ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

TESIS DE GRADO

"ANUNCIADOR DE TURBINA DE GAS RUSTON TA 1750 EN BASE AL MICROPROCESADOR 8751"

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL

FRANKLIN RICARDO RUIZ PASQUEL
AGOSTO - 1998

Certifico que el presente trabajo ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Franklin Ruiz Pasquel.

Ing. Marco Barragán

AGRADECIMIENTO

A mi familia por haberme apoyado siempre.
Al Ing. Marco Barragán por su acertada dirección en el desrrollo de este trabajo.
Al Ing. Jaime Velarde por su ayuda en este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres que me criaron con abnegación, haciendo de todos sus hijos personas de bien.

INDICE

CAPITULO I

1.1.	*Introducción.*	*1*
1.2.	*Descripción general del contenido.*	*2*

CAPITULO II

TURBINAS DE GAS

2.1	*Principio de Funcionamiento.*	*4*
2.2	*Partes Constitutivas.*	*5*
2.2.1.	*Compresores.*	*6*
2.2.2.	*Cámara de combustión.*	*7*
2.2.3.	*Turbinas.*	*10*
2.3.	*Tipos de Turbinas.*	*11*
2.3.1.	*Turbinas de Ciclo Simple (Básico).*	*11*
2.3.2.	*Turbinas de gas con ciclo regenerativo.*	*12*
2.3.3.	*Turbina de gas con enfriamiento interno.*	*13*
2.3.4.	*Turbina de gas con recalentamiento.*	*13*
2.3.5.	*Turbina de gas con enfriamiento interno, recalentamiento y regeneración.*	*14*
2.4.	*Turbina de gas RUSTON TA 1750.*	*15*
2.4.1.	*Sistema de Combustible.*	*17*
2.4.1.1	*Sistema de Gas Combustible.*	*17*

2.4.1.2	*Sistema de Combustible Diesel.*	18
2.4.2.	*Sistema de lubricación.*	19
2.7.	*Sistema de aire.*	20

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA FINAL

3.1.	*Sistema de Control Actual.*	21
3.1.1.	*Temperatura.*	21
3.1.2.	*Presión.*	23
3.1.3.	*Velocidad.*	24
3.2.	*Panel Anunciador Actual.*	30
3.2.1.	*Modulo de alarma.*	30
3.2.2.	*Circuito del Panel Anunciador*	32
3.3.	*Panel anunciador propuesto*	34

CAPITULO IV

DISEÑO DE PANEL ANUNCIADOR CON MICROPROCESADOR 8751

4.1.	*Realización del hardware del sistema propuesto.*	36
4.1.1.	*Fuente de Alimentación.*	37
4.1.2.	*Monitoreo de la velocidad .*	38
4.1.3.	*LED indicadores.*	42
4.1.4.	*Diseño del sistema de adquisición de datos.*	44

4.1.5. *Desarrollo del hardware para el microprocesador.* 45

4.2. *Desarrollo del software del sistema propuesto.* 47

4.3. *Acoplamiento con el sistema existente.* 49

4.4. *Pruebas Finales.* 51

4.5. *Conclusiones y Recomendaciones.* 52

Bibliografía

Anexo A.

- *Esquemático del sistema servo, aceite lubricante y combustible de Turbina RUSTON TA 1750.*
- *Sistema de enfriamiento de aire.*
- *Diagramas eléctricos del sistema diseñado (orcad).*
- *Diagrama eléctrico del panel anunciador LONDALARM turbina TA 1750*
- *Diagrama de flujo del sistema diseñado*
- *Diagramas de tarjetas (circuitos impresos)*

Anexo B.

Programa fuente.

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La producción petrolera de Petroproducción corresponde en la actualidad a más del 80% del crudo producido en el país, con un promedio de cerca de 300.000 barriles diarios, correspondiendo el resto a empresas transnacionales como Occidental, Orix, YPF, City entre otras, entonces Petroproducción juega un papel económico importante, contribuyendo al financiamiento de aproximadamente el 50% del presupuesto general del Estado.

Para la producción de petróleo, Petroproducción se autoabastece de energía eléctrica con un sistema interconectado cuya generación está dada por turbinas de gas, dicho sistema eléctrico está formado por tres centrales de generación ubicadas en Lago Agrio, Shushufindi y Sacha, este sistema relativamente pequeño en capacidad con 18 MW. máximo de potencia activa tiene gran importancia en el desarrollo nacional.

Debido a la creciente demanda de energía, este sistema interconectado actualmente tiene que funcionar con todas sus turbinas los 365 días del año operando en óptimas condiciones, este sistema consta de 6 turbinas modelo TA-1750 de 1 MW. cada una y 4 turbinas TB5000 de 3 MW. cada una

Con estos antecedentes, este trabajo está encaminado a realizar la reingeniería en los paneles anunciadores de las turbinas TA-1750, las mismas que siendo las más antiguas han estado sometidas a un trabajo continuo por un lapso de tiempo mayor a 20 años, en

donde la parte más crítica es el panel anunciador que tiene unos módulos sellados de alarma (warning) y parada crítica (Shutdown), no existiendo actualmente un stock de repuestos, pues ya no se los fabrica.

Por todo lo antes mencionado, en esta tesis se realiza el diseño y construcción de un panel anunciador, construido con un microprocesador. Este mismo panel anunciador deberá presentar indicación de alarmas, producir la parada de la turbina cuando hay un shutdown, deberá indicar el número de horas de operación, deberá mostrar parámetros operativos como por ejemplo voltaje de baterías, bombas auxiliares encendidas o apagadas, tipo de combustible con el que está trabajando, etc.

Este panel será de menor tamaño que el actual, mucho más versátil y deberá ser muy confiable, de tal forma que el técnico tenga en esto una verdadera ayuda para rehabilitar la unidad en el menor tiempo posible cuando se produzca una falla de estas unidades.

1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONTENIDO

Esta tesis consta de cuatro capítulos, siendo el presente el primero que contiene la introducción y la descripción general del contenido. El capítulo II corresponde a un estudio muy general de lo que es una turbina de gas, sin adentrarse en la ingeniería de diseño, sino mas bien en una descripción cualitativa; aquí se recopila su principio de funcionamiento, los tipos de turbinas que existen, las aplicaciones más utilizadas de turbinas de gas, las partes principales que conforman estas unidades, todo esto en un lenguaje de fácil comprensión; posteriormente se realiza un estudio más especializado de

la turbina de gas TA-1750 de la casa RUSTON detallando sus partes constitutivas como son: la máquina motora, el sistema de combustible, el sistema de aceite lubricante, el sistema de aire, el sistema de escape.

El capítulo III está dedicado al análisis del sistema electromecánico de control actual de la máquina, que permite una serie relativamente compleja de secuencias para el arranque exitoso de la turbina, una vez arrancada verifica continuamente que las variables de temperatura, de velocidad y de presión se encuentren dentro de parámetros permitidos. Posteriormente, en el mismo capítulo se hace un estudio detallado del panel anunciador a ser reemplazado y su interconexión con el sistema de control, para pasar finalmente a presentar la propuesta del panel anunciador diseñado.

El último capítulo (IV) está dedicado al diseño mismo del anunciador, aquí se detalla el hardware y el software basados en el microprocesador Intel 8751; que instalado realizará una lectura permanente de contactos de falla, desde el sistema de control, apagará la turbina cuando exista falla, además permitirá leer dos velocidades y presentarlas digitalmente, contará el número de horas de trabajo de la máquina, y permitirá configurar la condición inicial de los contactos mediante un teclado, finalmente los mensajes de falla se presentarán en un display. Para finalizar este capítulo se recopilan las observaciones y conclusiones del trabajo realizado.

CAPITULO II

TURBINAS DE GAS

Una turbina de gas está diseñada para convertir la energía de un combustible líquido ò gaseoso en alguna forma de energía útil como por ejemplo un empuje, en el caso de los aviones, o energía mecánica en un eje que moverá algún equipo como por ejemplo un generador eléctrico o una bomba; una turbina de gas está formada básicamente por un generador de gas y una sección de conversión de la energía. El generador de gas consta de un compresor, una cámara de combustión y una turbina con lo cual genera gas a temperatura y presión elevadas

2.1. Principio de Funcionamiento

En este numeral se presenta una breve descripción de este principio, que posiblemente será mejor entendido cuando se expliquen las partes constitutivas . Tres procesos principales ocurren dentro de una turbina de gas para producir energía, que son: compresión, combustión y expansión.

En la actualidad, prácticamente todas las turbinas de gas, operan en un ciclo en el cual la combustión del gas ocurre a presión constante, en lugar de a volumen constante, y el proceso consiste en tomar aire de la atmósfera, el cual pasa por un compresor de flujo axial con etapas múltiples, llamado así porque la trayectoria del flujo es paralela al eje (axial) de giro del compresor y se logra elevar la presión poniendo una etapa a continuación de otra, lo que le da el nombre de etapas múltiples. Una vez que el aire es admitido, y comprimido, es decir, la presión de las moléculas de aire ha aumentado, el

proceso de combustión comunica energía calórica a estas moléculas de aire, pues el combustible es quemado dentro de una cámara llena con el aire comprimido que sale del compresor; esta cámara es llamada cámara de combustión o simplemente combustor. En realidad, sólo una parte del aire descargado del compresor es quemado con combustible líquido o gaseoso, mientras que la mayor parte fluye hacia el exterior de la cámara para enfriamiento de la mezcla , permitiendo una temperatura adecuada de entrada a la turbina. Al salir de la cámara de combustión, el aire caliente y las moléculas de gas se expanden rápidamente, esta expansión conjuntamente con una caída de presión comunica una gran velocidad a los gases; estos gases calientes producen energía, siendo una parte de esta utilizada para mover el compresor de aire, mientras que la parte restante se utiliza para producir la energía útil en un eje.

Cabe mencionar que para arrancar inicialmente la turbina, se necesita un motor, el cual acelera el compresor hasta aproximadamente un 50% de la velocidad de trabajo, luego de lo cual deberá ser desconectado.

2.2. *Partes Constitutivas.*

Según lo visto entonces, una turbina de gas está básicamente constituida por un compresor de gas, un grupo de cámaras de combustión, y la turbina propiamente dicha que proporcionará el movimiento del equipo acoplado a ella; cabe señalar que existen turbinas de un solo eje y otras de dos ejes.

Las turbinas de dos ejes poseen dos turbinas desacopladas entre si, la primera está acoplada al compresor axial para mover el compresor, y la otra turbina está acoplada al equipo que se desea mover (bombas, generadores eléctricos, etc.). En cambio que, las

turbinas de un solo eje tienen una sola turbina que mueve tanto el compresor de gas como el equipo acoplado a ella.

2.2.1. *Compresores.*

En turbinas de gas, existen dos tipos de compresores que son: los compresores centrífugos y los compresores de flujo axial.

- Compresor Centrífugo.- Un compresor centrífugo, mostrado esquemáticamente en la figura 2.1 acelera el gas aprovechando la fuerza centrífuga. Sus componentes básicos

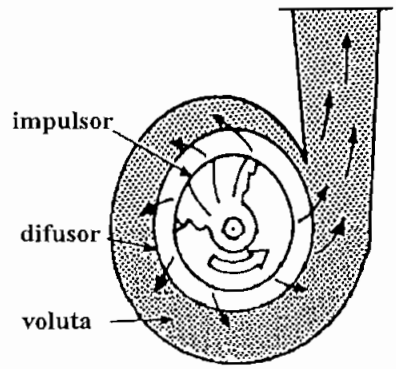


Fig. 2.1. Esquema de un compresor centrífugo

son: el impulsor (rotor), en que se realiza el trabajo sobre el fluido, y el difusor (estator), en donde disminuye la velocidad y aumenta la presión estática del fluido .

- Compresor de Flujo Axial.- El compresor de flujo axial, mostrado en la figura 2.2 consta de una serie de discos metálicos sujetos a un eje (rotor); cada disco contiene una serie de aletas contorneadas conocidas como álabes, los cuales están alojados con un determinado ángulo; cada hilera de álabes rotores está seguida por una hilera de álabes estacionarios (estator). Se llama una etapa, a la formada por una hilera de álabes del rotor

y una de álabes del estator. El aire ingresa a la primera etapa del rotor, donde es acelerado y pasa a la primera etapa del estator que convierte la energía cinética del fluido en presión; además, dirige el fluido levemente presurizado a la segunda etapa del rotor iniciando un nuevo ciclo. Un compresor de flujo axial puede contener hasta veinte etapas. El grado al cual un compresor puede comprimir el aire se conoce como relación de compresión y está expresada por la relación entre la presión de descarga y la presión de succión.

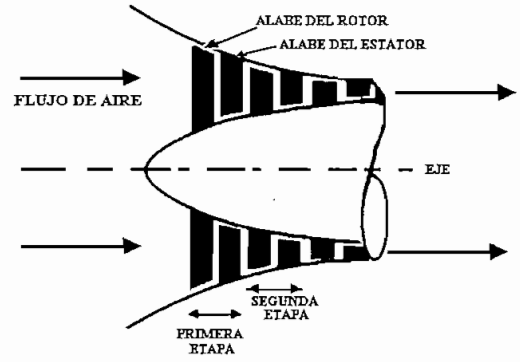


Fig. 2.2 Corte transversal de un compresor de flujo axial

2.2.2. *Cámara de combustión.*

Como se mencionó, es la cámara donde se quema el combustible; entonces, el propósito de la cámara de combustión es calentar el aire comprimido a tal punto que las moléculas se expandan rápidamente, ganando suficiente energía para hacer girar el rotor de la turbina. Una cámara de combustión típica en una turbina de gas puede dividirse en tres zonas: la difusora, y las de dilución primaria y secundaria.

La zona difusora es una zona de transición entre la salida del compresor y la entrada a la cámara de combustión y básicamente disminuye la velocidad del aire de entrada.

La función de la zona de dilución primaria es múltiple. Primeramente, es la zona donde se inyecta el combustible y tiene lugar el encendido, el combustible es inyectado de tal manera que conjuntamente con el aire, se obtiene una mezcla aproximadamente estequiométrica, uniformemente distribuida. Si el combustible fuera líquido, debería evaporarse antes de ser quemado, así al inyectar el combustible a elevada velocidad, éste se dispersa en gotas más pequeñas, mejorando la evaporación.

La zona secundaria de dilución tiene la función de distribuir el resto del aire para reducir los gases de la cámara de combustión a la temperatura deseada de entrada a la turbina y suministrar una mezcla adecuada para obtener una distribución uniforme de temperatura en la tobera de entrada de la turbina, evitando así los puntos calientes.

Una vez que se ha estudiado el funcionamiento básico, es conveniente mencionar que existen tres tipos básicos de cámaras de combustión que son: tubular, anular y la tercera es un mezcla de las dos anteriores.

- *La cámara de combustión tubular está formada por un número de unidades de diámetro pequeño con revestimientos y cubiertas individuales (ver figura 2.3); este tipo de*

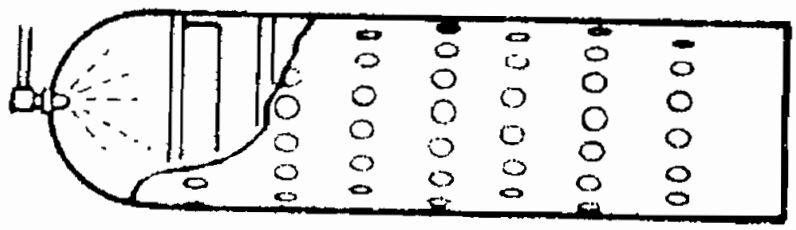


Fig. 2.3. Esquema de la cámara de combustión tubular

cámaras de combustión es frecuentemente utilizado en turbinas de gas con compresores centrífugos. A medida que el aire sale del difusor del compresor, éste se divide y es enviado por ductos a las unidades individuales.

- *La cámara de combustión anular está formada por una o dos envolturas continuas; aquí, el combustible se introduce por conducto de toberas a la entrada de la envoltura y el aire secundario lo hace por perforaciones. Este aire secundario sirve para mantener la llama separada de la envoltura, y diluye los gases de la cámara de combustión dándoles la temperatura que se desea para la entrada de la turbina.*

- *El tipo mixto, tubular y anular está formado por tubos de flama individuales (tubular) distribuidos uniformemente dentro de una cámara cilíndrica (anular) de*

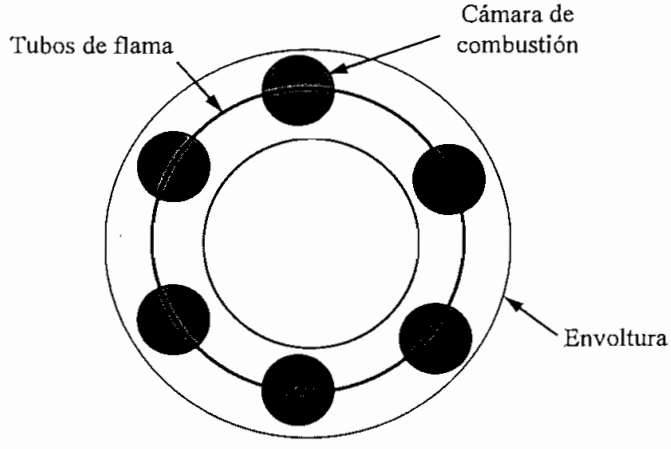


Fig.2.4. Cámara de Combustión Mixta Tubular Angular

combustión (figura 2.4). Cada cámara tubular protege la flama del quemador de la turbulencia del aire primario y está perforada de tal manera que pueda circular el aire de enfriamiento secundario corriente abajo. Habitualmente, hay un tubo que une las cámaras tubulares permitiendo que la llama pase de una a otra.

2.2.3. Turbinas.

Cabe mencionar que este punto se refiere a la parte de la turbina de gas que produce el movimiento del compresor y o el equipo acoplado, y es precisamente esta parte la que da el nombre de turbina a todo el conjunto. Existen dos tipos de turbinas, las de flujo radial y las de flujo axial. La primera es semejante a un compresor centrífugo, excepto debido a que el flujo es hacia el interior en lugar de ser hacia afuera y se utiliza sólo para potencias extremadamente bajas. La segunda, es decir la turbina de flujo axial tienen su equivalente en el compresor de flujo axial, puesto que el fluido entra y sale en la dirección axial, y puede tener una o más etapas. Cada etapa está constituida por un estator seguido de un rotor, a diferencia de los compresores en donde primero va un rotor y luego un estator. Los álabes del estator están contorneados para producir una caída de presión. Nótese en la figura 2.5 que la separación en el punto A es mayor que en el punto B, por lo que el gas caliente es comprimido, pero al salir del estator, las moléculas ya no están comprimidas,

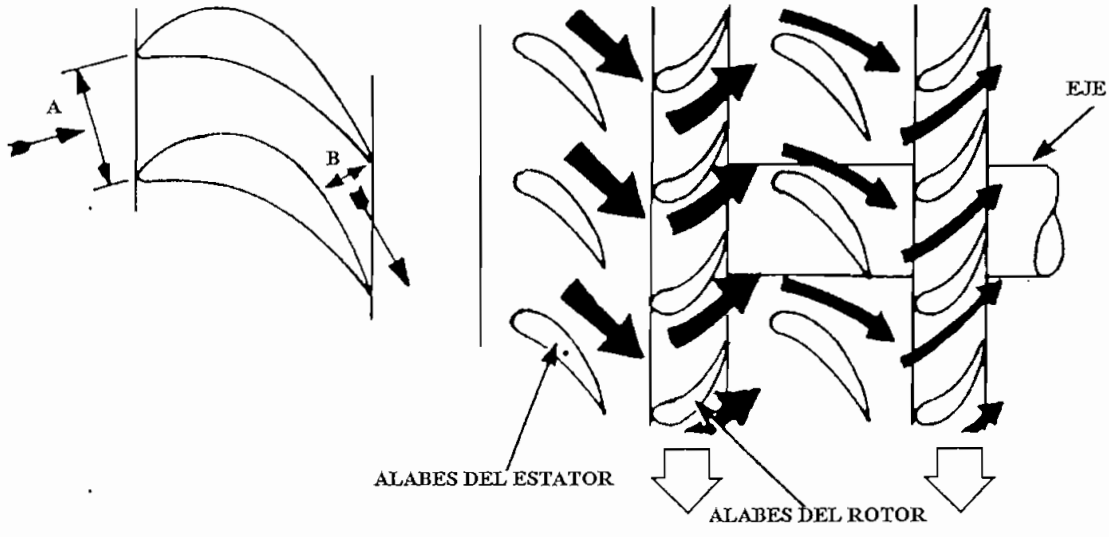


Fig. 2.5 Flujo de aire a través de la turbina del compresor

por lo que experimentan una caída de presión y por tanto un incremento de la velocidad; estas moléculas ingresan al primer conjunto de álabes del rotor, causando el movimiento

del mismo; el rotor absorbe parte de la energía de los gases expandidos, pero hay suficiente energía para las siguientes etapas. Los álabes del rotor están contorneados de tal manera que redirigen los gases al segundo conjunto de álabes del estator, en donde los gases nuevamente son comprimidos, y al salir de aquí una caída de presión genera velocidad adicional, y entonces los gases calientes golpean al segundo conjunto de álabes del rotor contribuyendo al giro del mismo.

