

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGIENERÍA

**CONTROL DE ARRANQUE Y PROTECCIONES
PARA UN MOTOR DE COMBUSTIÓN**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

EFRAIN FERNANDO VALENZUELA MEDINA


DIRECTOR: Msc. PABLO RIVERA

Quito, 20 de Marzo del 2004

DECLARACIÓN

Yo Efraín Fernando Valenzuela Medina, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

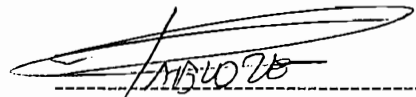
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Efraín Valenzuela Medina.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Efraín Fernando Valenzuela Medina, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pablo Rivera', is written over a horizontal dashed line.

Msc. Pablo Rivera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sobre todas las cosas a mi Dios, a mis padres por toda su ayuda económica y moral en mis estudios, a mis hermanos, amigos mi novia y en especial a mi director por todo su apoyo.

CONTENIDO

INDICE

RESUMEN

PRESENTACIÓN

CAPITULO 1

GRUPOS ELECTRÓGENOS.

1.1	Introducción.	1
1.2	Objetivos y Alcance.	2
1.3	Generalidades sobre grupos electrógenos.	3
1.3.1	Empleo de los grupos electrógenos.	3
1.3.2	Tipos de generadores.	3
1.3.2.1	Generadores autoexcitados con regulación por unidad de control voltaje(AVR).	4
1.3.2.2	Generadores excitados por imán permanente(PMG) controlados por AVR	5
1.3.2.3	Generadores controlados por transformador.	6
1.3.3	Teoría de funcionamiento de generadores.	7
1.3.3.1	Principio de generación.	7
1.3.3.2	Control del voltaje de generación.	9
1.4	Partes de un grupo eléctrico.	12
1.4.1	Motor a Diesel.	12
1.4.1.1	Principio de funcionamiento.	12
1.4.1.2	Esquema del motor diesel.	13
1.4.1.3	Datos del motor en prueba.	15
1.4.1.4	Precauciones para arrancar un motor diesel.	16
1.4.1.5	Mantenimiento preventivo del motor	17
1.4.2	Generador.	18
1.4.2.1	Autoexcitación.	18

1.4.2.2	Partes del generador.	20
1.4.2.3	Instalación y precauciones.	22
1.4.2.3.1	Medidores y cableado de pruebas.	22
1.4.2.3.2	Puesta a tierra.	22
1.4.2.3.3	Puesta en paralelo.	22
1.4.3	Sistema de regulación y control de generación.	23
1.4.4	Circuitos de protección y alarmas.	24
1.4.4.1	Circuitos de protección y alarmas del motor diesel.	24
1.4.4.2	Circuitos de protección y alarmas del generador.	26

CAPITULO 2

SISTEMA DE CONTROL.		27
2.1	Generalidades.	27
2.2	Funciones del sistema de control.	28
2.2.1	Subsistema de medición.	29
2.2.1.1	Mediciones en el generador.	29
2.2.1.2	Diagrama de conexión.	29
2.2.1.3	Mediciones en el motor diesel.	30
2.2.1.4	Diagrama de conexión.	30
2.2.2	Sistema eléctrico del motor diesel.	31
2.2.2.1	Circuito de carga de baterías.	31
2.2.2.2	Subsistema de inyección de combustible.	32
2.2.2.3	Subsistema de inyección de aire.	32
2.2.2.4	Subsistema de precalentamiento.	33
2.2.2.5	Subsistema de arranque.	33
2.2.2.5.1	Motor de arranque.	34
2.3	Operación del sistema de control.	36
2.3.1	Arranque.	36
2.3.2	Modo normal de funcionamiento y parada por falla.	37
2.3.3	Parada normal y emergente.	38
2.3.4	Modo de espera automático.	39

CAPITULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.	40
3.1 Planteamiento para el diseño.	40
3.1.1 Sensores.	40
3.1.2 Interruptores de control.	41
3.1.3 Actuadores.	41
3.1.4 Indicadores.	42
3.2 Señales de control.	42
3.2.1 Entradas.	42
3.2.1 Salidas.	43
3.3 Diseño.	44
3.4 Microcontrolador PIC 16F877.	45
3.4.1 Recursos fundamentales.	45
3.4.2 Dispositivos periféricos.	46
3.4.3 Patitas de propósito general.	46
3.4.3.1 Puerta A.	47
3.4.3.2 Puerta B.	47
3.4.3.3 Puerta C.	48
3.4.3.4 Puerta D.	49
3.4.3.5 Puerta E.	49
3.4.4 Circuitos y banderas.	49
3.5 Adquisición de datos.	53
3.5.1 Medidor de velocidad.	54
3.5.1.1 Sensor optoacoplador encoder.	54
3.5.1.2 Sensor Magnetic pickup.	56
3.5.1.3 Esquemático en la tarjeta.	58
3.5.2 Medidor de presión.	58
3.5.2.1 Acondicionador.	59
3.5.3 Medidor de temperatura.	60
3.5.3.1 Acondicionador.	61
3.5.4 Medidor de voltaje de las baterías.	62
3.5.4.1 Acondicionador.	62
3.5.4.2 Diagrama esquemático en la tarjeta.	63

3.5.5	Medidor de voltaje de generación.	63
3.5.5.1	Esquemático en la tarjeta.	65
3.5.6	Medidor de corriente de generación.	65
3.5.6.1	Esquemático en la tarjeta.	67
3.6	Interfaz pic-actuadores.	67
3.7	Visualización.	69
3.7.1	Pantalla de cristal líquida LCD.	69
3.7.2	Leds de visualización.	70
3.8	Teclado.	72
3.9	Tarjeta de control.	72

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS.		73
4.1	Prototipo completo.	73
4.1.1	Panel principal.	73
4.1.2	Tarjetas de control.	74
4.2	Operación del equipo.	74
4.2.1	Programación de parámetros.	74
4.2.2	Arranque.	75
4.2.3	Paro de la máquina.	75
4.2.3.1	Parada normal.	76
4.2.3.2	Parada por emergencia.	76
4.2.3.3	Parada por falla.	76
4.2.4	Operación normal.	78
4.3	Señales de entrada/salida.	78
4.3.1	Medidor de temperatura y presión.	78
4.3.2	Medidor de velocidad y voltaje de la batería.	79
4.3.3	Medidor de voltaje de generación.	79
4.3.4	Medidor de corriente de generación.	80
4.3.5	Salidas relés.	80

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		82
---------------------------------------	--	----

5.1	Conclusiones.	82
5.2	Recomendaciones.	83

BIBLIOGRAFÍA.	85
----------------------	----

ANEXOS

PRESENTACIÓN

En la actualidad el uso de la energía eléctrica está presente en muchas tareas de nuestra vida diaria, en la residencia, en el comercio, en la industria etc. La electricidad hace funcionar o controla la mayoría de aparatos modernos, y una interrupción en el suministro de fluido eléctrico puede tener muy serias consecuencias. Una avería accidental o intencional en cualquiera de los elementos del sistema distribución de energía puede producir la interrupción del servicio eléctrico.

Además, la existencia de lugares que carecen de energía eléctrica por el difícil acceso de la red de distribución proporcionada por una empresa eléctrica pública o privada, por consiguiente que una de las principales aplicaciones de los grupos electrógenos es la de actuar como fuente auxiliar o de reserva.

De allí la existencia de una gran variedad de grupos electrógenos existentes en el país que en unos casos todavía cuentan con un sistema de control basado en elementos electromecánicos que involucran complicados sistemas de cableado de gran tamaño y en otros casos presentan paneles electrónicos de procedencia extranjera que en el momento de una avería proporcionan inconvenientes en cuanto a reparación y mantenimiento del sistema obligando a la adquisición de uno nuevo.

Estos problemas sugieren un nuevo sistema de control basado en elementos electrónicos comunes que se puedan adquirir en el mercado nacional, este es el propósito del presente proyecto de titulación.

RESUMEN.

En este proyecto se presenta el diseño y construcción de un sistema electrónico que permita el arranque adecuado y con las debidas protecciones de fallas para un motor de combustión interna que forma parte de un grupo electrógeno.

En el capítulo 1, se definen los objetivos y alcance del presente proyecto además se expone las aplicaciones, principios, importancia, usos, clasificación, y características más relevantes de los grupos electrógenos.

En el capítulo 2, se presenta una descripción más detallada referente al funcionamiento y operación del sistema y de los diferentes subsistemas eléctricos, tanto en el generador como en el motor de combustión.

En el capítulo 3, se encuentra todo el proceso utilizado para el diseño y construcción del sistema planteado. Se ha diseñado un prototipo con una interfaz gráfica amigable al usuario.

En el capítulo 4, se presentan las pruebas y resultados luego de la implementación del mencionado sistema de control.

En el capítulo 5, se concluyen con los objetivos y alcances trazados para el desarrollo y ejecución de este proyecto además de ciertas recomendaciones que se deben seguir en la operación del sistema.

Finalmente se presenta la bibliografía, los anexos que a su vez incluyen el manual de usuario y los costos de materia prima en la elaboración del proyecto.

1. GRUPOS ELECTRÓGENOS

1.1 INTRODUCCIÓN

A pesar de las medidas adoptadas para la seguridad de servicio en las redes de alimentación de energía eléctrica, los cortes de energía no pueden evitarse completamente.

El corte del suministro normal puede deberse a fallas de distinta índole en el sistema eléctrico de potencia, que pueden producirse en la generación, transmisión, subtransmisión y distribución, muchas de ellas impredecibles.

Estos cortes de energía eléctrica, significan en la mayoría de los casos un problema importante en la alimentación para ciertos tipos de cargas que forman parte de una instalación determinada. Es por ello la necesidad, y en muchos casos indispensable, de disponer de un sistema de alimentación auxiliar o de emergencia, garantizando de este modo la continuidad del servicio eléctrico.

Los sistemas de emergencia o también conocidos con el nombre de grupos electrógenos están conformados básicamente por un motor de combustión interna y un generador eléctrico. El estudio del presente proyecto se enfocará al motor de combustión, el cual tiene incorporado un sistema de control para el arranque y protecciones del mismo que en muchos casos siguen presentando el antiguo sistema de control electromecánico, pretendiéndose remplazarlo por un nuevo sistema basado en la tecnología digital.

Con el desarrollo que han experimentado los microcontroladores, hoy en día cada vez son más las aplicaciones de estos elementos de tecnología digital, como por ejemplo en equipos de audio y video, telecomunicaciones, electrodomésticos, control industrial, informática, robótica, automovilismo etc.

Las características que presenta un sistema digital permite la implementación de un nuevo sistema de control de arranque, ya que reducen sustancialmente el tamaño del sistema, el equipo y cableado, aumenta la confiabilidad, son robustos, versátiles cuando se requieren cambios en las condiciones de control, consumen poca energía, ocupan poco espacio, son económicos y de fácil programación.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de esta tesis es realizar el diseño y construcción de una tarjeta electrónica de tipo general que permita el arranque adecuado con sus debidas protecciones de fallas para el motor de combustión interna que forma parte del grupo electrógeno.

Para esto se realizará el estudio de los sistemas de control de algunas de las marcas más representativas de los grupos de emergencia existentes en el país y de esta manera proporcionar con nuestro diseño las ventajas como:

- Poder contar con un diseño nacional.
- Facilidad y rapidez en la adquisición, reparación y mantenimiento de la misma.
- Reemplazar el antiguo sistema de control basado en elementos electromecánicos por un sistema electrónico.
- Disminuir el costo de las tarjetas dedicadas en base a microcontroladores.

Todo el control y supervisión de la tarjeta estarán dirigidos básicamente por un microcontrolador PIC 16f877A, de fácil adquisición y con gran apogeo en el mercado nacional.

1.3 GENERALIDADES SOBRE GRUPOS ELECTRÓGENOS.

1.3.1 EMPLEO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS.

Las instalaciones eléctricas en edificios en general y en industrias, incluyen circuitos que resultan particularmente exigentes en lo que se refiere a la continuidad y a la calidad de servicio de la energía eléctrica. Casos típicos son por ejemplo los sistemas de alumbrado en áreas de circulación de público, ascensores, alarmas, controles electrónicos, ordenadores incorporados a las unidades de fabricación, etc.

Podemos citar algunos casos críticos como en industrias químicas, donde un paro en el proceso o tratamiento puede significar la pérdida total o parcial de productos en curso de elaboración, en el caso de industrias de fabricación en serie; por deterioro de mercancías y productos, en el caso de industrias frigoríficas etc.

Peligro de vida humana como pueden suceder tanto en hospitales y quirófanos, centros de aglomeraciones y aeropuertos. Para cumplir con estas exigencias es necesario prever en las instalaciones, de un sistema auxiliar de generación eléctrica.

Estos grupos electrógenos también son necesarios en lugares donde es difícil el acceso o carecen de red de distribución de energía eléctrica proporcionada por una empresa eléctrica pública o privada, como es el caso de los campos de exploración y explotación de petróleo.

1.3.2 TIPOS DE GENERADORES.

En el mercado actual se pueden encontrar los siguientes tipos de generadores eléctricos:

- Generadores autoexcitados con regulación por unidad de control de voltaje (AVR)
- Generadores excitados por imán permanente (PMG) –controlados por AVR.
- Generadores controlados por transformador.

1.3.2.1 GENERADORES AUTOEXCITADOS CON REGULACIÓN POR UNIDAD DE CONTROL DE VOLTAJE (AVR). [1]

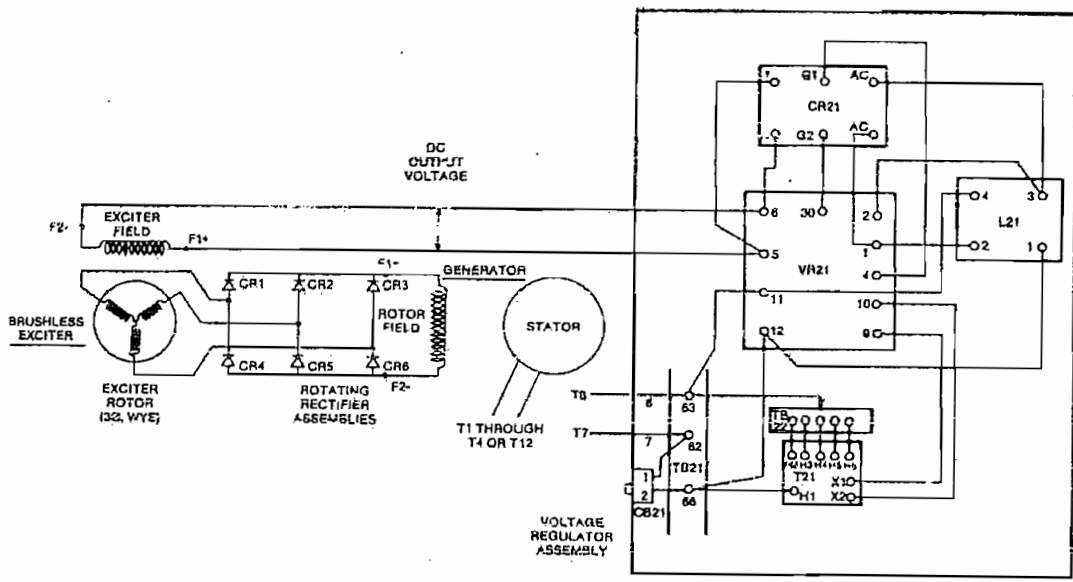


Figura 1.1 Generadores autoexcitados con regulación por unidad de control de voltaje (AVR)

El estator principal proporciona energía para la excitación del campo a través de la unidad de control de voltaje (AVR), que es el dispositivo para regular el nivel de excitación que requiere el campo según la carga aplicada. La AVR responde a la señal derivada de los devanados del estator principal. Al controlar la potencia baja del campo de excitación, se consigue el control de la potencia alta exigida por el campo principal mediante la salida rectificadora del estator de excitación.

La AVR detecta la tensión media entre dos fases para regular la tensión de salida dentro del margen establecido. Adicionalmente, detecta la velocidad del motor de accionamiento y proporciona una caída de tensión en proporción a la caída de frecuencia por debajo de un punto ajustable, evitando así una sobreexcitación y facilitando un alivio al motor de accionamiento en caso de golpes de carga.

La AVR puede añadir adicionalmente la protección contra sobrevoltaje cuando se emplea en conjunto con un interruptor externo montado en el cuadro de maniobras.

1.3.2.2 GENERADORES EXITADOS POR IMAN PERMANENTE (PMG) – CONTROLADOS POR AVR. [1]

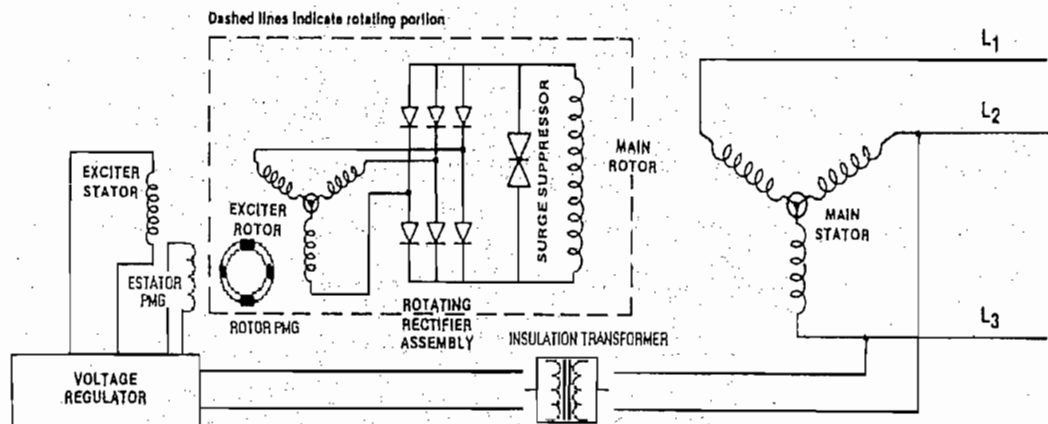


Figura 1.2. Generadores excitados por imán permanente (PMG) – controlados por AVR.

El imán permanente proporciona potencia al campo de excitación a través de la AVR, que es el dispositivo para regular el nivel de excitación que requiere el campo según carga aplicada. La AVR responde a la señal derivada, a través de un transformador de aislamiento, del devanado principal, se consigue el control de la potencia baja del campo de excitación, se consigue el control de la potencia alta exigida por el campo principal mediante la salida rectificadora del estator de excitación.

El sistema de imán permanente proporciona una fuente de excitación constante e independiente de la salida del estator principal, una alta capacidad en cuanto a arranque de motores eléctricos, así como una inmunidad a distorsiones de la forma de onda en salida del estator principal creadas por cargas no lineales, tales como, motores eléctricos de c.c controlados por tiristores, sistemas UPS, etc.

1.3.2.3 GENERADORES CONTROLADOS POR TRANSFORMADOR. [1]

El estator principal proporciona energía para excitar el campo de excitación por medio del transformador-rectificador. El transformador combina elementos de tensión y corriente derivados de la salida del estator principal para formar la base de un sistema de control de circuito abierto, el cual es de naturaleza autorregulador.

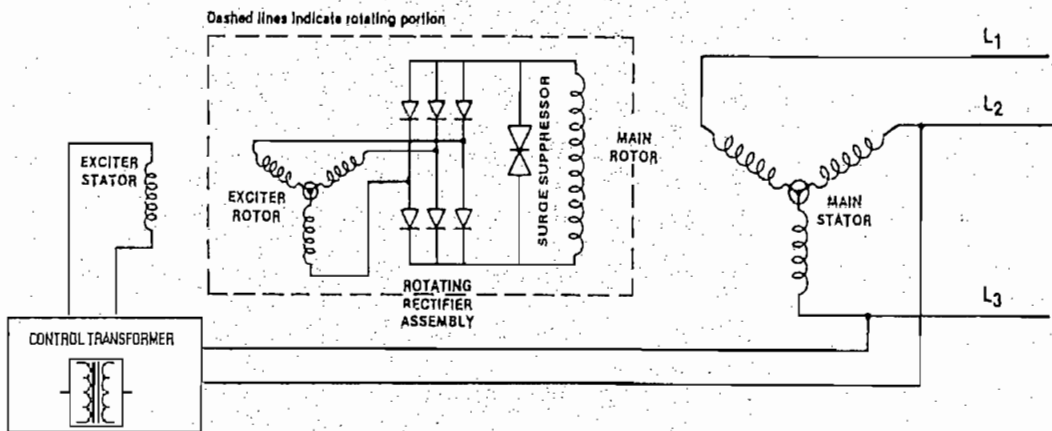


Figura 1.3. Generadores controlados por transformador.

El propio sistema compensa las magnitudes de intensidad y factor de potencia, mantiene la corriente de cortocircuito y tiene adicionalmente buenas características de arranque de motores eléctricos.

1.3.3 TEORIA DE FUNCIONAMIENTO DE GENERADORES.

1.3.3.1 PRINCIPIO DE GENERACIÓN. [2]

La electricidad puede producirse partiendo de distintos caminos. Siempre se trata de una transformación de energía, que puede ser química, térmica o mecánica.

Una de las muchas formas de producir electricidad, y la que mayor importancia tiene desde el punto de vista industrial es la que se basa en cortar un campo magnético con un conductor.

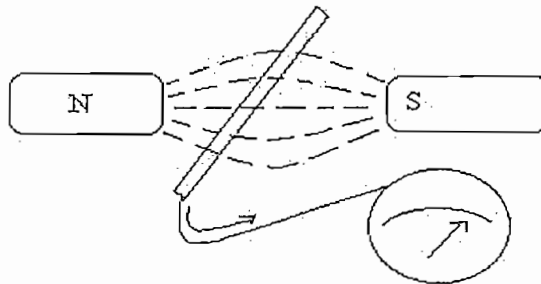


Figura 1.4. Generación de electricidad.

Si el conductor que aparece en la figura 1.4, se mueve hacia abajo, la aguja del galvanómetro, en virtud de la corriente "inducida" en el mismo, se moverá en un sentido; si el conductor se mueve hacia arriba, la aguja se desplazará en sentido opuesto, finalmente si se aplica al conductor un movimiento de vaivén en sentido vertical la aguja se moverá más rápido de derecha a izquierda.

Se ha producido una corriente eléctrica moviendo el conductor o el imán en sentido "perpendicular" a las líneas de fuerza magnéticas, mas no si se mueven en sentido paralelo.

Este voltaje o fuerza electromotriz inducida FEM, tiene un determinado valor que depende de varios factores. En primer lugar se puede observar que dependiendo de que tan rápido se mueve el conductor, aumentará el desplazamiento de la aguja, esto indica que el voltaje inducido aumenta con la velocidad de

desplazamiento del conductor respecto al campo. Luego se puede cambiar el imán por uno más potente, es decir de campo magnético más intenso, se observa que también aumenta el voltaje. Por último, si en vez de un conductor se hace que el campo sea cortado por varios conductores unidos en serie, también se notará un aumento de la FEM.

Resumiendo entonces, el valor de la fuerza electromotriz inducida es directamente proporcional a la velocidad de desplazamiento del conductor respecto al campo magnético, a la intensidad del campo y al número de conductores que lo cortan, resultando la siguiente ecuación:

$$FEM = E = 4.44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi_m \cdot K_d \cdot K_c \quad (1.1)$$

donde:

f = frecuencia en hz.

N = número de espiras del devanado de inducido o fase.

Φ_m = flujo de excitación producido por el devanado de campo.

K_d, K_c = son constantes de proporcionalidad.

