CONTROL DE LA CALDERA DE LA PLANTA DE GENERACION DE LA ESPOL BASADO EN UN MICROCOMPUTADOR

DEL POZO, JUAN ING.
CAMPOVERDE, JUAN ING.
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.-

RESUMEN

Este trabajo permite apreciar la utilización de nuevas herramientas en el control automático de una planta o proceso, en este caso la microcomputarización de la caldera de la ESPOL.

En la primera parte se efectúa un análisis del tipo de control electromecánico con que funciona normalmente la caldera, poniendose énfasis en sus deficiencias. Luego se desarrolla el modelo para la representación del sistema y se predeterminan resultados en el computador analógico. Posteriormente se realiza el diseño tanto del circuito como del algoritmo de control y se lo implanta en la caldera.

INTRODUCCION

Hoy en día, mucho se está hablando del control de procesos industriales por computadoras. La invasión de las minicomputadoras y de las microcomputadoras ha contribuído a la difusión de tal concepto.

Una computadora puede ser diseñada de manera que simultáneamente reciba información desde un número grande de transductores, la salida de todos estos transductores puedenser comparados con ordenes de entrada que describen en forma matemática todas las etapas del proceso deseado y luego la computadora puede lanzar todas las ordenes correctoras que sean requeridas por todos los reguladores existentes en la planta.

La ventaja de un control por microcomputadora radica en el hecho de que todos los procedimientos industriales que se efectúan en la planta son comparados entre sí, consecuentemente se pueden realizar ajustes adecuados en todas las partes del proceso para asegurar que el producto final cumpla con las especificaciones. Además la microcomputadora puede ser cargada con un nuevo juego de ordenes de entrada para cumplir con otra especificaciones.

1. DESCRIPCION DEL SISTEMA ORIGINAL

1.1. ELEMENTOS DE LA PLANTA

La Planta de Generación de la ESPOL, está constituída por las siguientes unidades:

1. Unidad de tratamiento de agua
2. Tanque de alimentación
3. Caldera
4. Supercalentador
5. Turbina y Generador
6. Condensador
7. Torre de enfriamiento

Todas estas unidades se encuentran interconectadas tal como se muestra en la figura 1

La caldera es un modelo Cochran Minipac 3 del tipo de tubos de fuego capaz de proveer 450 Kg/h de vapor saturado a una presión máxima de 10 bars y a 185°C de temperatura. El tipo de combustible que utiliza es diesel y se alimenta con tensiones de 440/250 voltios. Además proporciona un registro de presión y temperatura a un graficador.

El supercalentador consiste de un intercambiador de calor el cual eleva la temperatura del vapor de 185°C a 250°C, convirtiendo el vapor saturado en recalentado.

La turbina es de una sola etapa equipada con tres toberas condensables y dos no condensables, posee un mecanismo regulador de velocidad elemental y proporciona registros de presión y temperatura del vapor de entrada. La turbina acciona un generador de corriente continua que genera hasta 10 Kw de potencia

Tanto la caldera como la turbina son unidades elementales comparadas con los tipos existentes en la actualidad, pero la planta tiene una gran utilidad didáctica dentro de la ESPOL .

1.2. DESCRIPCION ELECTRICA DE LA CALDERA

La operación de la caldera es controlada por un circuito eléctrico en el cual destacan el regulador de presión a base de un presostato y un programador, ambos dispositivos electromecánicos. La función del primero es prender o apagar el quemador dependiendo de que la presión actual se encuentre en los puntos correspondientes a esas acciones, el segundo elemento se encarga de cumplir con la secuencia de prendido para producir una buena combustión y perfecto encendido.

En el circuito de fuerza destacan dos motores 3Ø en Y, el motor del ventilador/bomba de combustible y el motor de la bomba de alimentación de agua a la caldera.