2.3. *Tipos de Turbinas.*

Los distintos tipos de turbinas de gas, son consecuencia de la adición de varios componentes de entrada y de salida al generador de gas; de acuerdo a esto básicamente existen los siguientes:

- *Turbinas de ciclo simple o básico*
- *Turbinas de gas con ciclo regenerativo*
- *Turbinas de gas con enfriamiento interno*
- *Turbinas de gas con recalentamiento*
- *Turbinas de gas con enfriamiento interno, recalentamiento y regeneración.*

2.3.1. *Turbinas de Ciclo Simple (Básico).*

Este ciclo conocido también como ciclo Brayton, consta de un proceso de compresión isentrópico, es decir, que los procesos de compresión y expansión son adiabáticos (Las variaciones termodinámicas se realizan sin intercambio de calor con el medio circundante) y reversibles, esta compresión es seguida por un calentamiento a

presión constante, luego un proceso de expansión isentrópica y finalmente se completa el ciclo con un proceso de rechazo de calor a presión constante (figura 2.6).

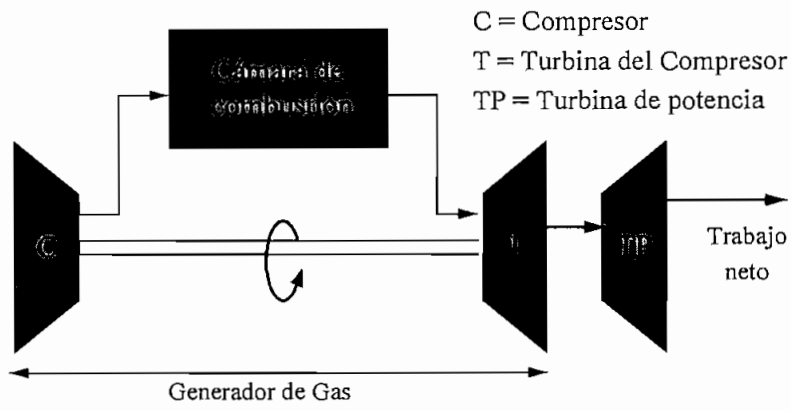


Fig. 2.6 Esquema de una turbina de ciclo básico

Las turbinas de gas de ciclo simple son relativamente ineficientes, con eficiencias térmicas comprendidas entre el 10 y el 25%, dependiendo del tamaño y del diseño. Sin embargo, utilizando la energía de salida recuperable y realimentándola, se llegan a alcanzar rangos de eficiencias de 60 a 70%.

2.3.2. *Turbinas de Gas con Ciclo Regenerativo.*

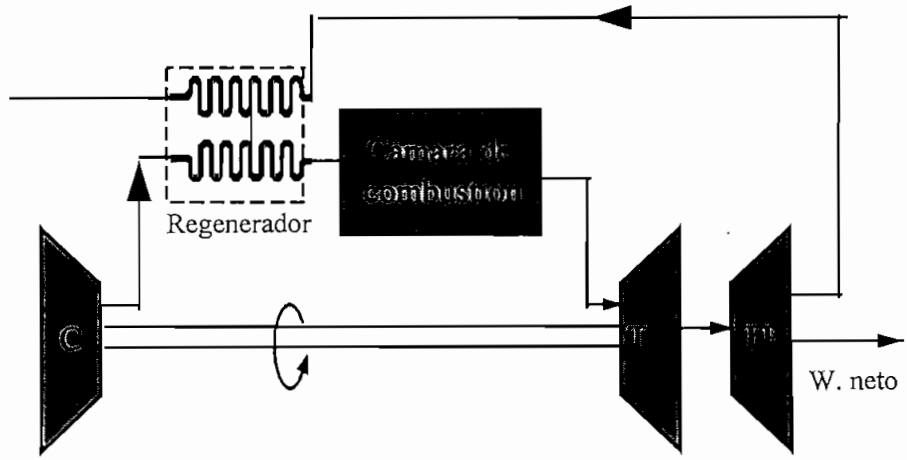


Fig. 2.7 Turbina de gas con ciclo regenerativo

Este tipo de turbina mejora la eficiencia térmica que tiene la turbina de ciclo simple, incluyendo un dispositivo que transfiere energía (intercambiador de calor) de la salida del generador de gas para precalentar el aire entre el compresor y la cámara de combustión como ilustra la figura 2.7.

2.3.3. *Turbina de Gas con Enfriamiento Interno.*

En el ciclo de la turbina puede realizarse otra mejora como es el enfriamiento interno, lo cual disminuye el trabajo del compresor sin alterar el trabajo de la turbina. Un esquema de este tipo de turbina se presenta en la figura 2.8. El primer compresor C1 comprime el aire desde la presión ambiente hasta una presión intermedia. El aire que sale del primer compresor entra en el enfriador interno en donde se elimina el calor, para entrar al segundo compresor C2 que completa el proceso de compresión hasta la presión final deseada.

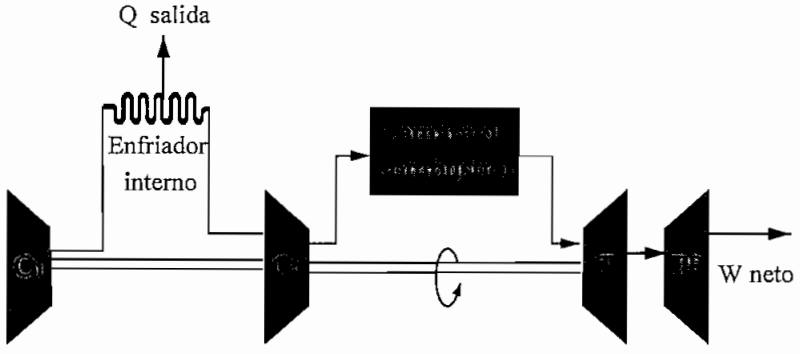


Fig. 2.8. Turbina de gas con enfriamiento interno

2.3.4. *Turbina de gas con recalentamiento.*

Este tipo de turbina permite que los gases se expandan desde la presión máxima del ciclo , a una presión intermedia, recalentando a presión constante hasta la temperatura

máxima del ciclo, y después expandiendo los gases en una segunda turbina hasta la presión mínima del ciclo. Al agregar recalentamiento a la entrada de la turbina de potencia, aumenta el trabajo de la turbina, por tanto aumenta el trabajo neto, sin cambiar el trabajo del compresor

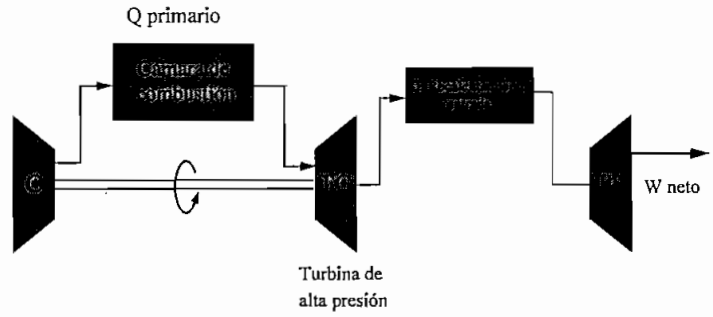


Fig. 2.9. Turbina de gas con recalentamiento

2.3.5. *Turbina de Gas con Enfriamiento Interno, Recalentamiento y regeneración.*

El enfriamiento interno y el recalentamiento, al usarse aisladamente, disminuyen la eficiencia térmica del ciclo, por esta razón, rara vez se utilizan solos. El esquema de la figura 2:10 ilustra esta turbina, que combina los tipos anteriormente descritos.

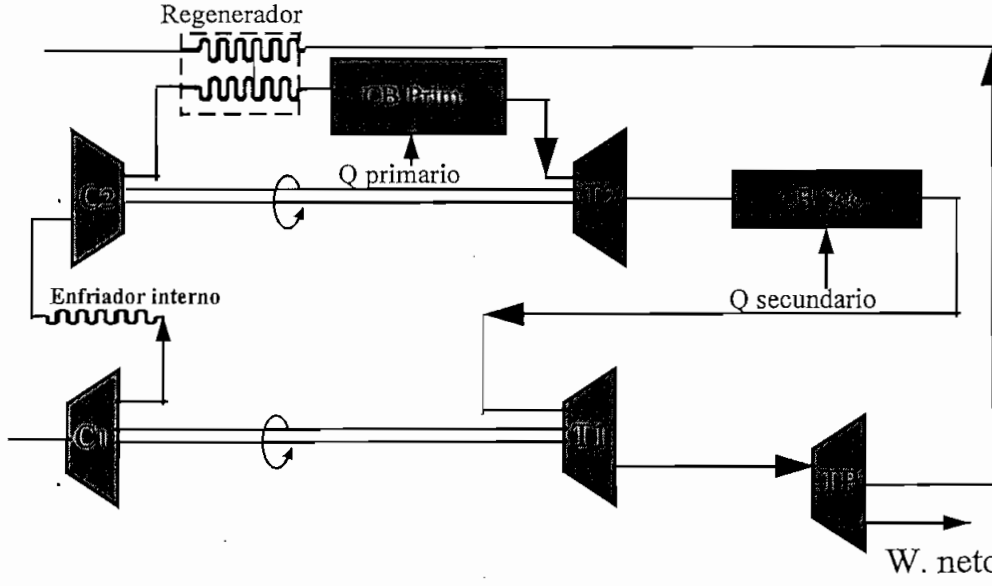


Fig. 2.10 Turbina con enfriamiento interno, recalentamiento y regeneración

2.4. *Turbina de gas RUSTON TA 1750.*

La turbina de gas TA 1750 es una turbina fabricada por la casa inglesa RUSTON, diseñada para entregar 1830 B.H.P (British Horse Power). a nivel del mar y una temperatura de admisión de aire de 15 °C. Tiene dos ejes independientes, la turbina del compresor está acoplada al mismo y gira a una velocidad nominal a plena carga de 12000 rpm., mientras que la turbina de potencia gira a 6000 rpm. y está acoplada a un generador eléctrico de 1 MW.

Siendo la turbina TA 1750 una turbina de gas de ciclo simple, el generador de gas de la turbina está formado por el compresor, la cámara de combustión y la turbina del compresor, estos elementos forman una unidad independiente de la turbina motriz (turbina de potencia) y producen el flujo de gas para accionar la turbina de potencia. A la salida del compresor, el flujo de aire pasa a través de un difusor, el cual dirige suavemente el flujo de aire , reduciendo además la velocidad y aumentando en consecuencia la presión; este aire es conducido a través de un ducto transversal, hacia la cámara de combustión. En la cámara de combustión, un quemador inyecta el combustible dentro del flujo de aire procedente del compresor, y después del encendido inicial, un proceso de quemado continuo proporciona el flujo de gas del escape de expansión rápida que acciona al compresor y a la turbina motriz.

La turbina del compresor consta de dos etapas, cada etapa está formada por un estator y un rotor, donde cada disco del rotor tiene 83 álabes; estos discos están mecánicamente acoplados al rotor del generador de gas. El estator está formado por álabes empotrados en 12 segmentos, los cuales se apoyan en la carcasa, y el espacio entre la carcasa y los doce

segmentos se rellena por medio de cajas de aislamiento térmico para reducir pérdidas de calor por radiación. Además, la carcasa emplea el proceso explicado de enfriamiento por aire que circula a través de pasajes taladrados internamente.

La turbina motriz está formada por dos etapas de forma similar a la turbina del compresor, pero está mecánicamente desacoplada de la misma, su diámetro es mayor y cada etapa del rotor tiene 97 álabes; el rotor va fijado a un eje cardán, en cuyo extremo posterior existe un acoplamiento dentado flexible que acciona una serie de engranajes.

Esta caja de engranajes con un factor de reducción de 5, acoplada a la salida de la turbina de potencia (motriz) proporciona la velocidad apropiada para el accionamiento final del equipo a mover, que en este caso se trata de un generador eléctrico de 1 MW., que como ya se mencionó gira a 1200 rpm., mientras que la turbina de potencia gira a 12000 rpm.

Finalmente, el gas del escape que sale de la turbina pasa dentro de un ducto de salida bifurcado, el cual lo divide en dos flujos, cada uno de ellos circulando en cada lado de la caja de engranajes, dirigiendo el aire caliente hacia un codo de acero resistente al calor y con aislamiento térmico para reducir la radiación de calor, y de aquí es dirigido por ductos verticales al ambiente.

Para el correcto funcionamiento de la turbina, además de la máquina motora que es la turbina propiamente dicha, existen una serie de sistemas que serán analizados brevemente y se los ha dividido en: Sistema de combustible, sistema de aceite lubricante, sistema de aire, sistema de escape, que se describen a continuación, y además el sistema de

control, que es objeto del capítulo III.

2.4.1. *Sistema de Combustible.*

Este tipo de turbina está diseñado para funcionar con gas o con combustible líquido (diesel), que permitiendo el cambio de combustible cuando está en funcionamiento, mediante la operación manual de un pulsante. Además, si está funcionando a gas y la presión baja de un valor predeterminado, cambia automáticamente a diesel. A efectos de ubicar las válvulas de combustible que se describen a continuación se hará referencia a la, figura A1 del apéndice A ubicado al final de esta tesis.

2.4.1.1. *Sistema de Gas Combustible.-* *El gas ingresa al sistema a través de una válvula manual y luego por un regulador de presión, pasando por un separador de líquidos (demister) para retener aquellos líquidos que podrían llegar en el gas. Una vez seco el gas que ha pasado por este separador, sigue a través de una válvula de apertura rápida operada por un solenoide a 24 V. DC, que sirve para permitir el paso de gas si se ha seleccionado el funcionamiento a gas, o cortar el suministro de gas si está trabajando a diesel, luego pasa por la primera válvula de regulación (servo), la misma que permite el paso de combustible en el instante correcto en la secuencia de arranque, previniendo un incremento inusual de la presión de gas en la línea, después pasa por la válvula del controlador, la cual actúa como un restrictor variable, que regula el suministro de combustible al quemador, posteriormente pasa por la segunda válvula operada por servo utilizada para una parada rápida en caso de falla, y finalmente pasa por una válvula manual, que sirve para cerrar el paso de combustible en caso de emergencia, llegando de esta manera al quemador.*

2.4.1.2. ***Sistema de Combustible Diesel.-*** *El combustible diesel primero pasa por un filtro que elimina impurezas existentes, y llegando a una bomba movida por un motor AC.; pasa a través de una válvula de control que opera con aceite (servo), y que es utilizada para una parada rápida en caso de falla, luego pasa por una válvula operada por solenoide de 24 V. DC, que se abre cuando se ha seleccionado mediante un pulsante el funcionamiento de la turbina con combustible diesel, posteriormente pasa por una válvula manual , utilizada también para cerrar el paso de diesel en caso de emergencia, llegando finalmente al quemador a través de una válvula de no retorno (check).*

La regulación de la cantidad de diesel la realiza el controlador de velocidad (governor) con el mismo pistón motriz que abre o cierra el paso de gas, pues tiene dos secciones como se observa en la misma figura A1 del anexo A del final de este tesis; al moverse el pistón hacia adelante, aumenta la presión de combustible al quemador, porque cierra el paso de combustible al retorno a través de la sección de diesel del controlador. A la salida de diesel del controlador se encuentran incorporadas dos válvulas, la primera es una válvula no retornable de 50 lb/pulg². que sirve para suministrar la presión necesaria para el arranque, y la segunda que es una válvula operada por el solenoide 8 la cual deja el retorno libre del combustible, de acuerdo al regulador de velocidad o controlador, y actúa en operación normal, por tanto la primera válvula no retornable ya no actúa.

En la misma figura se aprecia que para encender la turbina, operan unas bujías por corto período de tiempo, lo cual permite encender el gas proveniente de un cilindro que pasa a través de un filtro,, una válvula operada por solenoide, un regulador de presión y una válvula sin retorno.

2.4.2. *Sistema de Lubricación.*

El sistema de lubricación como ya se mencionó es a base de aceite, el mismo que se encuentra almacenado en un tanque en la base de la turbina. Es suministrado por dos bombas, una principal que es mecánica y una auxiliar que es movida por un motor DC de 24 V. El aceite es empleado tanto para el sistema de lubricación como para el sistema de control por servo. El diagrama es el mismo de la figura A1 del anexo A ubicado al final de la tesis, el cual contiene también al sistema de combustible.

La bomba principal está manejada desde una caja de engranajes y la auxiliar como se mencionó está movida por un motor de 24 V DC. La bomba principal actúa durante el período normal de trabajo, en tanto que, la bomba auxiliar actúa en los períodos de arranque, parada y enfriamiento.

Cuando la bomba principal está trabajando, el aceite es succionado del tanque a través de dos válvulas no retornables según se muestra en la misma figura A1 del anexo A, para luego pasar por un filtro a la máquina, caja de engranajes, y cojinetes, y al final vuelve al tanque de la base de la máquina. Cabe añadir que el aceite está permanentemente enfriado por un ventilador en un radiador.

La presión de control servo es mantenida en aproximadamente 30 lb/pulg². y una válvula de seguridad parará la máquina si la presión de aceite cae por debajo de las 13 lb/pulg².

El aceite se encuentra permanentemente recirculando a través del enfriador para

bajar la temperatura, si la temperatura sube sobre límites preestablecidos, dos termostatos dan una señal de advertencia o de parada.

2.7. *Sistema de Aire.*

Como ya se indicó también, la turbina está completamente enfriada por aire con el objeto de que los componentes alcancen su temperatura de trabajo normal con un mínimo esfuerzo térmico. Existen tres presiones para el enfriamiento (alta media y baja), según se esquematiza en la figura A2 del anexo A del final esta tesis, y sirven para:

Aire de enfriamiento de alta presión.- El aire aún frío es tomado de la última etapa del compresor y es disparado a la parte frontal del rotor de la primera etapa de la turbina del compresor.

Aire de enfriamiento de presión media.- Es tomado de la décima o décima segunda etapa dèl compresor y pasado por orificios entre los álabes del rotor al interior del rotor, pasando a través del eje para enfriar los discos del rotor, y otra parte pasa a través del perno de la turbina del compresor para enfriar la parte posterior de la segunda etapa del rotor de la turbina del compresor.

Aire de enfriamiento de baja presión .- Es tomado en dos puntos del anillo del compresor, el del primer punto es utilizado para enfriar el rotor de la turbina de potencia, y el del otro punto pasa por las paredes interiores para enfriar la carcasa de la turbina.

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL SISTEMA EXISTENTE Y PROPUESTA FINAL

3.1. Sistema de Control Actual.

El sistema de control existente es un sistema de control electromecánico, el cual maneja los parámetros de arranque y operación de la máquina, en base a los cuales producirá una señal de advertencia, o la parada de la máquina al momento de producirse una falla.

Como se comprenderá del capítulo anterior, existen algunas variables fundamentales que deben tomarse en cuenta en turbinas de gas, siendo las más importante la temperatura y la presión en los diferentes sistemas que componen la turbina.

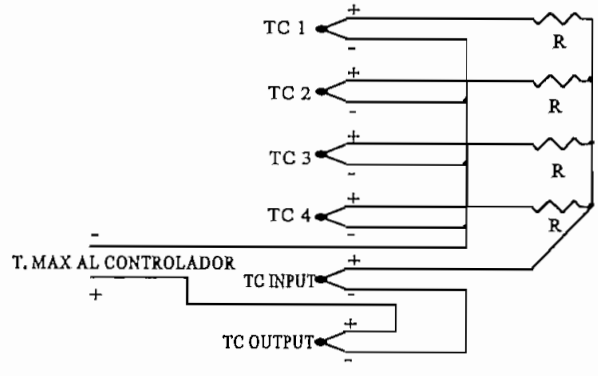
3.1.1. Temperatura.