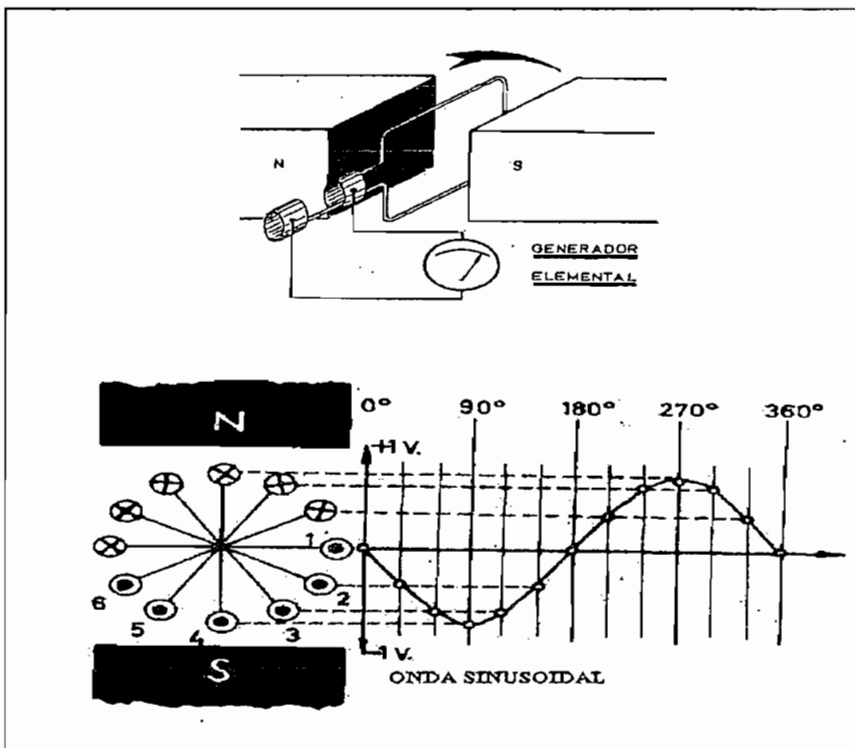


Figura 1.5 Generador elemental.

El sentido del flujo de la corriente inducida está determinado por el del movimiento relativo entre el conductor y campo magnético. En la figura 1.5 se puede observar que el generador elemental invierte la polaridad de la FEM cada vez que pasa por 0° y 180° esto se debe al sentido de movimiento del conductor respecto al campo magnético. También se puede ver que mientras más se acerca a los puntos del campo al flujo (perpendicular a él) es mas fuerte y por lo tanto el voltaje será V_{max} , caso contrario cuando se va alejando y poniéndose en sentido paralelo al mismo su FEM tendrá el valor 0.

Estos conceptos anteriores, son en esencia, la base de todos los generadores, desde los más pequeños que sirven para alimentar un farol de bicicleta, hasta los más grandes que permiten la actividad de toda una ciudad.

En los generadores prácticos y en estudio, el conductor se mantiene fijo (estator) y se hace girar el campo magnético(rotor), pero la fuerza mecánica para mover el rotor es dada a través de un motor extra (motor de combustión)el mismo que para su correcto arranque y normal funcionamiento será provisto de ciertas supervisiones, controles y alarmas las cuales serán parte de este estudio.

1.3.3.2 CONTROL DEL VOLTAJE DE GENERACIÓN. [3]

El voltaje generado en un generador trifásico es:

$$V_g = V_{max} \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \quad (1.2)$$

Donde la amplitud máxima de voltaje $V_{max} = E_1$ de la ecuación (1.1)

$$V_g = 4,44 \cdot N \cdot \Phi_m \cdot f \cdot K_d \cdot K_c \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t) \quad (1.3)$$

Si la velocidad del motor esta relacionada con la frecuencia por la expresión:

$$W_g = 120 \cdot f / p$$

Donde

W_g = velocidad del rotor en RPM.

f = Frecuencia del motor en hz.

p = Número de polos.

Si el número de espiras es un valor fijo dado por la construcción física de la máquina donde:

$$K_2 = 4,44 * K_d * K_c * N \quad (1.4)$$

entonces

$$V_g = K_2 * \Phi_m * W_g * \text{sen}(2 * \pi * f * t) \quad (1.5)$$

En la ecuación (1.5) se observa que el voltaje de generación dependerá básicamente de la velocidad de la máquina y del flujo de excitación. Si mantenemos la velocidad del motor de combustión constante y por acoplamiento la misma en el el generador, tendremos que:

$$K_3 = W_m * K_2 \quad (1.6)$$

por lo tanto

$$V_g = K_3 * \Phi_m * \text{sen}(2 * \pi * f * t) \quad (1.7)$$

Pero como la inyección de corriente continua a través de los bobinados de campo establece una corriente de excitación, la cual cambia el flujo del campo en el entre hierro y si el motor opera en la parte lineal de la curva de magnetización hay una relación lineal entre el flujo y la corriente de campo

$$\Phi_m = k_f * I_{ex} \quad (1.8)$$

k_f = constante

I_{ex} = corriente de excitación.

quedando

$$V_g = K_3 * I_{ex} * \text{sen}(2 * \pi * f * t) \quad (1.9)$$

Donde se puede concluir que es posible lograr que el voltaje de salida de un generador se mantenga constante variando la corriente de excitación, I_{ex} como se puede ver en la figura 1.6.

La excitatriz es un generador trifásico de corriente alterna de campo excitador estacionario e inducido rotatorio. La salida de la excitatriz se aplica a un rectificador trifásico de onda completa tipo puente, que se monta sobre una estructura rotórica y gira con el eje común del inducido del alternador excitador y

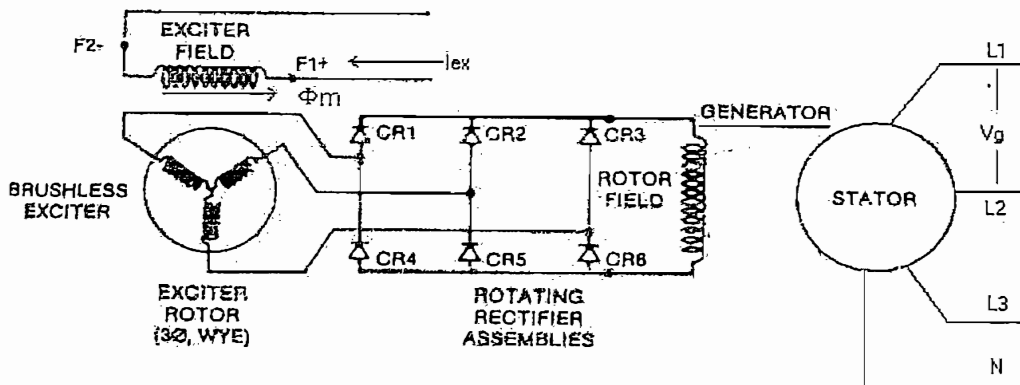


Figura 1.6 Sistema de generación.

el campo del generador principal. El rectificador suministra la potencia de corriente continua al campo del generador principal. Los devanados principales del generador (inducido principal) y el del campo auxiliar (campo de la excitatriz) son estacionarios.

El control o regulación del voltaje de generación se efectúa variando la corriente continua que circula por el devanado del campo desde la excitatriz auxiliar. Este devanado se alimenta generalmente con voltajes de 60 o 120 voltios, y con intensidades de excitación que por lo general son de menores a 5 A. Esta es una ventaja importante, porque permite la utilización de reguladores automáticos con potencia y tamaño reducido.

Para obtener a la salida del rectificador una señal prácticamente de corriente continua pura es necesario trabajar con una frecuencia alta en el voltaje inducido

en la excitatriz de corriente alterna, lo que trae consigo que el campo auxiliar sea construido con un número mayor de polos (mayor a 10), en comparación con el número de polos del campo principal que en general son de 4 polos para una velocidad de 1800 RPM.

La intensidad de la corriente continua para los campos principales se encuentra entre 30 y 150 AMPS.

1.4 PARTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.

Un grupo electrógeno esta conformado de los siguientes componentes:

- Motor diesel.
- Generador.
- Sistema de regulación y control de generación.
- Sistema de protección y alarmas.
- Sistema de medida.

1.4.1 MOTOR A DIESEL.

El motor diesel es por muchas razones, la máquina motriz empleada en los grupos generadores de emergencia. Su robustez y moderada velocidad de rotación lo hacen particularmente apto para servicios de larga duración. El combustible es económico y no explosivo, por lo que podemos almacenarlo fácilmente.

1.4.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El motor Diesel es una máquina de combustión interna de encendido por compresión y temperatura, en la cual la energía química de la combustión se con

vierte en trabajo dentro de los cilindros del motor.

En este tipo de motor, se comprime aire dentro de los cilindros; luego, cuando el aire ha sido comprimido, se inyecta una carga de combustible finamente atomizado dentro del cilindro y la ignición se logra por el calor producido por la compresión del aire. El intervalo en que se repiten las fases de funcionamiento del motor es un ciclo, el ciclo puede ser de dos tiempos y de cuatro tiempos.

1.4.1.2 ESQUEMA DEL MOTOR DIESEL. [5]

El motor Diesel esta compuesto de un grupo de componentes principales, del aparato de inyección y de los componentes auxiliares.

Los componentes principales forman la parte motriz propiamente dicha y son:

1. -La estructura fija, que comprende la bancada, los bastidores, el cilindro con la camisa y la culata.
2. -Los componentes del sistema biela-manivela, que comprende el pistón, el vástago, /la biela, el eje de cigüeñales y los cojinetes.
3. - Los componentes de la distribución con sus correspondientes accionamientos.

El aparato de inyección que sirve para llevar el combustible dentro de la cámara de combustión, está compuesto esencialmente de la bomba de inyección, de los pulverizadores y de otros accesorios.

Los componentes auxiliares son aquellos que constituyen los circuitos de refrigeración y lubricación, el sistema de arranque y de maniobra, los compresores para la sobrealimentación y barrido, los filtros y otros accesorios del motor.

A continuación se presenta la distribución de las partes del motor utilizado para el desarrollo del presente proyecto. Se contó con un motor de la marca PERKINS como se puede ver en la figura 1.7.

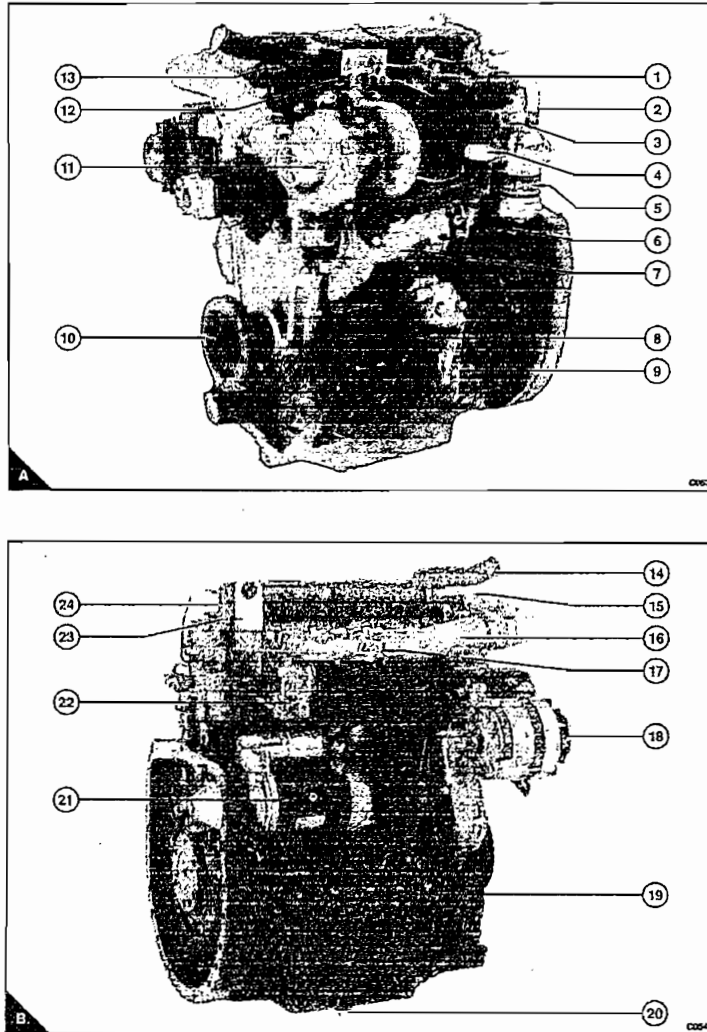


Figura 1.7 Generador en uso.

Lados laterales e izquierda del motor t3.1524.

- 1 Atomizador.
- 1 Tubo de derrame para atomizador.
- 2 Múltiple de escape.

- 3 Tapa de llenado para aceites lubricantes.
- 4 Filtro de combustible.
- 5 Tapón de drenaje para bloque de cilindros.
- 6 Bomba de inyección de combustible.
- 7 Varilla medidora para aceite lubricante del motor.
- 8 Filtro del aceite lubricante.
- 9 Polea del cigüeñal.
- 10 Turboalimentador.
- 11 Soporte delantero de elevación.
- 12 Caja de termostato.

Lado derecho y trasero del motor T3.1524.

- 13 Salida de agua.
- 14 Tubo de ventilación.
- 15 Múltiple de inducción.
- 16 Cebador.
- 17 Alternador.
- 18 Colector de aceite lubricante.
- 19 Tapón de drenaje para aceite lubricante.
- 20 Arrancador.
- 21 Bomba alimentadora de combustible.
- 22 Soporte trasero de elevación.
- 23 Cubierta de balancín.

1.4.1.3 DATOS DEL MOTOR EN PRUEBA.

Numero de cilindros.

-D3.152.....3

-3.15224,T3.1524.....3

Disposición de cilindros.....En línea

Ciclo.....De cuatro tiempos

Sistema de inducción

-D3.152,3.1524.....	Aspirado naturalmente
-T3.1524.....	Turboalimentado
Sistema de combustión	Inyección directa
Alesaje nominal.....	91.44 mm
Carrera.....	127.0mm
Relación de compresión:	
-D3.152.....	18.5:1
-3.1524.....	16.5:1
-T3.1524.....	15.5:1
Capacidad cúbica.....	2,5 litros
Orden de encendido.....	1,2,3
Presión de aceite lubricante (mínima a la velocidad Máxima y la temperatura normal del motor).....	
	207 Kn/m 2,1 Kgf/cm
Sentido de rotación.....	Hacia la derecha desde delante

1.4.1.4 PRECAUCIONES PARA ARRANCAR UN MOTOR DIESEL. [5]

Varios factores afectan el arranque de un motor por ejemplo:

- La potencia de las baterías.
- El rendimiento del arrancador.
- La viscosidad del aceite lubricante.
- La instalación de un sistema de arranque en frío.

Los motores diesel necesitan de una ayuda de arranque en frío. Si se tiene que arrancarse en condiciones muy frías, es necesario la implementación de sistemas como:

- Precalentador.
- Calentador de lumbrera.
- Start pilot.

El mejor grupo de emergencia perderá su eficiencia si durante el establecimiento del proceso no se pone la atención suficiente a los servicios auxiliares y a los accesorios. En este dominio hay que considerar, además de la alimentación de carburante y el arranque, la importancia de la refrigeración, así como de las canalizaciones de aire comburente y de los gases de escape.

1.4.1.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL MOTOR. [5]

Es muy importante en un motor de combustión llevar presente los periodos de mantenimiento preventivo.

Cuando la operación del motor tiene que conformarse a los reglamentos locales estos periodos y los procedimientos pueden necesitar ser adaptados para la operación correcta del motor. Es por esto la necesidad del horómetro dentro de los requerimientos del mismo.

Sin embargo que no es el objetivo de este proyecto, es necesario que se conozca el programa de mantenimiento para evitar daños mayores, incluyendo el sistema a ser diseñado.

A Primer servicio después de 25/50 horas.

B Todos los días o cada 8 horas.

C Cada 200 horas ó 4 meses(3.1524, T3.1524).

D Cada 250 horas ó 4 meses(D3.152).

E Cada 400 horas ó 12 meses (3.1524, T3.1524)

F Cada 500 horas ó 12 meses (D3.152).

G Cada 800 horas ó 12 meses (3.1524, T3.1524).

H Cada 2400 horas (3.1524, t3.1524).

I Cada 2500 horas (D3.152).

TABLA DE HORAS ANEXO C.

1.4.2 GENERADOR.

Los generadores sincrónicos modernos, y en especial el utilizado en el presente estudio poseen sistemas de excitación sin escobillas llamados "Brushless generators", que los hacen más confiables y fáciles de mantener (figura 1.8).

En la mayoría de los generadores sincrónicos se puede aplicar el método de autoexcitación para obtener la corriente que demanda la máquina en su funcionamiento.

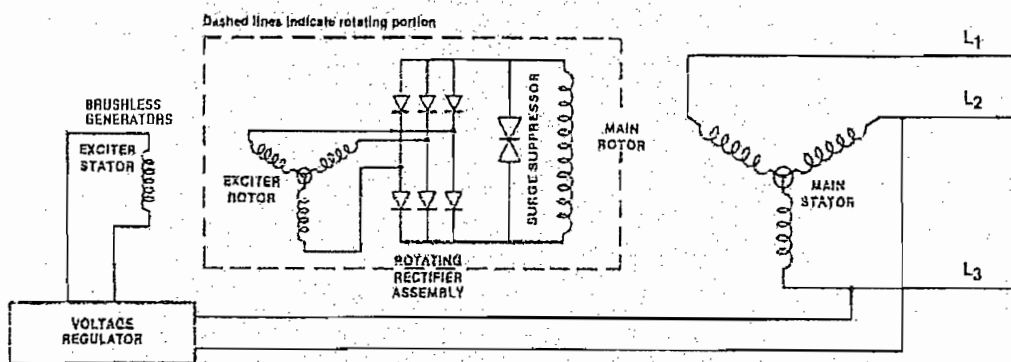


Figura 1.8 Generador Brushless.

1.4.2.1 AUTOEXITACIÓN

En los generadores autoexcitados, parte del voltaje generado se emplea para alimentar los campos del mismo generador tal como se observa en la figura 1.9.

Los campos del generador poseen un núcleo de hierro dulce que teóricamente no retienen el magnetismo, en la práctica estos núcleos están ligeramente imantados. Este campo magnético permanente si bien es muy débil genera un pequeño voltaje en bornes de la máquina debido a la remanencia del campo que no sobrepasa de los 10 voltios, sin embargo es suficiente para iniciar el proceso de realimentación que lleva a la máquina a la excitación plena.

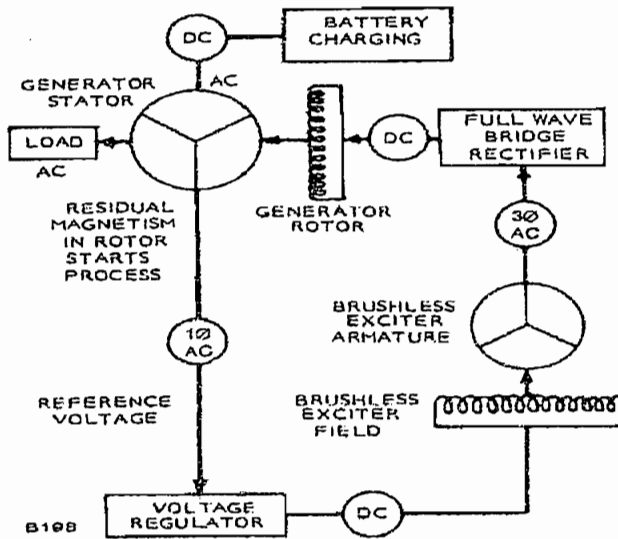


Figura 1.9 Principio básico de autoexcitación.

Para el desarrollo y estudio del presente proyecto se contó con un generador STAMFORD de las siguientes características:

STAMFORD					
AC GENERATORS FROM					
NEWAGE INTERNATIONAL					
TYPE	UC1274D1	SERIAL No	6950582470	PHASE	3
KW	105	AVR	SX460	STATOR	311
PF	08	KVA	131.25	STATOR CON	WYE
VOLTS	220	RPM	1800	INS CLASS	H
RATING	STBY	AMPS	345	AMB TEM	40 C
BSS000/IEC 341/NEMA MG122					
MAUFACTURED IN U.S.A					

Figura 1.10 Datos de placa del generador en estudio.

1.4.2.2 PARTES DEL GENERADOR. [1]

En la siguiente figura 1.11a se grafican las partes más importantes del generador utilizado para el estudio.

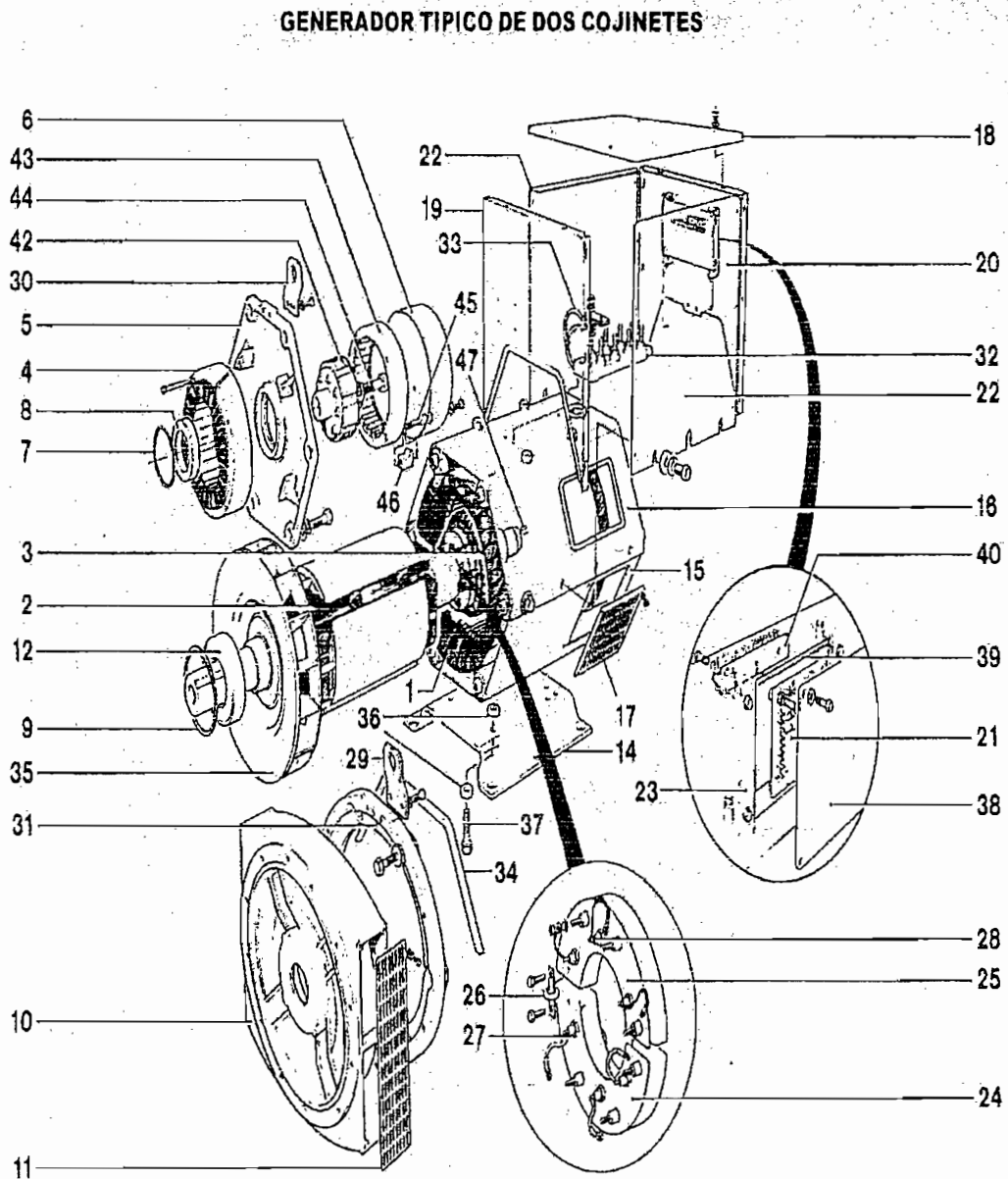


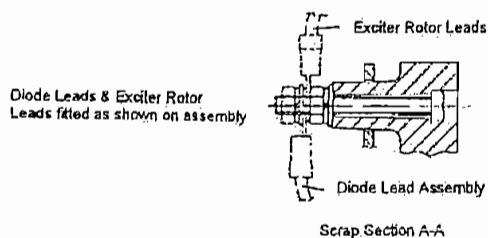
Figura 1.11 a. Partes del generador.