Además intervienen tres sensores de nivel -

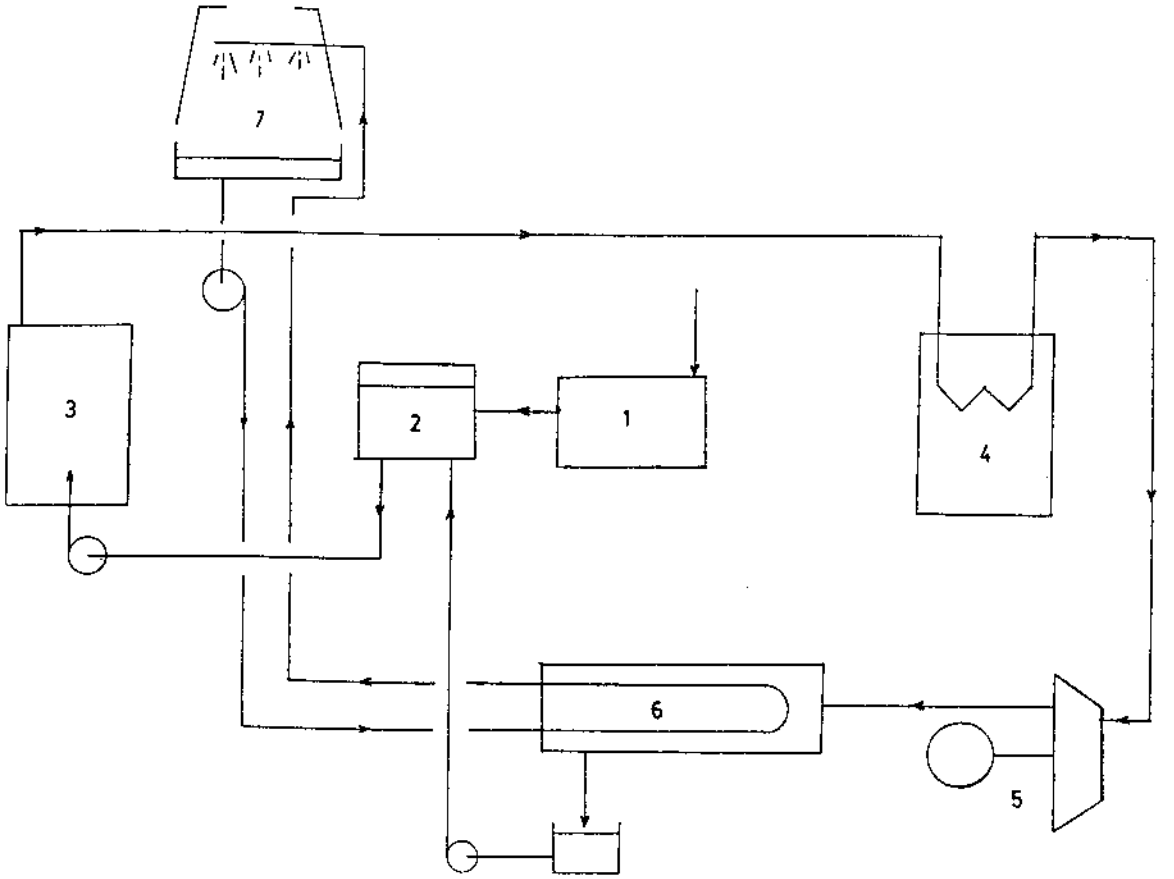

Fig. 1 Diagrama de la Planta de Generación de la ESPOL

de agua. Cuando el agua desciende hasta el primer nivel ,la bomba de agua arranca inmediatamente recuperando el nivel normal de operación. El segundo y tercer nivel son de seguridad, los cuales provocan el apagado del quemador debido a la peligrosidad de operar la caldera con muy poca agua.

1.3. DESCRIPCION DINAMICA

El tipo de control que posee la caldera es del tipo prendido/apagado, éste funciona de acuerdo a la fluctuación de la variable controlada.

Cuando se pone en marcha la caldera, el programador Satronic TF 701B inicia la secuencia de prendido del quemador de la siguiente manera:

(a) Prende el ventilador y activa el transformador de ignición.
(b) Después de 12 seg. se abre la válvula de solenoide 1 y permite el paso de combustible encendiendose la llama denominada "baja".
(c) A los 20 seg. se hace la supervisión de la llama por la fotocélula y si no existe llama se apaga el quemador, mientras que si hay llama ; entonces, a los 35 seg. se abre la válvula de solenoide 2 y se enciende otra llama que junto con la primera forman la llama denominada "alta" .

Con el quemador totalmente prendido, la presión aumenta desde su valor barométrico 0 bars hasta que llega a un punto P_1 en el cual actua el presostato apagando el quemador, a partir de ese instante la presión comienza a caer hasta un punto P_2 en el cual el regulador permite que se prenda el quemador para llevar otra vez la presión a P_1. De aquí en adelante, la operación prende/apaga se repite hasta que el suministro de energia eléctrica sea suspendido. Los fabricantes recomiendan hacer trabajar la caldera con P_1 = 10 bars y P_2 = 9.3 bars; es decir, que el rango diferencial sea de ΔP = 0.7 bars con el objeto de tener los mejores resultados en el sistema turbina-generador, puesto que con diferenciales mayores o con presiones de trabajo menores y aún más con variaciones de carga, la regulación de la velocidad en la turbina no es muy buena. De ahí que el tratar de mantener la presión constante o eliminar los cambios bruscos de presión es uno de los factores mas importante en este tipo de planta.