Para comenzar la temperatura máxima tolerable a la salida del gas caliente es un factor limitante de la salida de potencia de la máquina motora y de su vida útil, por lo tanto es necesario que este parámetro no exceda el máximo aceptable a plena carga.

En las turbinas TA 1750 el sistema de control de temperatura fue cambiado y en la actualidad existe un equipo en base a microprocesador de marca DYNALCO, el cual tiene la posibilidad de recibir 32 canales de entrada que pueden ser RTD o termocuplas, y el tipo de termocupla se selecciona mediante un conjunto de selectores en forma de

dipswitches, originalmente este equipo ha sido diseñado para turbinas RUSTON, por lo que el programa no se puede modificar, lo cual, como es conocido es un limitante serio, pues por sólo acepta ciertos sensores (por ejemplo termocuplas tipo K).

El programa que viene en EPROM está hecho de tal manera que supervisa la temperatura individual de 4 termocuplas distribuidas equidistantemente alrededor de la salida de la turbina de potencia, además supervisa una termocupla colocada a la entrada, y una termocupla a la salida de la cámara de combustión; existe también un canal de



T. MAX APROXIMADA = T. PROM. + T. OUTPUT - T. INI

Fig. 3.1 Temperatura máxima de operación

entrada al equipo microprocesado, que recibe un arreglo de todas las termocuplas anteriores, según consta en la figura 3.1., cuya señal es utilizada para producir la parada de la turbina cuando se sobrepasa la temperatura máxima permitida.

Además de las temperaturas individuales, el programa está siempre chequeando la desviación de temperatura que existe entre las termocuplas distribuidas al rededor de la salida de la turbina de potencia.

Este equipo de control tiene cuatro relés de salida, los mismos que son utilizados

en el sistema de control y monitoreo. Los setpoints de los diferentes canales pueden ser introducidos desde el teclado y están relacionados a cualquiera de los diferentes relés. Así pues el relé 1 está asociado a la temperatura máxima permitida, y sirve para producir la parada de la máquina con su contacto RLY1; el relé 2 está asociado a la señal de alarma de temperatura en el panel anunciador a través del contacto RLY2; el relé 3 está asociado a la temperatura máxima de trabajo continuo y su contacto RLY3 activa un motor que quita carga a la máquina; y el relé 4 está asociada a la temperatura mínima de la máquina y su contacto RLY4 sirve para mantener funcionando la bomba auxiliar de aceite lubricante cuando la máquina está aún caliente por ejemplo en una eventual parada .

La temperatura del aceite lubricante es también un parámetro muy importante; esta temperatura se mide a la salida del enfriador con un termómetro de vaporización - presión situado en la línea de retorno, y que permite ver si el enfriador está funcionando eficientemente.

3.1.2. *Presión.*

Un valor de presión importante es la presión de aceite lubricante, pues éste nos permite detectar una posible obstrucción en el enfriador del aceite o una disminución en la bomba que lo mantiene recirculando. Un descenso grande en la presión de servo, parará la máquina, ya que esta presión permite el paso de combustible por las válvulas operadas por servo. Existen 3 niveles normales de presión:

- *Una presión de servo al governor en el arranque menor a 8 PSI. sensada por PSW3.*

- *Una presión de aceite lubricante que se encuentra entre 20 y 23 PSI.*
- *Una presión de servo que controla válvulas de combustible de 30 PSI. en condiciones normales de trabajo.*

Otra presión tomada en cuenta es la presión de combustible al quemador, la misma que varía con la carga, llegando a su máximo valor a plena carga.

3.1.3. *Velocidad.*

Existen dos velocidades independientes que se registran mediante sensores magnéticos (tacómetros): la primera es la velocidad del compresor de gas, la misma que varía con la carga, y la segunda es la velocidad del eje de salida de potencia, la cual es controlada por el regulador de velocidad (mecánico) y permanecerá en un valor constante de 1200 RPM.

El regulador de velocidad es accionado desde la caja de engranajes a través de un piñón, y controla a través de un servomecanismo el suministro de combustible al quemador. La velocidad es mantenida por el equilibrio de dos fuerzas, la fuerza de un resorte de control que fija la velocidad deseada (referencia) y la fuerza de un contrapeso movido por la rotación de la caja de engranajes, la cual es una indicación de la velocidad obtenida. Estas dos fuerzas actúan una válvula piloto controladora de aceite de servo que moverá un pistón motriz en la válvula de combustible constituida por dos secciones, una de gas y una de diesel, abriendo o cerrando el paso de combustible, mediante este pistón.

Además existe un dispositivo también mecánico que produce la parada inmediata

de la máquina cuando existe una sobrevelocidad de 10% sobre la velocidad nominal, típica cuando hay una variación muy brusca de carga. Este dispositivo no es sino un mecanismo excéntrico que a una velocidad predeterminada del 10% sobre la velocidad nominal permite caer un usillo, el cual abre la válvula de disparo de sobrevelocidad dejando pasar el aceite de servo de la tubería , esto produce el cierre de las válvulas de combustible operadas por servo, y además activa un switch que inicia en el anunciador el procedimiento normal de parada por falla.

La figura A3 del anexo A presentada al final de esta tesis muestra el diagrama eléctrico del sistema de control, y es recomendable seguir esta descripción conjuntamente con el diagrama eléctrico e hidráulico (figura A.1). Todo el sistema eléctrico de control está alimentado por un banco de baterías de níquel - cadmio, además existe otro banco de baterías sólo para la bomba auxiliar DC. de aceite lubricante; los bancos de baterías son recargados permanentemente por sus respectivos cargadores de baterías.

En el diagrama, es importante tener en cuenta la simbología utilizada; así, los relés son designados con la letra R y se encuentran encerrados en un círculo, el número que se encuentra bajo el relé, también dentro del círculo, indica el número de contactos utilizados; para los relés de tiempo se utilizan las letras TR y la nomenclatura de los contactos se muestran en la figura 3.2.

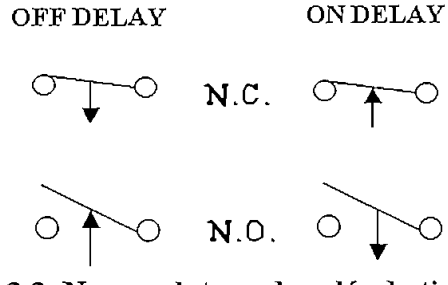


Fig. 3.2. Nomenclatura de relés de tiempo

Para el arranque, el primer paso es seleccionar un arranque manual local o remoto mediante SW12, generalmente se arranca desde el panel de la turbina (local), seleccionando previamente el combustible con el que va a trabajar la turbina. Cabe señalar que es mucho más económico para la empresa, trabajar con gas captado desde los pozos, elevando la presión del mismo mediante compresores, y posteriormente eliminando el crudo y agua que vienen mezclados con el gas mediante separadores, para finalmente llevarlo hasta el sitio de trabajo. Pero no siempre se tiene suficiente gas, por lo que se debe trabajar también a diesel.

Seleccionando gas, la válvula de suministro principal está abierta, entonces el switch de presión PSW5 se abre, desenergizando el relé R13 (que activa la bomba de diesel si se está trabajando a diesel), además del relé de tiempo TR8, el cual da un lapso de tiempo de 5 seg. para el cambio de combustible de gas a diesel.

En condiciones normales, es decir, sin falla, el contacto ANNB1, que viene del panel anunciador se cierra, energizando el relé R5; si existe alguna falla, este contacto es el que apaga la turbina, pues está en serie con el pulsante de parada. Para iniciar el arranque es necesario que estén cerrados R5C y R8B, entonces R5C está ya cerrado. En cuanto a la condición de R8B, observando la línea 19, en reposo R7 está energizado, ya que R4 está aún desenergizado; por otro lado la temperatura del aceite lubricante es baja en condiciones normales, pues existe un sistema de recirculación que enfría el aceite en un radiador ventilado con aire, con lo que TSW1 está cerrado, y finalmente la presión del aceite de servo es menor a 8 PSI. por lo que PSW3 está cerrado energizando R7.

En la línea 15 TR5 aún está desenergizado, y del análisis anterior se ve que R5 y

R7 están energizados, entonces R8 está energizado, y el contacto R8A está indicando en el panel anunciador que la turbina está lista para arrancar, y el R8B efectivamente deja listo a R1 para ser energizado con el pulsante de START en la línea 3.

Cuando se presiona el pulsante de START se energiza R1, el mismo que se enclava con su contacto R1A y este mismo contacto conecta la bomba auxiliar de aceite lubricante al energizar R2, la cual hace incrementa la presión en los sistemas de lubricación y de servo, y al alcanzar los 13 psi. se cierra la válvula de derrame al final de la línea de servo en la figura A1 del anexo A, lo que permite que la presión de aceite lubricante alcance la presión normal de 20 a 23 psi., mientras que la presión de servo alcanza aproximadamente los 30 PSI, y con esta presión se abren las válvulas de combustible operadas por aceite de servo.

Por otro lado, a través de R1A se habilita a R3, TR1, TR2, TR3 y TR4. R3 pone en marcha un arrancador delta estrella, cuyo motor va incrementando gradualmente su velocidad, y más adelante es ayudado por el sistema de combustible lo que hace que a medida que la velocidad se incrementa la corriente del motor disminuya, un relé de baja corriente hace cambiar de polos al motor, subiendo nuevamente la corriente, el mismo relé de baja corriente desconecta el motor cuando se llega al valor de referencia (set point) de corriente del motor de arranque.

Regresando a TR3, éste se encuentra energizado, hasta que el compresor de gas alcanza 1750 RPM , pues SR1A cambia a esta velocidad, con lo que enciende la bujía y energiza el solenoide SOL1 que permite el paso de gas de arranque, y 15 seg. después se abre TR3A. Mas abajo, en la línea 13 se observa el solenoide SOL2 que se energiza sólo

si existe flama a través de RLY5 que es un contacto de un sistema ultravioleta de detección de flama; en caso contrario la turbina se apagará antes de arrancar completamente mediante ANNB1 de acuerdo a la secuencia normal de parada a través del anunciador.

Si la turbina no ha arrancado, no se debe arrancar inmediatamente pues se dañarían los engranajes al acoplar el motor de arranque al compresor aún girando; para prevenir esto se tiene TR5 que da 5 minutos en los que aproximadamente para la máquina antes de permitir volver a arrancar.

Como se vio anteriormente, la bomba de aceite lubricante arranca a través de R2, pero este se desenergiza cuando ha alcanzado el 80% de la velocidad normal del compresor por el switch de velocidad SR2; además, si se produce una parada, la bomba se activa a través del contacto R5A, manteniéndose funcionando durante 60 minutos (TR7) y además la temperatura máxima de la máquina baja de 150 °C. a través de RLY4.

Los switches SW13 (remoto) y SW14 (local) energizan un motor acoplado al regulador de velocidad, que la hace aumentar o disminuir; este motor es operado manualmente para sincronizar el generador cuando se está poniendo en paralelo al resto del sistema, y además para aumentar o disminuir carga una vez que se encuentra ya en paralelo, además el RLY3 que viene del controlador de temperatura le permite disminuir carga cuando la temperatura de operación es muy elevada, pues la temperatura de trabajo es proporcional a la carga del generador acoplado a la turbina.

El cambio de combustible se lo puede hacer mediante pulsantes con la máquina en funcionamiento, pero si la máquina está funcionando a gas y la presión de éste ha caído

demasiado, PSW5 realiza el cambio automáticamente a diesel; el cambio a gas sólo se lo puede hacer manualmente, por razones de diseño, ya que si no hay gas por mucho tiempo, el gas en la línea se condensa y al tratar de reiniciar el suministro de gas, lo primero que llega son líquidos por lo que el operador debe preocuparse de drenar muy bien el sistema antes de cambiar nuevamente a gas.

Ahora se va a describir el cambio de gas a diesel, que se puede cambiar presionando el pulsante de cambio a diesel, o en forma automática al bajar la presión de gas mediante el switch de presión PSW5, en cualquiera de las dos maneras se energiza R13, con esto R13A energiza TR8, y R13D energiza el circuito de arranque de la bomba AC. de combustible. Después de 5 seg. desenergiza R14 cerrando el solenoide SOL6, es decir, cortando el suministro de gas, y 0.5 seg. después energiza SOL7 el cual abre la válvula principal de diesel. El lapso de 5 seg. que da TR8 es con la finalidad de que se establezca la presión de diesel después de arrancada la bomba.

La parada de la máquina se da cuando se presiona el pulsante de parada, o cuando ha existido una falla detectada por el anunciador, abriendo el circuito mediante el contacto ANNB1, con esto se logra desenergizar R5 lo que quita la energía a una serie de relés involucrados en el arranque de la máquina, y a R1 que es el que mantiene el funcionamiento de la máquina; además desenergiza SOL3 enviando al derrame el aceite de servo, con lo que baja su presión, produciendo el cierre inmediato de las válvulas de combustible operadas por servo.

3.2. *Panel Anunciador Actual.*

El panel anunciador existente está formado por una serie de módulos idénticos, los mismos que están a más de dañados, obsoletos pues no existen ya repuestos, por lo que se debe rediseñar el panel, que es el propósito central en este trabajo.

A continuación se presenta la descripción del funcionamiento del panel actual, con base en el diagrama adjunto en la figura A4 del anexo A ubicado al final de esta tesis, el cual contiene básicamente lo siguiente:

- *Los contactos de los módulos de alarma.*
- *Un circuito oscilador que permite el parpadeo de las luces cuando aparece una falla.*
- *Un circuito que genera una señal auditiva y el circuito principal.*

Siendo todos los módulos idénticos, es suficiente describir la operación con un solo módulo. En la figura A4 sólo constan los contactos de los módulos, el circuito del modulo (fig. 3.3) complementa este diagrama.

3.2.1. *Módulo de alarma.*

Estos módulos son completamente encapsulados, su circuito se muestra en la figura 3.3. y está diseñado para aceptar contactos de falla normalmente cerrados o normalmente abiertos. Si los contactos de falla son normalmente cerrados, es decir, se abren cuando existe una falla, estos contactos se deben conectar entre la línea base negativa y el terminal 7, pero si son normalmente abiertos (cerrados bajo falla), se deben conectar entre la línea

base negativa y el terminal 1.

Usando el contacto de falla normalmente cerrado (sin falla), la bobina principal está

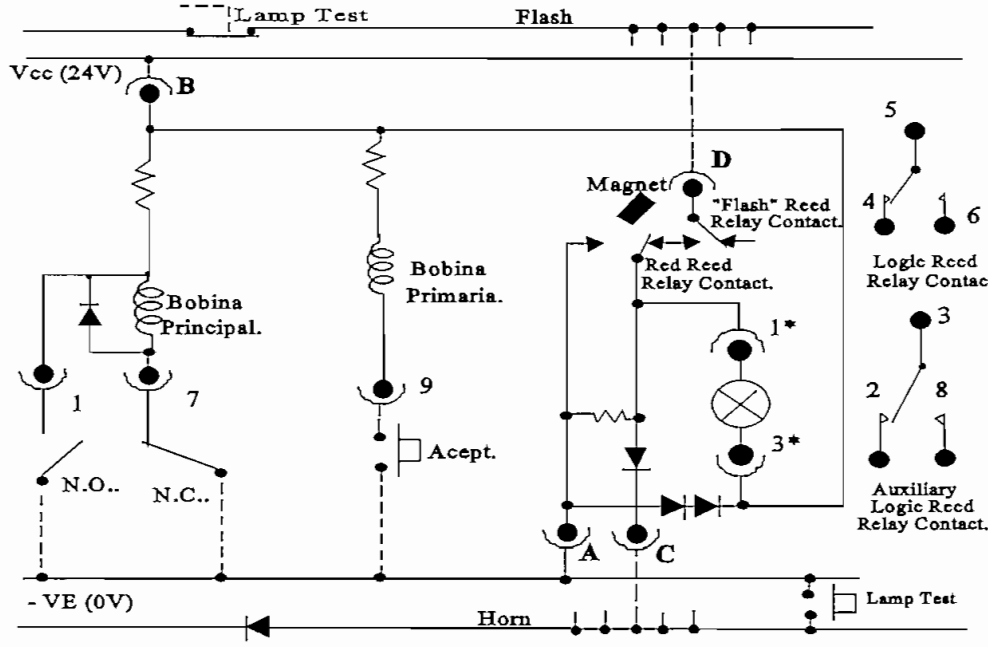


Fig. 3.3. Módulo de alarma

energizada, con lo que todos los contactos estarán como indica la figura 3.3. El momento que se produce la falla, el contacto se abre, desenergizando la bobina principal. Si el contacto de falla fuera normalmente abierto, éste se cierra, llevando a cero voltios el terminal uno logrando también la desenergización de la bobina principal, y esto produce el cambio de todos los contactos, excepto el contacto "Red". Al pasar el contacto del punto D a la posición 1 pone en este punto una señal pulsante (flash), la misma que cuando es cero, enciende la lámpara, y cuando es positiva la apaga, pero esta señal positiva pasa a la tarjeta de la bocina, la cual produce una señal audible también pulsante. El pulsante Accept energiza la bobina primaria para vencer la fuerza del imán que mantenía al*

contacto "Red" conectado a la señal pulsante, por lo tanto ahora la lámpara queda permanentemente encendida, y la señal audible se ha suspendido.

Una vez realizada la descripción del módulo de alarma, se puede entrar a la descripción detallada del panel anunciador (figura A4).

3.2.2. *Circuito del Panel Anunciador*

El circuito del panel anunciador que como se indicó consta en la figura A4 del anexo A, tiene un suministro de 24V ±6V DC. Los relés B y C sirven para el circuito de parada de la máquina, los cuales en condiciones normales de funcionamiento están energizados, el relé B con 24 V. DC. y el C con 12 V. DC. pues el voltaje restante cae en la resistencia de 360 ohms 5 W. Además en estas condiciones todos los módulos tienen su contacto conmutado hacia el terminal 4, habiendo en este punto entonces 11,4 V. DC.; el diodo entre los terminales 4 y 7 evita que este voltaje pase al terminal 7 , lo que desenergizaría la bobina principal del módulo apareciendo una falsa alarma. El terminal cinco es común para dos grupos de módulos, los de parada (shutdown) y los de advertencia (warning); por otro lado el contacto B2 del relé B pone a 0 V. todos los terminales 7 de los módulos de parada, manteniendo todas las bobinas principales energizadas a través de los contactos de falla.

Al producirse una falla, se abre el contacto normalmente cerrado , desenergizando la bobina principal de este módulo, por tanto el contacto 4,5,6 conmuta del terminal 4 al 6, con lo cual el relé B queda desenergizado; su primer contacto B1 a su vez desenergiza al relé C, y es precisamente un contacto de C que está en serie con el botón de parada el que

produce la parada de la máquina. El segundo contacto B2 se abre quitando la línea de 0 V. a todos los módulos con el fin de enclavar la indicación de la falla surgida, así, aún si desaparece la falla no se apaga la luz de alarma, mientras no se presione el botón de reset.

Los módulos restantes no deben desenergizarse, con el fin de saber cual fue la primera cuasa que produjo la parada, esto se consigue con los contactos 4,5,6 de todos los módulos, pues al aparecer la falla en un módulo, todos los demás siguen energizados por los terminales 4 y 5, porque el terminal 5 que es común a todos los módulos ha bajado a 0 V DC. a través del contacto del módulo que produjo la falla.

Al pulsar el botón de reset, se pone a 0 V todos los contactos de falla, con lo que se energiza la bobina principal del módulo de la falla, si ésta ha desaparecido, entonces conmuta nuevamente el contacto del terminal 6 al 4 regresando a la condición normal de trabajo, por tanto los relés B y C vuelven a energizarse.

El relé D hace el mismo papel que el relé B pero para el grupo de módulos de alarma (warning) sin parada de la máquina, es decir sólo para indicación.

El relé A sólo energiza la bocina, cuando se ha activado una alarma teniendo como entrada una señal pulsatoria periódica entre 24 y 0 V. DC., la cual es generada por la tarjeta de flash.