**RELACION DE PIEZAS
GENERADOR TIPICO DE DOS COJINETES**

Ref. Ilustración	Descripción	Ref. Ilustración	Descripción
1	Estator	25	Conjunto rectificador - parte inversa
2	Rotor	26	Varistor
3	Rotor de excitación	27	Diódo - positivo
4	Estator de excitación	28	Diódo - inverso
5	Soporte L.N.A	29	Orejeta para izar L.A.
6	Sombrete metálico L.N.A	30	Orejeta para izar L.N.A.
7	Aro tórico del cojinete L.N.A	31	Anillo de adaptación entre carcasa/ soporte L.A.
8	Cojinete L.N.A.	32	Placa de bornes principales
9	Arandela ondulada del cojinete L.A.	33	Puente de bornos
10	Soporte L.A.	34	Cubrejunta longitudinal
11	Rejilla L.A.	35	Ventilador
12	Cojinete L.A.	36	Espaciador de montaje del apoyo
13		37	Tornillo de sujeción del apoyo
14	Apoyo	38	Tapa de acceso a la AVR
15	Panel de carcasa, parte inferior	39	Conjunto antivibratorio de montaje de la AVR
16	Panel de carcasa, parte superior	40	Regleta auxiliar
17	Rejilla de entrada de aire	41	Anillo del escudo delantero L.A.
18	Tapa de la caja de bornes	42	Rotor de excitación del PMG
19	Panel delantero, L.A.	43	Estator de excitación del PMG
20	Panel trasero, L.N.A.	44	Perno pasador del PMG
21	AVR	45	Espárrago de fijación del PMG
22	Panel lateral	46	Sujetador del PMG
23	Soporte de montaje de la AVR	47	Chaveta del PMG
24	Conjunto rectificador - parte positiva		

L.N.A. Lado no accionamiento
L.A. Lado accionamiento
PMG Imán permanente
AVR Unidad Control de Voltaje

CONJUNTO RECTIFICADOR GIRATORIO



Ref. Ilustración	Descripción	Cantidad
1	Cubo	1
2	Soporte	2
3	Diódo (positivo)	3
4	Diódo (inverso)	3
5	Tornillo hex.	6
6	Tuerca hex.	6
7	Arandela lisa	8
8	Arandela de retención	8
9	Varistor	1
10	Tornillo hex.	2

NOTAS:
Montaje de los diódos.

1. Untar la parte inferior de los diódos con un compuesto de silito Midland tipo MS2623. Este compuesto, no debe aplicarse a las roscas de los diódos.
2. La presión de apnete de los diódos es de 2,03 - 2,37 Nm.
3. Para el conjunto rectificador NUPART, véa página 33

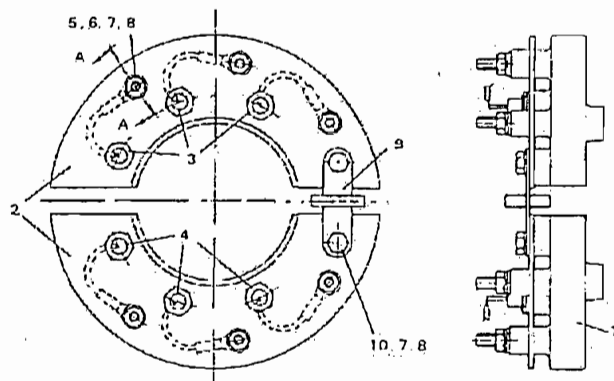


Figura 1.11 b Partes del generador.

1.4.2.3 INSTALACIÓN Y PRECAUCIONES. [6]

Como se dijo anteriormente, sin embargo que no es el propósito del presente trabajo es necesario anotar ciertos principios básicos en cuanto a la instalación y precauciones en un generador.

1.4.2.3.1 MEDIDORES Y CABLEADO DE PRUEBAS

Conectar cualquier cableado de instrumento que se requiere para las pruebas iniciales con conectores permanentes o con abrazaderas de resorte.

Los instrumentos mínimos para las pruebas deberían ser un voltímetro entre fases o entre fase neutro, un amperímetro, un frecuencímetro y opcionalmente se podría poner un vatímetro un velocímetro y si se emplea carga reactiva, conviene utilizar un cosfímetro.

1.4.2.3.2 PUESTA A TIERRA

En caso de que fuese necesario operar la máquina con el neutro conectado a tierra, es preciso conectar un conductor grueso de tierra (normalmente, equivalente a la mitad de sección de los conductores de línea).

1.4.2.3.3 PUESTA EN PARALELO

El entendimiento de las explicaciones sobre la puesta en paralelo es útil, antes de la instalación del equipo de puesta en paralelo y el ajuste de la caída de tensión.

Al operar en paralelo con otros generadores o con la red, es indispensable que la secuencia de fases del generador entrante corresponda a la barra colectora y que cumpla también con todas las condiciones siguientes:

- 1.Las frecuencias deben ser iguales.
- 2.Tensiones en vacío y caída de tensión con carga deben ser idénticas.
- 3.Los ángulos de fase de los voltajes deben ser iguales.

Para asegurar que se cumplan estas condiciones, pueden utilizarse una variedad de métodos desde sencillas lámparas sincronizadoras hasta equipos de sincronización completamente automáticos.

Una vez que se haya conectado en paralelo, se necesita un mínimo de instrumentos para cada generador, a saber: voltímetro, amperímetro, vatímetro (para medir la potencia total de cada generador), así como la frecuencia para ajustar los mandos del motor y generador para el reparto de KVAR en relación con la potencia del generador.

Es importante saber que:

- 1.Los KW proceden del motor, y las características del regulador de velocidad determinan el reparto de KW entre los grupos electrógenos.
- 2.Los KVAR proceden del generador, y el control de excitación determina el reparto de KVAR.

1.4.3 SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE GENERACIÓN.

El voltaje en bornes del generador se regula mediante un sistema de realimentación que varía la corriente de excitación del campo en respuesta a cambios en la carga. Cuando hay cambios repentinos en la carga, el regulador debe restaurar el voltaje del generador al valor con prontitud y sin oscilaciones prolongadas.

La regulación automática del voltaje se realiza mediante el regulador automático de voltaje (AVR); cuyos elementos básicos son:

Un **circuito de sensing** o muestreo, el cual mide y realimenta en todo momento las condiciones del voltaje en bornes del generador y detecta cualquier alteración ante los cambios de carga.

Un **circuito detector de error**, que compara el voltaje del generador con un voltaje de referencia que representa el valor deseado para el voltaje en bornes del generador.

Un **circuito controlador**, que realiza la acción de control correctora, tomando como entrada la señal de error actuante que entrega el detector de error y produciendo una salida que afecta directamente la corriente de excitación del campo, de manera que el error o diferencia inicial tenga la tendencia a anularse y las condiciones de voltaje en la carga se igualen con las de referencia.

1.4.4 CIRCUITO DE PROTECCIÓN Y ALARMAS

Todo grupo electrógeno debe tener un mínimo de protecciones para evitar posibles daños en la máquina o en los equipos asociados. El sistema de protección y alarmas de un grupo electrógeno está formado por: instrumentos e indicadores electrónicos, interruptores para la operación y protección; y elementos de señalización y alarmas.

Para su mejor comprensión aquí se lo divide en:

- a. Circuito de protección y alarmas de motor diesel.
- b. Circuito de protección y alarmas del generador.

1.4.4.1 CIRCUITOS DE PROTECCIÓN Y ALARMAS DEL MOTOR DIESEL

Las señales de protección y alarmas estandarizadas son:

- . Parada por baja de presión del aceite lubricante.

- . Parada de emergencia.
- . Parada por alta temperatura de agua refrigerante.
- . Parada por sobre velocidad del motor.
- . Parada por bajo nivel del refrigerante.
- . Parada por sobre arranque del motor (overcrank).

El circuito de protección y alarmas del motor diesel deberá realizar dos acciones básicas:

1. Parar el motor; y
2. Producir una señal de alarma que anuncie la falla

Las señales de alarma son generalmente de dos tipos:

- . Luminosas; y
- . Acústicas.

Las señales luminosas se implementan por medio de pilotos de señalización (indicadores de alarma). Estos indicadores de falla se usan para denotar la presencia de una falla y deben ser intermitentes para llamar la atención del operador. Cuando el sistema de control detecta una falla, el indicador que corresponde a la falla titila; el motor es detenido, si esta funcionando, y no se permitirá que arranque. Para las señales acústicas se emplean sirenas intermitentes de gran intensidad sonora, las cuales se disponen para desconexión manual o desconexión automática retardada.

En grupos electrógenos de fabricación reciente se han implementado paneles electrónicos de prealarma. Las prealarmas son útiles en instalaciones críticas para indicar una condición en deterioro, antes de que ocurra una parada forzosa.

De esta forma, el operador podrá corregir la situación evitando una parada innecesaria de la unidad o si es del caso, programándola sin causar contratiempo.

Las principales prealarmas que se implementan en los grupos electrógenos son:

- a. Prealarma por alta temperatura del refrigerante del motor.

- b. Prealarma por baja temperatura del refrigerante del motor.
- c. Prealarma por baja presión del aceite lubricante.
- d. Prealarma de bajo nivel del agua de refrigeración en el tanque del radiador.
- e. Prealarma de bajo nivel del aceite lubricante en el depósito del cárter.
- f. Prealarma de bajo nivel del combustible en el tanque de almacenamiento.
- g. Prealarma por mal funcionamiento del cargador de baterías.
- h. Otras.

1.4.4.2 CIRCUITO DE PROTECCIÓN Y ALARMAS DEL GENERADOR .

Por protección tanto del equipo como del personal, un generador debe contar con mínimo de protecciones para evitar daños en los equipos o elementos asociados.

Las protecciones de un generador se implementan dependiendo si la máquina trabaja independientemente o en paralelo. Las protecciones necesarias para operación independiente son:

Básicas:

- Protección de sobrecarga y cortocircuito por medio de un interruptor automático.

Opcionales:

- Protección de sobrevoltaje.
- Protección de bajo voltaje.
- Protección de sobre frecuencia.
- Protección de baja frecuencia.
- Protección de temperatura.

2 SISTEMA DE CONTROL.

2.1 GENERALIDADES.

En vista que el objetivo de este proyecto es realizar el estudio para una posible sustitución de los tableros de control de los grupos de emergencia basados en elementos electromecánicos por un nuevo diseño, que emplee un microcontrolador y elementos modernos de interfaz hombre -máquina.

En un tablero básico de control de un generador (figura 2.1) se pueden encontrar las siguientes partes:

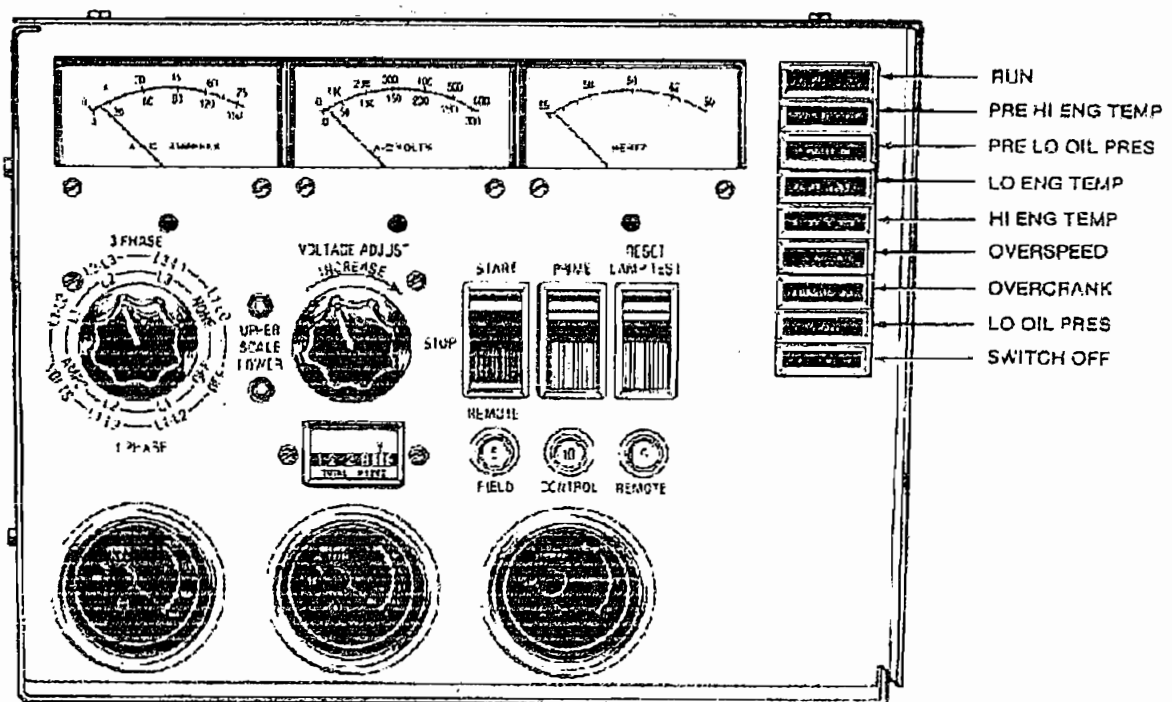


Figura 2.1 Tablero de control electromecánico.

Visores de aguja para:

- Voltaje de la batería.
- Voltaje de generación.

- Corriente de generación.
- Presión del aceite lubricante.
- Temperatura del líquido refrigerante.
- Frecuencia y/o velocidad.
- Horómetro.

Luces indicadoras de:

- Condiciones de funcionamiento.
- Fallas y prefallas.

Interruptores y pulsantes para:

- Controles de mando.
- Prueba de luces.
- Parada de emergencia.
- Pre calentamiento.

2.2 FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

Dentro de las principales funciones que tiene un sistema de control básico son las siguientes:

- Control de arranque y parada normal de la máquina.
- Supervisión y parada tanto por falla como emergente del motor.
- Facilitar la detección de fallas a través de un panel de señalización y alarmas.
- Visualización de los parámetros de operación del motor.

Este sistema está dividido en dos subsistemas para su cumplimiento:

- Subsistema de medición.
- Subsistema eléctrico del motor diesel.

2.2.1 SUBSISTEMA DE MEDICIÓN.

Los instrumentos de medida en los grupos electrógenos en estudio son fundamentales para un buen servicio, supervisión y vigilancia del correcto funcionamiento del grupo.

Este sistema de medición del grupo de emergencia se divide en:

- Mediciones en el generador.
- Mediciones en el motor diesel.

2.2.1.1 MEDICIONES EN EL GENERADOR.

Los instrumentos mínimos para las mediciones en la parte de generación deberían ser un voltímetro entre fases o entre fase neutro (V), un amperímetro(A), un frecuencímetro(hz.) y opcionalmente se podría ponerse un vatímetro(W) un velocímetro y si se emplea carga reactiva, conviene utilizar un cosfímetro(ϕ).

2.2.1.2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN.

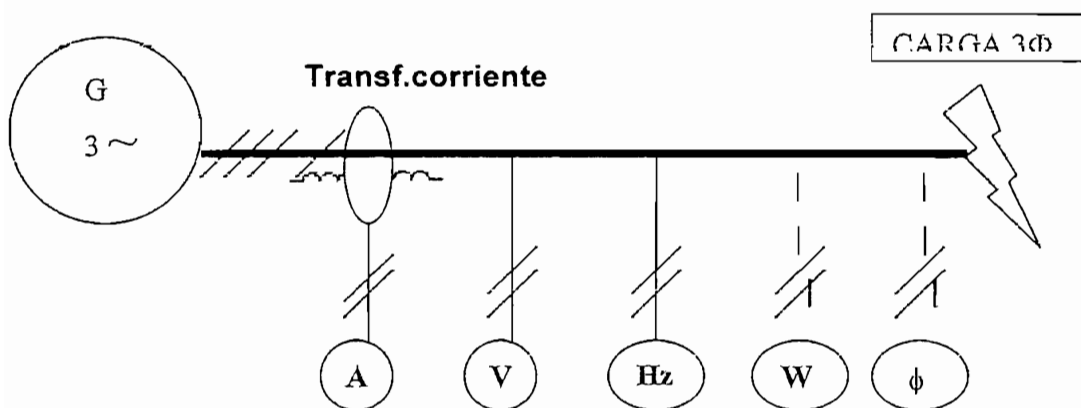


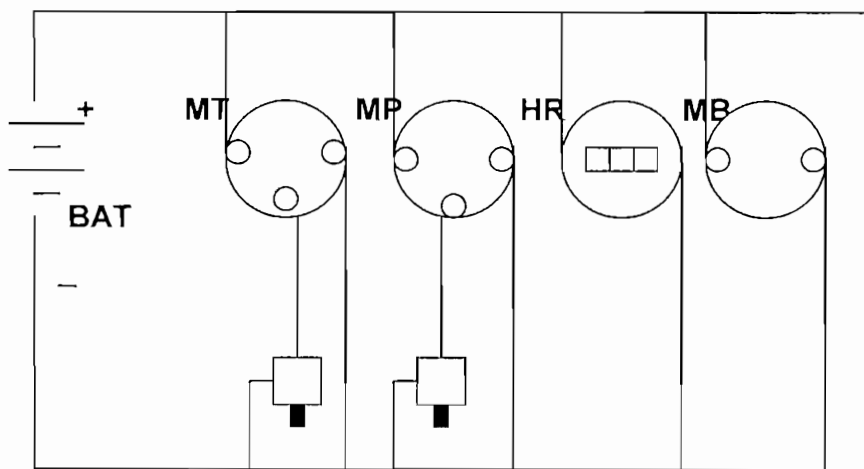
Figura 2.2 Diagrama unifilar de conexionado en el generador.

2.2.1.3 MEDICIONES EN EL MOTOR DIESEL.

Los instrumentos mínimos para las mediciones en la parte del motor diesel deberían ser:

- Medidor de presión de aceite.
- Medidor de temperatura del refrigerante.
- Medidor de voltaje en el banco de baterías.
- Medidor de la velocidad del motor.
- Horómetro.

2.2.1.4 DIAGRAMA DE CONEXIÓN.



MT = MEDIDOR DE TEMPERATURA.

MP = MEDIDOR DE PRESION.

HR = HOROMETRO.

MB = MEDIDOR DE VOLTAJE DE BATERIA.

Figura 2.3 Diagrama de conexionado en el motor de combustión.

2.2.2 SISTEMA ELÉCTRICO DEL MOTOR DIESEL.

En sí, los motores diesel no requieren de ningún sistema eléctrico para su funcionamiento. Sin embargo y por la necesidad de un encendido más fácil y una operación más confiable y segura, se incorporan a estos motores un sistema de arranque eléctrico, circuitos de protección y alarmas, ayudas de arranque y un sistema de carga de baterías.

El sistema eléctrico del motor consiste básicamente de los componentes y de la instalación necesaria para hacer girar al motor, suministrar el combustible y apagar el motor en caso de temperatura elevada del refrigerante, baja presión del aceite de lubricación, o en sobrevelocidad.

2.2.2.1 CIRCUITO DE CARGA DE BATERÍAS.

Debido a que unos de los factores de mucha importancia para el arranque de un motor es la potencia de las baterías, es conveniente un circuito de cargas de ellas, que se realiza mediante el alternador por lo cual se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Tener cuidado que las baterías no se descarguen a través del alternador, cuando el motor no este funcionando y a demás tener mucho cuidado en el momento del apagado con la corriente que entrega la excitatriz del alternador.

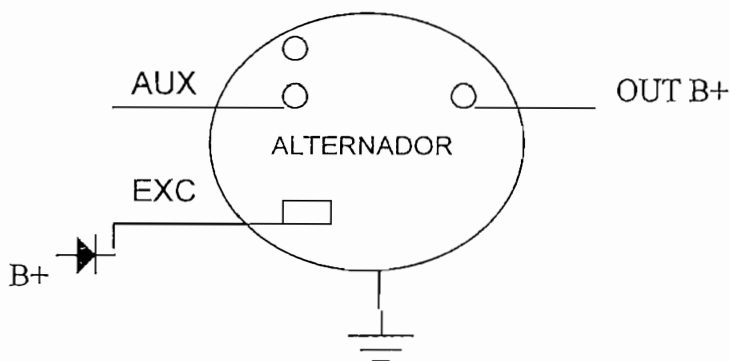


Figura 2.4 Alternador para carga de baterías.

- AUX :Es una señal auxiliar que entrega el alternador.
 EXC :Es la entrada de alimentación para la excitatriz interna del mismo.
 OUT B+ :Es la salida de voltaje rectificada para la carga de baterías.

2.2.2.2 SUBSISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.

Este subsistema(figura 2.5), es el facultado de encender o apagar la válvula solenoide de combustible(FS). Esta válvula está constituida por un actuador de electroimán de corriente continua alimentado por la batería. Se instala en la línea de alimentación de combustible a la entrada o a la salida del gobernador y después de la bomba de diesel, garantizando así el paso o no de combustible.

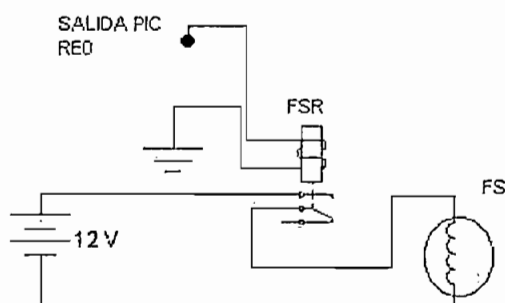


Figura 2.5 Sistema de inyección de combustible.

El control de esta válvula es de mucha importancia porque influye directamente en el encendido o apagado de la máquina.

2.2.2.3 SUBSISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE.

Este tipo de subsistema es solo adicional en motores que sean provisto de la válvula solenoide de aire(AS). Este dispositivo(figura 2.6), diseñado para operar el motor a una emergencia, consta básicamente de una válvula accionada por un electroimán, montada sobre la cubierta de admisión de aire.

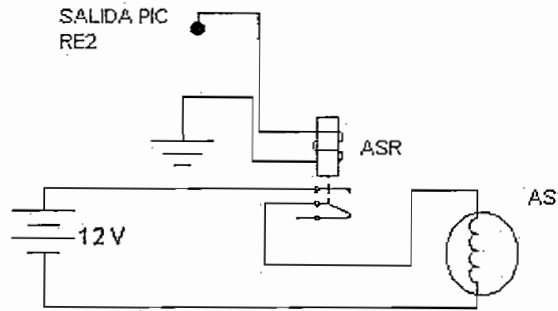


Figura 2.6 Sistema de inyección de aire.

La válvula se mantiene normalmente abierta mediante un mecanismo de retención.

2.2.2.4 SUBSISTEMA DE PRECALENTAMIENTO.

Los motores a diesel necesitan una ayuda de arranque en frío si se tiene que arrancar en condiciones muy frías, es por esto la utilización de unas niquelinas como precalentadores (figura 2.7), que encienden una cantidad específica de combustible diesel en el múltiple de inducción.

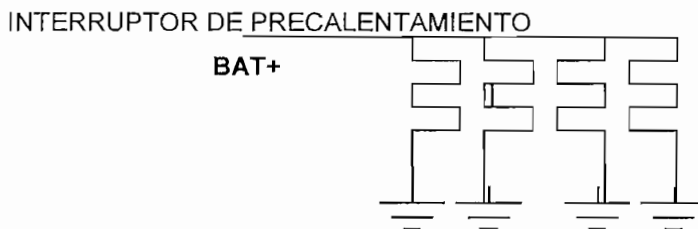


Figura 2.7 Sistema de precalentamiento.

