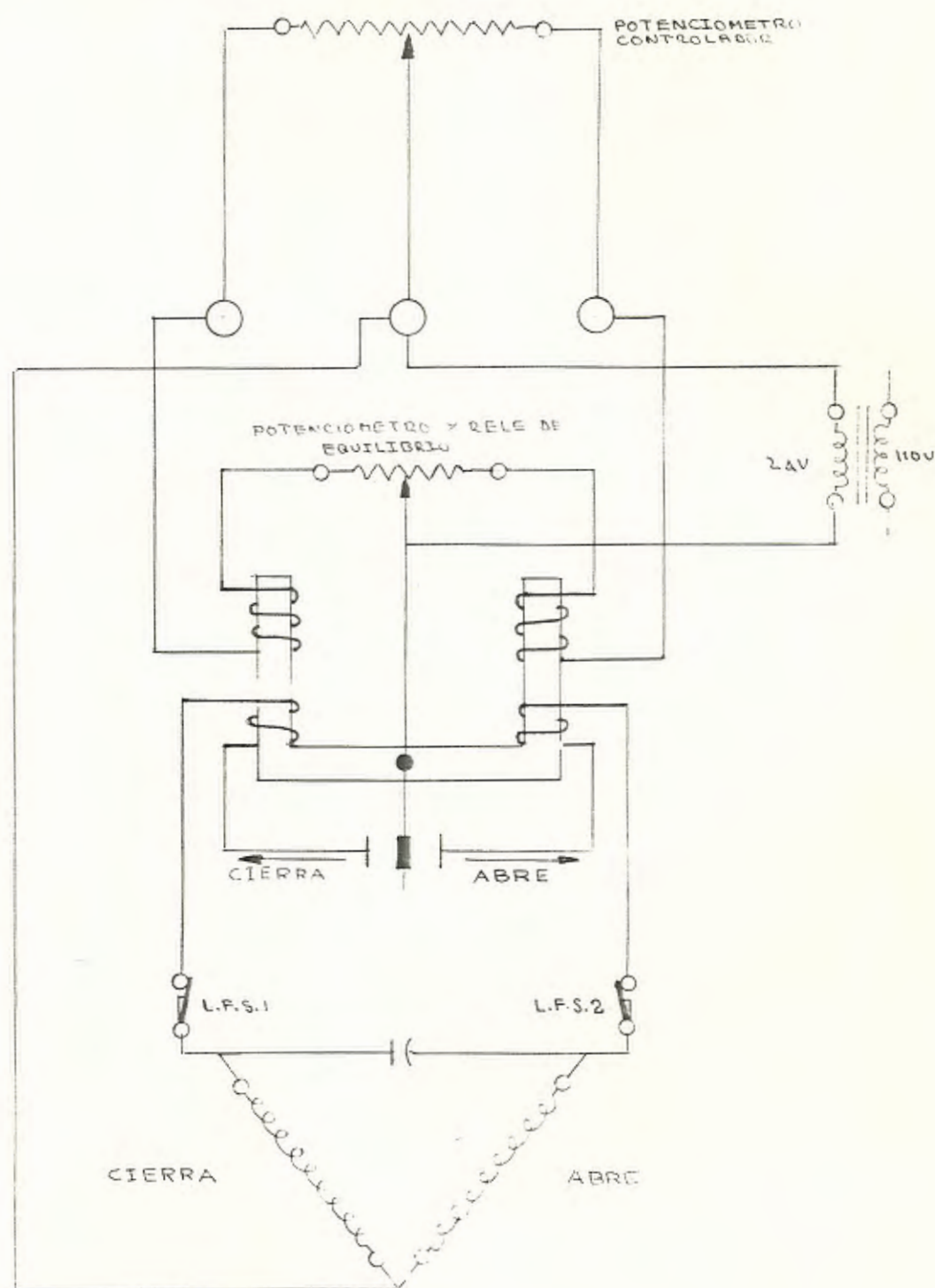


FIGURA #

REPARACION Y MANTENIMIENTO:

a) Motores.-

Se rebobinaron los motores de la bomba de agua y bomba de combustible, a este último se le cambiaron los rodamientos; el resto de motores se desarmaron para limpiarlos y barnizar sus bobinas.

b) Válvulas solenoides.-

A todas se las desarmó y se les hizo mantenimiento (limpieza con gasolina); además a las válvulas de retorno y de purga se les cambió la bobina.

c) Programador.-

Con la ayuda de un diagrama conseguido en almacén "La LLave", se tubo una idea muy clara de las características de cada uno de los elementos que conforman este programador. Además con un simulador o banco de prueba facilitado por el referido establecimiento y con la ayu-

CUADRO COMPARATIVO EN SUQUES				
ALTERNATIVA	A	B	C	D
1	2'715.761	930.534	108.514	450.000
2	732.120	930.534	108.514	630.000
DIFERENCIA	1'977.641	0	0	-180.000
				E
				4'204.809
				2'407.168
				1'796.641

- A Elementos recuperables
- B Elementos inservibles
- C Elementos adicionales
- D Mano de obra más transporte más imprevisto
- E Costo total
- 1 Cambio total del sistema eléctrico
- 2 Recuperación de elementos

da de un multímetro se pudo determinar que el amplificador y relay auxiliar (RA), estaba en malas condiciones. El primero fue adquirido nuevo y el segundo fue reemplazado por otro de medio uso pero en perfecto estado de funcionamiento.

d) Contactores.-

La reparación de los contactores del motor de la bomba de agua y del motor de combustible - así como del precalentado de combustible, consistió en cambio de bobinas y pulimento de los contactos con lija apropiada.

e) Presostato.-

A todos se los sometió a limpieza. Al presostato de fuego alto se le cambió el bulbo de mercurio.