Las lámparas 1.3, 2.3, 3.3, 4.3 y 5.3 no están conectadas a los módulos descritos, estas sirven de indicación unicamente y se activan con un contacto normalmente abierto, el cual al cerrarse hace que se encienda la lámpara; por ejemplo, un contacto se cierra

cuando se presiona el pulsante que selecciona el trabajo de la máquina utilizando diesel.

3.3. *Panel anunciador propuesto*

Este panel anunciador que se propone tendrá en esencia las siguientes características:

- *En cuanto a fallas, se utilizarán los contactos de falla que vienen del sistema de control, es decir los normalmente cerrados generarán una indicación de falla al abrirse y los normalmente abiertos al cerrarse; debe registrar y mantener la primera falla que aparezca, bloqueando las restantes, pues cuando se produce una falla posteriormente se activan varias más, e interesa saber sólo la verdadera. En el caso de shutdown deberá indicar la causa de la falla y además parar la máquina, y en el caso de alarma (warning) sólo debe indicar, para la indicación en este panel se utilizará un led para señalar una parada y un led para una alarma, pero la causa sera mostrada en un display LCD en palabras.*

- *El panel a diseñar va a registrar además las velocidades del compresor y de salida del eje, utilizando los mismos tacómetros existentes, de aquí se adecuará la señal sinusoidal generada para ingresarla a un conversor analógico digital, esta señal será procesada en el microprocesador y será mostrada en el display LCD.*

- *Se utilizará un timer del microprocesador para tener un contador de horas de funcionamiento de la máquina, y como la máquina tiene períodos de parada, deberá existir una memoria permanentemente energizada para acumular las horas de trabajo.*

- *Finalmente va a registrar el voltaje de baterías generando una alarma cuando el voltaje se encuentre bajo. Cabe señalar que la fuente de este panel anunciador provendrá del mismo banco de baterías existente, y será accionada con el encendido del panel de control.*

Hasta aquí una descripción en resumen, pues el estudio y diseño detallado se realizan en el siguiente capítulo.

CAPITULO IV

DISEÑO DE PANEL ANUNCIADOR CON MICROPROCESADOR 8751

4.1. Realización del hardware del sistema propuesto.

El hardware requerido consta de una fuente de alimentación, para alimentar a todo el sistema diseñado, un microprocesador 8751 con memorias RAM y EPROM internas, que manejará además una memoria RAM externa, y que leerá el estado de contactos (normalmente abiertos, o cerrados), recibirá información de un sensor de velocidad a través de un conversor analógico digital (ADC), leerá datos ingresados por el usuario desde un teclado, mostrará mensajes en un módulo LCD microprocesado de display, manejará diodos led para indicación, y finalmente manejará un relé, según se muestra en el diagrama de bloques de la figura 4.1

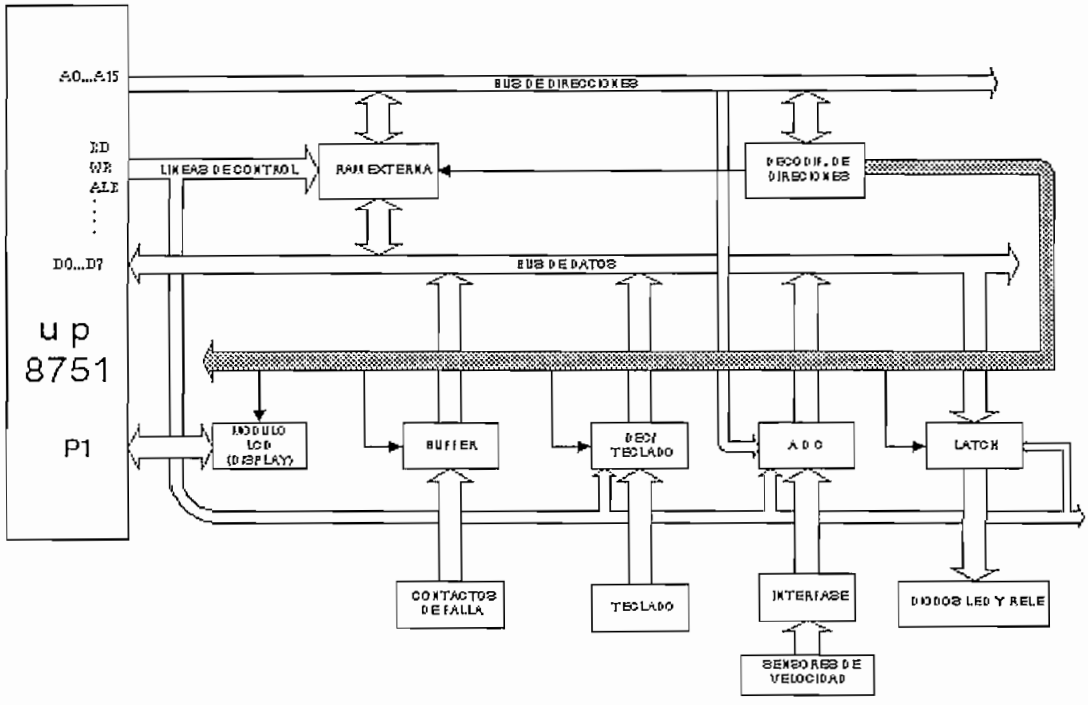


Fig. 4.1 Diagrama de bloques Panel Anunciador

4.1.1. Fuente de Alimentación.

Los requerimientos funcionales exigen que existan dos fuentes, una para el funcionamiento del equipo, la cual puede apagarse cuando la turbina sale de servicio; y otra sólo para la memoria RAM, la misma que estará permanentemente funcionando; con esta fuente se podrá almacenar en RAM el número de horas de trabajo de la máquina cuando se apague la turbina y volverla a cargar al microprocesador cuando se arranque la turbina para continuar con el conteo de horas en forma acumulativa, y además se guardará la condición de los contactos de falla. Ambas fuentes son de 5 voltios, que como se mencionó anteriormente, se la obtiene a partir de un banco de baterías de aproximadamente 28 V. DC.

Dado que los reguladores de voltaje existentes en el mercado no aceptan voltajes muy altos de entrada, y además que cuanto más alto es el valor de entrada, la capacidad de corriente disminuye considerablemente (por ejemplo el ECG 970 que a 30 V. de entrada entrega apenas 1A. de los 3A. nominales, según datos tomados de los manuales), se aprovechará que los bancos de baterías están formados por baterías de 1.1 V. conectadas en serie, tomando un voltaje menor que garantice que el voltaje de entrada al regulador se encuentre en un rango razonable para los reguladores existentes en el mercado sin perder capacidad de corriente.

El regulador seleccionado es el ECG 970, que es un regulador variable, cuyo voltaje puede ser ajustado mediante un potenciómetro. Para la fuente que alimentará permanentemente a la memoria, se va a utilizar el regulador de voltaje ECG 960 que es en cambio fijo y de 5 V. DC . El diagrama de la fuente se gráfica en la figura 4.2

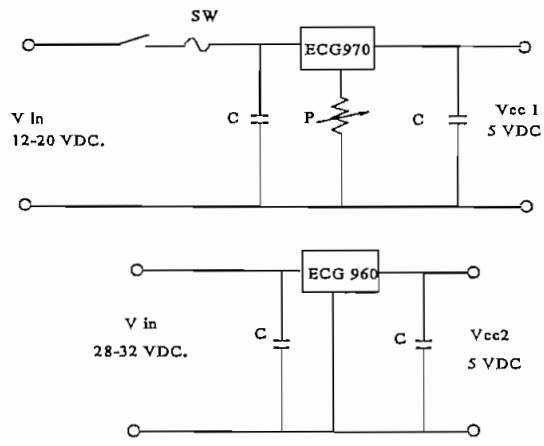


Fig. 4.2 Fuente de Alimentación

4.1.2. Monitoreo de la velocidad .

Como se manifestó en el capítulo anterior, los dos sensores de velocidad proporcionan una señal sinusoidal de amplitud directamente proporcional a la velocidad, pues para la medición de la velocidad del eje de salida se tiene un tacogenerador que de cuerdo al manual del fabricante da 15 Vrms a plena velocidad de salida, en este caso 1200 revoluciones por minuto.

Para la velocidad del compresor se tiene un pick up magnético cuya salida sinusoidal es de 72 Vrms a 10000 revoluciones.

Las respectivas formas de onda han sido capturadas mediante el osciloscopio FLUKE 97 y se presentan en las figuras 4.3 y 4.4

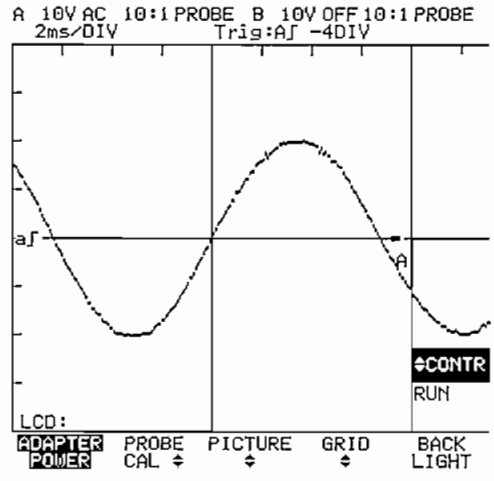


Fig. 4.3 Velocidad de salida (NPT)

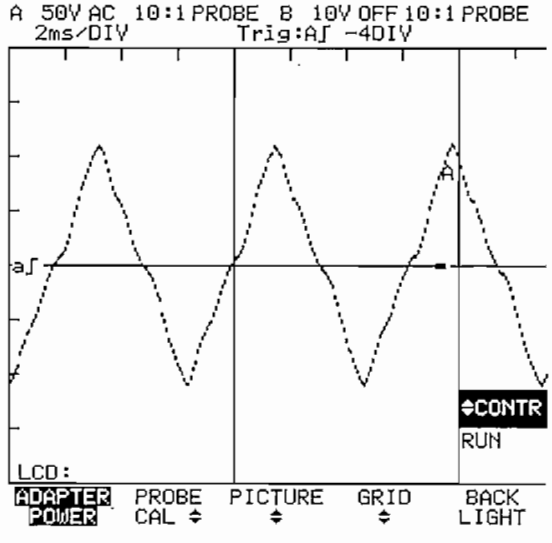


Fig. 4.4 Velocidad del compresor (NCT)

La velocidad de salida de la turbina de potencia es constante en funcionamiento y el voltaje está en 15 Vrms. cuando el generador eléctrico está girando a 1200 rpm. La velocidad del compresor del generador de gas es variable con la carga y varía de 9000 a 13000 rev/min. Para las dos velocidades el diseño será el mismo con un máximo de 1300 rev/min para NPT y 13000 rev/min para NCT, esto con el fin de tener una sola forma de cálculo para las dos velocidades en el diseño del software, aumentando tan solo un 0 al valor calculado en el caso de NCT.

El conversor empleado es el ADC 0804, de 8 bits por lo que tiene una resolución de 256 pasos, las señales de velocidad medidas son rectificadas y bajadas a los rangos de entrada al conversor analógico digital (0 - 5 V.) mediante un divisor de tensión; empleando para ello un potenciómetro multivuelta, el mismo que permite variar el voltaje entre 4 y 5 voltios para el máximo valor de velocidad, de acuerdo al circuito mostrado en la figura 4.5.

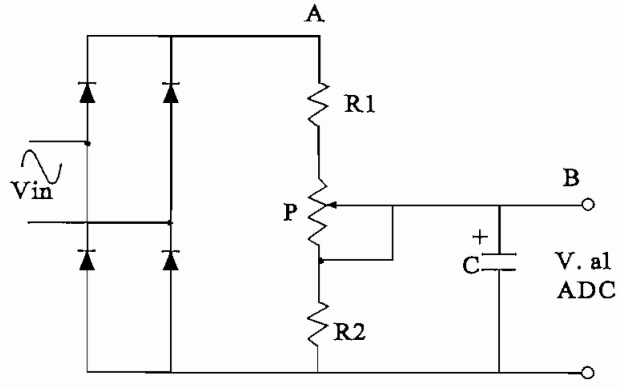


Fig. 4.5 Circuito de velocidad de entrada al conversor A/D

El condensador C de la figura 4.5 permite filtrar el risado, así el voltaje al cual se va a mantener el condensador es el voltaje pico en el punto B del divisor de tensión entre R1, P y R2. Siendo V_A y V_B los valores pico de voltaje en los puntos A y B respectivamente tenemos las ecuaciones :

$$V_B = \frac{R2}{R2 + P + R1} * V_A \qquad (4.1)$$

Si la resistencia P del potenciómetro es cero

$$V_B = \frac{R2}{R2 + R1} * V_A \qquad (4.2)$$

Ahora, para la velocidad de salida de la turbina de potencia (NPT) se tiene como máximo 1300 rpm. por lo tanto el voltaje rms es 16.25 V. Se va a utilizar un potenciómetro de 2KΩ, y así el voltaje pico de entrada al divisor será:

$$V_A = \sqrt{2} * 16.25 = 23V.$$

y para que a la salida se tenga un voltaje máximo entre 4V. y 5V. de 4.1

$$4 = \frac{R2}{R2 + 2000 + R1} * 23$$

y de 4.2

$$5 = \frac{R2}{R2 + R1} * 23$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se tiene R1 = 6.2 KΩ y R2 = 1.7 KΩ. Se escogen valores estándar que son: R1 = 6.8 KΩ y R2 = 1.8 KΩ.

Para la velocidad del rotor del compresor (NCT) se tiene como máximo 13000 rpm. por lo tanto el voltaje rms será 93.6 V. En este caso se utiliza un potenciómetro de 20 KΩ., siguiendo el mismo procedimiento de cálculo.

$$V_A = \sqrt{2} * 93.6 \approx 132V.$$

De (4.1)

$$4 = \frac{R2}{R2 + 20000 + R1} * 132$$

De (4.2)

$$5 = \frac{R2}{R2 + R1} * 132$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se tiene R1 = 76.9 KΩ y R2 = 3.3 KΩ.. Los

valores estándar escogidos son: R1 = 68 KΩ y R2 = 3.3 KΩ.

Para el cálculo del condensador que filtra la señal rectificada, hacemos una aproximación, que consiste en asumir que la descarga del condensador, en lugar de ser exponencial sea lineal; por tanto la ecuación de voltaje en el condensador 4.3, se convertiría en la ecuación 4.4 que justamente es el voltaje de rizado V_r:

4.3 $$v_{c(t)} = \frac{1}{C}\int i_{(t)}dt$$ 4.4 $$V_r = \frac{I_{DC} * T}{C}$$

En este diseño el voltaje de rizado es menor o igual al 1% del fondo escala, es decir 50 mV, porque el conversor analógico digital acepta de 0 a 5 V.

El condensador que filtra la señal correspondiente a la velocidad de la turbina de potencia (NPT), luego de ser rectificada con un puente de diodos, se calcula en la ecuación 4.4 con $V_{DC} = 5V$; R=R2=1.8 KΩ; Vr = 50 mV. y el período T tomado de la figura 4.3 (6 ms.), obteniéndose un valor de C ≥ 330 μF.

Realizando el mismo proceso para la velocidad de la turbina del compresor (NCT) con los siguientes valores: $V_{DC} = 5V$; R=R2=3.3 KΩ; Vr = 50 mV. y el período T tomado de la figura 4.4 (3ms.), obtenemos: C ≥100 μF.

4.1.3. *LED indicadores*

Existen cuatro diodos LED para indicación, uno rojo que indicará una parada crítica (shutdown) cualquiera, además del mensaje de la falla mostrado en el display; uno

amarillo, el cual indicará una alarma (warning); el tercero es un diodo rojo y verde en un solo encapsulado para indicar motores auxiliares encendidos (verde) o apagados (rojo); y el último, también de dos colores, para indicar que el panel anunciador diseñado está encendido (verde) o apagado (rojo) o que la fuente no está funcionando.

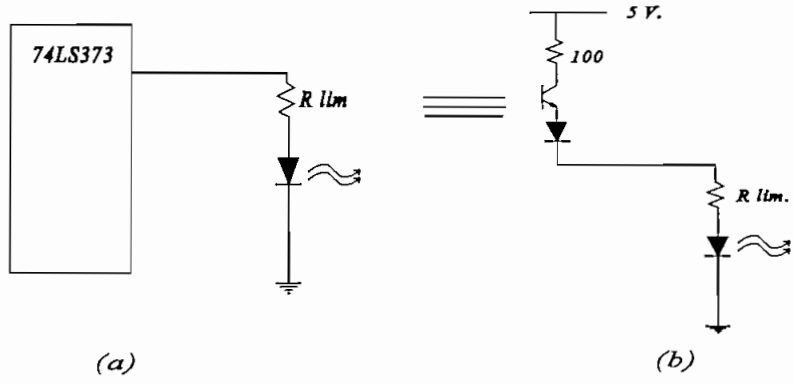


Fig. 4.6 (a) Circuito de manejo de leds
(b) Circuito equivalente

Se diseña para que los LED sean manejados por el microprocesador a través del latch 74LS373 de acuerdo a la figura 4.6 y las resistencias se calculan con 10 mA. con un voltaje directo de 1.7 V. si el led es rojo y de 15 a 20 mA. con 2.4 V. si el led es verde. Entonces de la nueva figura (4.6b)

$$Rlim = \frac{5 - Vcesat. - Vd - Vled}{I} - 100\ \Omega$$

Para el led rojo.

$$Rlim = \frac{5 - 0.2 - 0.7 - 1.7}{10} - 100 = 140$$

$R = 150\ \Omega$

Para el led verde:

$$Rlim = \frac{5 - 0.2 - 0.7 - 2.4}{15} - 100 = 20$$

$R = 27\ \Omega$

4.1.4. *Diseño del sistema de adquisición de datos*

La adquisición de datos no es más que la lectura de contactos normalmente abiertos o cerrados, los cuales fuera de la condición normal de trabajo, desplegarán mediante software, el respectivo mensaje de alarma o parada, según el gráfico de la figura 4.7; la resistencia puede tener cualquier valor y principalmente tiene por objeto, limitar la corriente a través de los contactos, para nuestro caso hemos escogido 560 Ω.

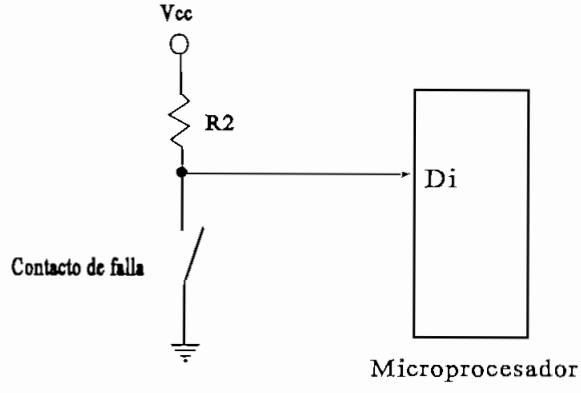


Fig. 4.7 Circuito de lectura del estado del contacto de falla

Una señal de adquisición diferente es la que dará la señal de alarma de bajo voltaje de baterías; esta señal será leída por un pin de un pórtico del microprocesador, desde un comparador, cuyas señales de entrada serán el voltaje regulado de la fuente (5V) y un divisor de tensión que baje a 5 voltios la señal del banco de baterías, como se muestra en la figura 4.8; por ejemplo a 24 V. la fuente DC funciona perfectamente, pero el divisor de tensión bajará de los 5 voltios, activando la señal de alarma. Las resistencias a utilizarse en este divisor son 1.2 KΩ y 4,7 KΩ.