En la figura 2 se pueden apreciar las variaciones de presión y temperatura tanto de la caldera como de la turbina, observandose que los picos de caída de presión se producen por la entrada de agua fría en la caldera.

2. REPRESENTACION DEL SISTEMA

2.1. IDENTIFICACION DE LOS PARAMETROS

Los gráficos de la figura 2 fuerón obtenidos con el graficador incorporado a la caldera y turbina. Estos gráficos son realizados sobre un plano circular, pero para una observación mas detallada de la respuesta de presión se conectó un transductor modelo National LX1430A a la salida del vapor de la caldera y su señal a un graficador o un osciloscopio, en los cuales se observó que-

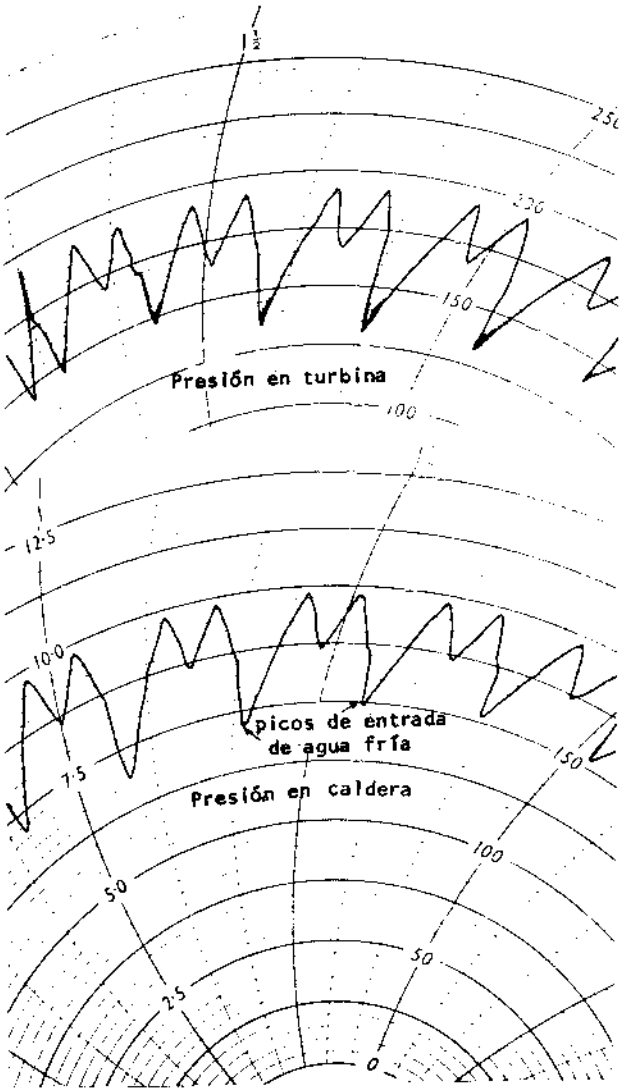

Fig. 2 Variaciones Típicas en la Caldera y Turbina

las variaciones de presión eran perfectamente lineales en el rango de operación, variando las pendientes con la carga.

Otro parámetro importante es el tiempo "muerto", que es el tiempo transcurrido entre el encendido del quemador y la elevación de la presión.

2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES

Para tener una visión del sistema de control que tratamos asi como del flujo de señales, podemos representarlo por el diagrama de bloques de la figura 3. En donde:

Sin = posición de entrada
Sdif = posición diferencial
Sact = posición actual
Snv = posición correspondiente a nivel de agua
Sft = posición correspondiente a flotador
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ = señales actuantes
n_o = nivel de agua actual
p_o = presión de salida

3. SIMULACION ANALOGICA

La simulación analógica nos sirve como ensayo o preparación al diseño a realizarse posteriormente. De las relaciones funcionales del diagrama de bloques y con los parámetros obtenidos deducimos un modelo analógico (figura 4), con el cual predeterminamos el comportamiento del sistema para las siguientes especificaciones:

(a) Realización de un control de tres posiciones en vez de un control de dos posiciones como era originalmente. Estoes, desde una posición P_1 hasta otra P_2 el sistema trabaja con las dos lla-