2.2.2.5 SUBSISTEMA DE ARRANQUE.

El sistema de arranque eléctrico es el más empleado actualmente para generadores. Es compacto, cómodo robusto y confiable, además es el más recomendable para cualquier aplicación ya sea con sistemas de arranque manual o automático y consiste básicamente de los siguientes dispositivos:

- Motor eléctrico de CC.
- Piñón impulsor.
- Interruptor magnético.
- Interruptor de arranque.
- Banco de baterías.

2.2.2.5.1 MOTOR DE ARRANQUE.

Consta básicamente de un motor eléctrico de corriente continua muy robusto, para funcionar en cortos periodos y trabajar con corrientes de cientos de amperios, lo suficiente para dar el primer impulso giratorio al motor de combustión, mediante el engranaje de los dos motores por medio del interruptor electromagnético (figura 2.7).

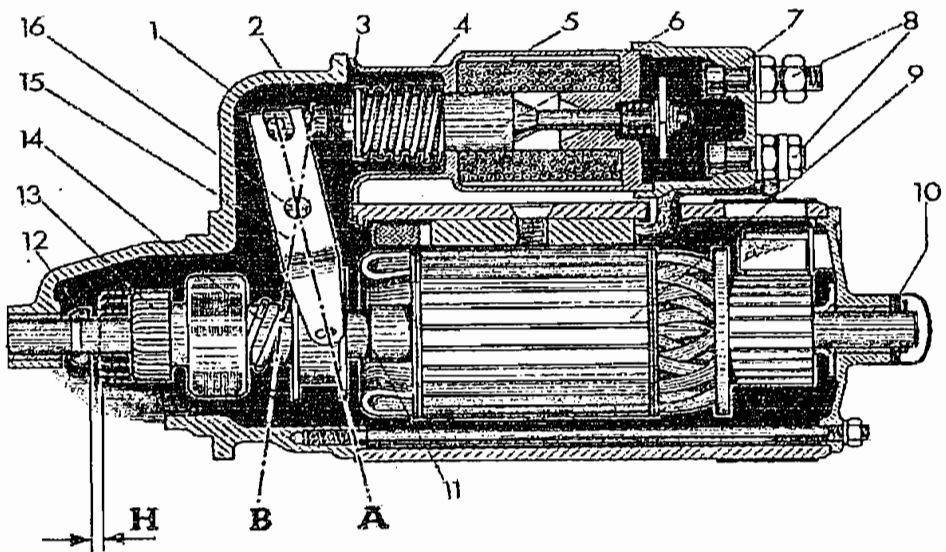


Figura 2.7 Partes de un motor de arranque.

El motor de arranque consta de las siguientes partes:

- 1 y 2 Eje.
- 3 Tuerca.
- 4 Muelle del electroimán..
- 5 Electroimán.

- 6 Extremo del eje.
- 7 Contacto móvil del electroimán.
- 8 Bornes.
- 9 Inducido.
- 10 Arandelas de reglaje.
- 11 Tope trasero del piñón.
- 12 Tope delantero del piñón.
- 13 Piñón de engranaje.
- 14 Muelle del piñón.
- 15 Ancora u orquilla de mando.
- 16 Eje fijo de pivote de la áncora.

En los motores de arranque típicos de la mayoría de los motores de automóviles actuales y grupos de emergencia, el medio de accionamiento del arranque se efectúa con la ayuda de un interruptor electromagnético también conocido como solenoide de arranque.

En la figura 2.8(a) se muestra el mecanismo en reposo. Al hallarse los interruptores 1(relé de control para el motor de arranque) y 2(contacto móvil) abiertos no circula corriente y el piñón P no engrana en la corona, gracias a la acción enérgica de los muelles 3 y 4.

En la figura 2.8(b) se puede apreciar lo que ocurre cuando se pulsa el interruptor de arranque (1). La corriente eléctrica reacciona atravesando los enrollamientos del electroimán(5) que al magnetizarse atraen el núcleo o áncora (6), produciendo dos reacciones. De una parte engrana la corona C hasta el tope. De otra parte, la conmutación automática del interruptor (2) conecta el otro circuito para accionar el motor de arranque, con cuya conexión el motor del automóvil se pone en funcionamiento.

Tan pronto el motor de combustión empieza a funcionar y se desenergiza el motor de arranque, el piñón impulsor se desdenta automáticamente del volante, protegiendo así al inducido de una velocidad excesiva.

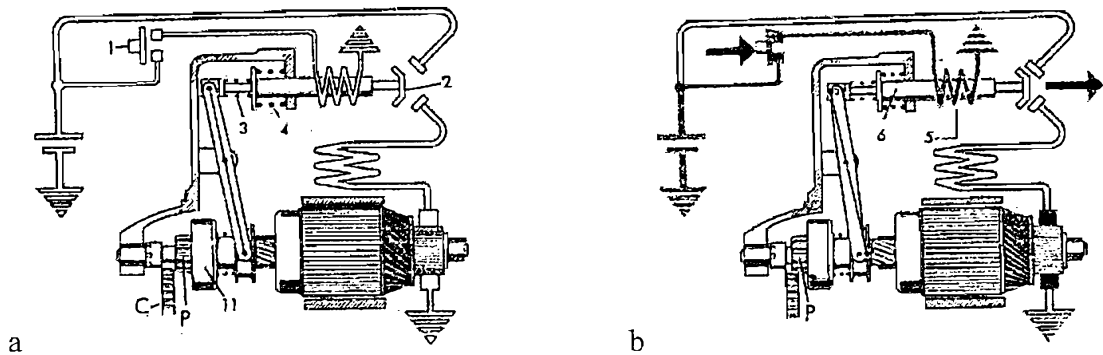


Figura 2.8 Mecanismo del interruptor electromagnético.

Si en el momento de arrancar el motor de combustión no se suelta el mando de arranque y la corona arrastra a gran velocidad el piñón, actúa entonces el mecanismo de rueda libre (11) de forma que se puedan paliar los desastrosos efectos que este extraordinario aumento que las RPM del inducido podrían provocar sobre este mecanismo del motor de arranque.

2.3 OPERACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control tendrá las siguientes condiciones de operaciones:

- Arranque.
- Modo normal de funcionamiento y parada por falla.
- Parada normal y emergente.
- Modo de espera automática.

2.3.1 ARRANQUE.

Para lograr que un motor arranque se debe dar la orden al sistema, el mismo que se logra mediante:

- a. Se seleccione la orden de MANUAL.
- b. Se cierre el contacto de arranque remoto (IC), estando el sistema en la orden de AUTOMATICO.

Antes de esto el sistema de control deberá verificar que no existan fallas en el sistema y que todas las fallas previas hayan sido corregidas. Una vez verificado, se debe considerar que para lograr que un motor a diesel arranque y, se ponga en funcionamiento es necesario:

- Impulsarlo hasta una velocidad determinada, condición que se logra gracias al motor de arranque.
- Suministrar combustible mediante la activación del solenoide de combustible.
- Suministrar aire limpio mediante la activación de solenoide de aire, en el caso que se encuentre.

Entonces el sistema de control deberá activar el motor de arranque (accionar el interruptor de arranque MS), generando el número de intentos de arranques necesarios (por lo general tres), dentro de un margen determinado de tiempo en el encendido y apagado del interruptor MS (10 sg aproximadamente), hasta lograr alcanzar los valores óptimos de velocidad y presión del motor de combustión. Si la máquina no lograra arrancar dentro del número de intentos escogidos, se activará una señal de falla por sobrearranque.

2.3.2 MODO NORMAL DE FUNCIONAMIENTO Y PARADA POR FALLA.

Si por lo contrario, el motor alcance estos valores de finalización de arranque (400 RPM y 30 PSI aproximadamente) deberá desactivarse el interruptor de arranque MS desenganchando el motor de arranque y mantener funcionando al generador mientras las condiciones de operación permanezcan normales.

El sistema de medición estará en condiciones de desplegar el voltaje AC, corriente, frecuencia, voltaje de la batería, horómetro, velocidad, presión de aceite y temperatura del refrigerante. Al mismo tiempo, supervisar cualquier falla o mando de parada del motor.

El propósito de una parada en condiciones de falla, es prevenir daños al motor o al generador cuando una falla este presente. Cuando una falla ocurre, el sistema de control automáticamente deberá efectuar la parada del motor, impedir su arranque y alertar al operador a través del respectivo indicador de falla.

2.3.3 PARADA NORMAL Y EMERGENTE.

Para detener un motor diesel que se encuentra en operación normal, simplemente se debe:

- Cerrar el paso de combustible y/o
- Cerrar el paso de aire al sistema de admisión.

Emitiendo la señal de parada del motor a través de:

- El selector de mando en posición STOP parada normal.
- Botón de EMERGENCIA parada de emergencia.
- Apertura del contacto remoto IC, si estuviera en mando AUTO.

En el caso de una parada normal o apertura del contacto remoto IC(mando automático) el sistema deberá verificar que ninguna falla este presente en el sistema, luego empezar el tiempo de enfriamiento recomendado (aproximadamente 5 minutos) en el cual se mantiene en funcionamiento el generador pero esta vez sin carga.

Después de alcanzar el tiempo de enfriamiento, se cerrará el paso de combustible apagando la máquina y se esperará por lo menos unos 20 segundos para permitir una nueva secuencia de arranque.

Para el caso de una parada de emergencia se cierra inmediatamente el paso de combustible apagando la máquina y se esperará por lo menos unos 20 segundos para permitir una nueva secuencia de arranque.

2.3.4 MODO DE ESPERA AUTOMÁTICA.

Al seleccionar el mando de automático (AUTO), todo el conjunto generador queda en modo de espera al contacto remoto IC que proporcionara un circuito auxiliar de transferencia. Toda la secuencia de arranque y funcionamiento normal será la misma ya descrita anteriormente.

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

3.1 PLANTEAMIENTO PARA EL DISEÑO.

Nuestro estudio está directamente dirigido al diseño del sistema para el control y supervisión de una de las partes primordiales de un grupo de emergencia como lo es el motor de combustión interna.

A fines didácticos, podemos decir que la mayoría de los grupos electrógenos que están presentes en el mercado para proveer energía a empresas y comercios cada vez que se corta el suministro de energía de la empresa eléctrica, funcionan como los motores de automóvil; es decir, precisan combustible para que el motor pueda hacer girar al generador que convertirá energía química en eléctrica (combustible en electricidad).

Para poner en marcha el motor del coche, se debe arrancar; por lo tanto se tiene que alimentar con la batería un "motor de arranque" para que mueva el motor principal con el fin de provocar las primeras explosiones que lo pongan en marcha. Para conseguir esto, se debe accionar una llave que se desactive cuando se ponga en marcha el motor de combustión. Si no se pone en marcha de inmediato, el conductor deja de accionar la llave y luego de un momento intenta nuevamente conseguir el encendido. Es así como funciona básicamente la operación para nuestro proyecto en estudio, teniendo en cuenta algunos componentes como:

- **SENSORES.**
- **INTERRUPTORES DE CONTROL.**
- **ACTUADORES.**
- **INDICADORES.**

3.1.1 SENSORES.

Los sensores se hallan ubicados en los alojamientos del motor a diesel y traducen las magnitudes físicas como presión de aceite y temperatura del refrigerante, en forma análoga o en forma discreta (interruptores de control); además del voltaje de estado de las baterías y la velocidad del eje del motor.

Estas señales serán acondicionadas y empleadas por el elemento de control a seleccionar, para un posterior control y visualización de estos parámetros.

Adicionalmente se incorpora el sensor y acondicionador para la visualización de aquellas variables importantes en la generación como son el voltaje y la corriente entregada por el generador.

Otro tipo de sensor que se podría encontrar en la máquina es el sensor inductivo de velocidad (magnetic pick-up), montado en el alojamiento del volante del motor, que genera una señal senoidal durante el paso de los dientes del engranaje de la corona en la proporción de un pulso por diente, proporcionando información sobre la velocidad y frecuencia del motor.

3.1.2 INTERRUPTORES DE CONTROL.

Estos elementos de detección como se indicó anteriormente, son sensores del tipo discreto que actúan a la orden de un valor fijado por el fabricante como lo hacen para baja presión de aceite y alta temperatura del refrigerante.

Adicionalmente a estos sensores existen otros que suelen incorporarse en algunos generadores como el interruptor de nivel del refrigerante y presostato de combustible. Señales que sirvan para efectuar acciones de control tales como parada por bajo nivel del refrigerante y baja presión de combustible.

3.1.3 ACTUADORES.

Estos dispositivos están formados por elementos auxiliares de mando (bobinas de relés e interruptores magnéticos), los que a su vez actúan sobre los elementos principales de accionamientos como:

- SOLENOIDE DE COMBUSTIBLE. (FS)
- SOLENOIDE DE PARADA POR AIRE. (AS)
- INTERRUPTOR MAGNETICO DEL MOTOR DE ARRANQUE. (MS)

3.1.4 INDICADORES.

Son lámparas de señalización que son usadas para mostrar y describir una falla presente, el estado de operación del motor y la existencia o no de una prealarma.

Adicionalmente una de estas salidas se podrá utilizar para una alarma sonora.

3.2 SEÑALES DE CONTROL

A continuación se resumen las señales de control de entradas y salidas requeridas.

3.2.1 ENTRADAS

Entradas de control análogas:

- Sensor de temperatura del refrigerante del motor.
- Sensor de presión del aceite lubricante del motor.
- Sensor de velocidad del motor.
- Sensor de voltaje de la batería.
- Sensor de voltaje de generación.
- Sensor de corriente de generación.

Entradas de control discretos:

- Interruptor por alta temperatura del refrigerante.
- Interruptor por baja presión de aceite.
- Un contacto remoto de arranque IC.
- Selector de mando
 - Parada de emergencia y reset. OFF (arreglo matricial)
 - Arranque manual del motor. MAN (arreglo matricial)
 - Arranque automático del motor. AUTO (arreglo matricial)
 - Parada normal del motor. STOP (arreglo matricial)
- Interruptor de prueba de luces indicadoras. TL (arreglo matricial)

3.2.2 SALIDAS

- Una salida para el relé de control del solenoide de combustible FSR
- Una salida para el relé de cierre de aire ASR.
- Una salida para el relé de control del interruptor magnético del motor de arranque MS.
- 6 salidas para el control de la pantalla de cristal líquida LCD.
- Una salida para el indicador de estado en OFF.
- Una salida para el indicador de estado en MAN.
- Una salida para el indicador de estado en AUTO.
- Una salida para el indicador de estado en STOP.
- Una salida para el indicador de funcionamiento normal. FNL
- Una salida para el indicador de encendido del contacto remoto IC.

Salidas por detección de falla como:

- Led de parada por baja presión del aceite refrigerante LOPL.
- Led de parada por alta temperatura del refrigerante HWTL.
- Led de parada por sobre arranque OCL.
- Led de parada por sobre velocidad OSL.
- Led indicador de la existencia de una prefalla.

3.3 DISEÑO.

De acuerdo a las necesidades y requerimientos del generador en estudio se propone como solución alternativa, el diseño de un sistema de control basado en el microcontrolador PIC 16f877 como se muestra en la figura 3.1.

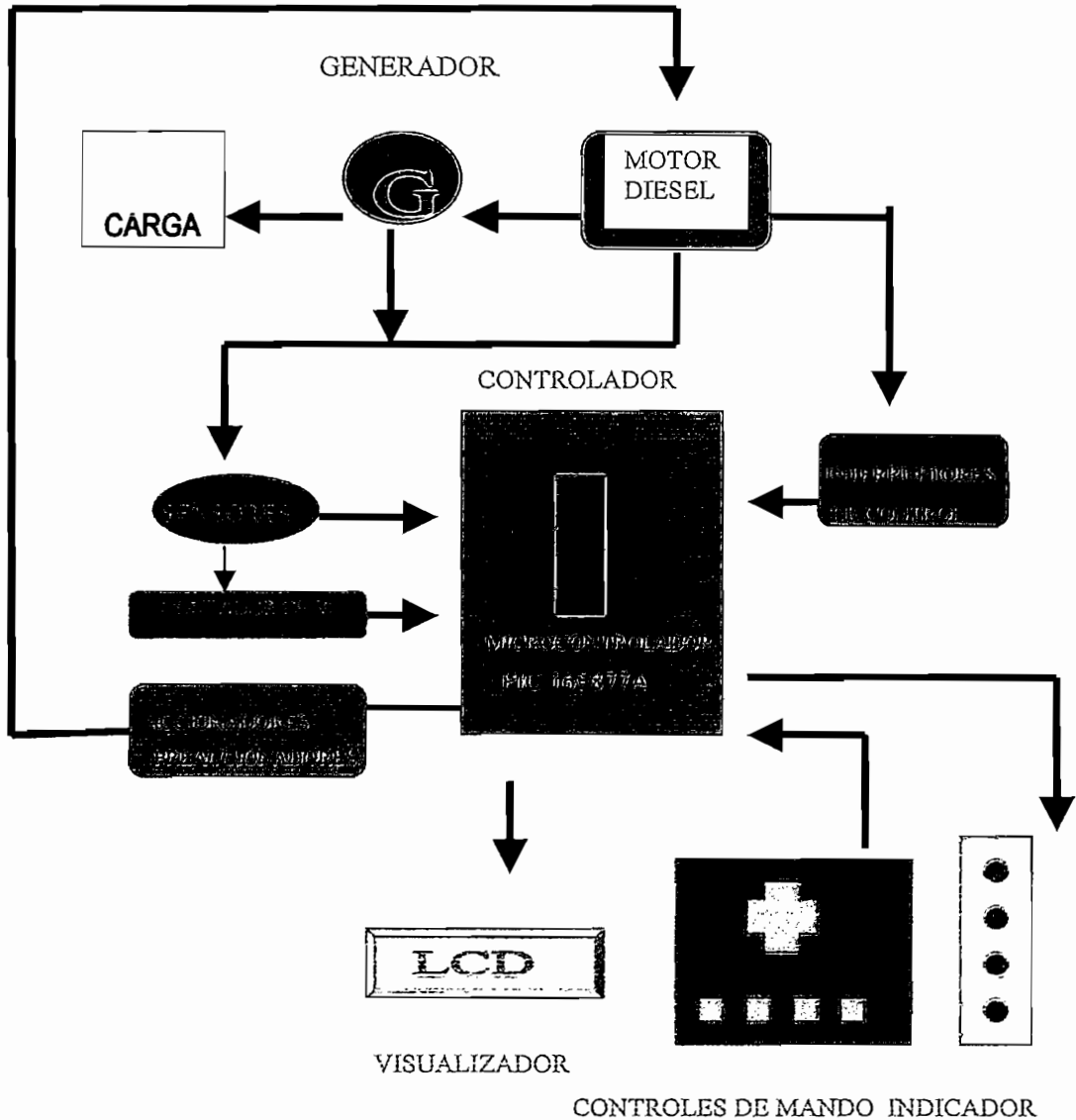


Figura 3.1 Sistema de control propuesto.

3.4 MICROCONTROLADOR PIC 16F877.

En función a los requerimientos y prestaciones del problema en estudio se optó por seleccionar como controlador a un microcontrolador de la compañía microchip como lo es el PIC de la familia 16f877, un circuito integrado que contiene todos los componentes y recursos necesarios para gobernar el funcionamiento del proceso como a continuación lo revelan sus características:

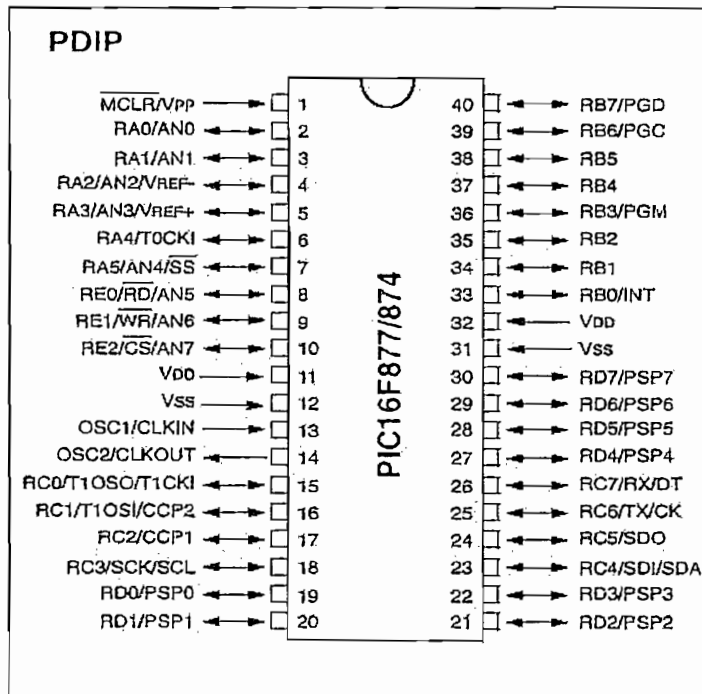


Figura 3.2 Microcontrolador PIC16f877.

3.4.1 RECURSOS FUNDAMENTALES.

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Juego de 35 instrucciones con 14 bits de longitud todas ellas se ejecutan en un ciclo de instrucción, menos las de salto que tardan dos.
- Frecuencia de 20 MHz.
- Hasta 8k palabras de 14 bits para la memoria de código, tipo FLASH.
- Hasta 368 bytes de Memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 bytes de Memoria de Datos EEPROM.
- Encapsulados compatibles con los PIC 16C73/74/76/77.

- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Pilas con 8 niveles.
- Modo de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Perro Guardián (WDT)
- Código de protección programable.
- Modo SLEEP de bajo consumo.
- Programación serie en circuito con dos patitas.
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5,5V.
- Bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 5 MHz)

3.4.2 DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS.

Timer0: temporizador-contador de 8 bits con predivisor de 8 bits.

Timer1: temporizador-contador de 16 bits con predivisor.

Timer2: temporizador-contador de 8 bits con predivisor y postdivisor.

Dos módulos de Captura-Comparación-PWM.

Conversor A/D de 10 bits.

Puerto Serie Síncrono (SSP) con SPI e I2C.

USART.

Puerta Paralela Esclava (PSP) Sólo en encapsulados con 40 patitas.

3.4.3 PATITAS DE PROPÓSITO GENERAL.

OSC1/CLKIN (9): entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.

OSC2/CLKOUT (10): salida del cristal de cuarzo. En modo RC la patita OSC2 saca la cuarta parte de la frecuencia que se introduce por OSC1, que determina el ciclo de instrucción.

VSS (8-19): conexión a tierra.

VDD (20): entrada de la alimentación positiva.

MCLR#/VPP/THV (1): entrada de RESET o entrada del voltaje de programación o voltaje alto en el modo test.

3.4.3.1 PUERTA A

RA0/AN0 (2): puede actuar como línea digital de E/S o como entrada analógica al convertor AD (canal 0)

RA1/AN1 (3): igual que la RA0/AN0.

RA2/AN2/VREF-(4): puede ser línea digital de E/S, entrada analógica o entrada del voltaje negativo de referencia.

RA3/AN3VREF+ (5): línea digital de E/S, entrada analógica o entrada del voltaje de referencia positivo.

RA4/TOCKI (6): línea digital de E/S o entrada del reloj de Timer0. Salida con colector abierto.

RA5/SS#/AN4 (7): línea digital de E/S entrada analógica o selección como esclavo de la puerta serie síncrona

3.4.3.2 PUERTA B

RB0/INT (21): línea digital de E/S o entrada de petición de interrupción externa.

RB1 (22): línea de E/S digital.

RB2 (23): línea de E/S digital

RB3/PGM (24): línea digital de E/S o entrada del voltaje bajo para programación.

RB4 (25): línea de E/S digital.

RB5 (26): línea digital de E/S.

RB6/PGC (27): línea digital de E/S En la programación serie recibe las señales del reloj.

RB7/PGD (28): línea digital de E/S. En la programación serie actúa como entrada de datos.

3.4.3.3 PUERTA C

RC0/T1OSO/T1CKI (11): línea digital de E/S o salida del oscilador del Timer1 o como entrada del reloj del Timer1.