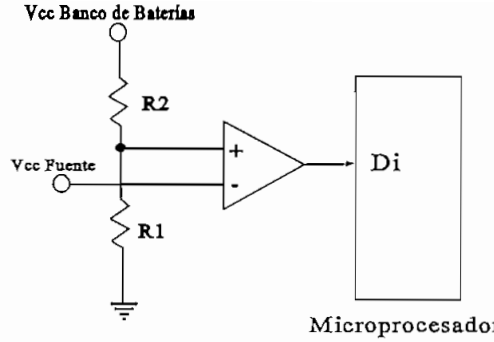


Fig. 4.8 Circuito de detección de bajo voltaje de baterías

4.1.5. Desarrollo del hardware para el microprocesador.

Con el microprocesador 8751H de Intel se van a manejar los siguientes dispositivos:

- *Memoria RAM (2K x 8)*
- *8 señales de entrada para advertencia (warning)*
- *8 señales de entrada para paradas críticas (shutdown)*
- *8 señales de entrada para anunciación*
- *2 conversores analógico digital*
- *1 módulo LCD de display de 2 filas por 20 caracteres*
- *1 teclado de 16 teclas*
- *2 diodos led y 1 diodo de 2 colores en un solo encapsulado.*
- *1 relé de apagado en caso de falla.*
- *1 reloj en tiempo real*

- *8 dipswitches*

El diagrama del hardware diseñado se presenta en la figura A5 del anexo A de acuerdo al mapa de memoria detallado a continuación

Dirección	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	Lectura (R)	Escritura (W)
					A_{10} ..... A_0	
	0	0	0	0	Reloj en tiempo real	
	1	0	0	0	Memoria RAM	
	1	0	0	1	ADC 1	
	1	0	1	0	ADC 2	
	1	0	1	1	Teclado y pulsante	leds y relé
	1	1	0	0	Contactos anunciador	
	1	1	0	1	Contactos warning	
	1	1	1	0	Contactos shutdown	
	1	1	1	1	Contac. dipswitch (SD.)	

Obsérvese que el display no consta en el mapa de memoria, porque será manejado directamente desde el pórtico P1 del microprocesador, utilizando cuatro líneas de datos y tres de control, y se utilizará básicamente para mostrar un mensaje de falla; todas las fallas posibles serán almacenadas como mensaje en la memoria interna del micro.

El teclado de 16 teclas tendrá las siguientes funciones:

- *Las 10 teclas numéricas permiten ingresar el número de horas de trabajo de la*

máquina al instalar el panel, además si por alguna razón se perdiera esta información, se podría actualizar sin tener que volver a grabar el microprocesador, adicionalmente sirven para seleccionar el tipo de contacto (normalmente cerrado o abierto) de cada falla monitoreada, sea de alarma, parada o señalización, para lo cual cada contacto tiene asignado un número ascendente, y luego de seleccionar el contacto se ingresa 1 o 0 para indicar normalmente cerrado o abierto respectivamente.

Las seis teclas restantes serán utilizadas como pulsantes para realizar las siguientes funciones:

- *configuración de contactos*
- *Aceptar falla*
- *Ver estado de los contactos*
- *Ingresar el valor inicial del contador de horas y visualizar.*
- *Retroceder una posición en el display para corregir errores al digitar*
- *Enter.*

4.2. *Desarrollo del software del sistema propuesto*

El programa está diseñado básicamente para realizar un barrido permanente de todos los contactos de falla de advertencia (warning); las funciones adicionales que realiza el proceso, se describen a continuación:

- *Cuando la turbina está parada debe mostrarse el mensaje LISTA PARA ARRANCAR, siempre y cuando no exista ninguna falla, y en la segunda línea el*

combustible que va a utilizar. Una vez presionado el pulsante de arranque mostrará el mensaje ARRANCANDO y además las velocidades del compresor (NCT) y de la turbina de potencia (NPT). Finalmente cuando la velocidad ha alcanzado su valor nominal, se presentará el mensaje TRABAJANDO A GAS/DIESEL y las dos velocidades antes mencionadas.

En caso de falla el mensaje debe mostrarse en el display, con lo que el técnico sabrá que falla debe despejar para que la turbina esté lista para arrancar.

- *El programa barre permanentemente los contactos de advertencia (warning) y si se activa uno enciende un led color amarillo, sin parar la turbina, y muestra el respectivo mensaje de falla por un momento. Además con los contactos de parada se puede interrumpir el programa en cualquier parte, siempre y cuando se haya configurado por software esta posibilidad, mediante el uso de una de las interrupciones del microprocesador, encendiendo un led rojo y ejecutando la parada inmediata de la turbina; el respectivo mensaje de falla es mostrado en el display, y permanecerá allí hasta que el operador presione la tecla de aceptar falla; si en cambio, por software se ha deshabilitado la interrupción, el programa monitorea continuamente el estado de los conactos de parada. Con la misma tecla de configuración de contactos se puede seleccionar si los contactos de parada son seleccionados por software o por hardware (mediante dipswitches).*

- *Cuando la turbina ha arrancado, se cargarán los minutos en un reloj en tiempo real, el cual a partir de aquí seguirá contando el número de horas de trabajo, e incrementando este valor en la memoria RAM permanentemente energizada. Cuando exista una parada se guardará en la memoria RAM, solamente los minutos, leidos del reloj*

de tiempo real, para volverlos a cargar en el siguiente arranque y reiniciar el conteo desde dicho valor. El valor de horas de trabajo estará disponible en cualquier momento y se presentará momentáneamente al presionar el respectivo pulsante en el teclado.

El diagrama de flujo del programa se presenta en la figura A6 en el anexo A, mientras que el programa está detallado en el anexo B, al final de este trabajo.

4.3. *Acoplamiento con el sistema existente*

Para realizar el acoplamiento con el sistema existente, debe efectuarse esencialmente lo siguiente::

En el sistema existente, todos los contactos de falla son contactos libres de voltaje, por lo que no se tiene ninguna limitación en la conexión del sistema actual al panel anunciador diseñado, el único punto de unión a considerar sería el contacto que apagará la turbina, pues el sistema de control trabaja a 28 V DC, mientras que el panel anunciador diseñado lo hace tan solo a 5 V DC, en este caso el acoplamiento se lo hace a través de un optoacoplador según se muestra en la figura 4.9.

La corriente I se calcula de tal forma que garantice que el fototransistor se sature, permitiendo que todo el voltaje caiga en el relé R5. El optoacoplador a usarse es el NTE 3086, cuya corriente max de colector Ic es 30mA, y la relación de transferencia de corriente DC entre el fototransistor (Ic) y el diodo (I_F) es 0.5 ($Ic/I_F = 0.5$), por lo tanto I_F debe ser

por lo menos 60 mA. Por manejo de corriente del relé , se pondrá un transistor de mayor

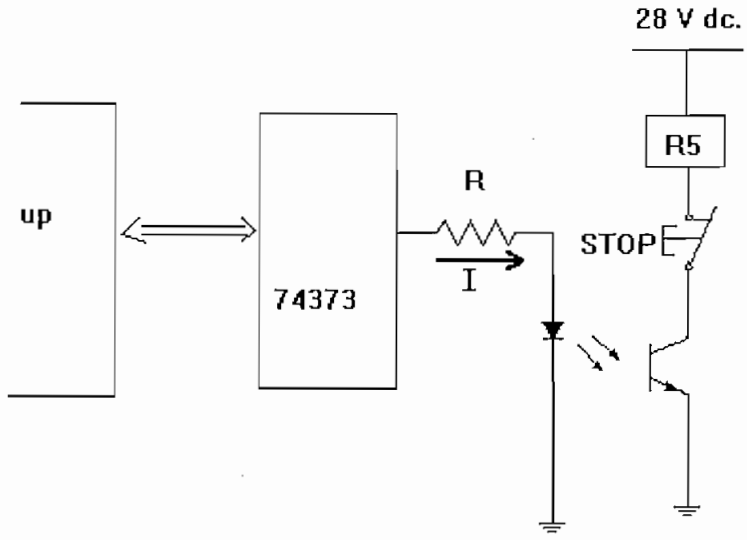


Fig. 4.9 Acoplamiento entre el sistema de control y el panel anunciador

capacidad, formando una configuración darlington, la corriente a la base de este transistor será la entregada por el fototransistor (30 mA.), lo cual es suficiente para saturar el transistor escogido (NTE 123).

$$R = \frac{5V-0.6}{R} = \frac{4.4}{60mA} = 73.3\,\Omega$$

El valor estandar escogido es 68 Ω.

Además, por requerimientos del Departamento de Turbinas se ha pensado rehabilitar algunos paneles anunciadores viejos, pues de los seis que serán retirados, se pueden habilitar algunos completamente, dando la posibilidad de conectarlos en paralelo con el panel anunciador diseñado, de tal forma que el operador que se encuentra lejos de la turbina, tenga la respectiva señalización en la casa de control, aunque este panel auxiliar

no permitirá apagar la turbina.

Respecto a estos paneles y de acuerdo a la descripción dada en el capítulo anterior, trabajan a 28 V. por lo que aparecería un voltaje en los terminales de los contactos de falla cuando estos se encuentran abiertos, es por ello que se incluye un diodo D como se

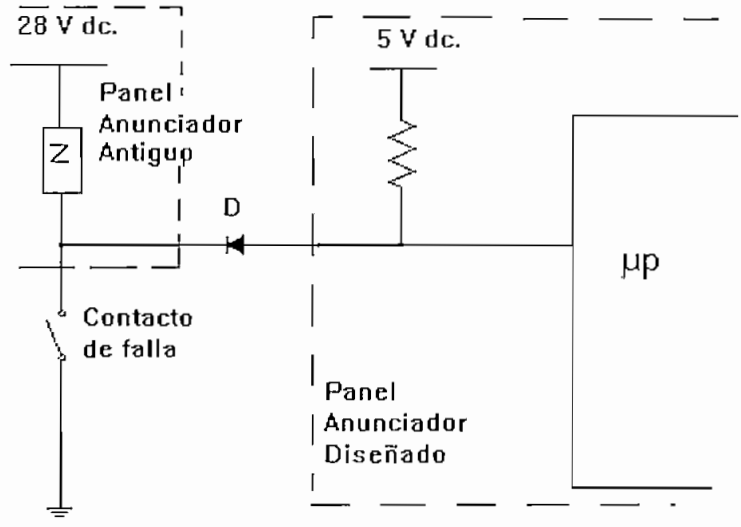


Fig. 4.10 Acoplamiento depanel anunciador antiguo con panel diseñado

muestra en la figura 4.10, el mismo que evita la circulación de corriente del panel anunciador viejo al diseñado, por tanto en el bus de datos se tiene un uno lógico. Si el contacto de falla está cerrado se leerá en el bus desde el microprocesador un cero lógico (0,3 V. si el diodo es de germanio).

4.4. *Pruebas Finales.*

Todas las pruebas realizadas se las ha hecho modularmente en el laboratorio, probando independientemente los circuitos de manejo de telcado, implementación del

circuito que maneja el reloj de tiempo real, conversión analógica digital, ingresando como entrada valores de voltaje eficaz iguales a los proporcionados por RUSTON, en el manual de la turbina, circuito de manejo de diodos, y salida al relé que apagará la turbina; En lo concerniente al programa, este ha sido diseñado en base a subrutinas, las cuales han sido probadas en el SIDES, programa desarrollado para simulación, en una computadora personal.

Debido a que los sensores de velocidad, disponibles en la máquina, no presentan exactamente los valores que indican los manuales, posiblemente por desgaste, se han realizado ajustes en la misma turbina, además, el potenciómetro de 10 KΩ en el pin Vref del ADC 0804 (figura A5 del anexo A) permite la calibración exacta de la velocidad.

4.5 *Conclusiones y Recomendaciones.*

Comenzando con el hardware diseñado, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- *A pesar de que el diseño fue hecho para que el voltaje que sale del acondicionador de señal al conversor A/D fuera ajustado mediante un potenciómetro, el conversor analógico digital 0804 escogido para las velocidades del compresor y de la turbina de potencia, permite ajustar el voltaje de fondo escala (SPAN), y además puede estar convirtiendo los datos todo el tiempo, por lo que la lectura se la tiene únicamente habilitando el chip. el momento que se necesita leer dicha velocidad, sin tener que esperar*

una señal de fin de conversión enviada por el conversor A/C.

- *El estado inicial de los contactos de falla puede ser configurado por software o por hardware, pero es preferible utilizar la configuración por hardware, puesto que, cuando se produce una falla, la interrupción cero detiene el programa donde se encuentre, y apaga la turbina inmediatamente, mientras que el método de configuración por software, demorará en apagar la turbina, porque el microprocesador realiza un barrido permanente, y posiblemente estará realizando otras tareas antes de volver a leer los contactos de falla.*

- *Si está detectando fallas por hardware (dipswitches), no es aconsejable cambiar configuración de contactos, si bien la interrupción cero del microprocesador le sacará de la subrutina de configuración, el cambio de un estado en un contacto apagaría la turbina. es por esto que no se puede configurar contactos cuando la turbina está trabajando*

- *El contador de horas fue implementado en base a un reloj de tiempo real, lo cual permite que el microprocesador realice su tarea principal, que es monitorear todo el tiempo los contactos de parada, advertencia y anunciación, sin dedicar tiempo adicional a la ejecución de esta tarea por software, y disminuyendo enormemente la complejidad del programa.*

- *En cuanto al software, para incrementar variables adicionales que se desee monitorear con el panel de alarmas diseñado, se debe modificar únicamente, los nuevos mensajes que deberá presentar, en el programa fuente a continuación de los ya existentes*

pues los contactos guardan un orden numérico y su mensaje correspondiente está en memoria ROM como tabla .

- *En la configuración de contactos, el programa ha sido diseñado de manera amigable para el usuario, porque cada que presiona una tecla es guiado por mensajes para tomar la siguiente decisión.*

- *Otra razón por la que la configuración de contactos no es permitida cuando la turbina está funcionando, es que al ser guiada por mensajes, podría suceder que el micro se queda esperando el siguiente dato, y el operador salió sin terminar esta opción, entonces el micro, dejaría de atender alguna falla que pueda ocurrir este momento, si está trabajando en detección de fallas por software.*

- *El panel anunciador diseñado se justifica ampliamente desde el punto de vista económico, pues el costo aproximado bordea los dos millones de sucres, en comparación con paneles anunciadores fabricados por casas especializadas, como por ejemplo un panel anunciador PANALARM con 16 canales de entrada para contactos de falla, 16 canales para contactos de advertencia y 8 para anunciación, con una presentación de la falla mediante el encendido de lámparas que cuesta al rededor de 6600 dólares.*

- *Como recomendación adicional, las turbinas RUSTON TA 1750 poseen un sistema de control electromecánico, viejo y muy voluminoso, que debería ser reemplazado por un PLC, mejorando la confiabilidad del control, reduciendo la posibilidad de fallas por excesivo*

cableado, y extendiendo la vida útil del sistema de control de la turbina, a un costo relativamente bajo, que podría constituir otro trabajo de tesis.

BIBLIOGRAFIA

HORLOCK J. H.: "Principles of Turbomachinery" Macmillan Co. New York 1973.

JONH W. SAWYER: "Sawyer´s Gas Turbine Engineering Handbok Theory & Design" Vol. I, Gas Turbine Publications Inc., Stamford, 1976.

JONH W. SAWYER: "Sawyer´s Gas Turbine Engineering Handbok Applications" Vol. II, Gas Turbine Publications Inc., Stamford, 1976.

JONH W. SAWYER: "Sawyer´s Gas Turbine Engineering Handbok Maintenance & Basic Fundamentals" Vol. III, Gas Turbine Publications Inc., Stamford, 1976.

RUSTON: "Gas Turbine Instruction Manual", Lincoln England.

PATENTED SYSTEMS INC: "Instruction Manual Ruston TA Gas Turbine Retrofit Flame Viewing System and Temperature Monitor PS-5450-01", Stebbins Circle, Houston Texas, 1989.

ING. JAIME VELARDE: "Curso de Microprocesadores y Microcontroladores", Petroecuador, Lago Agrio, 1998.

JOSE GONZALEZ VASQUEZ: "Introducción a los microcontroladores Hardware, Software y Aplicaciones", McGrau - Hill, España, 1992.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL: Tesis Ingeniería Eléctrica: "Temporizador Programable por un microcontrolador", Ing. Francisco Toledo Rivadeneira, 1995.

SEIKO EPSONCORPORATION: "Real Time Clock Module RTC- 58321/58323 Aplication Manual", Japan, 1992.

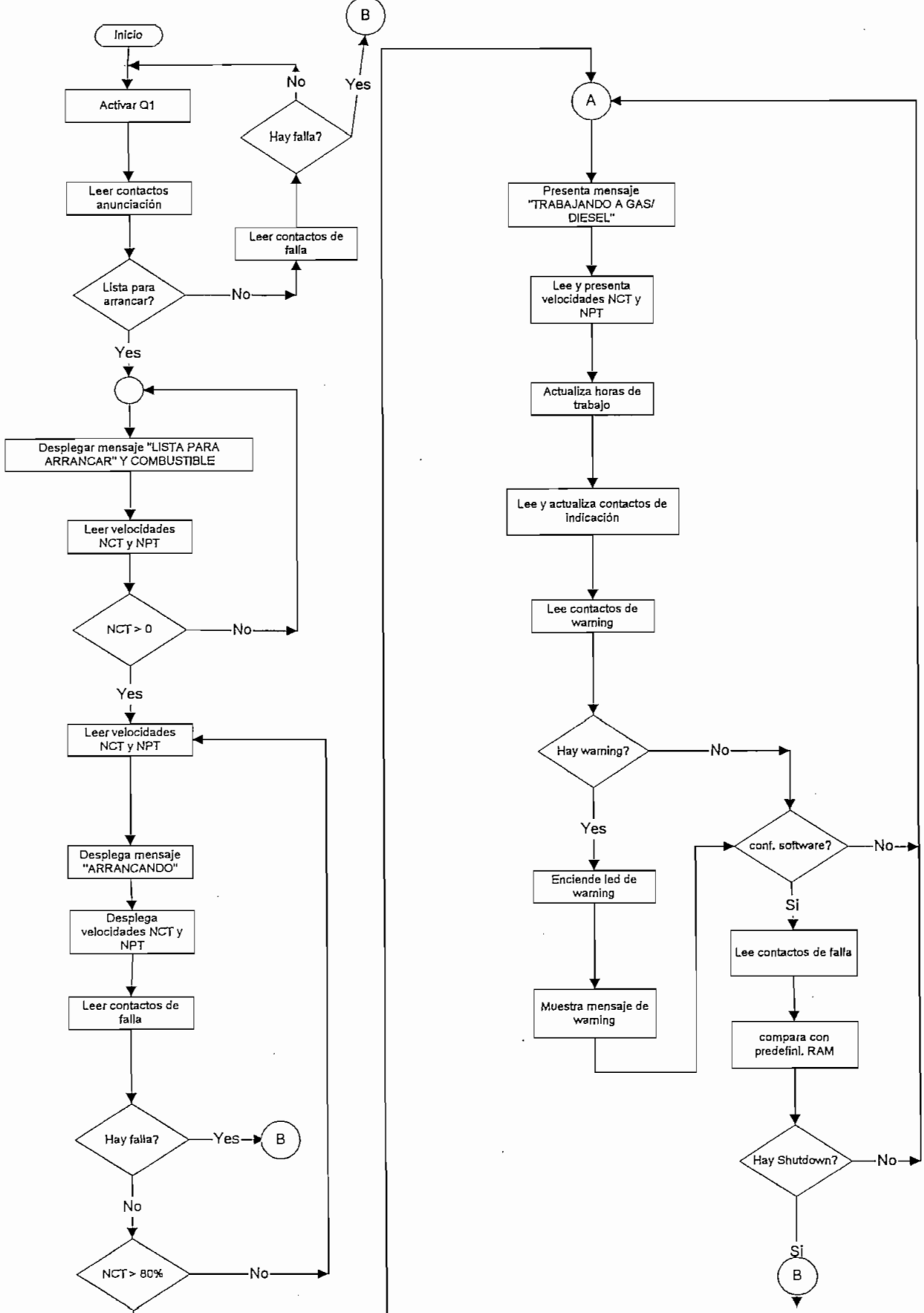
PHILIPS: "Tecnichal publication, Character type LCD Modules", 1998.

NATIONAL SEMICONDUCTOR: "Linear Data Book", 1992.

NATIONAL SEMICONDUCTOR: "Cmos Data Book", 1992.