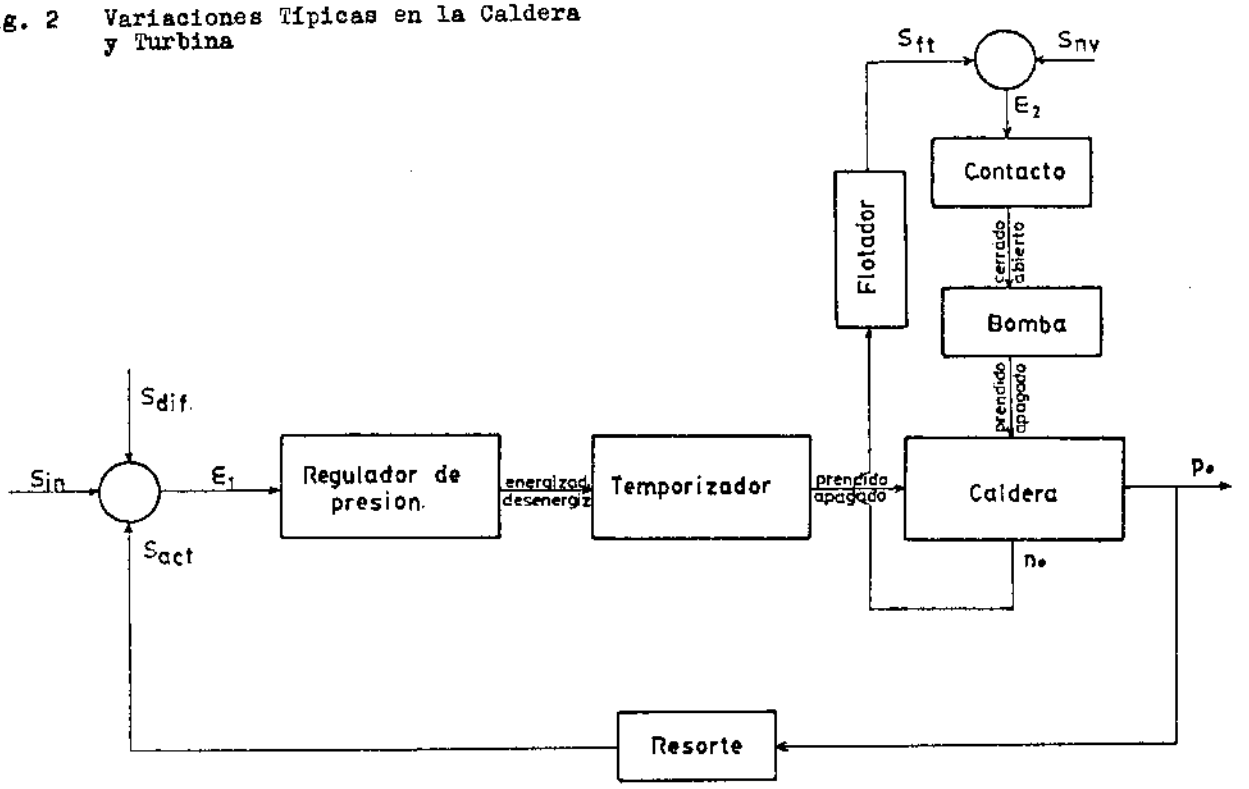

Fig. 3 Diagrama de Bloques del Sistema de la Caldera

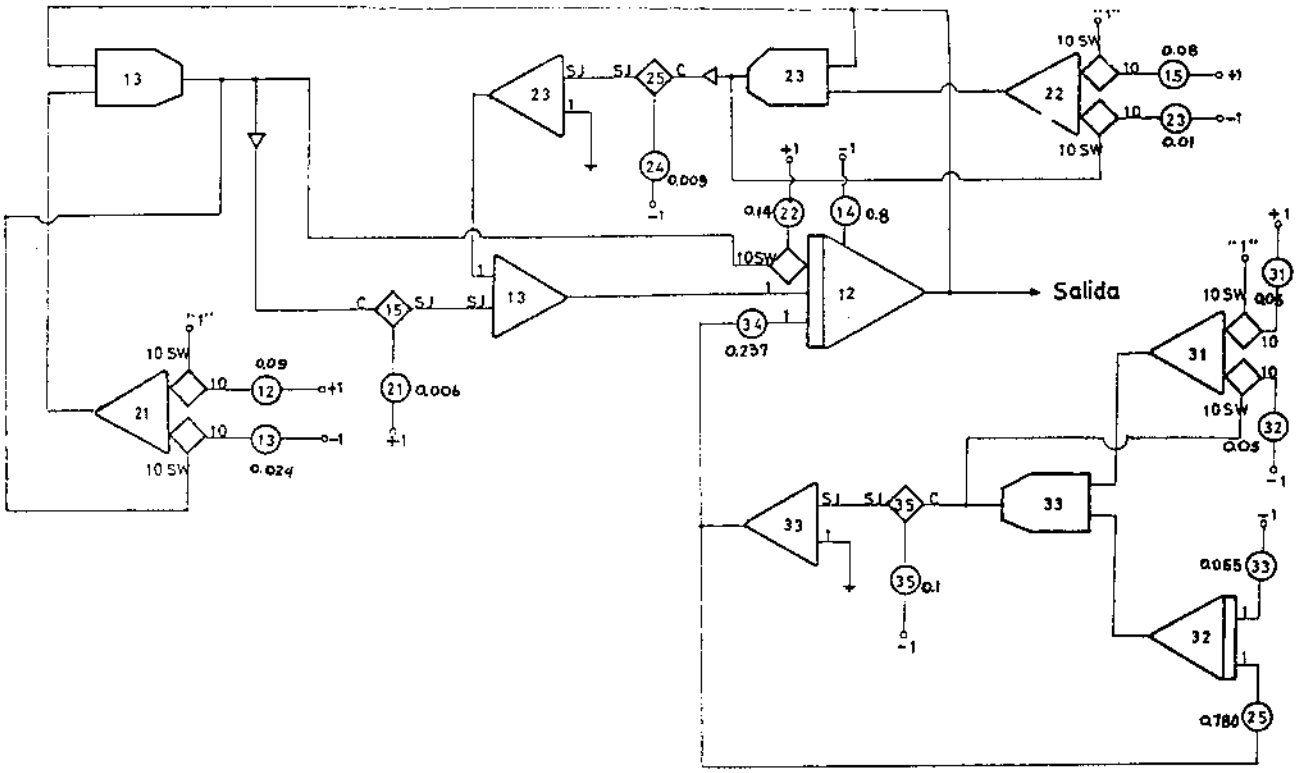

Fig 4. Diagrama de Computadora Analógica

mas prendidas, al llegar a P2 y hasta P3 trabaja solo con la llama "baja" prendida y en P3 el quemador queda totalmente apagado.

(b) La entrada de agua debe hacerse solo en los puntos de máxima presión manteniendo prendida ambas llamas.

El objetivo es observar como afectan a la respuesta de presión estos cambios y si esposible mantener la presión dentro del rango diferencial, evitando descensos significativos que perjudican al buen funcionamiento del sistema turbina-generador.

La figura 5 nos muestra una solución del diagrama analógico para determinada carga en el cual se aprecia como funciona el control de tres posiciones y las nuevas variaciones que se producen con la entrada de agua. Nótese que si se reduciera el diferencial, si P_2 fuera el punto medio entre P1 y P_3 y si la presión cuando aumenta no llegara a P_3 sino que un poco antes descendiera con la llama "baja" prendida; entonces, al llegar a P_1 prendera la llama "alta" y cuando esté en P_2 apagara la llama "alta" quedando solo con la llama "baja" y asi continuara; esto es, que lograremos un sistema prende/apaga solo con una llama quedando la otra prendida permanentemente.