RC1/T1OSI/CCP2 (12): línea digital de E/S o entrada al oscilador del Timer1 o entrada al módulo captura2/comparación 2/salida de PWM2.

RC2/CCP1 (13): E/S digital, también puede actuar como entrada captura 1/salida comparación1/salida de PWM1.

RC3/SCK/SCL (14): E/S digital o entrada de reloj serie síncrona/salida de los modos SPI e I2C.

RC4/SDI/SDA (15): E/S digital o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I2C.

RC5/SDO (16): E/S digital o salida de datos en modo SPI.

RC6/TX/CK (17): E/S digital o patita de transmisor del USART asíncrono o como reloj del síncrono.

RC7/RX/DT (18): E/S digital o receptor del USART asíncrono o como datos en el síncrono.

3.4.3.4 PUERTA D

RD0/PSP0-RD7/PSP7 : las 8 patitas de esta puerta pueden actuar como líneas de E/S digitales o como líneas para la transferencia de información en la comunicación de la puerta paralela esclava. Sólo están disponibles en los PIC 16F874/7.

3.4.3.5 PUERTA E

Sólo tiene tres patitas:

RE0/RD#/AN5: E/S digital o señal de lectura para la puerta paralela esclava analógica (canal 5)

RE1/WR#/AN6: E/S digital o señal de escritura en la puerta paralela esclava o entrada analógica al conversor A/D (canal 6)

RE2/CS#/AN7: E/S digital o activación/desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 7)

3.4.4 CIRCUITOS Y BANDERAS.

Para un perfecto y adecuado funcionamiento del microcontrolador de aplicación PIC 16F877 es necesario de ciertos circuitos básicos como oscilación (figura 3.3) y reset (figura 3.4).

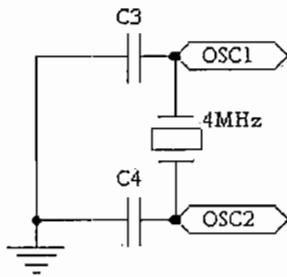


Figura 3.3 Circuito de oscilación.

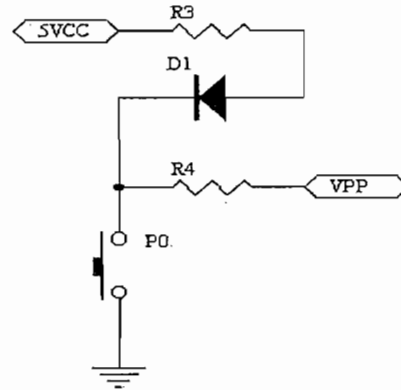


Figura 3.4 Circuito de reset.

A continuación se describen como están distribuidas las patitas del microcontrolador en nuestro proyecto (figura 3.5).

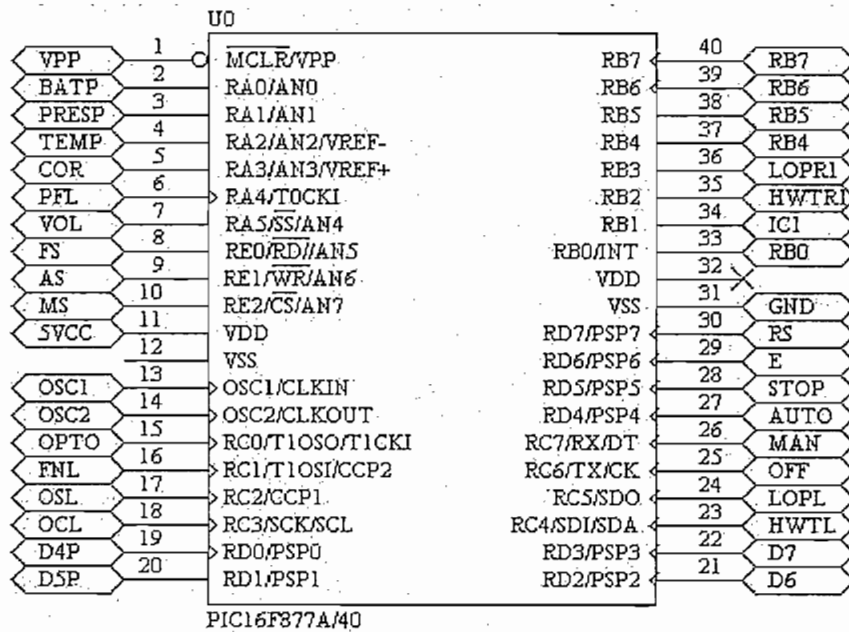


Figura 3.5 Distribución de las patitas del PIC.

SVCC: Bandera que indica el pin del micro para la entrada de la alimentación positiva.

GND: Bandera que indica el pin del micro para la entrada de la alimentación negativa.

VPP: Bandera que indica el pin de entrada de RESET.

OSC1 :Bandera que indica el pin del micro para la entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo el oscilador externo.

OSC2 :Bandera que indica el pin del micro para la salida del cristal de cuarzo o del oscilador externo el oscilador externo.

BATP :Bandera que indica el pin de entrada al micro para el conversor del voltaje de la batería.

PRES :Bandera que indica el pin de entrada al micro para el conversor de la presión del aceite lubricante.

TEMP :Bandera que indica el pin de entrada al micro para el conversor de la temperatura del refrigerante.

COR : Bandera que indica el pin de entrada al micro para el conversor de la corriente de generación.

VOL :Bandera que indica el pin de entrada al micro para el conversor del voltaje de generación.

MS :Bandera que indica el pin de salida del micro para manejar el relé de control del interruptor magnético que a su vez controla el motor de arranque solenoide de combustible.

FS :Bandera que indica el pin de salida del micro para manejar el rele de control del solenoide de combustible.

AS :Bandera que indica el pin de salida del micro para manejar el rele de control del solenoide de aire.

OPTO : Bandera que indica el pin de entrada al micro para el contador de pulsos externos, el mismo que sirve para medir la velocidad del motor.

FNL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de funcionamiento normal del motor.

OSL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de falla por sobrevelocidad del motor.

OCL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de falla por sobreactivación del motor.

PFL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de la existencia de una prefalla del motor.

LOPL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de falla por baja presión del aceite lubricante.

HWTL :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de falla por alta temperatura del refrigerante.

RB7, **RB6**, **RB5**, **RB4** : Banderas que indican los pines de entrada al micro para el arreglo matricial del teclado, tanto para el selector de mando como para el menú de selección.

LOPRI :Bandera que indica el pin del micro para la entrada del sensor discreto de baja presión de aceite.

HWTR :Bandera que indica el pin del micro para la entrada del sensor discreto de máxima temperatura del refrigerante.

ICI :Bandera que indica el pin del micro para la entrada del contacto remoto, en el mando de transferencia.

RBU :Bandera que indica el pin del micro para una entrada libre por interrupción externa.

E :Bandera que indica el pin de salida del micro para el control de la señal de activación E en el LCD.

RS :Bandera que indica el pin de salida del micro para el control del registro de control o datos RS en el LCD.

D5P, **D4P**, **D7**, **D6** :Banderas que indica los pines de salida del micro para controlar los códigos de control como datos para el manejo del LCD.

OFF :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de parada de emergencia y reset del motor.

STOP :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de parada normal del motor.

AUTO :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de modo automático del motor.

MAN :Bandera que indica el pin de salida del micro para el led indicador de mando manual del motor.

3.5 ADQUISICIÓN DE DATOS.

Como parte del objetivo de nuestro proyecto es la supervisión de ciertas variables, es necesario la existencia de algunos medidores(figura3.6) como:

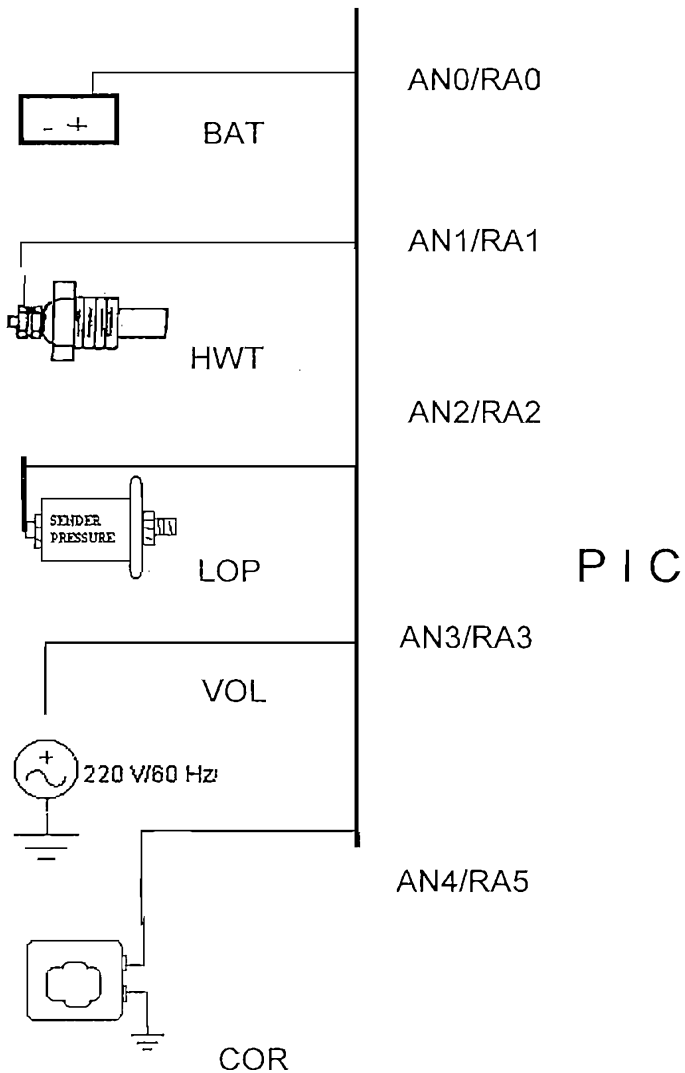


Figura 3.6 Entrdas análogas en el PIC.

- Medidor de velocidad
- Medidor de presión.
- Medidor de temperatura.
- Medidor de voltaje de las baterías.

- Medidor de corriente de generación.
- Medidor de corriente de generación.

3.5.1 MEDIDOR DE VELOCIDAD

Si el voltaje generado V_g depende también de la velocidad del motor W_m entonces este dispositivo será de mucha importancia porque permitirá obtener la velocidad del motor y así adquirir información como:

Velocidad normal del motor	NS.(normal speed)
Sobre velocidad del motor	OS (over speep)
Baja velocidad	LS (low speed)

(Valores que serán programados por el usuario)

NS proporciona información sobre, si el motor llegó a su velocidad nominal y conjuntamente con el valor de la presión garantizar que la máquina arrancó y opera en perfectas condiciones.

OS como LS sirven para indicar una falla en la máquina.

Para la aplicación del sensor en la adquisición de la velocidad se optó por dos opciones:

- Sensor Optoacoplador encoder.
- Sensor Magnetic pickup.

3.5.1.1 SENSOR OPTOACOPLADOR ENCODER.

Se escoge esta opción debido al costo, tamaño, manejo y adquisición del mismo frente al otro sensor, por consiguiente es el dispositivo que se implemento físicamente en el montaje (figura 3.7), sin descartar el hecho de que el generador

este provisto del segundo sensor y la tarjeta a diseñar tenga entrada para las dos opciones.

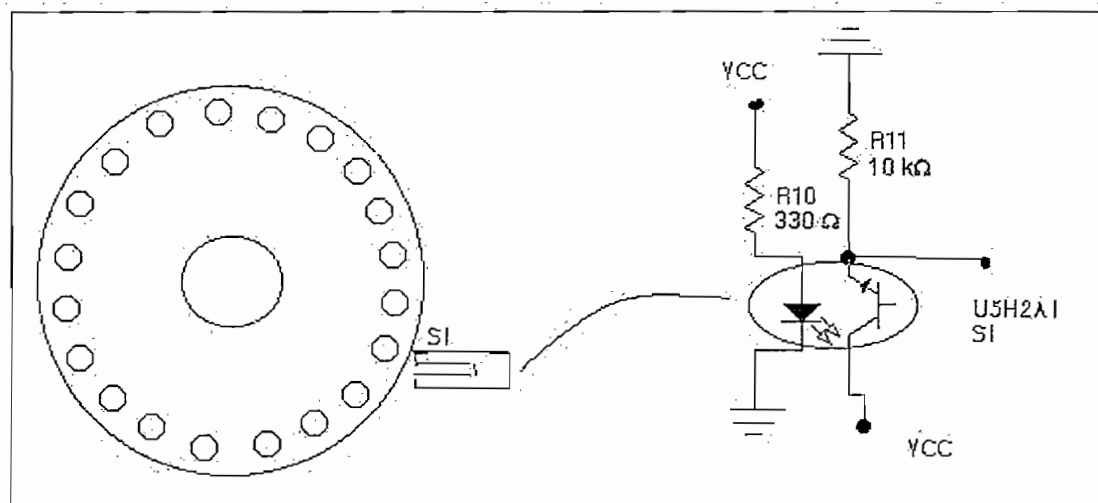


Figura 3.7 Sensor optocoplador encoder.

Se escoge el optocoplador de ranura U5H21A1 con las siguientes características:

ECG type	3100
Output configuration	NPN transistor
Total power dissipation P_t (mW)	250
LED max ratings	
-Forward current I_f (mA)	60
-Reverse voltaje V_r (V)	6
BV_{ceo}	55
Colector current I_c (mA)	100

Este sensor esta ubicado fisicamente en el eje del motor de combustión acoplado con un disco de 4 cm de radio en el cual se hicieron 20 huecos para el conteo de los mismos.

Así en la parte del diodo del optocoplador se tiene:

$$R_{10} = \frac{V_{cc} - V_d}{I_{Fmax}} \quad (3.1)$$

Donde

V_{cc} = Voltaje entregado por el micro.

V_d = Voltaje de consumo interno del diodo.

I_{Fmax} = Corriente máxima en el diodo del opto.

Reemplazando para las peores condiciones:

$$R_{10} = \frac{5 - 0.7}{0.060}$$

$$R_{10} = 71.66$$

Por lo tanto se selecciona un valor alto normalizado, con ello estará limitada la corriente para proteger al optoacoplador.

$$R_{10} = 330\Omega.$$

En el lado del transistor, el valor de R_{11} tendrá un valor bien alto (10k) para lograr obtener casi todo el voltaje V_{cc} .

3.5.1.2 SENSOR MAGNETIC PICKUP.

Este sensor (figura 3.8) genera una señal senoidal durante el paso de los dientes de engranaje del volante en la proporción de un pulso por diente. El sensor envía al acondicionador una onda senoidal cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad del motor.

Para calcular la frecuencia de la señal generada por el pickup se tiene:

Frecuencia del pickup = F_p

$$F_p = W_{rpm} * (\# \text{ de dientes del volante} / 60) \quad (3.2)$$

De donde se obtiene directamente la W_{rpm} conociendo la F_p .

La señal proveniente del sensor deberá ser ingresada al contador de eventos externos T1CK1 del micro mediante un circuito acondicionador que permita adecuar la señal a una onda pulsante cuadrada de máximo 5 Vdc.

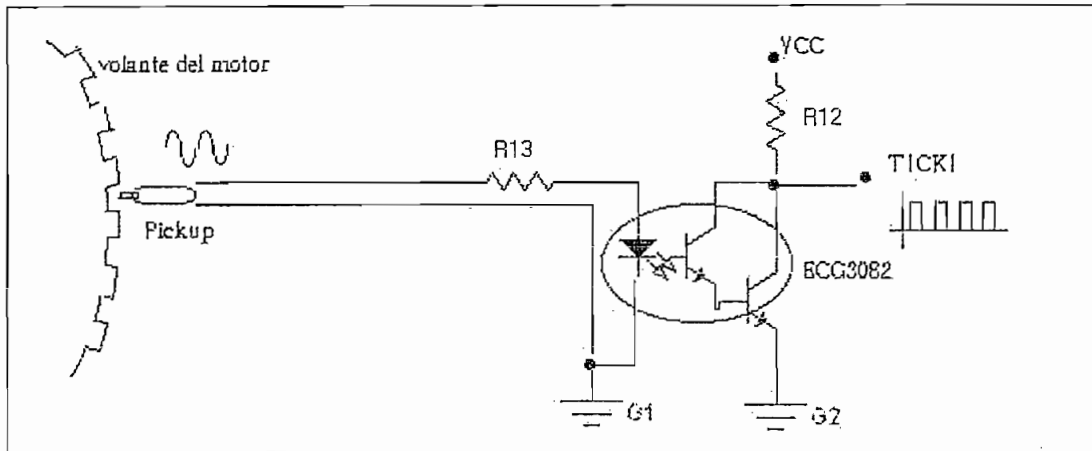


Figura 3.8 Sensor Magnetic Pickup.

El contador de eventos externos del PIC recibe la onda senoidal acondicionada. Una vez ingresada la señal, se deberá medir la frecuencia (un pulso por diente) para determinar la velocidad del motor mediante el algoritmo implementado en el micro.

El circuito que permite acondicionar la señal es la que se muestra en la figura 3.9. Los valores de R12 y R13 se los determina como sigue:

$$R12 = V_{\text{pickup min}} / I_{\text{led min}} \quad (3.3)$$

$$R13 = V_{\text{cc}} / I_c \quad (3.4)$$

Donde $I_{\text{led min}}$ e I_c son parámetros de diseño proporcionados por las características del optoaislador MOC 8050.

V_{cc} es el valor de voltaje de entrada del micro, mientras que $V_{\text{pickup min}}$ es el valor del voltaje que genera el pickup para una velocidad aproximada de 400 RPM.

El valor de esta velocidad será mostrado mediante el uso de una pantalla de cristal liquida LCD en unidades de RPM.

3.5.1.3 ESQUEMATICO EN LA TARJETA.

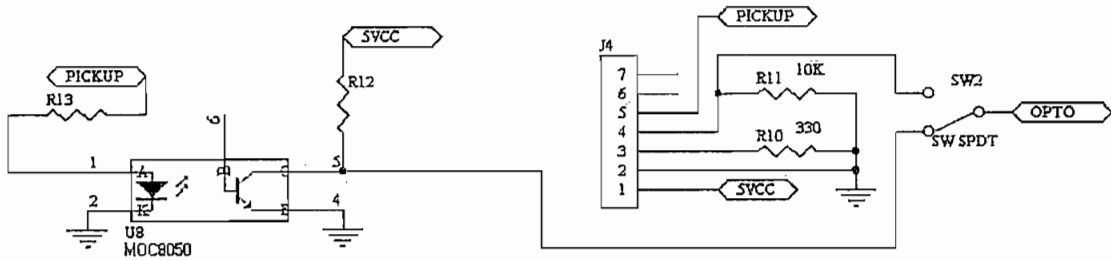


Figura 3.9 Circuito sensor de velocidad.

3.5.2 MEDIDOR DE PRESION.

Este tipo de medidor análogo (figura 3.10) conjuntamente con su respectivo sensor es el que usan generalmente los motores de combustión convencionales. En nuestro proyecto se usará el mismo sensor pero el medidor será reemplazado por el acondicionador respectivo y la pantalla de cristal líquida (LCD) para la visualización(figura 3.10).

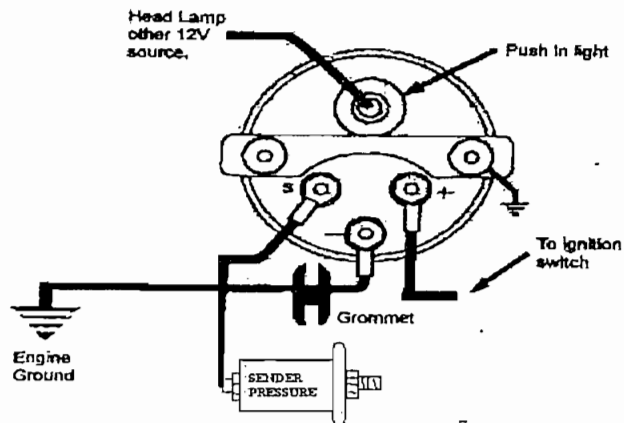


Figura 3.10 Sensor y medidor de presión convencional.

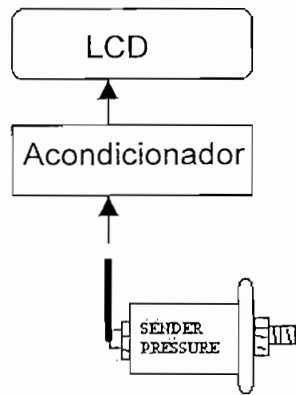


Figura 3.11 Sensor y medidor de presión digital.

Este sensor consta físicamente de un trompo, en cuyo interior existe un resistor variable que a medida que incrementa la presión el valor de esta resistencia comienza a variar.

El sensor de presión discreto no es más que un contacto normalmente abierto y cerrado que pasa a actuar cuando la presión llega a un valor fijado de fábrica en el propio sensor. Para el conexionado de este sensor se debe tener en cuenta que el motor empieza con una presión baja donde no debe actuar y después de haber arrancado deberá actuar.

3.5.2.1 ACONDICIONADOR

Para acondicionar esta señal del sensor a los 5V del micro se usó el siguiente circuito (figura 3.12).

Los valores de resistencia del sensor disminuyen al aumentar la presión, por lo tanto se debe limitar este aumento de corriente exagerado que ello implica, es así que decidimos por poner en serie un potenciómetro de valor alto.

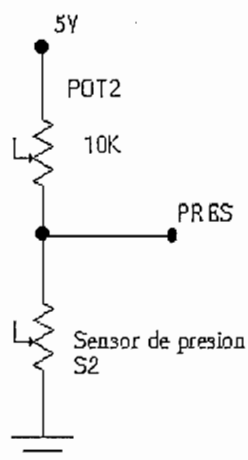


Figura 3.12 Circuito sensor y acondicionador de presión.

Se escogió un potenciómetro de 10K para permitir una circulación de corriente en miliamperios, inclusive si los valores de resistencia del sensor bajaran considerablemente.

El diagrama esquemático del circuito acondicionador en la tarjeta se muestra en la figura 3.16.

3.5.3 MEDIDOR DE TEMPERATURA.

Al igual que el medidor anterior este medidor figura 3.13 será reemplazado por el acondicionador respectivo y la pantalla de cristal líquida (LCD), conservando el mismo sensor.

Este sensor consta físicamente de un trompo, en cuyo interior existe un resistor variable que a medida que incrementa la temperatura el valor de esta resistencia comienza a variar.

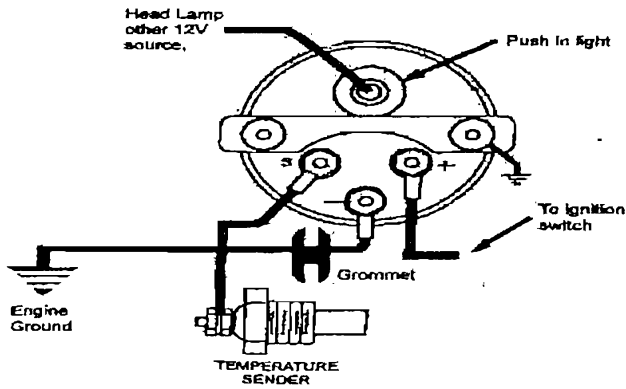


Figura 3.13 Medidor y sensor de temperatura convencional.

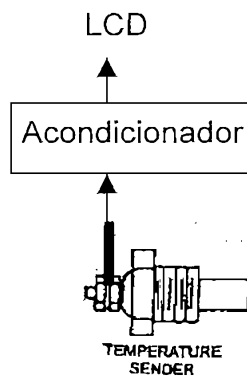


Figura 3.14 Sensor y medidor de temperatura digital.

3.5.3.1 ACONDICIONADOR

Para acondicionar esta señal del sensor a los 5V del micro se uso el siguiente circuito.