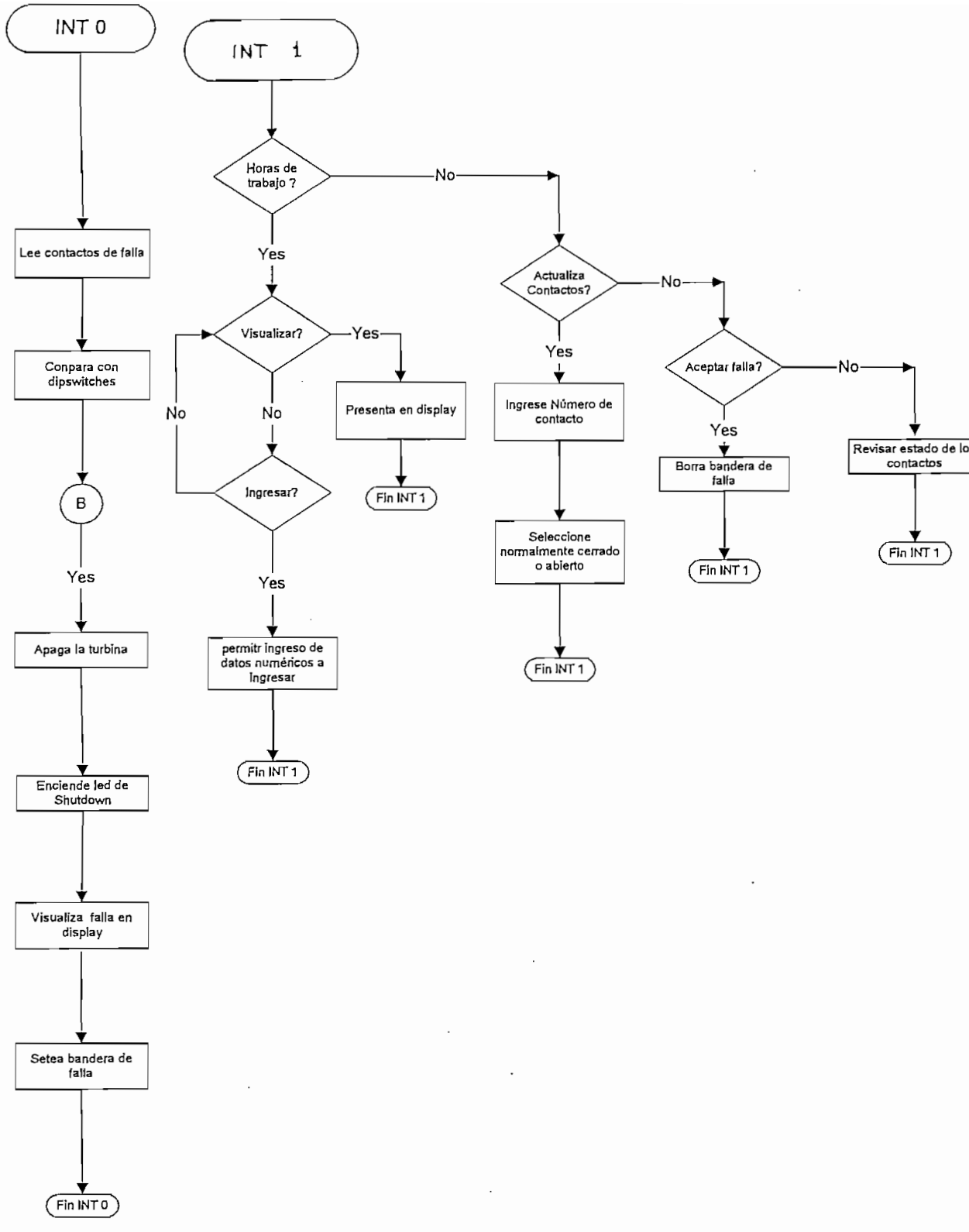
ANEXO A

DIAGRAMAS



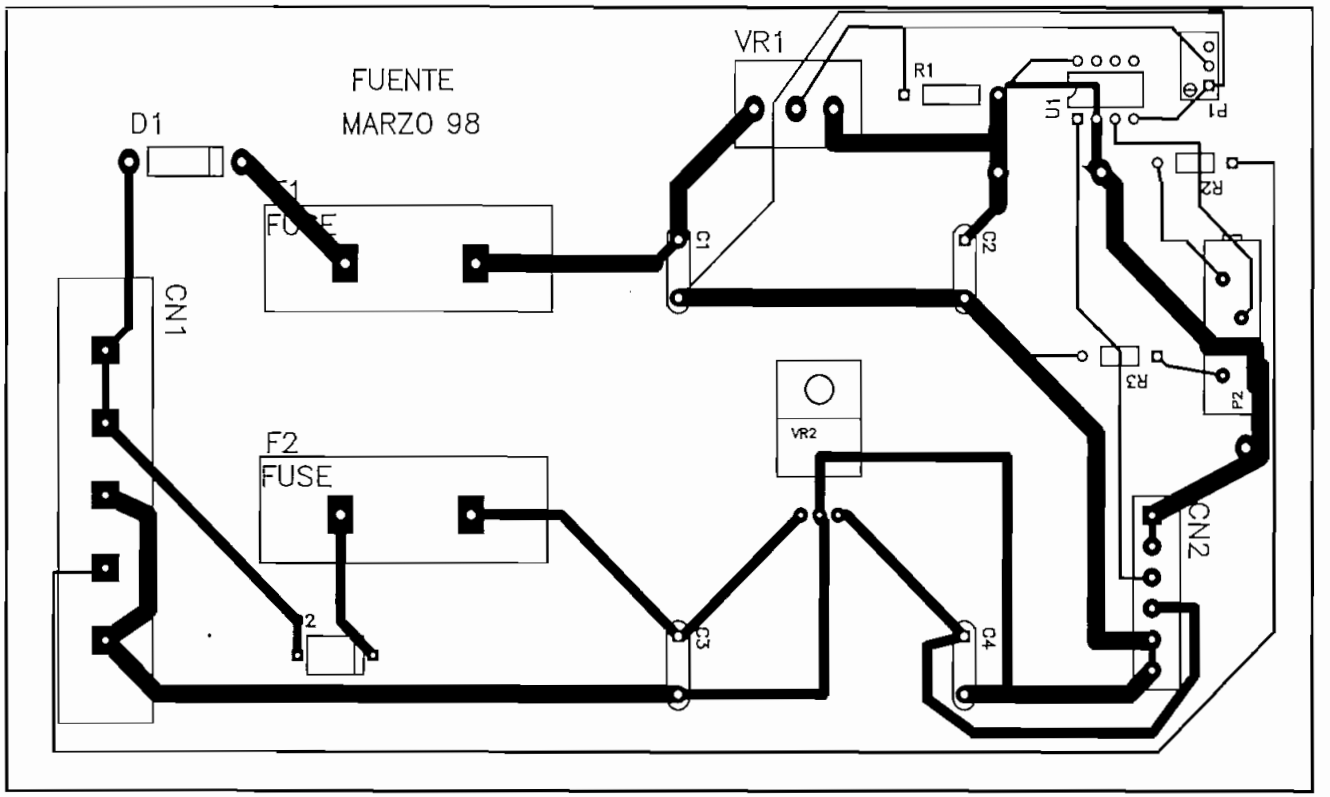
ANEXO A
FIGURA A6

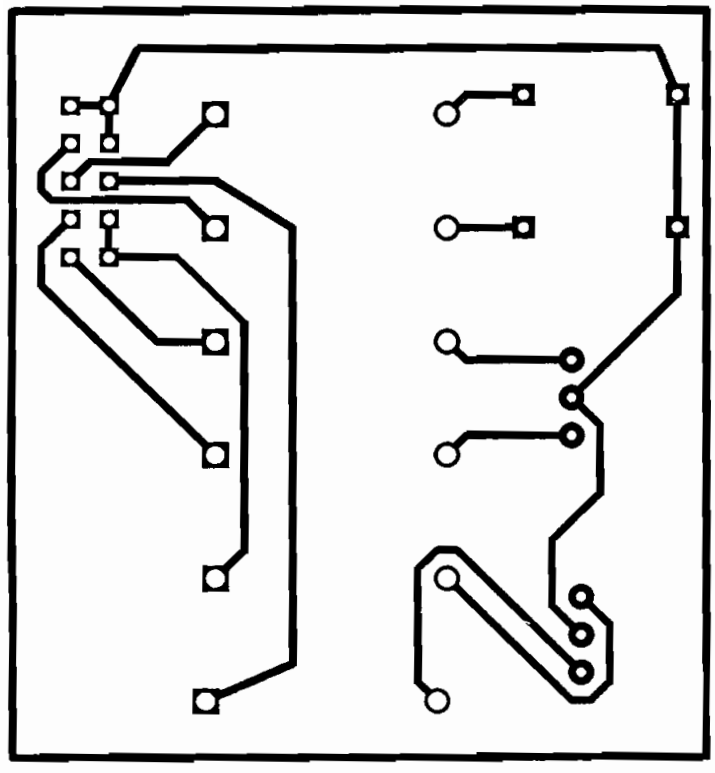
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DEL PANEL ANUNCIADOR DE LA TURBINA TA 1750

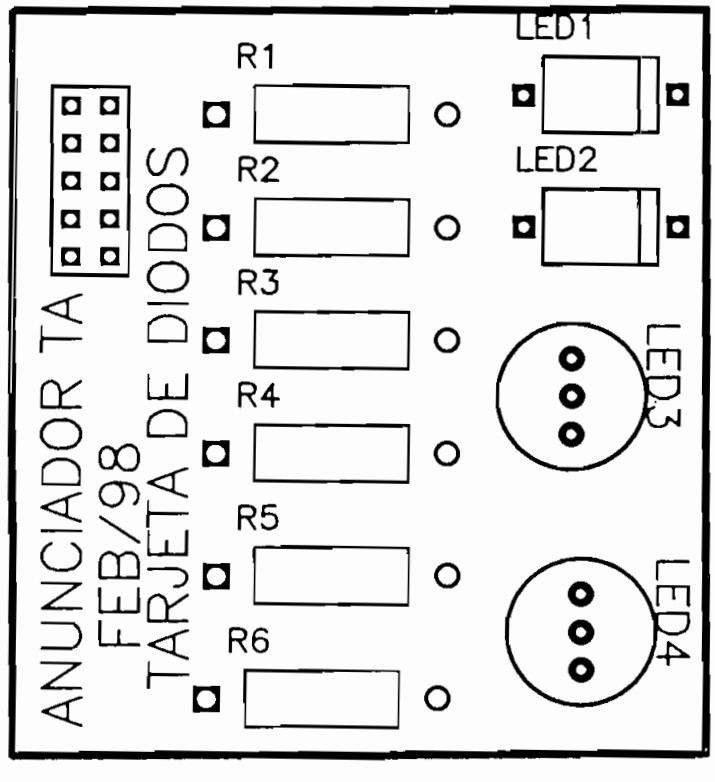


ANEXO A
FIGURA A6

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DEL PANEL ANUNCIADOR DE LA TURBINA TA 1750


FUENTE
MARZO 98
D1
F1
FUSE
CN1
F2
FUSE
VR1
R1
U1
C1
C2
R2
R3
VR2
CN2
C3
C4





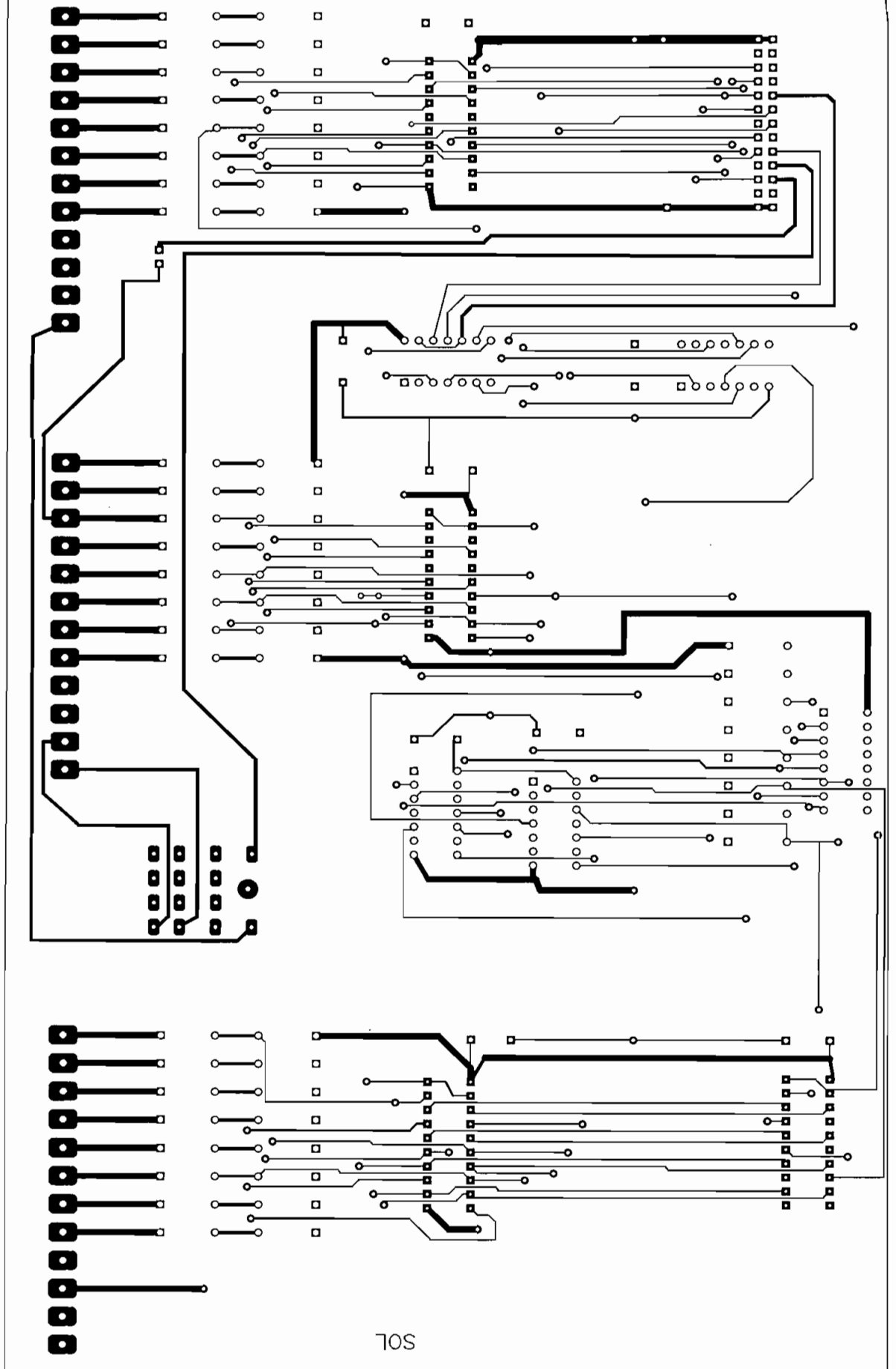
Doble escala

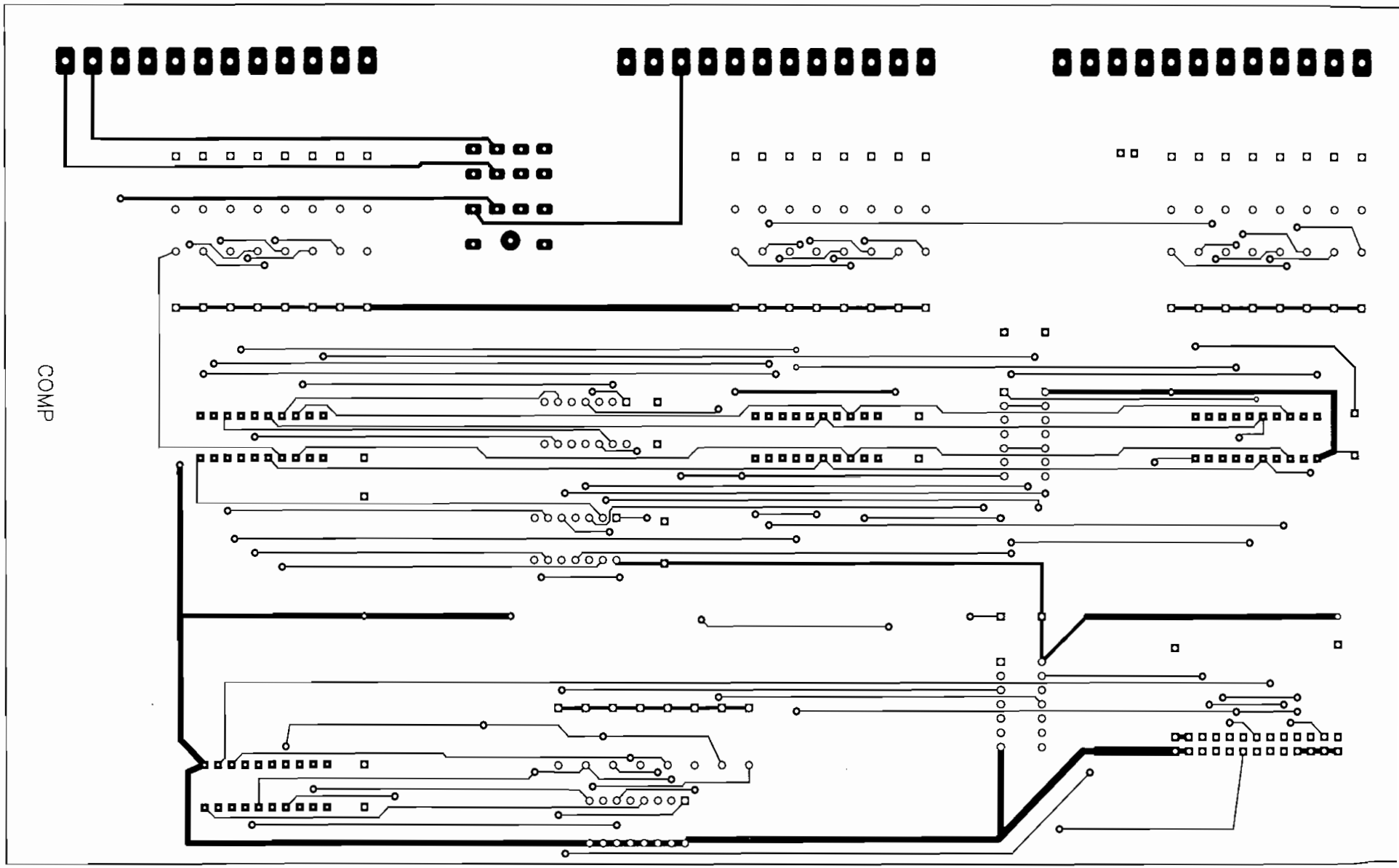
PB1
R2
C3
R1
U10
C2
C1
OSC1
CN5
20
19
1
CN2
Q3
R3
OPTO1
U12
CN3
10
U1
CN10
RS1
26
U5
C4
C5
U4
U2
CN4
U6
U3
U9
TARJETA PRINCIPAL
JULIO/98
Q1
R7
P3
U11
U7
C8
R6
U13
Q2
R11
P4
U8
U14
C9
R10
C6
R5
C7
R9
P2
P1
U15
R8
Q2
R4
Q1
CN6

88-0101

COMPONENTES

CN7
CN8
CN9
RS1
JP1
D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8
R1 R2 R3 R4 R5 R6 R7 R8
D9 D10 D11 D12 D13 D14 D15 D16
R9 R10 R11 R12 R13 R14 R15 R16
D17 D18 D19 D20 D21 D22 D23 D24
R17 R18 R19 R20 R21 R22 R23 R24
U1
U2
U3
U4
U5
U6
U7
U8
VCC
GND
CN10
1
26
DIP1
R25 R26 R27 R28 R29 R30 R31 R32
TARJETA DE ENTRADAS
MAYO – 1998