La restricción a pocos elementos en el computador para simular este tipo de control prendido/apagado, no nos permite observar el comportamiento con otras especificaciones, pero que con el microcomputador lograremos incorporarlas y observar sus efectos.

4. DESARROLLO DEL CONTROL

4.1. CIRCUITERIA

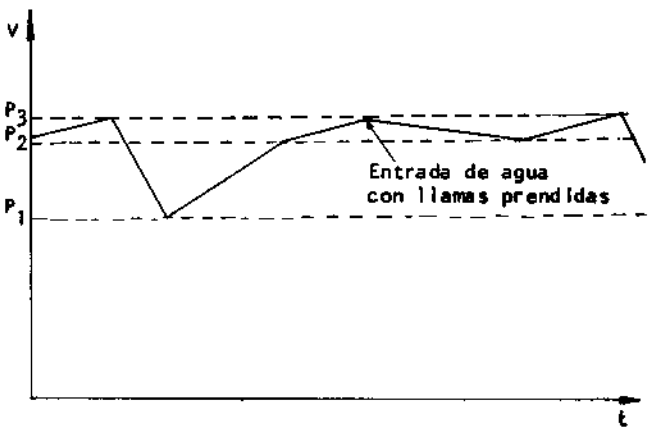

Fig. 5 Solución de Computadora Analógica

Para la realización del control por micro computadora se utilizó el microcomputador de entrenamiento 8080A cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura 6.

Además se efectuó la construcción de una interfase entre el microcomputador y la caldera que en forma de diagrama de bloques se representa en la figura 7. En este diagrama se distinguen las siguientes partes:

(a) Un circuito constituído por aisladores ópticos, transistores, triacs y los dispositivos de la caldera a ser operados.

(b) Un circuito para efectuar la supervisión de la llama y el agua, constituído por los contactos de los indicadores de nivel de agua, fotocélula, puertas OR y diodos Leds indicadores.