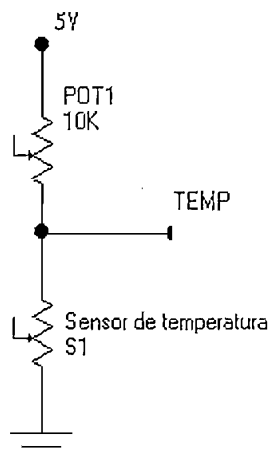


Figura 3.15 Circuito sensor y acondicionador de temperatura.

De la misma manera que el sensor anterior los valores de resistencia disminuyen al aumentar la temperatura, entonces se escogió de igual forma poner un potenciómetro en serie de valor alto (10k) para limitar la corriente.

El diagrama esquemático del circuito acondicionador en la tarjeta se muestra en la figura 3.16.

3.5.4 MEDIDOR DE VOLTAJE DE LAS BATERÍAS.

Como se dijo anteriormente uno de los factores importantes en el arranque del motor es la potencia de las baterías, por lo tanto es necesario contar con un indicador del nivel de voltaje de aquellas, lo cual implica contar con un medidor de voltaje de batería.

3.5.4.1 ACONDICIONADOR.

Para el diseño del circuito sensor y acondicionador se utilizó un simple potenciómetro de 10K como divisor del voltaje directo de las baterías, acompañado de un seguidor de tensión y un diodo zéner como protección a la entrada del conversor análogo del micro, como se hizo en los casos anteriores.

El diagrama esquemático del circuito acondicionador en la tarjeta se muestra en la figura 3.16.

3.5.4.2 DIAGRAMA ESQUEMATICO EN LA TARJETA.

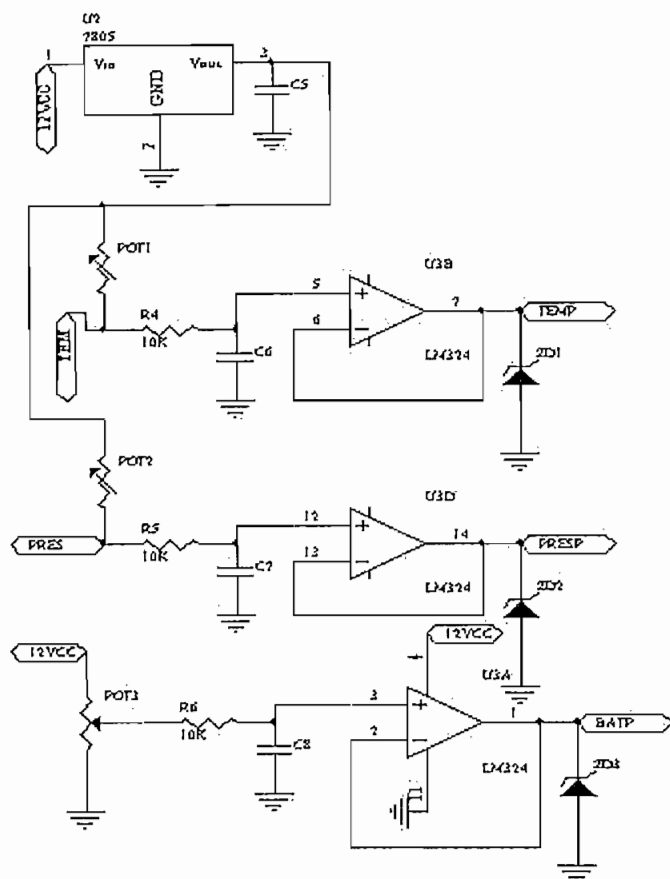


Figura 3.16 Circuito para los sensores de voltaje de batería, presión y temperatura.

3.5.5 MEDIDOR DE VOLTAJE DE GENERACIÓN.

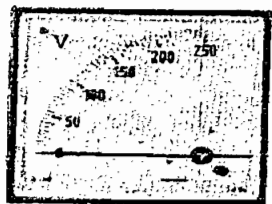


Figura 3.17 Voltímetro de bobina móvil

El propósito es reemplazar el voltímetro análogo convencional (figura 3.17) por uno de medición digital con la ayuda del sensor y acondicionador a diseñar para posteriormente visualizar el valor de voltaje de generación por medio del LCD.

Para el diseño del medidor de voltaje (figura 3.18) se siguen los siguientes pasos:

1.-Tomar la señal de voltaje de generación y aislarla de la parte de control.

En este paso se utilizó un transformador de 220/110 en el primario y 24-0-24 en el secundario debido al bajo consumo del circuito el transformador será de baja potencia y no superará de los 500 miliamperios.

2. - Rectificación y filtración del voltaje de generación.

En este paso se utilizó un puente de diodos de 1 amperio y para la filtración un capacitor polarizado en paralelo con una resistencia para descarga del mismo.

Debido al continuo muestreo de la señal y su visualización en la pantalla se considera un tiempo de respuesta de 1 sg como valor aceptable por lo tanto se procedió al cálculo del capacitor y la resistencia de carga como sigue:

Se debe tener en cuenta que un valor alto de capacitor y resistencia de carga nos dan menos rizado en la señal por lo tanto:

si $R_c = 10k\Omega$.

entonces

$$\tau = R_c * C \quad (3.5)$$

$$1sg = 10K * C$$

$$C = 100 \text{ uf.}$$

3. - Acondicionar de 0-5 vdc para la entrada del micro.

En este paso se procede a disminuir la señal rectificada en el paso anterior mediante un simple divisor de voltaje para luego con un amplificador inversor y un seguidor de tensión empleando el circuito integrado LM324 acoplar la señal a la entrada al micro con el uso de un zéner de 5.1 voltios como protección.

4.- Visualización mediante la pantalla de cristal liquida LCD.

3.5.5.1 ESQUEMÁTICO EN LA TARJETA.

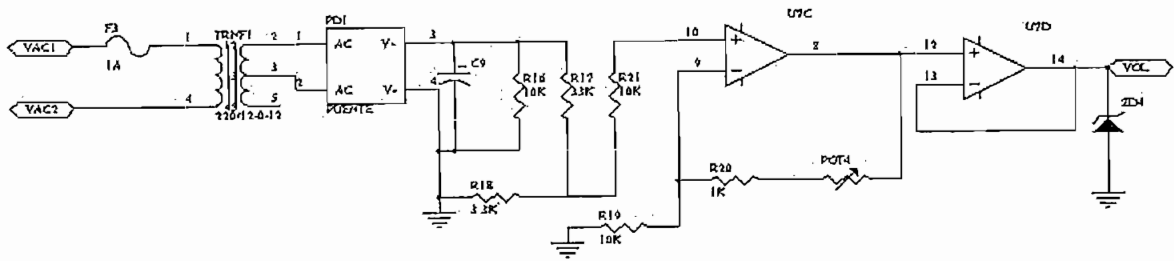


Figura 3.18 Circuito sensor y acondicionador del voltaje de generación.

3.5.6 MEDIDOR DE CORRIENTE DE GENERACIÓN.

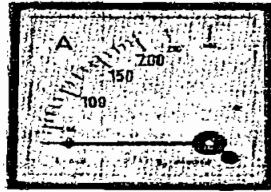


Figura 3.19 Amperímetro de hierro móvil

Al igual que en el caso anterior el propósito es reemplazar el amperímetro análogo convencional (figura 3.19) por uno de medición digital con la ayuda del sensor y acondicionador a diseñar para posteriormente visualizar el valor de voltaje de generación por medio del LCD.

Para el diseño del medidor de corriente (figura 3.21) se siguen los siguientes pasos:

1. -Tomar la señal de corriente disminuida y aislada por los transformadores de corriente y transformarla en voltaje poniendo una resistencia de carga a los terminales de los mismos, siendo así para nuestro caso en estudio se tendrá.

Transformador de corriente 200/5 A., es decir mientras en las líneas principales estén atravesando una corriente máxima de 200 amp. el transformador de corriente nos entregue máximo 5 amp.

Trabajando con valores críticos, se hace pasar esta corriente máxima por una resistencia de 0.1Ω 5W. (tamaño, costo y potencia accesible en el mercado).

Aplicando la ley de OHM para calcular el voltaje en la resistencia se tiene:

$$V_{RP} = I_{RP} * R_P \quad (3.6)$$

$$V_{RP} = 5 * 0.1$$

$$V_{RP} = 0.5 \text{ VAC}$$

La potencia de la resistencia será:

$$P_{RP} = I_{RP} * V_{RP} \quad (3.7)$$

$$P_{RP} = 5 * 0.5$$

$$P_{RP} = 2.5 \text{ W.}$$

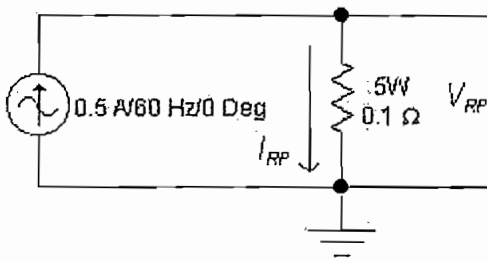


Figura 3.20 Acondicionador de la corriente .

2. - Acondicionarla de 0-5 vdc para la entrada del micro.

Se aplica el mismo criterio que en el caso anterior a diferencia que aquí primero se amplifica la señal proveniente del paso 1, para luego filtrar solo con la ayuda de un simple capacitor gracias a la propiedad que el circuito integrado utilizado no deja pasar señales negativas haciendo el papel de rectificador, y por último acoplarla mediante un seguidor de tensión, protegiendo la entrada al micro con un zener de 5.1 voltios.

3.- Visualización mediante la pantalla de cristal líquida LCD.

3.5.6.1 ESQUEMÁTICO EN LA TARJETA.

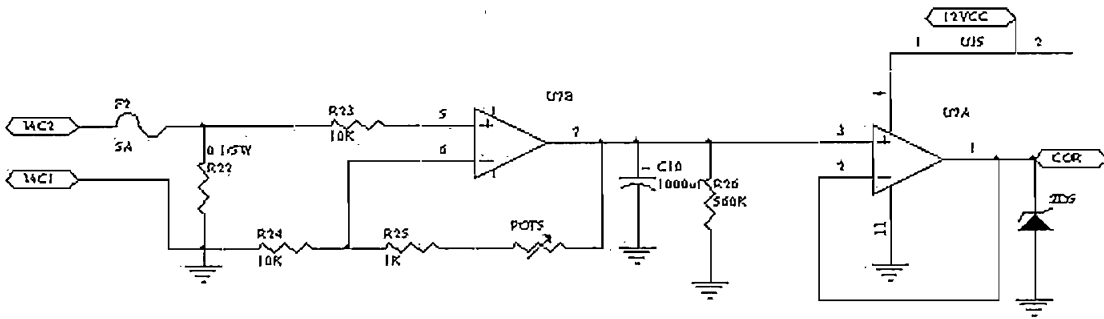


Figura 3.21 Circuito sensor y acondicionador de la corriente de carga.

3.6 INTERFAZ PIC-ACTUADORES.

La interfaz que se utiliza entre las señales de control que envía el PIC y los elementos auxiliares de control (relés K1, K2, K3 en la tarjeta), comprende un circuito utilizando un optoaislador que activa a los relés y estos a su vez a los elementos finales de control como:

- El solenoide de combustible
- El solenoide de aire.
- El interruptor electromagnético.

El integrado es el PC817 y para proceder al cálculo de las resistencias R2 de la figura 3.22 se debe conocer primeramente el valor de las corrientes operacionales de circuito integrado.

$I_{Fmax} = 60 \text{ mA}$. (corriente máxima por el diodo).

$I_{Cmax} = 100 \text{ mA}$. (corriente máxima colector-emisor).

Así en la parte del diodo del optoaislador se tiene:

$$R_2 = \frac{V_o - V_d}{I_{Fmax}} \quad (3.8)$$

Donde

V_o = Voltaje entregado por el micro.

V_d = Voltaje de consumo interno del diodo.

I_{Fmax} = Corriente máxima en el diodo del opto.

Reemplazando para las peores condiciones:

$$R2 = \frac{5 - 0.7}{0.060}$$

$$R2 = 71.66\Omega$$

Por lo tanto la resistencia de entrada será la de mayor valor normalizado, con ello estará limitada la corriente para proteger al optoaislador.

$$R2 = 100\Omega.$$

En el lado del transistor, la conexión la hacemos directamente de la fuente de 12 voltios a la bobina (resistencia = 390Ω) del relé donde:

$$I_c = \frac{V_{BAT} - V_{SAT}}{R_{RELE}} \quad (3.9)$$

$$I_c = \frac{12 - 0.7}{390}$$

$$I_c = 70 \text{ miliamp.}$$

Este es un valor tolerable para los 100 mA, máximos que soporta el transistor.

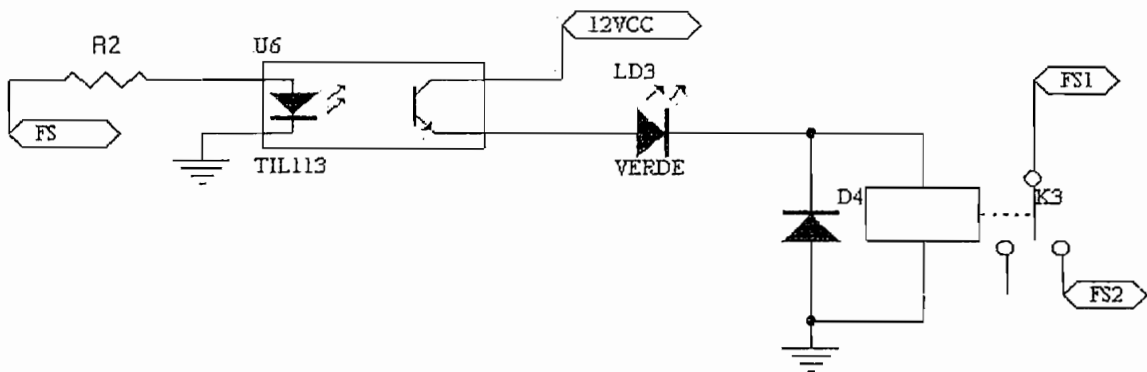


Figura 3.22 Circuito sensor interfaz PIC-actuador.

3.7 VISUALIZACIÓN.

3.7.1 PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDA LCD.

SAMSUNG CAT#LCD-68

PIN	CONECCIONES
1	Backlight
2	Backlight
3	DB6(Dato)
4	DB7(Dato)
5	DB4(Dato)
6	DB5(Dato)
7	DB2(Dato)
8	DB3(Dato)
9	DB0(Dato)
10	DB1(Dato)
11	R/W(1=Read,0=Write)
12	E(nable)
13	Contrast
14	RS(1= Data, 0= Instrucción)
15	Vdd(2.7-5.5 V)
16	GND

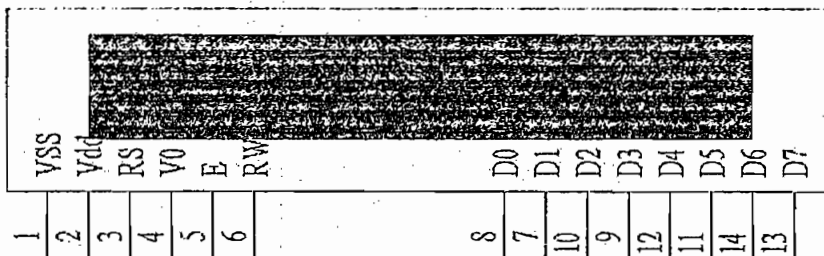


Figura 3.23 Distribución de los pines del LCD.

Esta pantalla de visualización permitirá desplegar la información concerniente a ciertos parámetros del generador y la, modificación de estos como:

Visualizar parámetros como:

- Velocidad del motor en RPM.
- Temperatura del refrigerante en grados Centígrados.
- Presión del aceite lubricante en PSI.
- Voltaje de las baterías en Vdc.
- Voltaje de generación en Vac.
- Corriente de generación en Amp.
- Tiempo de funcionamiento del generador (HOROMETRO)

Programar parámetros de calibración tales como:

- Velocidad de finalización del arranque.
- Mínima velocidad de funcionamiento.
- Presión mínima del aceite.
- Temperatura máxima del refrigerante.
- Numero de intentos para el arranque.
- Tiempo de arranque.
- Tiempo de enfriamiento en la parada normal.

3.7.2 LEDS DE VISUALIZACIÓN.

Para visualizar el estado de funcionamiento y fallas del generador se utiliza diodos de emisión de luz (LED) que son uno de los dispositivos de salida digital más utilizados por ser sencillos y económicos.

Para el diseño figura 3.24 se definen los siguientes parámetros:

- Nivel de tensión 5 Vdc.
- Corriente máxima por el diodo $I_{fmax} = 60$ mA.
- Corriente máxima entregada por el microcontrolador = 25mA.

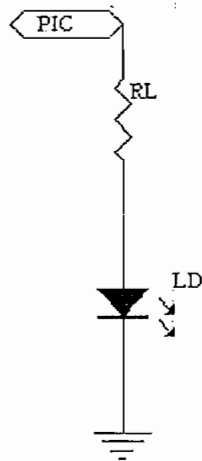


Figura 3.24 Circuito para los leds.

Con estos datos, para que la corriente que fluye por el diodo sea máxima

$$R_{L\min} = (V_{dc} - V_d) / I_{f\max} \quad (3.10)$$

$$R_{L\min} = (5 - 1.3) / 60\text{mA}$$

$$R_{L\min} = 61,6\Omega$$

La resistencia de limitación para cada diodo será la de mayor valor normalizado con ello estará limitada la corriente para proteger los leds.

$$R_L = 330 \Omega$$

$$I_{\text{diodo}} = (5 - 1.3) / 330$$

$$I_{\text{diodo}} = 11.2\text{mA} < 25\text{mA} (\text{corriente máxima entregada por el micro})$$

A diferencia de las demás salidas para el uso de los leds, una de nuestras salidas (RA4) es de colector abierto, por lo que fue necesario agregar una resistencia de 1k entre la salida del pic y la alimentación 5Vdc, como podemos observar en el esquemático general ANEXO C.

3.8 TECLADO

El teclado es un periférico externo utilizado para introducir información al equipo por parte del usuario. Esta compuesto por 9 micropulsantes que son elementos pasivos independientes que permiten conectar a tierra nuestra salidas pull-up (RB7, RB6, RB5, RB4) a través de una resistencia de 33Ω .

El arreglo matricial se presenta a continuación:

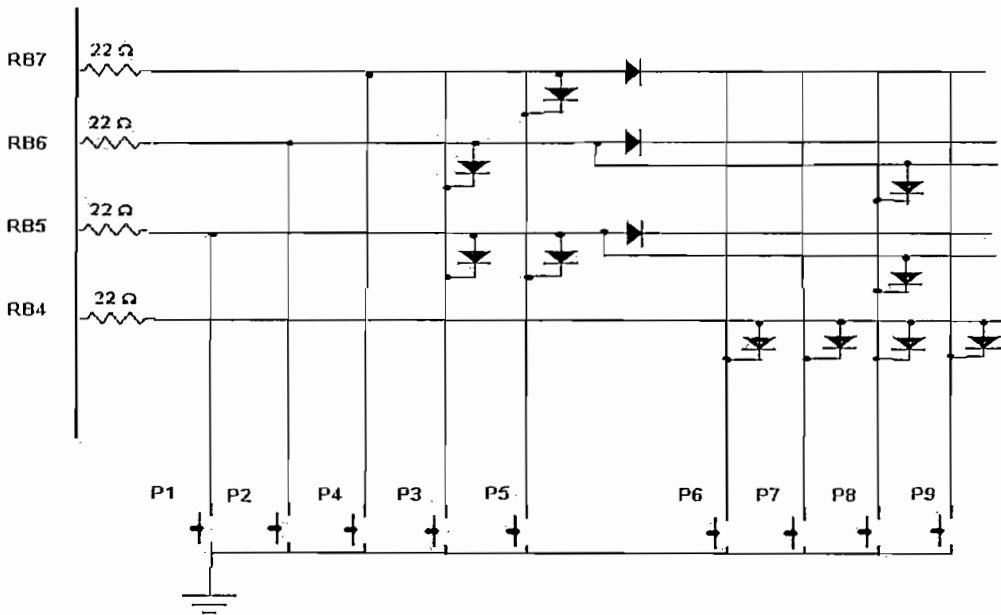


Figura 3.25 Arreglo matricial.

3.9 TARJETA DE CONTROL.

Todos los circuitos anteriores forman el circuito de control, los mismos que se encuentra implementados en las tarjetas, que fueron implementados bajo el programa protel y se presentan en el ANEXO C tanto el esquemático como la distribución de los elementos.

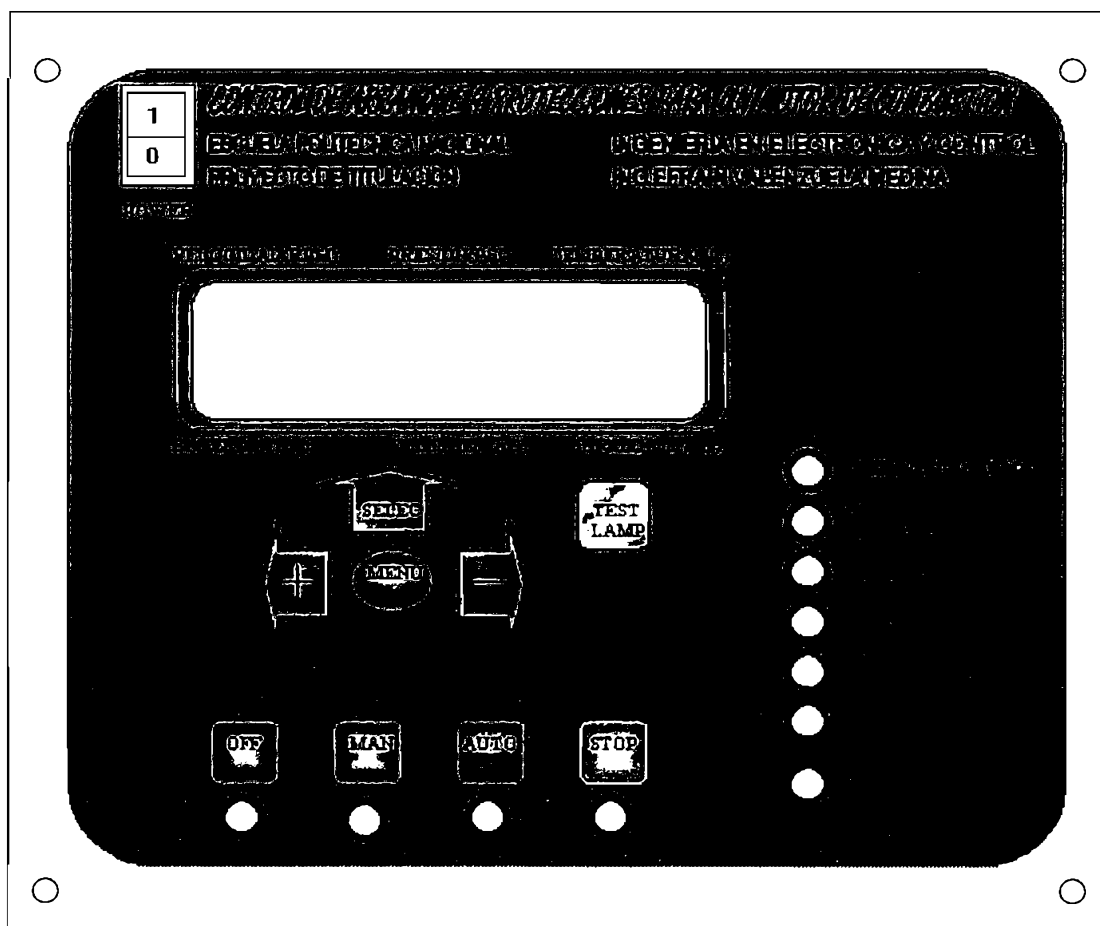
4 PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PROTOTIPO COMPLETO

En base a los estudios y diseño realizado se terminó con el prototipo para nuestro proyecto final conformado por un panel principal con sus respectivas tarjetas de control como se muestra a continuación:

4.1.1 PANEL PRINCIPAL.

El panel principal presenta una interfaz amigable, de fácil operación y programación para el usuario.