MONTAJE DE ELEMENTOS Y CABLEADA:

Teniendo todos los elementos en condiciones de montaje se procedió a ubicarlos en sus correspondientes

tes sitios de operación y de acuerdo a los planos elaborados se inició la interconexión de los elementos con cable N° 16 a través de ductos metálicos flexibles y cajas de distribución convenientemente localizados.

Las conexiones a cada uno de los elementos se las realizó mediante terminales de oreja y enchufes , tratando siempre de conseguir un ajuste adecuado en las uniones. Cabe indicar que en el proceso de cableado se hizo la clasificación pertinente mediante marcas de identificación de los circuitos, para una rápida localización de desperfectos que se presenten.

El cableado del circuito de potencia se lo realizó con conductor de sección adecuada a la potencia de cada motor y también en ductos metálicos rígidos y flexibles.

El acoplamiento de los ductos flexibles con las cajas de derivación se las realizó por medio de conectores.

PRUEBAS:

Concluída la operación anterior se procedió a realizar las siguientes pruebas preliminares al inicio de un ciclo completo de operación de la caldera:

- Se verificó el sentido de rotación de los motores con la aplicación de tensión eléctrica.
- Energizada de bomba de combustible y el precalentador, en 30 minutos se tuvo al combustible en condiciones de trabajo (180°F).
- Energizada la bomba de agua se procedió a llenar el vaso de la caldera, apreciándose el correcto funcionamiento del control de nivel, mediante la aprobación de descenso del agua a través de las purgas de fondo.
- Se inyectó agua al vaso, hasta 165 PSI para verificar el funcionamiento de los presostatos de operación, seguridad, modulación y de fuego alto.
- Desconectado provisionalmente las válvulas solenoides de operación y con el nivel adecuado de agua dentro de el vaso, se procedió a pro -

bar el sistema de ignición (llama piloto), operación que se repitió en varias ocasiones con el programador.

- La siguiente prueba fue el encendido de la llama principal, operación que igualmente se repitió por varias ocasiones hasta conseguir una buena combustión dentro del hogar.
- Para probar el sistema de alarma, se simularon fallas como la de bajo nivel al agua, ausencia de llama principal, interrupción del servicio eléctrico, etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminada la reparación de la caldera y regulados sus parámetros de operación, se observó que la secuencia de funcionamiento del equipo cumplió con todas las exigencias de un equipo nuevo, prueba suficiente de que el equipo prestaría un eficiente servicio para el proceso. Cabe anotar que en las pruebas parciales, se tomó muy en consideración toda posible falla en operación, simulando desperfectos para probar el sistema de control, operación y alarma.

Una vez puesta en marcha la caldera, para conseguir una conservación y mantenimiento adecuado de la misma, se hicieron las siguientes recomendaciones:

1. Se debe instalar un equipo ablandador de agua, dimensionado para el consumo de agua y calidad que se va a utilizar en la misma, ya que todas las aguas contienen impurezas indeseables con el efecto perjudicial de sales formadoras de incrustaciones. Generalmente los equipos utilizados para este fin son a base de resinas ceolíticas.

2. Se debe instalar un equipo para bombear químicos del vaso de la caldera, para mantener dentro - del mismo un PH de 10,5, fosfato 30PPM, sulfito - 30PPM.
3. Se recomienda implementar un cuaderno diario de - control de la caldera, en el que se anoten todos los parámetros de operación de las mismas, un modelo de esto lo demuestra en el Anexo (1).
4. Implementar un programa de mantenimiento diario, semanal, trimestral y semestral como se lo mues - tra en en anexo (2).
5. Implementar una caja mínima de herramientas para el mantenimiento como: multímetro, playos, desar - madores, llaves, aceitera y un kit para análisis de agua.
6. Mantener un stock mínimo de repuestos como: empa - quetadura, bobinas, solenoide, transformador de ig - nición, electrodos, fotocelda, presostato, filtros, manómetro, termómetros.
7. Debe prepararse adecuadamente tanto al personal de

operación como al de mantenimiento, para evitar y corregir fallas del sistema.

8. Deben chequearse periódicamente el sistema de -
trampas y purgas para evitar fugas de vapor.
9. Implementar fichas de mantenimiento de cada uno -
de los motores según anexo (3).

ANEXO NO. 1

[illegible]

ANEXO NO. 2

	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMES.	SEMESTR.
Purga de Fondo	X				
Purga de Superf.	X				
Purga de nivel agua.	X				
Nivel de aceite en compresor.	X				
Purga en tanque de bunker		X			
Amperaje en motores		X			
Ajuste de pernos			X		
Ajuste de empaquetadura			X		
Limpieza del quemador			X		
Ajustes y regulación				X	
Limpieza del lado de agua y fuego					X
Chequeo de válvulas					X
Chequeo del sistema eléctrico			X		

B I B L I O G R A F I A

1. Calderas de Vapor. E. Pull. Edic. 1977
2. Catálogos de la York. Shidley (Series 500 BOILERS)
3. Calderas Industriales. (Ing. Angel Vargas Zuñiga)