(c) Un circuito de reloj para la temporiza

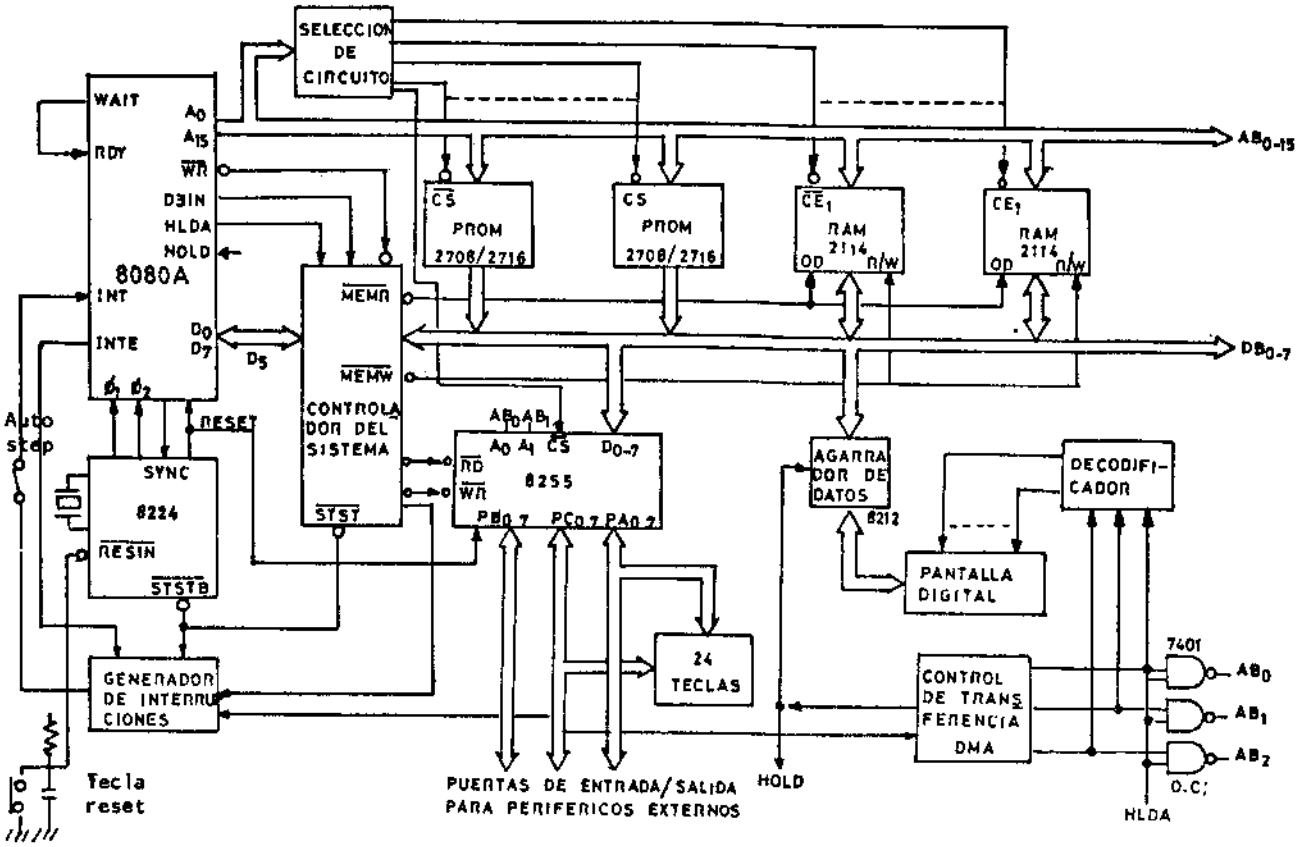

Fig. 6 Diagrama de Bloques del Microcomputador

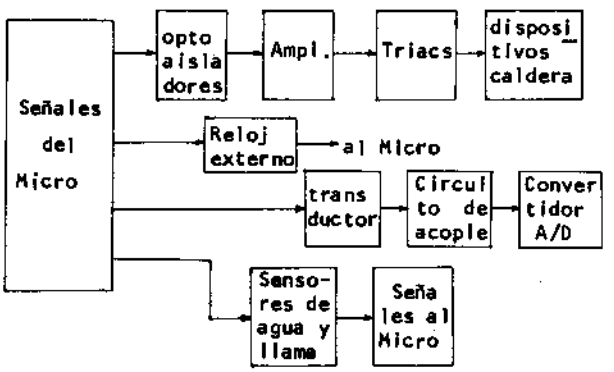

Fig. 7 Diagrama de Bloques de Interfase

ción en tiempo real.