4.1.2 TARJETAS DE CONTROL.

Para el diseño y ruteado de las tarjetas impresas se uso como herramienta el software Design Explorer 99 SE(Protel).

Nuestro sistema de control se lo dividió en tres tarjetas:

- Tarjeta principal de control.
- Tarjeta de leds.
- Tarjeta de teclado.

El diagrama esquemático y el ruteado de cada tarjeta constan en el anexo C.

4.2 OPERACIÓN DEL EQUIPO.

4.2.1 PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS

Antes de proceder a arrancar el grupo electrógeno se revisan y programan ciertos parámetros importantes en la máquina como son:

- TIEMPO START.....10 sg (prefijado)
- # DE INTENTOS.....3 intentos(prefijado)
- TIEM. DE ENFRIAM.....5 mint. (prefijado)
- PRESION MINIMA30 psi (prefijado)
- VELOCIDAD NML.....1800 RPM (prefijado)
- SOBREVELOCIDAD.....2200 RPM (prefijado)
- MAX. TEMPER.....100 °C (prefijado).

4.2.2 ARRANQUE

Una vez que hemos programado y revisado los parámetros anteriores se procede arrancar la máquina.

Se pulsa la tecla manual (MAN) del panel principal, se pone en marcha el motor y se enciende el led etiquetado con esta función. En estas condiciones y dentro del ciclo de arranque respectivo se espera que la máquina sobrepase los valores programados de velocidad y presión de aceite, para considerar que el motor a llegado a su arranque pleno, entonces se enciende el led verde de operación normal, caso contrario se enciende el led rojo de falla por sobrearranque del motor. Una operación similar ocurre cuando se pulsa la tecla automático (AUTO) y el contacto remoto IC se cierra.

En operación normal de la máquina, nuestro diseño está facultado para presentar en la pantalla de cristal líquida LCD los parámetros más importantes del grupo de emergencia en estudio como:

Velocidad del motor.....	1800	RPM.
Presión de aceite lubricante.....	65	psi(aprox.)
Temperatura del refrigerante.....	80	°C (aprox)
Voltaje de la batería.....	12,8	Vdc.
Voltaje de generación.....	220	Vac.
Corriente de generación.....	0-150	Amp.

El grupo sigue funcionando en condiciones normales hasta que no demos la orden de paro ya sea por parada normal, falla o emergencia.

4.2.3 PARO DE LA MÁQUINA

El funcionamiento normal de la máquina se pudo interrumpir y ocasionar la parada del proceso por las siguientes razones:

- Parada normal.
- Parada por emergencia.
- Parada por falla.

4.2.3.1 PARADA NORMAL.

Estando el motor en operacional normal se pulsó la tecla (STOP), se enciende el led respectivo, se visualiza en la pantalla la frase "PARADA NORMAL" y se mantiene funcionando la máquina sin carga por un tiempo de enfriamiento de 5 minutos igual al valor programado, luego de los cuales se apagará por completo.

Se debió esperar un tiempo de 20 segundos para poder intentar un nuevo ciclo.

4.2.3.2 PARADA POR EMERGENCIA.

Al pulsar la tecla de parada por emergencia(OFF), se enciende el led respectivo, aparece en la pantalla en forma intermitente la frase de "PARADA POR EMERGENCIA" y se produce de manera inmediata el desactivado por completo de la máquina, y se debió esperar 20 segundos para poder continuar con un nuevo ciclo de arranque.

4.2.3.3 PARADA POR FALLA.

a) Sobrearranque OS.

Durante el proceso de arranque, se desconectaron los sensores de presión a la tarjeta por lo tanto no se detecta que sobrepasa el valor de presión mínimo dentro del número de intentos programados, entonces se enciende el led de sobrearranque OS y se visualiza en la pantalla de forma intermitente la frase de "EXISTENCIA DE FALLA".

Para poder acceder a un nuevo ciclo de arranque se debió pulsar la tecla reset (OFF) del tablero principal.

b) Baja presión de aceite.

Para lograr simular esta falla se manipuló externamente el sensor discreto de presión, provocando un corto en su contacto normalmente abierto, logrando simular esta falla. Entonces el led verde de operación normal se apaga se enciende el led de baja presión LOPL, se apaga el motor de combustible y se visualizó en la pantalla de forma intermitente la frase de "EXISTENCIA DE FALLA" hasta que no se corrija y pulse la tecla de reset OFF para un nuevo ciclo de arranque.

c) Alta temperatura del refrigerante.

De igual forma que en el caso anterior se procedió a simular esta falla manipulando externamente el sensor discreto de temperatura, provocando un corto en su contacto normalmente abierto, logrando simular esta falla. Entonces el led verde de operación normal se apagó se encendió el led de alta temperatura HWT, se apagó el motor de combustible y se visualizará en la pantalla de forma intermitente la frase de "EXISTENCIA DE FALLA" hasta que no se corrija y se pulse la tecla de reset OFF para un nuevo ciclo de arranque.

d) Sobrevelocidad.

Se pudo simular esta falla manipulando la palanca de velocidad del motor entonces se apagó el led verde, se encendió el led de sobrevelocidad OS, se apagó el motor de combustible y se visualizó en la pantalla de forma intermitente la frase de "EXISTENCIA DE FALLA" hasta que no se corrija y se pulse la tecla de reset OFF para un nuevo ciclo de arranque.

4.2.4 OPERACIÓN NORMAL.

Estando la máquina en condiciones normales el sistema de control diseñado fue capaz de mostrar en la pantalla LCD los parámetros más importantes de la misma y supervisar continuamente la existencia de una falla en el grupo de emergencia para el mando de parada respectivo.

Adicionalmente se pudo comprobar en cualquier instante el estado de los led indicadores de operación y fallas pulsando la tecla de test de lamparas. Además se comprobó el funcionamiento del horómetro para el mantenimiento preventivo del grupo electrógeno.

4.3 SEÑALES DE ENTRADA/SALIDA.

El prototipo diseñado cuenta con señales tanto de entrada como salida, las cuales fueron sometidas a pruebas para la calibración y verificación de las mismas tal como se describe a continuación:

4.3.1 MEDIDOR DE TEMPERATURA Y PRESIÓN.

Las señales tanto de temperatura como de presión fueron tomadas directamente de los sensores respectivos ubicados en el grupo hacia las entradas correspondientes en la tarjeta de control.

Se debe tener presente que tanto para los dos tipos de sensores en nuestro estudio se elaboraron tablas temperatura/resistencia y presion/resistencia de acuerdo a las características de cada sensor, pero si se pretende operar otro grupo se debe tomar en cuenta las características de sus sensores y modificar las tablas.

4.3.2 MEDIDOR DE VELOCIDAD Y VOLTAJE DE LA BATERÍA

Nuestra tarjeta está facultada con entradas para aceptar dos tipos de sensores de velocidad:

- Magnetic Pickup.
- Optoacoplador encoder.

Siempre y cuando se lleve presente el número de huecos en el disco del opto o el número de dientes en el volante del motor para un cambio posterior del grupo.

El medidor de voltaje de baterías esta capacitado para medir voltajes comprendido en el rango de 0-34 Vdc, por lo tanto no habría inconveniente operar grupos con baterías de 24 Vdc.

4.3.3 MEDIDOR DE VOLTAJE DE GENERACIÓN

En este tipo de medidor la señal de voltaje proveniente del generador es tomada directamente de las líneas a la entrada VOL de la tarjeta de control. El transformador utilizado para la disminución y aislamiento de la señal es de 240 AC por lo tanto se pudo medir señales de generación hasta la capacidad del transformador seleccionado sin descartar la posibilidad de incrementar el rango de voltaje cambiando así la capacidad del mismo transformador.

Para la calibración del medidor se hizo pasar a través de él un voltaje variable de 0 a 240 V AC con la ayuda de un variac. Con el uso de una voltímetro digital se tomaron valores reales de voltaje y valores que se visualizaban en el LCD para posteriormente elaborar una tabla dentro del programa del micro que me proporcionaran en el LCD valores reales de voltaje.

4.3.4 MEDIDOR DE CORRIENTE DE GENERACIÓN

En este tipo de medidor la señal de corriente de cada línea es disminuida y aislada mediante un transformador de corriente a la entrada de corriente COR de la tarjeta para luego mediante software mostrar el valor real en el LCD.

La entrada de corriente a la tarjeta será de un máximo de 5 amp. AC por lo tanto las limitaciones para nuestro amperímetro digital dependerá de la relación de corriente del transformador presente.

Para la calibración del medidor se hizo pasar a través de él una corriente variable de 0 a 5 amp. Con la ayuda de una pinza amperimétrica se tomaron valores reales de corriente y valores que se visualizaban en el LCD para posteriormente elaborar una tabla dentro del programa del micro que me proporcionara en el LCD valores reales de corriente.

Para las pruebas realizadas en el generador se utilizó un transformador de corriente de 200/5 amp., por lo tanto los valores de corriente fueron multiplicados por 40 dentro del programa, para suplir la disminución de corriente gracias a la relación de transformación.

Por consiguiente se obtuvo un amperímetro digital con un rango de 0-200 amp., con un incremento de 2 amp. por variación y un error aceptable debido a las condiciones y operación del sistema.

4.3.5 SALIDAS RELÉS.

La resistencia del solenoide de combustible para algunos tipos de generadores varía entre los 8 a 20Ω por lo tanto se conectó directamente a la salida relé de la tarjeta debido a que estas salidas pueden manejar hasta 5amp. a 12 Vdc.

La corriente empleada por el circuito de arranque oscila entre los 10 a 30 amp. dependiendo del motor de arranque utilizado y su respectivo interruptor electromagnético, por lo que fue necesario la utilización de un relé adicional entre la salida relé de la tarjeta y el interruptor electromagnético.

La salida relé para manejar el solenoide de aire puede ser directa o con la ayuda de un relé adicional dependiendo de las características de la bobina del solenoide de aire. Ya que el ciclo de operación de la salida del solenoide de aire es el mismo que se necesita para la alimentación de la bobina excitatriz del alternador(cargador de la batería), se le acreditó doble función.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Debido a la importancia que tienen los grupos electrógenos para garantizar la continuidad del servicio eléctrico es indispensable disponer de un sistema de alimentación auxiliar o de emergencia, que en muchos casos siguen presentando el antiguo sistema de control electromecánico, el cual fue el enfoque de nuestro estudio para reemplazarlo por un nuevo sistema basado en elementos electrónicos.

Por todo esto y en base al estudio sobre la operación y fallas de grupos de emergencia, en este proyecto se ha cumplido con el objetivo de realizar el diseño y construcción del sistema de control en base a una tarjeta electrónica (divida en tres) que permite el arranque adecuado y protecciones de fallas para el motor de combustión interna que forma parte del grupo electrógeno.

El prototipo cuenta con una interfaz amigable que lo hace fácil de programar y operar. La programación de los parámetros para el arranque de la máquina se pueden realizar con sólo presionar las teclas del menú mientras se visualizan en la pantalla, de igual manera se puede dar las opciones de mando para la operación con solo pulsar las teclas de mando.

Este nuevo sistema de control utiliza como controlador a un microcontrolador PIC 16f877, en el que destacamos sus relevantes recursos como fácil programación, capacidad en su memoria, timers, interrupciones, conversores análogos, contadores externos, líneas de entrada-salida; demostrando así las grandes posibilidades de aplicación de estos elementos en el diseño moderno.

El mantenimiento preventivo del sistema de control diseñado es más fácil ya que cuenta con elementos comunes en el mercado nacional de fácil adquisición y bajo

costo. Por consiguiente este nuevo sistema nos puede proporcionar rapidez en la reparación, mantenimiento y reposición del sistema del grupo electrógeno.

6.1 RECOMENDACIONES

Se recomienda que el personal técnico encargado de la operación del grupo electrógeno reciba la capacitación adecuada sobre el sistema diseñado o por lo menos antes de una operación de la máquina haya revisado el manual de usuario presente en el Anexo B para una instalación y operación adecuada. Por lo tanto que para una puesta en marcha del motor se recomienda hacer una inspección previa de la instrumentación, cableado y sistema de todo el grupo de emergencia.

Debido a los considerables valores de corriente y voltaje a medir por nuestro sistema se deberá tener mucho cuidado en la conexión desde el generador hasta las borneras respectivas de la tarjeta.

Antes de cualquier conexión de las salidas relés de la tarjeta se recomienda revisar las características de las bobinas a manejar (bobina del solenoide de combustible, bobina del solenoide de aire, bobina de la excitatriz del alternador, bobina del interruptor electromagnético en el motor de arranque) y de esta manera optar por una conexión directa o con la ayuda de relés auxiliares para incrementar la capacidad de nuestras salidas relés.

En cuanto se refiere a la programación de parámetros, tiene que ser efectuada por personal ampliamente involucrado en este campo o en el desarrollo del sistema.

Revisar que el estado de las baterías este en buenas condiciones, esto influirá mucho en el arranque del motor y evitar la descarga de estas condiciones de no operación.

La ubicación del nuevo tablero en el que estará incorporado el sistema de control es recomendable hacerlo con elementos antivibratorios para atenuar en lo posible las vibraciones existentes en el motor diesel.

El botón de parada de emergencia solamente se debe utilizar en casos exigentes, ya que pueden producir daños en el motor.

BIBLIOGRAFÍA.

[1]Stamford ac generator newage international"Manual de instalación servicio y mantenimiento para generadores C.A de las gamas UCI, UCM, UCD 224 & 274 ",ENGLAND,1998.

[2]Smith Alan, "Motores eléctricos", Primera edición, Editorial Glem S.A, Buenos Aires-Argentina,1966.

[3] Flores Juan José, Tecnología de electricidad, Segunda edición, editorial paraninfo Madrid 1980.

[4]Deer Power System, Operation and maintenance,1993.

[5]Perkins engines company limited,"Manual del usuario serie 3.152 tpd 1285eis",technical publications,Inglaterra,1998.

[6]Maratón electric, Installation operation and maintenance,1996
H.F.G Gwyther, "Potencia eléctrica y electrónica de potencia",Ediciones Alfaomega, México,1993.

Rivera Argoti Pablo ,"Control de Máquinas Eléctricas ", Ecuador ,2000.

Miguel de Castro Vicente, "El motor de arranque", Primera Edición, Ediciones CEAC, Barcelona –España,1969.

Revista de colección SABER ELECTRONICO N° de coleccion 132 Edición Andina, Mayo del 2002.

Valkenburgh Van, Electricidad Básica volumen 4,5,6,7,novena edición, Editorial Bell , Argentina 1980.

Jiménez Juan Francisco, Curso de programación de microcontroladores PIC, folleto,2001.

Angulo Usátegui José; Martínez Ignacio; Microcontroladores PIC diseño práctico de aplicaciones; Editorial McGraw-Hill, 2 da Edición, España, 1999.

Coughlin Robert F., Fredeerick F. Driscoll; Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, Prentice Hall Hispanoamérica S.A., 5ta Edición, México, 1999.

ANEXO A

Anexo A.

COSTOS.

A continuación se presenta una valoración a nivel económico de nuestro proyecto final.

LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES.

Una vez que se ha terminado y puesto a pruebas nuestro sistema, el siguiente paso es determinar la magnitud de los recursos financieros que requiere la inversión del proyecto, para esto es necesario obtener una lista de materiales requeridos.

Para la construcción del prototipo ha sido necesario dividirlo en tres tarjetas:

- La tarjeta de control principal.
- La tarjeta de teclado.
- La tarjeta de leds.

La tarjeta de control principal que en si es la encargada de acondicionar la señal de los sensores instalados en el grupo, procesar la información para a su vez comandar a los relés de control y visualizar dicha información en pantallas desplegadas en el LCD.

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V.Unit	V.Total
*	1	LCD16X2	18	18
U0	1	PIC16F877	11.35	11.35
U3,U7	2	LM324	0.50	1
U4,U5,U6	3	Optoaislador PC817	0.60	1.80
U1,U2	2	LM7805	0.35	0.70
U8	1	MOC8050	0.60	0.60
*	4	Zócalos	0.20	0.80
K1,K2,K3	3	Relé de 12V	1	3

C3,C4	2	Cap.cerámico 15pf	0.08	0.16
C2,C5,C6,C7,C8	5	Cap.cerámico 0.1uf	0.05	0.25
C9	1	Capacitor 100uf	0.12	0.12
C1,C10	2	Capacitor 2200uf	0.40	0.80
Y1	1	Cristal 4 MHz	0.40	0.40
R3,R4,R5,R6,R11,R12 R16,R19,R21,R23,R24	11	Resistencia 10K ¼ W	0.05	0.55
R1	1	Res. 120K ¼ W	0.05	0.05
R2,7,8,9,13,14,15,27	8	Res. 100 ¼ w	0.05	0.40
R10,R28	2	Res. 330 ¼ W	0.05	0.10
R20,R25,R29	3	Res. 1K ¼ W	0.05	0.15
R17	1	Res. 33K ¼ W	0.05	0.05
R18	1	Res. 3.3K ¼ W	0.05	0.05
R22	1	Res. 0.1 5 W	0.60	0.60
R26	1	Res. 560K ¼ W	0.05	0.05
D1	1	Diodo 1N4148	0.05	0.05
D2,D3,D4	3	Diodo 1N4001	0.06	0.18
D5	1	Diodo ECG156	0.30	0.30
F1,F2,F3	3	Fusible 1,5,1 amp.	0.15	0.45
J1,J2,J5	4	Conector 1x4(tornillo)	0.95	3.8
J3	1	Conector 1x3(tornillo)	0.70	0.70
J4	1	Conector 1x7(tornillo)	0.70	0.70
J6,J7	2	Conector 2x5(espadines)	0.80	1.60
J8	2	Conector 2x7(espadines)	0.90	1.80
LD1,LD2,LD3	3	Leds verdes	0.10	0.30
ZD1,2,3,4,5	5	Diodo zener ½ W	0.15	0.75
P0	1	Micropulsante	0.15	0.15
PD1	1	Puente rectificador	0.30	0.30
POT1,2,3	3	Poten. 10K	0.25	0.75
POT4,5	2	Poten. 50k	0.25	0.50
SW1	1	Conector 1x2	0.15	0.15
SW2	1	Microswitch 3p	0.20	0.20
TRNF1	1	Transf. 220-110/24-0-24	3	3
Tarjeta impresa	1	Construcción	30	30
Interfaz grafica	1	Presentación del panel	10	10
Varios	1	Conductores, terminales etc.	10	10
SUBTOTAL 1				107.01

Tabla A.1 Tarjeta de control principal.

La tarjeta para el teclado permite la manipulación externa del sistema mediante teclas y consta de los siguientes elementos:

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V. Unit	V.Total
D6,7,8,9,10,11,12,13,14,15 D16,17,18	13	Diodo 1N4148	0.05	0.05
LD4,5,6,7	4	Leds rojos	0.10	0.40
P1,2,3,4,5,6,7,8,9	9	Micropulsante	0.15	1.35
R30,31,32,33	4	Res. 100 ¼ w	0.05	0.20
R34,35,36,37	4	Res. 330 ¼ w	0.05	0.20
JT1	1	Conect. 2x5(espadines)	0.80	0.80
Tarjeta impresa	1	Construcción	10	10
SUBTOTAL 2				13.00

Tabla A.2 Tarjeta de teclado.

La tarjeta de leds, permite la visualización del estado de la maquina mediante leds y consta de los siguientes elementos:

Nomenclatura	Cant.	Descripción	V.Unit	V.Total
LD8	1	Led verde	0.10	0.10
LD13	1	Led amarillo	0.10	0.10
LD9,10,11,12,14	5	Leds rojos	0.10	0.50
JL1	1	Conect. 2x5(espadines)	0.80	0.80
R38,39,40,41,42,43,46	7	Res. 330 ¼ w	0.05	0.35
R44	1	Res. 2.2K ¼ w	0.05	0.05
R45	1	Res. 10K ¼ w	0.05	0.05
Tarjeta impresa	1	Construcción	5	5
SUBTOTAL 3				6.95

Tabla A.3 Tarjeta de leds.

Se detalla a continuación el costo total de materia prima:

SUBTOTAL 1	107.01
SUBTOTAL 2	13.00
SUBTOTAL 3	6.95
TOTAL A	126.96
IVA 12%	15.24
TOTAL A1	142.20

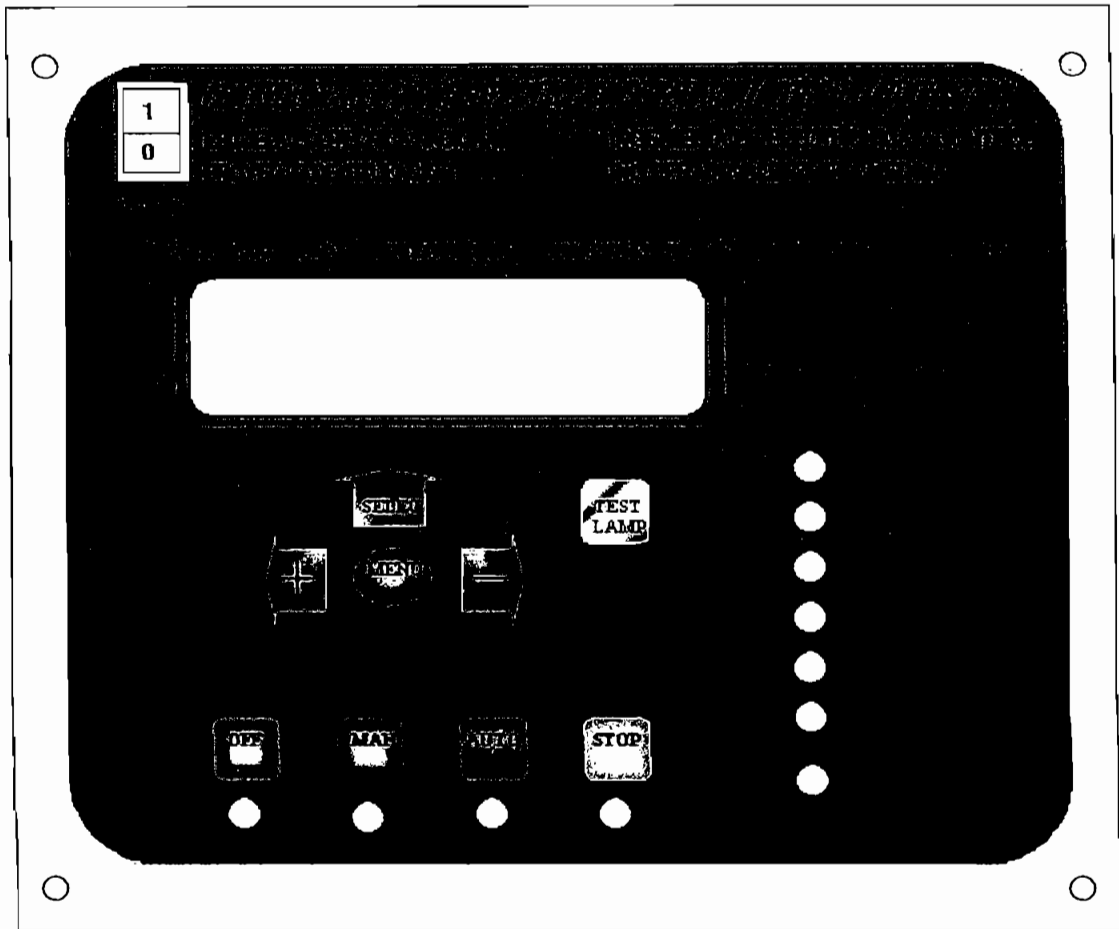
Tabla A.4 Costo de materia prima.

ANEXO B

MANUAL DE USUARIO.

GABINETE

El presente módulo es el resultado del estudio diseño y construcción del proyecto de titulación previo a la obtención del título para Ingeniería Electrónica en Control.



APLICACIÓN.