SOL


COMP

ANEXO B

PROGRAMA DE CONTROL PARA TURBINA TA 1750

MEDIANTE MICROPROCESADOR INTEL 8751H

```
$AP
        DEFSEG          RSTSEG,CLASS=CODE,START=RESET,ABSOLUTE
        DEFSEG          USRSEG,CLASS=CODE,START=0030H,ABSOLUTE
;Segmento RSTSEG inicio del reset y de las interrupciones
        SEG     RSTSEG
        LJMP    PROGP;Salta al programa principal
        ORG     EXTI0
        JMP     RUTEX0
        ORG     EXTI1
        JMP     RUTEX1
;
;ETIQUOPCODE        OPERANS      COMENTARIOS
;Area para definicion de ETIQUETAS mediante la directiva EQU

;     ASIGNACION DE ETIQUETAS A DISPOSITIVOS ( MEMORIA EXTERNA)
;øøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøø
NCT             EQU     48H     ;ADC turbina del compresor
NPT             EQU     50H     ;ADC turbina de potencia
TECLADO         EQU     58H
ANUN            EQU     60H     ;contactos de anunciaci¢n
WARN            EQU     68H     ;contactos de warning
SHUTD                   EQU     70H     ;contactos de shutdown
DIP             EQU     78H     ;dir. dipswitches
CLOCK           EQU     00H     ;reloj en tiempo real

;     ASIGNACION DE ETIQUETAS A MEMORIA RAM INTERNA
;øøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøø
AUXLCD          EQU     7BH
PUNTLCD         EQU             7AH
CONTLCD         EQU             79H
ROMLCD          EQU             78H
CURSOR          EQU             77H
AUXCURSOR       EQU     76H
DDRAM           EQU             75H
CARACTER                EQU             74H
DIGITO          EQU             73H
CENT            EQU     62H     ;Loc. para centena decimaldel conv.A/D
RESUL           EQU     66H     ;Loc, para centenas del producto
HOR             EQU     6FH     ;Cent. mil horas de trabajo
CONPROV         EQU     5EH     ;provisional para predef. contactos

;     ASIGNACION DE ETIQUETAS A MEMORIA RAM EXTERNA
;øøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøøø

SD              EQU     10H     ;predefin. contactos shutdown
WD              EQU     11H     ;predefin. contactos shutdown
AN              EQU     12H     ;predefin. contactos shutdown
HORAS                   EQU     00H     ;Cent. mil. horas trabajo
SDHARD          EQU     13H     ;def. para hardware o software

;
;Segmento USRSEG programa, rutinas y subrutinas del usuario
        SEG     USRSEG
```

```
PROGP MOV   SP,#2FH         ;Inicio del STACK
;Area para las instrucciones del programa principal
      MOV   IE,#10000000B   ;Nohabilito interrupciones
      MOV   DPH,#40H        ;hardware 1
      MOV   DPL,#13H        ;software 0
      MOVX  A,@DPTR         ;Veo conf.
      MOV   2BH,A           ;Guardo conf en ram int.
      JNZ   SOFT
      SETB  EX0             ;hab. int ext. 0
SOFT:
      LCALL RESETDISP       ;Encendido y reset disp
      LCALL CUR0BLINK0

INICIO:     MOV   23H,#0H
      SETB  23H.4           ;Activaci¢n Q1
      MOV   DPH,#TECLADO
      MOV   A,23H
      MOVX  @DPTR,A         ;Cierro rel,
      MOV   DPH,#40H
      MOV   DPL,#AN         ;leo predef. de contactos
      MOVX  A,@DPTR
      MOV   22H,A           ;Guardo estado
      MOV   DPH,ANUN        ;Direccionar cont. anunc.
      MOVX  A,@DPTR         ;Lectura cont. anunc.
      XRL   A,22H           ;comparo diferencias
      MOV   26H,A           ;guardo
      ANL   A,#01H          ;separar cont. lista arran.
      JNZ   LISTA
      MOV   A,2BH
      JZ    HI0
      MOV   DPH,#40H
      MOV   DPL,#SD         ;leo predef. de contactos
      MOVX  A,@DPTR
      MOV   20H,A
      MOV   DPH,#SHUTD
      MOVX  A,@DPTR         ;leo cont. falla
      XRL   A,20H           ;veo cual ocaciono falla
      MOV   24H,A
      ACALL SHUTDOWN
      ACALL PROMLCD
HI0:  JNB   27H.0,$         ;espero aceptaci¢n de falla
      LJMP  INICIO
;Chequeo de combustible con que va a arrancar y espera de arranque
;*****************************************************************
LISTA: ACALL CLEARLCD       ;borro display
      MOV   CURSOR,#0H      ;presentar mensaje lista para arrancar
      ACALL MOVCURSOR
      MOV   ROMLCD,#13H
      ACALL PROMLCD
      MOV   A,26H
      ANL   A,#04H          ;separar gas comb.
      JNZ   GASA
      MOV   A,26H
```

```
        ANL     A,#08H          ;separar diesel comb.
        JNZ     DIESELA
        LJMP    VELC
DIESELA:        MOV   CURSOR,#20   ;mensaje comb. diesel
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#15
        ACALL PROMLCD
        LJMP  VELC
GASA:  MOV    CURSOR,#20   ;mensaje comb. gas
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#14
        ACALL PROMLCD
VELC:  MOV    DPH,#NCT     ;vel. = 0, no arranca
        MOVX A,@DPTR
        JZ      VELC
;Inicio de proceso de arranque de la turbina
;*****************************************
        MOV   IP,#4H          ;Doy mayor prioridad a int ext. 1 que a int. 0
        MOV   CURSOR,#0H  ;presentar mensaje arrando
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#16
        ACALL PROMLCD
        MOV   A,2BH
        JNZ     DEFSOF
        MOV   DPH,#DIP
        MOVX A,@DPTR
        MOV   20H,A
        AJMP  WARR
DEFSOF:         MOV   DPH,#40H      ;Carga de predefinici¢n de
        MOV   DPL,#SD         ;contactos en RAM interna
        MOVX A,@DPTR
        MOV   20H,A
WARR: MOV    DPL,#WD
        MOVX A,@DPTR
        MOV   21H,A
        MOV   DPL,#AN
        MOVX A,@DPTR
        MOV   22H,A
VEL1:  MOV    DPH,#ANUN  ;Direccionar cont. anunc.
        MOVX A,@DPTR        ;Lectura cont. anunc.
        XRL     A,22H           ;comparo diferencias
        MOV   26H,A           ;guardo
        ANL     A,#02H          ;separar cont. aux  on
        JZ      AUXOFF
        SETB  23H.0
        CLR     23H.1           ;Enciendo led auxon
        JMP     TEC1
AUXOFF:         SETB   23H.1  ;Enciendo led auxoff
        CLR     23H.0
TEC1:  MOV    DPH,#TECLADO
        MOV   A,23H
        MOVX @DPTR,A        ;enciendo led respectivo
;Despliege de velocidaddes de la turbinas del compresor y de potencia
```

```
;*****************************************************************
        MOV   CURSOR,#20   ;mensaje NCT:   NPT:
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#17H
        ACALL PROMLCD
        LCALL SPEED
        CLR   C
        MOV   DPH,#NCT
        MOVX  A,@DPTR
        SUBB  A,#160       ;Verif que velocidad > 80%
        JNC   VEL1
;Carga de minutos al reloj en tiempo real desde ram externa
;*************************************************************
        MOV   R0,#02H      ;puntero unid de min. reloj
        MOV   R1,#07H      ;puntero unid. min. ram ext.
        MOV   R2,#03H
LOADC:  MOV   DPH,#80H
        MOV   A,R0
        MOVX  @DPTR,A      ;carga direcci¢n de min. en reloj
        MOV   DPH,#40H
        MOV   DPL,R1
        MOVX  A,@DPTR      ;leo de ram ext
        MOV   DPH,#CLOCK
        MOVX  @DPTR,A      ;cargo min. en reloj
        INC   R0
        DEC   R1
        DJNZ  R2,LOADC
        MOV   A,#0H
        MOVX  @DPTR,A      ;encero unidades de hora

RUN:
;Barrido de contactos de anunciaci¢n
;************************************
        MOV   DPH,#ANUN
        MOVX  A,@DPTR
        XRL   A,22H
        MOV   22H,A
        MOV   26H,A
        ANL   A,#04H       ;separar gas comb.
        JNZ   GASR
        MOV   A,26H
        ANL   A,#08H       ;separar diesel comb.
        JNZ   DIESELR
        LJMP  RUN1
DIESELR:MOV   CURSOR,#0H   ;mensaje trabajando a diesel
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#18
        ACALL PROMLCD
        LJMP  RUN1
GASR:   MOV   CURSOR,#0H   ;mensaje trabajando a gas
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#19
        ACALL PROMLCD
```

```
RUN1: MOV   26H,A          ;guardo
      ANL   A,#02H         ;separar cont. aux  on
      JZ    AOFF
      SETB  23H.0
      CLR   23H.1          ;Enciendo led auxon
      JMP   TEC2
AOFF: SETB  23H.1          ;Enciendo led auxoff
      CLR   23H.0
TEC2: MOV   DPH,#TECLADO
      MOV   A,23H
      MOVX  @DPTR,A        ;enciendo led respectivo

      ACALL SPEED          ;Presento velocidad NCT y NPT
      LCALL RELOJ          ;Actualizaci¢n de horas de trabajo

;Chequeo de contactos de falla (SHUTDOWN) y advertencia (WARNING)
;*************************************************************************
      MOV   A,2BH          ;Byte de comprob si es por hardware
      JZ    NOFAIL
      MOV   R5,#02H        ;Puntero para comprobar si hay falla
SD1:  MOV   DPL,#SHUTD     ;Carga de dir. de contactos
      MOVX  A,@DPTR        ;Leo valores reales
      XRL   A,20H          ;veo cual es diferente
      JZ    NOFAIL
      MOV   R4,#07FH       ;para retardo y volver a leer en caso de falla
      DJNZ  R4,$
      DJNZ  R5,SD1         ;regresa a comprobar falla
      MOV   24H,A
      ACALL SHUTDOWN
      ACALL PROMLCD
      JNB   27H.0,$
      JMP   INICIO
NOFAIL:
      MOV   R5,#02H        ;Puntero para comprobar si hay warn.
WD1:  MOV   DPL,#WARN      ;Carga de dir. de contactos
      MOVX  A,@DPTR        ;Leo valores reales
      XRL   A,21H          ;veo cual es diferente
      JZ    NOWD
      MOV   R4,#07FH       ;para retardo y volver a leer en caso de falla
      DJNZ  R4,$
      DJNZ  R5,WD1         ;regresa a comprobar falla
      MOV   25H,A
      ACALL WARNING
      ACALL PROMLCD
      LCALL RETARDOTE      ;mantengo war. en display
NOWD:       LJMP  RUN
      SJMP  $        ;Fin prog. principal
;


;*************************************************************************
;                    S U B R U T I N A S
;*************************************************************************
```

```
;*********************************************************************
;** subrutina para convertir en BCD el valor leido del conversor A/D**
;*********************************************************************
;
CONVBCD:
        PUSH  PSW
        SETB  RS1             ;Trabajo con banco 3
        MOV   R0,#RESUL+1
        MOV   R1,#08H
; Borro las localidades de Ram a utilizar en esta subrutina
BORRA:  MOV   @R0,#00H
        DEC   R0
        DJNZ  R1,BORRA
        MOV   R1,#00H         ;Inicializo contador de divisiones
        MOV   R0,#CENT        ;Puntero del # decimal convertido
BCD1:   MOV   B,#0AH          ;cargo base 10
        DIV   AB
        XCH   A,B
        PUSH  ACC
        MOV   A,B
        INC   R1
        JNZ   BCD1
GUARDO: POP   ACC
        MOV   @R0,A
        DEC   R0
        DJNZ  R1,GUARDO
; Posiciono las unidades, decenas y centenas en sus lugares
SIG1:   CLR   C
        MOV   A,#CENT-3
        SUBB  A,R0
        JZ    MUL6            ;Veo si el numero tiene centenas
        MOV   R2,#03H         ;Puntero de movimiento
        MOV   R1,#CENT-1
MUEVE:  MOV   A,@R1
        DEC   R1
        MOV   @R1,A
        INC   R1
        INC   R1
        DJNZ  R2,MUEVE
        DEC   R0
        LJMP  SIG1
;Subrutina de multiplicaci¢n del valor BCD del conversor por el paso (6)
;*********************************************************************
MUL6:   MOV   R3,#06H         ;cargo el factor multiplicador
MULT:   MOV   R0,#RESUL       ;Puntero de resultados parciales
        MOV   A,@R0
        MOV   R1,#CENT        ;Cargo d¡gito menos significativo del conv.
        MOV   R2,#03
SUMA:   MOV   A,@R0
        ADDC  A,@R1
        DA    A
        MOV   @R0,A           ;Almaceno resultado multiplicadr por d¡gito del conv.
        DEC   R1
```

```
        DEC   R0
        DJNZ  R2,SUMA
        DJNZ  R3,MULT
;EMPACO SUMAS PARCIALES
        MOV   R4,#03H
        MOV   R0,#RESUL-2
        MOV   R1,#RESUL-3
SALTO:MOV   @R1,#00H
        MOV   A,@R0
        XCHD  A,@R1          ;Separaci¢n unidad de decena
        SWAP  A              ;Conversi¢n en unidad de la decena
        INC   R0             ; para sumar al siguiente producto parcial
        ADD   A,@R0
        DA    A
        MOV   @R0,A
        XCH   A,@R1
        DEC   R0
        MOV   @R0,A
        INC   R0
        DJNZ  R4,SALTO
        CLR   RS1            ;Regreso al banco original
        POP   PSW            ;Restituci¢n psw
        RET
;*****************************************************************************
;****SUBRUTINA PARA DESPLEGAR LAS VELOCIDADES NCT Y NPT****
;*****************************************************************************
SPEED:
        MOV   DPH,#NPT
        MOVX A,@DPTR
        ACALL CONVBCD
        MOV   R6,#04H
        MOV   R7,#RESUL-2
        MOV   R4,#36
NP1:    MOV   CURSOR,R4
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   DIGITO,R7
        LCALL PRINTDIG
        INC   R4
        DEC   R7
        DJNZ  R6,NP1
;Despliege de velocidad de la turbina del compresor (NCT)
;*********************************************************
        MOV   DPH,#NCT
        MOVX A,@DPTR
        ACALL CONVBCD
        MOV   R6,#04H
        MOV   R7,#RESUL-2
        MOV   R4,#25
NC1:    MOV   CURSOR,R4
        ACALL MOVCURSOR
        MOV   DIGITO,R7
        LCALL PRINTDIG
        INC   R4
```

```
        DEC   R7
        DJNZ  R6,NC1
        MOV   DIGITO,#0H
        LCALL PRINTDIG
;*****************************************************************************************
; SUBRUTINA PARA DETECTAR CUAL DE LOS CONTACTOS PRODUJO LA FALLA,
; APAGAR LA TURBINA Y ENCENDER LED DE SHUTDOWN
;*****************************************************************************************
SHUTDOWN:
        SETB  27H.0         ;Seteo bandera de shutdown
        SETB  23H.3         ;Encendido led rojo
        CLR   23H.4         ;Apagado RELE (Q1)
        MOV   A,23H
        MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  @DPTR,A       ;Apago turbina
        MOV   R3,#0H        ;Puntero de la falla
        CLR   C
        MOV   A,24H
SD2:    RRC   A
        INC   R3            ;Cuenta el # de contacto de falla
        JNC   SD2
        MOV   A,#0FH        ;base de mensajes de falla
        ADD   A,R3
        MOV   ROMLCD,A      ;carga la dir. en tabla del mensaje
        RET
;*****************************************************************************************
; SUBRUTINA PARA DETECTAR CUAL DE LOS CONTACTOS PRODUJO LA SEÑAL DE
; ADVERTENCIA Y ENCENDER LED DE WARNING.
;*****************************************************************************************
WARNING:
        SETB  23H.2         ;Encendido led amarillo
        MOV   A,23H
        MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  @DPTR,A       ;Enciendo led
        MOV   R3,#0H        ;Puntero de la falla
        CLR   C
        MOV   A,25H
WD2:    RRC   A
        INC   R3            ;Cuenta el # de contacto de falla
        JNC   WD2
        MOV   A,#17H        ;base de mensajes de falla
        ADD   A,R3
        MOV   ROMLCD,A      ;carga la dir. en tabla del mensaje
        RET
;*************************************************************************
;**SUBRUTINA PARA ACTUALIZAR LAS HORAS DE TRABAJO**
;*************************************************************************
RELOJ:
        MOV   R0,#02H       ;puntero unid de min. reloj
        MOV   R1,#07H       ;puntero unid. min. ram ext.
        MOV   R2,#02H       ;contador unid. y dec. de min.
RELOJ1:     MOV   DPH,#80H
        MOV   A,R0
```

```
        MOVX @DPTR,A        ;direccionar reloj
        MOV  DPH,#CLOCK
        MOVX A,@DPTR        ;leo min. del reloj
        MOV  DPH,#40H
        MOV  DPL,R1
        MOVX @DPTR,A        ;actualizo min. en ram ext.
        INC  R0
        DEC  R1
        DJNZ R2,RELOJ1
        MOV  DPH,#80H
        MOV  A,R0
        MOVX @DPTR,A        ;direcciono horas en reloj
        MOV  DPH,#CLOCK
        MOVX A,@DPTR        ;leo horas 0/1
        MOV  R5,A           ;Almaceno horas 0/1
        MOV  A,#0H
        MOVX @DPTR,A        ;encero unid. de hora
        CJNE R5,#01H,FINREL     ;si es 1 sumo a horas en RAM
;realizaci¢n de suma de horas en ram (max 999999 horas)
        MOV  R0,#05H
        MOV  R1,#06H
        MOV  R2,#01H
        MOV  DPH,#40H
RELOJ2: MOV  DPL,R1
        MOVX A,@DPTR
        ADD  A,R2
        DA   A
        MOV  R6,A
        ANL  A,#0FH
        MOVX @DPTR,A
        MOV  A,R6
        ANL  A,#0F0H
        SWAP A
        MOV  R2,A
        DJNZ R0,RELOJ2
FINREL: RET

;*****************************************************************************
;* SUBRUTINAS DE MANEJO DE DIAPLAY (Creadas por Ing. B. Ledesma)  *
;*****************************************************************************
;************** SUBRUTINA DE RETARDO *****************************
RETARDO:
        MOV  A,R5
        PUSH ACC
        MOV  R5,#07FH
        DJNZ R5,$
        POP  ACC
        MOV  R5,A
        RET

;*****************
RETARDOTEP:
        MOV  A,R2
```

```
        PUSH        ACC
        MOV         R2,#0FH
RETAP:
        ACALL RETARDOTE
        DJNZ  R2,RETAP
        POP   ACC
        MOV   R2,A
        RET

RETARDOTE:
        MOV   A,R2
        PUSH        ACC
        MOV   A,R3
        PUSH        ACC
        MOV         R2,#03H
ESPMEN1:
        MOV         R3,#0FH
ESP01:
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        DJNZ   R3,ESP01
        DJNZ   R2,ESPMEN1
        POP   ACC
        MOV   R3,A
        POP   ACC
        MOV   R2,A
        RET

;************************************************************************
;***** SUBRUTINA DE INICIALIZACION DEL DISPLAY LCD ******
;************************************************************************

;      POWER ON RESET
;************************************************************************
;INICIALIZA EL DISPLAY DE DOS FILAS PARA QUE SE PUEDA
;ESCRIBIR DE IZQUIERDA A DERECHA, Y LIMPIA LA PANTALLA
;************************************************************************

RESETDISP:

        MOV   R3,#0FFH
ESP:
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        DJNZ   R3,ESP

        MOV   A,#3
        MOV   P1,A
        SETB  P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR   P1.4
```

```
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

;FUNCTION SET
        MOV    A,#2
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4


;FUNCTION SET
        MOV    A,#2
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

        MOV    A,#8
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4


;DISPLAY ON/OFF
        MOV    A,#0
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

        MOV    A,#12
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

;ENTRY MODE SET
        MOV    A,#0
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4
        MOV    A,#6
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
```

```
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4

;CLR DISPLAY
        MOV    A,#0
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4
        MOV            A,#1
        MOV            P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        LCALL  RETARDO
        RET
;FIN INICIALIZACION DEL DISPLAY

;**********SUBRUTINA DE BORRADO DEL DISPLAY LCD*********
;          LINEA DE COMANDO = 00H,01H

;*************************************************************************
; BORRA LA PANTALLA DEL DISPLAY Y POSICIONA EL CURSOR