(d) Un circuito de acoplamiento entre el convertidor analógico-digital y el transductor que toma la señal de presión.

(e) Una fuente de poder para polarización.

4.2. ALGORITMO DE CONTROL

Habiamos visto en la simulación analógica que con ciertas especificaciones se lograban buenos resultados y que podían incorporarse otras para mejorar mucho más la respuesta. Ahora en el sistema real y disponiendo de un equipo más versátil podemos lograr esos objetivos y para ello se necesita de la selección de un buen algoritmo de control ya que de aquello depende el tipo de control que se haga, constituyendo la parte mas importante del diseño.

Luego de realizar varias pruebas tentativas con el algoritmo, finalmente éste quedo estructurado como se muestra en forma simplificada en el diagrama de flujo de la figura 8.

Entre los puntos importantes desarrollados en el algoritmo caben destacar:

(a) Realización del control de tres posiciones y la adaptación a uno de dos posiciones manteniendo la llama "baja" prendida. En las pruebas realizadas se determinó que la caldera entraba en el control de dos posiciones cuando era trabajada con un consumo de vapor de 440 Kg/h , esto represento un desperdicio de vapor que se votó a la atmósfera a través de una válvula ya que el máximo consumo que tiene la turbina es de 280 Kg/h. En la figura 9 se observa éste funcionamiento.

(b) Anticipación del encendido del quemador antes de que la presión lleque a P_1, ya que en las primeras pruebas obtenidas se observó que la presión tenía picos fuera del diferencial producto de la inercia en la caída de presión y con la demora en encender las llamas debido a la temporización . Aqui también se disminuyeron los tiempos del programador.

(c) Entrada de agua en los puntos de máxima presión con encendido de las dos llamas durante todo el tiempo que permanezca prendida la bomba para compenzar la caída de presión y temperatura.

(d) Entrada de agua en dos o más etapas cuando el diferencial de presión resulte pequeño. Esto es, si está entrando agua a la caldera y la presión llega a P_1 ;entonces, se debe cortar el suministro de agua hasta que la presión

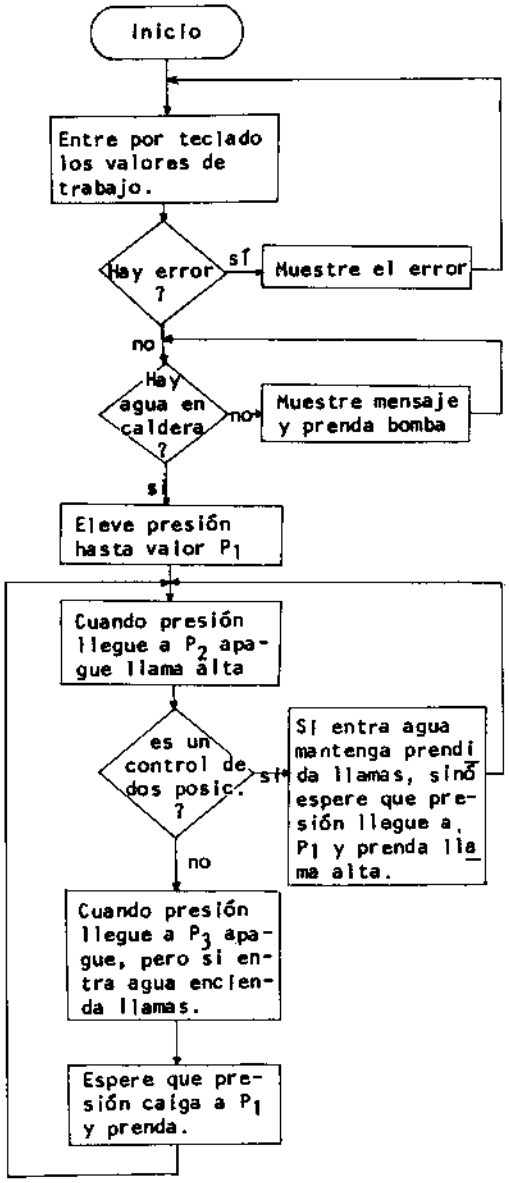

Fig. 8 Diagrama de Flujo

llegue nuevamente a P_3 en donde volvera a inyectarse el agua con las dos llamas prendidas.

(e) Disminución del diferencial hasta aproximadamente 0.4 bars ,lo que con el sistema electromecánico no es posible.

(f) Generación de interrupciones para proporcinar la temporización adecuada en el ciclo de encendido mediante un reloj externo al microcomputador.

(g) Supervisión de llama y de agua en todo instante.