; EN LA LOCALIDAD 00
;*************************************************************************
CLEARLCD:
        MOV    A,#0
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        ACALL  RETARDO
        CLR    P1.4
        MOV    A,#1
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        ACALL  RETARDO
        CLR    P1.4
        ACALL  RETARDO
        RET
;*********************************************************

;*********************************************************************
;  SUBRUTINA DE POSICIONAMIENTO DEL CURSOR LCD
;        LINEA DE COMANDO = 1DDD,DDDD
;     LA RAM (CURSOR) TOMA VALORES DE 0 A 15
;       HAY QUE TRADUCIR A DIRECCIONES LCD
;*********************************************************************

MOVCURSOR:
        PUSH   ACC
        MOV    A,CURSOR
```

```
        ANL   A,#00010000B   ;DETECTO VALORES >= 16
;               SESENTAYCUATRO 64D = 40H = 0100 0000B
;               CINCUENTAYSEIS 56D = 38H = 0011 1000B

        CJNE  A,#00010000B,NOSUMO


        MOV           A,CURSOR
        SUBB  A,#04H
        ANL   A,#00010000B   ;DETECTO VALORES >= 20
        CJNE  A,#00010000B,NOSUMO

        MOV   A,CURSOR
        ADD   A,#2BH
        LJMP  SUMADO



NOSUMO:
        NOP
        NOP
        NOP
        MOV   A,CURSOR
SUMADO:
        ORL   A,#10000000B
        MOV   AUXCURSOR,A

        ANL   A,#11110000B
        SWAP  A

        MOV   P1,A
        SETB  P1.4
        LCALL RETARDO
        CLR   P1.4

        MOV   A,AUXCURSOR
        ANL   A,#00001111B

        MOV   P1,A
        SETB  P1.4
        LCALL RETARDO
        CLR   P1.4
        LCALL RETARDO
        POP   ACC
        RET

;*******************************************************************************
;  SUBRUTINA PARA COPIAR CONTENIDO DE EPROM AL DISPLAY LCD
;       SE COPIA DESDE LOCALIDAD BASELCD(ROMLCD).
;*******************************************************************************

;     AUXLCD       MEMORIA TEMPORAL
;     CONTLCD       CONTADOR DE CARACTERES
```

```
;       ROMLCD        FILA DE LA ROM DESDE DONDE SE COPIA.
;-------------------------------------------------

PROMLCD:


        MOV    DPTR,#BASELCD        ;FIJO LA PAGINA DE ROM DE DISPLAY
        MOV    A,ROMLCD             ;FILA DE LA PAGINA A COPIAR
        MOV            B,#16
        MUL            AB
        ADD    A,DPL                ;ARMO EL DPTR EN LA FILA A COPIAR
        MOV    DPL,A                ;LISTO EL DPTR.
        MOV            A,B
        ADDC   A,DPH
        MOV    DPH,A


        MOV    CONTLCD,#0FFH

COPYLCD:
        INC    CONTLCD

;----------------
        MOV    R3,#0FH
RETTEST:
        LCALL  RETARDO
        DJNZ   R3,RETTEST
;----------------

HALF:
        MOV    A,CONTLCD
        CJNE   A,#10H,OKCOPYLCD
FINROMLCD:
        RET

OKCOPYLCD:
        MOV            A,CONTLCD
        MOVC   A,@A+DPTR            ;LEO LA ROM A COPIAR EN LCD
        MOV    AUXLCD,A             ;ALMACENO EN (AUXLCD)
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD PRIMEROS 4 BITS-----
        SWAP   A
        ANL    A,#0FH
        ORL    A,#01000000B
        MOV    P1,A
        SETB   P1.4
        LCALL  RETARDO
        CLR    P1.4
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD SEGUNDOS 4 BITS------
        MOV            A,AUXLCD
        ANL    A,#0FH
        ORL    A,#01000000B
        MOV            P1,A
        SETB   P1.4
```

```
        LCALL       RETARDO
        CLR     P1.4
;-------------------------------------------------------------
        LJMP    COPYLCD

;---------- FIN SUBRUTINA DE COPIADO DE ROM AL DISPLAY----------

BASELCD:
        DB      ' HORAS DE TRABAJO  '
        DB      ' 1=INGRESAR  0=VER '
        DB      'ESTADO DE CONTACTOS '
        DB      '0=SD  1=WD  2=INDIC.'
        DB      'CONTACTOS  SHUTDOWN'
        DB      ' CONTACTOS  WARNING '
        DB      'CONTACTOS INDICACION'
        DB      ' 1 2 3 4 5 6 7 8   '
        DB      'CONFIGURAR CONTACTOS'
        DB      '0=HARDWARE 1=SOFTWAR'
        DB      'CONFIGURAR DIPSWITCH'
        DB      '1=CERRADO  0=ABIERTO'
        DB      '1=C  CONTACT.  =?  '
        DB      'LISTA PARA ARRANCAR '
        DB      '  COMBUSTIBLE GAS  '
        DB      ' COMBUSTIBLE DIESEL '
        DB      ' TURBINA ARRANCANDO '
        DB      'NCT:     NPT:    '
        DB      'TRABAJANDO A DIESEL '
        DB      '  TRABAJANDO A GAS  '
        DB      'TEMPERATURA EXESIVA '
        DB      'ALTA TEMPER. ACEITE '
        DB      'ALTA PRESION ACEITE '
        DB      '   FALLA FLAMA     '
        DB      '  SOBREVELOCIDAD   '
        DB      'CAMBIO DEFECT. COMB.'
        DB      '   FALLA ARRANQUE   '
        DB      ' SHUTDOWN LIBRE 1   '
        DB      'TEMPERATURA EXESIVA '
        DB      'ALTA TEMPER. ACEITE '
        DB      ' BAJO VOLT. BATERIAS'
        DB      '  WARNING LIBRE 1   '
        DB      '  WARNING LIBRE 2   '
        DB      '  WARNING LIBRE 3   '
        DB      '  WARNING LIBRE 4   '
        DB      '  WARNING LIBRE 5   '
;********* FIN SUBRUTINA DE COPIADO DE ROM AL DISPLAY**************


;**********SUBRUTINA PARA ESCRIBIR UN CARACTER EN LA POSICION
;*********************************DDRAM************************
;EL CARACTER A ESCRIBIR ESTA ALMACENADO EN LA LOC.RAM(CARACTER)

PRINTCHAR:
        MOV     A,CARACTER
```

```
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD PRIMEROS 4 BITS-----
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ORL   A,#01000000B
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL  RETARDO
        CLR   P1.4
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD SEGUNDOS 4 BITS-----
        MOV   A,CARACTER
        ANL   A,#0FH
        ORL   A,#01000000B
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL  RETARDO
        CLR   P1.4
        RET
;-------------------------------------------------------------


;*****************SUBRUTINA PARA ESCRIBIR UN NUMERO EN LA POSICION***
;*****************************************DDRAM******************
;       EL NUMERO A ESCRIBIR ES UN DIGITO DECIMAL DE 0 A 9
;          ALMACENADO EN LA LOC. DE RAM (DIGITO)
PRINTDIG:
        MOV           A,#30H
        ADD           A,DIGITO
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD PRIMEROS 4 BITS-----
        SWAP  A
        ANL   A,#0FH
        ORL   A,#01000000B
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
;----------ACOMODO PARA BOTAR AL DISPLAY LCD SEGUNDOS 4 BITS------
        MOV           A,#30H
        ADD           A,DIGITO
        ANL   A,#0FH
        ORL   A,#01000000B
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        RET
;------------------ FIN RUTINA PRINTDIG:----------------------

;******************SUBRUTINA CURSORON/BLINKON************************
CUR1BLINK1:
        MOV           A,#0
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
```

```
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        MOV           A,#0FH
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        ACALL RETARDO
        RET
;*******************SUBRUTINA CURSORON/BLINKOFF************************
CUR1BLINK0:
        MOV           A,#0
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        MOV           A,#0EH
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        ACALL RETARDO
        RET
;*******************SUBRUTINA CURSOROFF/BLINKON************************
CUR0BLINK1:
        MOV           A,#0
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        MOV           A,#0DH
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        ACALL RETARDO
        RET
;*******************SUBRUTINA CURSOROFF/BLINKOFF************************
CUR0BLINK0:
        MOV           A,#0
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        MOV           A,#0CH
        MOV           P1,A
        SETB  P1.4
        ACALL RETARDO
        CLR   P1.4
        ACALL RETARDO
        RETI

;*******************************************************************************
```

```
;***    SUBRUTINA DE ATENCION FALLA POR HARDWARE (INT0)    ***
;*************************************************************************
RUTEX0:
        MOV   R5,#02H        ;Puntero para comprobar si hay falla
SDDIP:  MOV   DPL,#DIP       ;Carga de dir. de dipswitches
        MOVX  A,@DPTR        ;Leo valores reales
        XRL   A,20H          ;veo cual es diferente
        MOV   R4,#07FH       ;para retardo y volver a leer en caso de falla
        DJNZ  R4,$
        DJNZ  R5,SDDIP       ;regresa a comprobar falla
        MOV   24H,A
        ACALL SHUTDOWN
        ACALL PROMLCD
        JNB   27H.0,$
        RET
;*************************************************************************
;*******    SUBRUTINA DE ATENCION AL TECLADO (INT1)    ********
;*************************************************************************
RUTEX1:

        PUSH  ACC
        MOV   TMOD,#00000110B
        CLR   EX1            ;Deshabilitaci¢n int. 1
        SETB  ET0            ;Habilitaci¢n T0 como contador
        MOV   DPH,#TECLADO       ;Cargo direcci¢n a leer
        MOVX  A,@DPTR        ;Leo # digitado
        MOV   R7,A           ;Guardo valor en R7
        XRL   A,#0CH         ;comparo con 12 (horas)
        JZ    H1
        LJMP  VERC           ; Salta a ver contactos
;***Presentar mensaje: HORAS DE TRABAJO / 1=VER  0=INGRESAR***
H1:     MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#0H
        LCALL PROMLCD
        MOV   CURSOR,#20
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#1H
        LCALL PROMLCD
ANT:    MOV   DPH,#TECLADO       ;Espero nuevo dato 0 o 1
        MOVX  A,@DPTR
        JZ    ESCERO
        CJNE  A,#01H,ANT     ;Veo si es 1
        LCALL CLEARLCD
        MOV   CURSOR,#0H     ;Mensaje Horas de trabajo
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#0H
        LCALL PROMLCD
        MOV   R5,#06H        ;cargo # de d¡gitos
        MOV   R6,#48H        ;Posici¢n cursor inicio horas
        MOV   DPH,#40H
        MOV   DPL,#HORAS     ;Posici¢n centenas de miles
DIGIT:  MOV   CURSOR,R6      ;Impresi¢n de horas
```

```
        LCALL MOVCURSOR
        INC   R6
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   DIGITO,A
        LCALL PRINTDIG
        INC   DPTR
        DJNZ  R5,DIGIT
        MOV   R5,#02H
        MOV   CURSOR,R6
        MOV   CARACTER,#':'
        LCALL PRINTCHAR
DIGDOS: INC   R6
        MOV   CURSOR,R6     ;Impresi¢n de minutos
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   DIGITO,A
        INC   DPTR
        DJNZ  R5,DIGDOS
        LCALL RETARDOTE
        LJMP  FINTEC
ESCERO: MOV   R0,#06H
        MOV   R1,#HOR
BOR:    MOV   @R1,#0H       ;Borro localidades iniciales
        DEC   R1
        DJNZ  R0,BOR
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#0H
        LCALL PROMLCD
        LCALL CUR1BLINK0
        MOV   TMOD,#00000110B     ;Contador con recarga autom tica
TECLA:  MOV   R1,#HOR
        MOV   R5,#06H       ;# digitos a ingresar
        MOV   R6,#48H       ;contador posici¢n display
ARR:    MOV   TL0,#0FFH
        SETB  TR0           ;arranco contador
ARR1:   MOV   A,TL0
        JNZ   ARR1
        CLR   TR0
        MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  A,@DPTR       ;leo dato
        MOV   R7,A
        CLR   C
        SUBB  A,#0CH        ;Veo si es menor que 11
        JNC   ARR
        CJNE  R7,#0BH,BACK
        JMP   SALE
BACK:   CJNE  R7,#0AH,NUM
        MOV   A,R1
        XRL   A,#HOR
        JZ    REDUCIR
        INC   R1
        DEC   R6
REDUCIR:    JMP   ARR
```

```
NUM:  MOV   A,R7
      MOV   @R1,A          ;Ingreso digito a RAM interna
      DEC   R1
      MOV   CURSOR,R6
      LCALL MOVCURSOR
      MOV   DIGITO,R7
      LCALL PRINTDIG
      INC   R6
      DJNZ  R5,ARR
;******Paso de horas de ram interna a ram esterna *******
      MOV   A,R5
      JZ    XCH0
SALE: INC   R1
      MOV   R0,#HOR-5
      MOV   A,#6H
      SUBB  A,R5
      MOV   R2,A
POS1:
      MOV   A,@R1
      MOV   @R0,A
      MOV   @R1,#0H
      INC   R0
      INC   R1
      DJNZ  R2,POS1
      MOV   R2,#08H        ;# localidades a borrar
      MOV   R1,#HORAS      ;Puntero de horas en ram externas
;Guardar horas ingresadas en RAM externa
XCH0: MOV   DPL,#HORAS
      MOV   R2,#6H
      MOV   R0,#HOR
XHC:  MOV   A,@R0
      MOVX  @DPTR,A
      INC   DPTR
      DEC   R0
      DJNZ  R2,XHC
      LJMP  FINTEC
;VER SI VALOR INGRESADO ES PARA VER ESTADO DE CONTACTOS
;*************************************************************************
VERC: MOV   A,R7
      XRL   A,#0DH
      JNZ   CAMBIO
;*****Presenta mensaje:    ESTADO DE CANTACTOS ********
;*****             0=SD  1=WAR  2=INDI ********
      MOV   CURSOR,#0H
      LCALL MOVCURSOR
      MOV   ROMLCD,#02H
      LCALL PROMLCD
      MOV   CURSOR,#20
      LCALL MOVCURSOR
      MOV   ROMLCD,#03H
      LCALL PROMLCD
LEA:  MOV   DPH,#TECLADO
      MOVX  A,@DPTR
```

```
        JZ      VER0            ; Salta si es shutdown
        DEC     A
        JZ      VER1            ; Salta si es warning
        DEC     A
        JZ      VER2            ; Salta si es cont. indicaci¢n
        AJMP    LEA             ; Regresa si es otro n£mero
VER0:
        MOV     CURSOR,#20
        LCALL   MOVCURSOR
        MOV     ROMLCD,#04H
        LCALL   PROMLCD         ;mensaje Contactos SD.
        LCALL   RETARDOTE
        MOV     A,2BH           ; verifica si es por harware(0)
        JZ      HARD            ; o software cargado al principio
        MOV     A,20H
        MOV     07FH,A
        AJMP    CONT
HARD:   MOV     DPH,#DIP        ; leo valores de dipswitches
        MOVX    A,@DPTR
        MOV     7FH,A
CONT:   LCALL   CONTACTO
        LCALL   FINTEC
VER1:
        MOV     CURSOR,#20
        LCALL   MOVCURSOR
        MOV     ROMLCD,#05H
        LCALL   PROMLCD         ; Mensaje Contactos warning
        LCALL   RETARDOTE
        MOV     7FH,21H         ; Guardo valores de RAM ext.
        LCALL   CONTACTO
        LCALL   FINTEC
VER2:
        MOV     CURSOR,#20
        LCALL   MOVCURSOR
        MOV     ROMLCD,#06H
        LCALL   PROMLCD         ;Mensaje Contactos indicaci¢n
        LCALL   RETARDOTE
        MOV     7FH,22H
        LCALL   CONTACTO
        LJMP    FINTEC


CAMBIO:
        MOV     DPH,#NCT        ;Cargo velocidad de turbina
        MOVX    A,@DPTR         ;no permite ingresar a esta funci¢n
        JZ      FIN1            ;si la turbina est  trabajando
        LJMP    FINTEC
FIN1:   MOV     A,R7
        XRL     A,#0EH
        JZ      CAMB1
        LJMP    ACEPT
;*****Presenta mensaje:    CONFIGURAR CONTACTOS ********
;*****             0=SD  1=WAR  2=INDI ********
```

```
CAMB1:
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#08H
        LCALL PROMLCD
        MOV   CURSOR,#20
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#03H
        LCALL PROMLCD
LEER:   MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  A,@DPTR
        JZ    SET0          ; Salta si es shutdown
        DEC   A
        JZ    SET1          ; Salta si es warning
        DEC   A
        JZ    SET2          ; Salta si es indicaci¢n
        AJMP  LEER          ; Regresa si es otro n£mero
SET0:
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#04H
        LCALL PROMLCD       ;mensaje Contactos SD.
        MOV   CURSOR,#20
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#09H
        LCALL PROMLCD       ;mensaje 0=hard. 1=soft.
        LCALL RETARDOTE
AGAIN0:         MOV   TL0,#0FFH
        SETB  TR0
ESP0:   MOV   A,TL0
        JNZ   ESP0
        CLR   TR0
        MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  A,@DPTR
        MOV   DPH,#40H
        MOV   DPL,#SDHARD           ;almaceno en ram ext
        MOVX  @DPTR,A       ;si es por software o hardware (0)
        JZ    DIP0
        CJNE  A,#01H,AGAIN0
        LCALL CARGAR
        MOV   DPH,40H
        MOV   DPL,#SD
        MOV   A,CONPROV
        MOVX  @DPTR,A
        LJMP  FINTEC
DIP0:
        LCALL CLEARLCD
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#0AH
        LCALL PROMLCD       ;mensaje Conf. con dipswitch
        LCALL RETARDOTE
        SJMP  FINTEC
```

```
SET1:
        LCALL CLEARLCD
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#05H
        LCALL PROMLCD      ;mensaje Contactos WD.
        LCALL CARGAR
        MOV   DPH,40H
        MOV   DPL,#WD
        MOV   A,CONPROV
        MOVX  @DPTR,A
        LJMP  FINTEC

SET2:
        LCALL CLEARLCD
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#06H
        LCALL PROMLCD      ;mensaje Contactos indicación
        LCALL CARGAR
        MOV   DPH,40H
        MOV   DPL,#AN
        MOV   A,CONPROV
        MOVX  @DPTR,A
        LJMP  FINTEC

ACEPT:  MOV   A,R7
        XRL   A,#0FH
        JNZ   FINTEC
        MOV   27H,#0H
FINTEC: CLR   ET0      ;Deshab. timer 0
        SETB  EX1      Habilit. int. ext 1
        POP   ACC
;       RET
;*****************************************************************************************************
; SUBRUTINA PARA MOSTRAR EL ESTADO DE CONTACTOS DE SHUTDOWN,
WARNING                                    ;                                    O
INDICACION
;*****************************************************************************************************
CONTACTO:
        MOV   CURSOR,#0H
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#07H
        LCALL PROMLCD      ; # de contacto (1ra. fila)
        MOV   R1,#21        dir. display primer cont.
        MOV   R2,#08H      ; Puntero de los 8 contactos
        MOV   CURSOR,R1    ; ubica cursor bajo el contacto respectivo
        LCALL MOVCURSOR
        CLR   C
        MOV   A,7FH  ;
CAR2:   RRC   A
        PUSH  ACC
        JC    PONEO
```

```
        MOV   CARACTER,#'c'
        LCALL PRINTCHAR
        AJMP  CAR1
PONEO:
        MOV   CARACTER,#'o'
        LCALL PRINTCHAR
CAR1:   INC   R1
        INC   R1
        MOV   CURSOR,R1
        LCALL MOVCURSOR
        POP   ACC
        DJNZ  R2,CAR2
        RET

;subrutina para cargar la predefinici¢n de contactos desde el teclado
;*****************************************************************
CARGAR:       MOV   CONPROV,#00H
        MOV   CURSOR,#20
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#11H          ;mensaje 1= cerrado 0=abierto
        LCALL PROMLCD
        LCALL RETARDOTE
        MOV   CURSOR,#20
        LCALL MOVCURSOR
        MOV   ROMLCD,#12H
        MOV   ROMLCD,#0BH          ;mensaje 1=c 0=a   CONTACTO   n =
        LCALL PROMLCD

        MOV   R4,#1H
        MOV   R6,#08H
        MOV   TMOD,#00000110B
TECON:MOV   TL0,#0FFH
        SETB  TR0
ESPCON:       MOV   A,TL0
        JNZ   ESPCON
        MOV   CURSOR,#35
        LCALL MOVCURSOR
        CLR   TR0
        MOV   DPH,#TECLADO
        MOVX  A,@DPTR
        JZ    CONF1
        CJNE  A,#01H,TECON
CONF1:NC      R4
        PUSH  ACC
        MOV   A,CONPROV
        RR    A
        MOV   CONPROV,A
        POP   ACC
        ORL   A,CONPROV
        MOV   CONPROV,A
        DJNZ  R6,TECON
        RR    A
        MOV   CONPROV,A
```

```
RETI

END             ;Fin del modulo fuente
```