(h) Conversión analógica-digital para el muestreo de la presión y presentación de la misma en la unidad de despliegue visual.

De la misma manera se dispuso de funciones adicionales realizadas en el algoritmo para el microcomputador:

(i) Introducción de los valores de presión de trabajo en la memoria por medio del teclado.

(j) Colocación de mensajes de error en la unidad de despliegue visual.

(k) Interrupción del programa por medio de teclado para hacer cambios en los valores de trabajo.

(l) Exploración del teclado para detectar si hay que efectuar cambios en los valores de presiones de trabajo o simplemente para observar dichos valores.

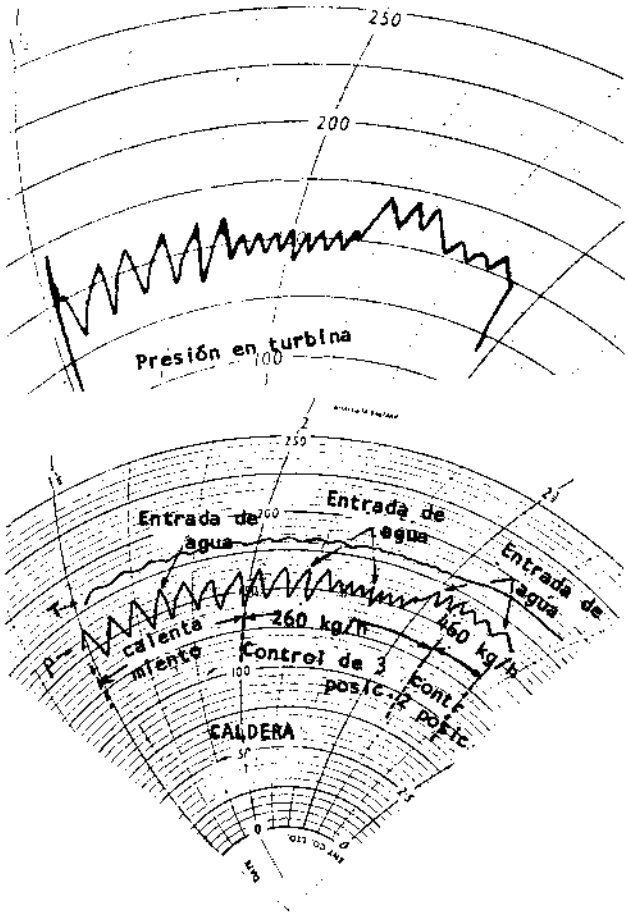

Fig. 9 Pruebas del Control

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Se logran mejoras importantes mediante el control por microcomputadora en un sistema como el de la caldera bastante limitado en el cual no se puede ejercer control sobre otros parámetros.

2.- En el control por microcomputador se consigue mayor rápidez de respuesta ya que las funciones encomendadas al regulador y al programador son realizadas por elementos semiconductores y no electromecánicos con velocidades de operación mucho mayores. También se eliminan partes en movimientos inherentes a ambos dispositivos, lo que constituye otra de las ventajas.

3.- El control por microcomputador es flexible, a diferencia del control original, permitiendo la eliminación o la incorporación de ciertas ordenes si las circunstancias y el sistema lo permiten.

4.- Se recomienda la construcción del microcomputador a base del diagrama de la figura 6, minimizando el costo para que el control tenga el mayor éxito posible

REFERENCIAS

1. Bibbero Robert,J., "Microprocessors in - Instruments and Control", John Willey & Son New York, 1977.

2. Corominas Viñas,J., "Introduccion al Control de Procesos por Ordenador", Marcombo - S.A., Barcelona,1976

3. Dillingham, E., "Microcomputer Hardware/ Software Training Course", vol. I y II, Integrated Computer Systems Inc., Los Angeles 1979.

4. Dillingham, E., "Microcomputer Interface Training Course", vol. I y II, Integra - ted Computer Systems Inc., Los Angeles,1979

5. Harrison, H., Bollinger, J., "Introduc - tion to Automatic Controls", International-Textbook Company, Pensilvania, 1963.

DEL POZO, JUAN. Datos Biográficos en el Trabajo: Marcador Telefónico Automático con Directorio Incorporado, publicado en éste volúmen.

CAMPORVERDE, JUAN C. Nació en Guayaquil el 24 de Junio de 1954. Se graduó de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio Nacional "Vicente Rocafuerte" de la misma ciudad en 1973. Es Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica por la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Fue Becario-Colaborador en la cátedra de Laboratorio de Sistemas Digitales de la ESPOL por el convenio con IETEL. Ha trabajado en Montaje y Mantenimiento de Equipos Electrónicos para Fotografía.