El sistema tiene como función principal controlar y supervisar el arranque y protecciones del motor de combustión interna en un grupo de emergencia que este dentro de las especificaciones de nuestro diseño.

El sistema de control esta compuesto de tres tarjetas electrónicas:

- Tarjeta principal de control.
- Tarjeta de teclado.
- Tarjeta de leds.

Además cuenta con una pantalla de cristal líquida LCD como otra interfaz de salida para la visualización de ciertos parámetros importantes del grupo de emergencia.

Tarjeta principal de control. Es la encargada de todo el proceso de control y consta básicamente de un microcontrolador PIC 16f877 para el control y supervisión de todo el sistema.

Tarjeta de teclado. Cumple con la función de interfaz de entrada entre el usuario y nuestro control tanto en modo de programación como selección de mandos.

Tarjeta de leds. Cumple con la función de interfaz de salida del sistema tanto para información indicadora del estado de la maquina.

CARACTERISTICAS

Dimensiones

Interfaz módulo gráfico.....	21x18	cm
Tarjeta principal de control.....	15.8x12.5	cm
Tarjeta de teclado.....	10x7.5	cm
Tarjeta de leds.....	10x3.7	cm

Alimentación.....12 a 24 Vdc.

LCD.....2 líneas de 20 caracteres

Leds.....11(4verde,1 amarillo,6 rojos)

Teclado.....9 micropulsantes.

Entradas

Digitales.....4 pulsantes

..... 3 contactos NO

Análogas..... 2 de 0-5 Vdc

..... 1 de 0-30 Vdc

..... 1 de 0-240 V ac/50 Hz

..... 1 de 0-5 Am ac/50Hz

..... 1 de 0-60 V ac./0-200Hz

Salidas

Digitales.....17 de 5 Vdc.

..... 7 (3 contactos NO)

Microcontrolador..... Pic16f877A/40 pines

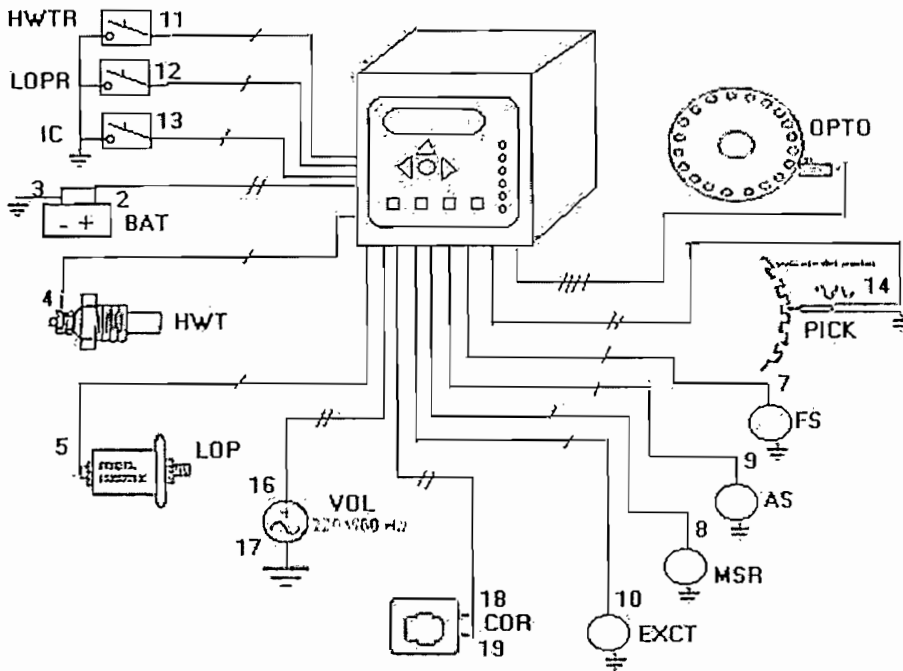
Flash memory.....8K palabras

Ram.....368 bytes

Eeprom.....256 bytes

INSTALACIÓN

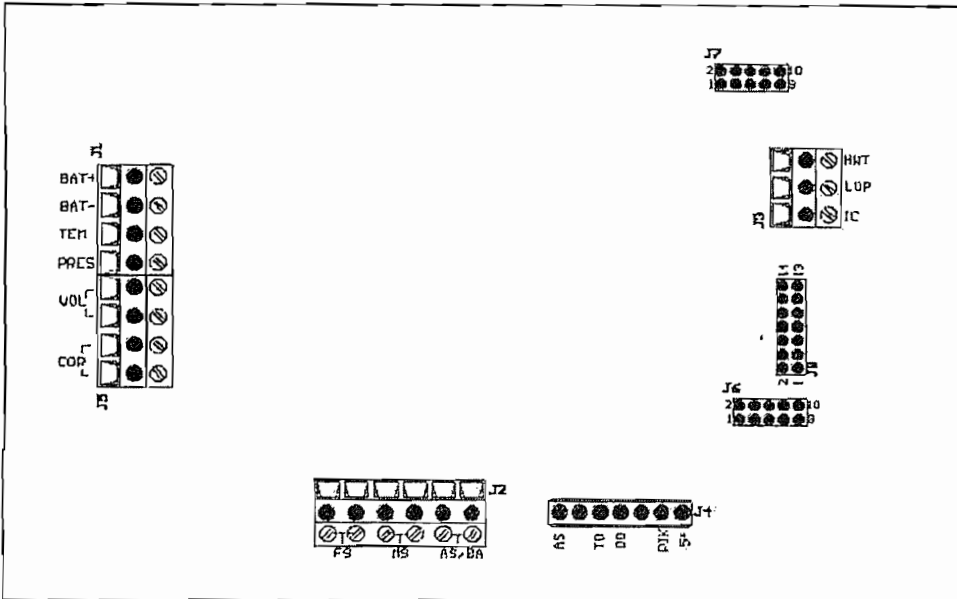
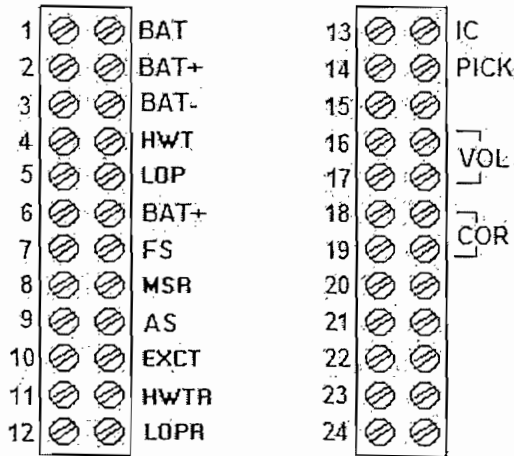
A continuación se presenta la ubicación y distribución física de las borneras y conectores tanto de la tarjeta como las que se encuentran en el módulo.



- BAT** Señal positiva directa de la batería a la bornera del módulo.
- BAT+** Señal positiva de la batería después del fusible del tablero.
- BAT-** Señal negativa de la batería.
- HWT** Señal proveniente del sensor análogo de temperatura del motor.
- HWTR** Señal proveniente del sensor discreto de temperatura del motor.
- LOP** Señal proveniente del sensor análogo de presión del aceite.
- LOPR** Señal proveniente del sensor discreto de presión del aceite.
- FS** Señal de salida para accionar el solenoide de combustible.
- MSR** Señal de salida para accionar el relé auxiliar que controlará al interruptor electromagnético.
- AS** Señal de salida para accionar el solenoide de aire.
- EXCT** Señal de salida para accionar la bobina de la excitatriz del alternador.
- IC** Señal de entrada proveniente del contacto remoto IC.

- PICK** Señal proveniente del sensor magnético de velocidad.
- VOL** Señal proveniente del voltaje de generación.
- COR** Señal proveniente del transformador de corriente.

Estas señales provenientes del grupo de emergencia irán al tablero de control directamente a las borneras del tablero y de allí a la tarjeta principal tal como indica la figura de abajo.



Tarjeta principal

J6: Es el conector para acoplar la tarjeta de leds.

J7: Es el conector para acoplar la tarjeta del teclado.

J8: Es el conector para acoplar la pantalla de cristal.

J4: Es el conector de entrada para los dos sensores de velocidad.

J1: Es el conector para alimentación de la tarjeta y entrada de sensores análogos.

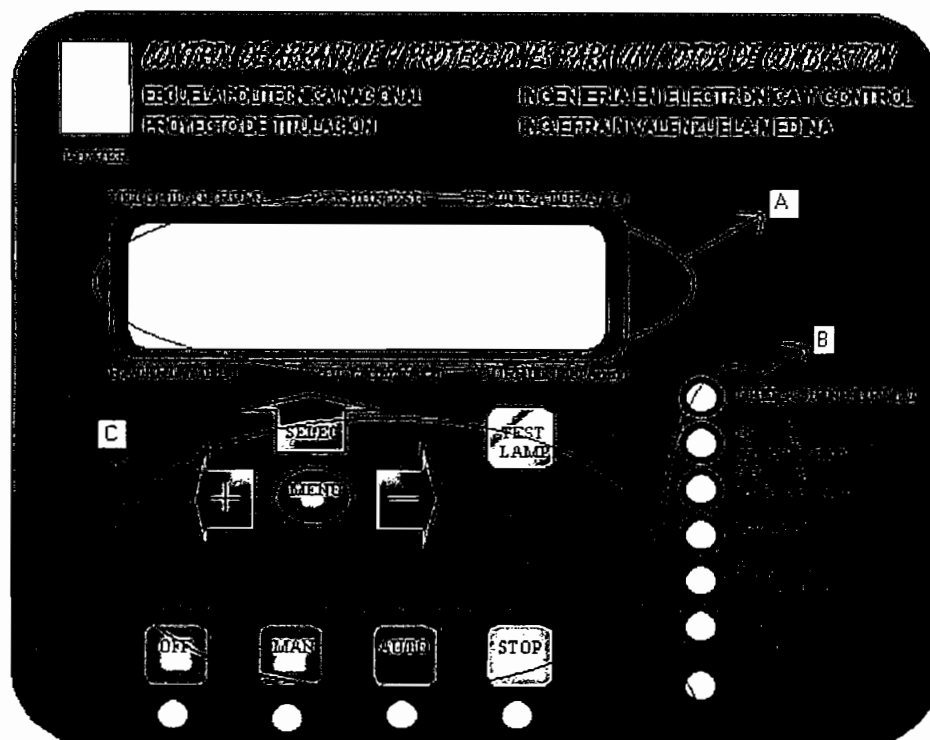
J5: Es el conector de entrada para el sensor de voltaje y corriente.

J2: Es el conector para las salidas relés.

J3: Es el conector de entrada para los sensores discretos y el contacto remoto IC.

PANEL DE CONTROL.

Nuestro modulo tiene la siguiente presentación gráfica :



Esta dividida en tres partes:

- A) Pantalla de cristal líquida.
- B) Luces indicadoras.
- C) Teclado.

PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDA.

Esta conformado básicamente de un LCD que tiene la función principal de servirnos como interfaz de visualización hombre-máquina en la cual podemos observar ventanas de operación así como ciertos parámetros importantes de la máquina.

LUCES INDICADORAS.

Están constituidas por LEDS, que tienen la función de encenderse para indicar los estados de operación como fallas en el equipo. Estas pueden ser:

Operación normal: Indica que la máquina esta operando en condiciones normales.

OS Sobrevelocidad: Indica que se presento una falla por exceso de velocidad.

OC Sobrearranque: Indica que no se pudo concluir la operación de arranque de la máquina.

HWTL Alta temperatura: Indica que la temperatura sobrepaso los valores críticos programados.

LOPL Baja presión: Indica que la presión bajo de los valores críticos programados.

Prefalla: Indica alguna preexistencia futura de falla.

IC Contacto remoto de transferencia: Indica el encendido o no de la máquina desde un mando remoto cuando se encuentre en estado de automático.

Parada de emergencia: Indica la existencia de una parada por emergencia.

Manual: Indica que la máquina esta operando en estado manual.

Auto: Indica que la máquina esta en operación automático.

Parada normal: Indica una parada normal de la máquina con tiempo de enfriamiento.

TECLADO

Este a su vez esta dividido en tres partes:

- Teclado de mando (OFF, MAN, AUTO, STOP).
- Teclado de menú (MENU, SELEC, +, -).
- Probador de luces (TEST LAMP).



: Esta tecla tiene dos funciones:

- 1.- Reset.
- 2.- Paro de emergencia.

Paro de emergencia. Produce una parada inmediata de la máquina si se encontrara operando en condiciones normales.

Reset. Produce un reinicio del proceso, permitiéndonos poder arrancar nuevamente a la máquina después de haber corregido la falla presente.



: Permite poder arrancar a la máquina.



: Pone a la máquina en estado de espera ala orden del control remoto.
de transferencia para el activado de la misma.



: Produce una parada de la máquina con tiempo de enfriamiento.



:Selecciona las pantallas de programa.



: Selecciona las ventanas a programar.



:Incrementa o decrementa los valores de programacion.

MODO DE OPERACION.

Encendemos nuestro panel de control accionando el interruptor POWER, en la parte superior izquierda de nuestro modulo, entonces aparecera en el LCD la siguiente pantalla de inicio:

PROYECTO
DE TITULACION

Estando en esta pantalla con la ayuda de la tecla MENU se pueden acceder a las siguientes pantallas:



ESTADO
DE ARRANQUE



HOROMETRO
00000000:00:00



SELECCION
DE PARAMETROS

Para programar los parametros antes de arrancar la maquina y estando en la pantalla de "SELECCION DE PARAMETROS" debemos primeramente seleccionar el parametro a programar con la ayuda de la tecla SLEC.



TIEMPO START.
10 seg



Con la ayuda de estas teclas se podrá manipular el valor del tiempo de arranque para el arranque(1-30 sg).



INTENTOS
3 INTS



Incrementar o decrementar el numero de intentos en el arranque(1-10).



TEMPERATURA MAX.
100 °C



Incrementar o decrementar el limite de temperatura maxima de la maquina.



PRESION MINIMA
30 PSI



Incrementar o decrementar la presion minima para el arranque y falla por baja presion.



VELOC. MAX.
2200 RPM



Incrementar o decrementar el valor de la velocidad max para falla de sobrevelocidad.



VELOC. MINIMA
500 RPM



Incrementar o decrementar el valor de velocidad minima para el arranque y falla de baja velocidad.

Una vez programados los parámetros del grupo de emergencia se procede al arranque de la máquina ya sea esto en modo manual o en modo automático, siempre y cuando con la ayuda de la tecla MENU regresemos a la pantalla de “ESTADO DE ARRANQUE”.



Para el modo manual pulsamos la tecla AUTO, en el cual comienza un ciclo de arranque establecido por los parámetros programados tanto del tiempo de arranque como del número de intentos. Si durante este ciclo la máquina no lograra alcanzar los parámetros de arranque como la presión mínima y velocidad mínima se considera que la máquina no pudo lograr el arranque pleno, se enciende el led de falla por sobreactivo y se visualiza en la pantalla la existencia de falla.

**EXISTENCIA
DE FALLA**

Esta frase estará de forma intermitente por el lapso de 30sg , concluído este tiempo se podrá dar el mando para un nuevo ciclo.



Para el modo automático pulsamos la tecla AUTO , se muestra en la pantalla el modo respectivo y el sistema queda en espera a la orden del contacto remoto IC.

**MODO
AUTOMATICO**

Si la máquina logra arrancar y ponerse en condiciones normales de operación, en el modo manual como en el automático se enciende el led verde de operación normal y se presenta una pantalla de control en la cual se visualizaran los parámetros más importantes del grupo electrógeno.

VELOCIDAD(RPM)	PRESION(Psi)	TEMPERATURA(°C)
1800	60	80
12.8	220	25
BATERIA(VDC)	VOLTAJE(VAC)	CORRIENTE(A)

La máquina sigue operando en este estado si es que no se produce un paro de la máquina ya sea por falla, por parada normal o por emergencia.

Una parada de falla puede provocarse por varios factores como:

- La temperatura sobrepasa el valor de máxima temperatura.
- La presión baja por debajo del valor de baja presión.
- La velocidad excede el valor de máxima velocidad o esta por debajo del valor de baja velocidad.

Aparece en la pantalla la frase de "EXISTENCIA DE FALLA" y se enciende el led respectivo de falla. No se podrá dar una nueva secuencia de arranque hasta no haber corregido la falla y pulsado la tecla reset(OFF) del panel.



Una parada por emergencia produce una para inmediata del motor y se la puede ocasionar pulsando la tecla OFF del panel.

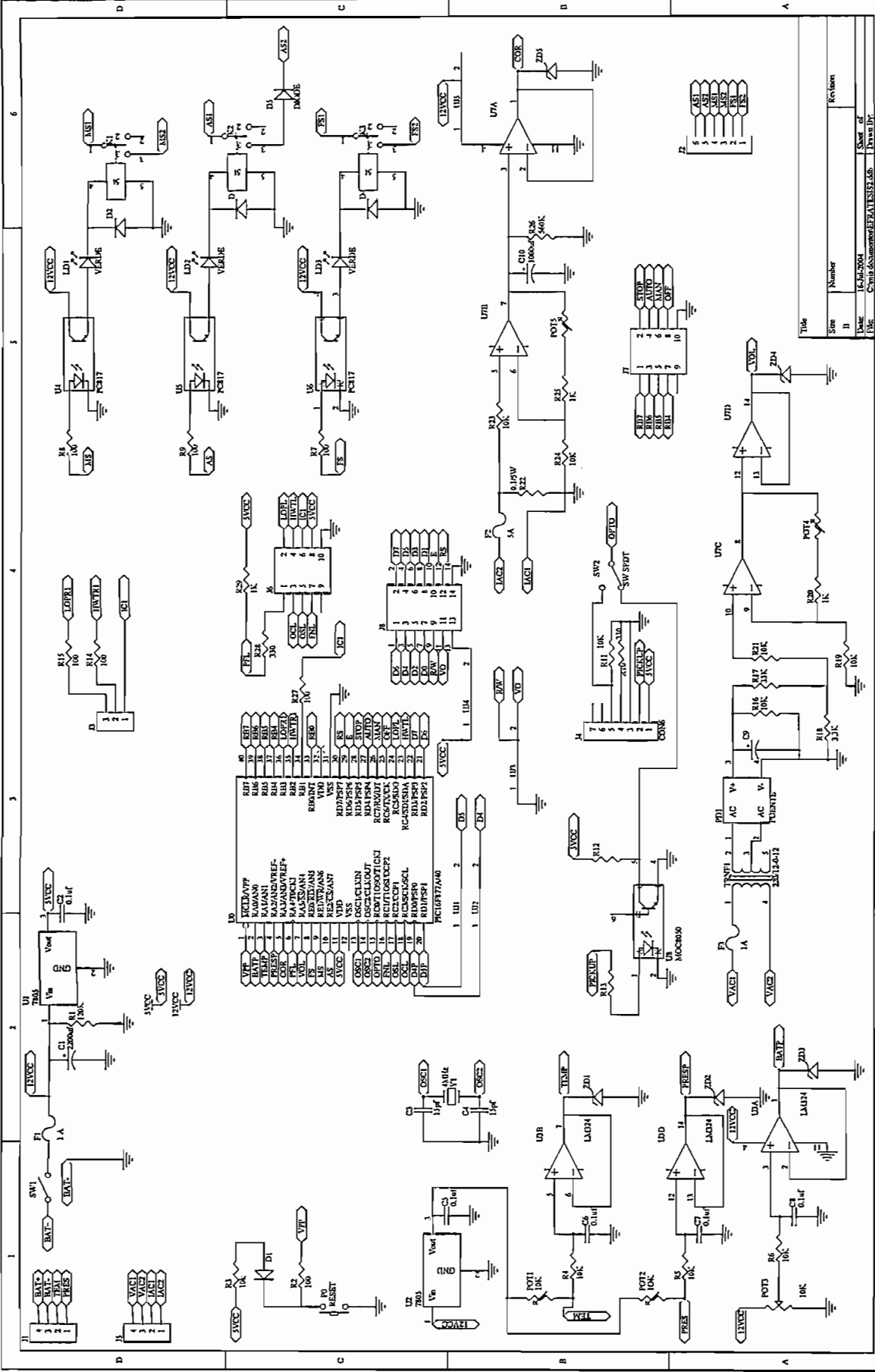


Una parada normal(tecla STOP) ocasiona el apagado del motor después de transcurrido el tiempo de enfriamiento ,tiempo en el cual la máquina sigue operando pero sin carga.

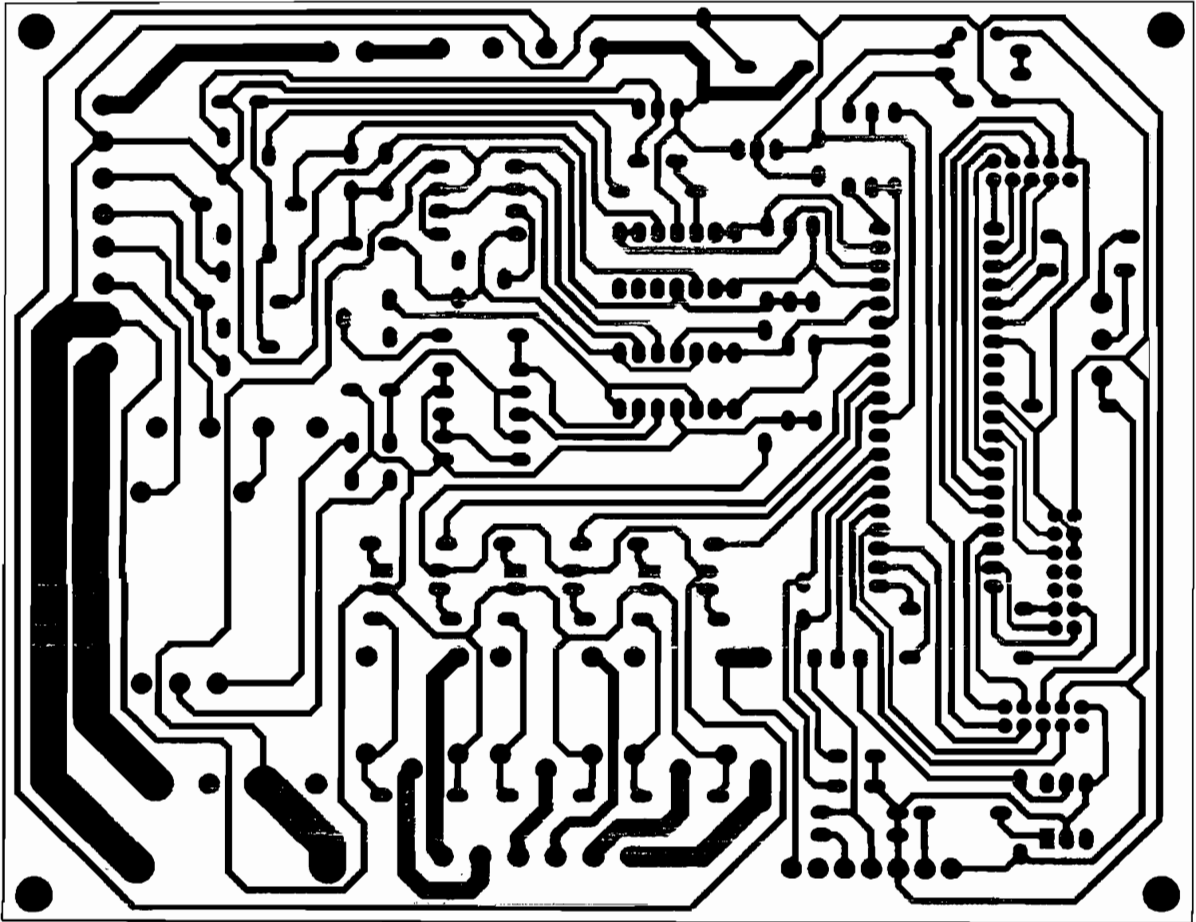


Adicionalmente el sistema cuenta con una tecla para verificar el estado de las luces indicadores.

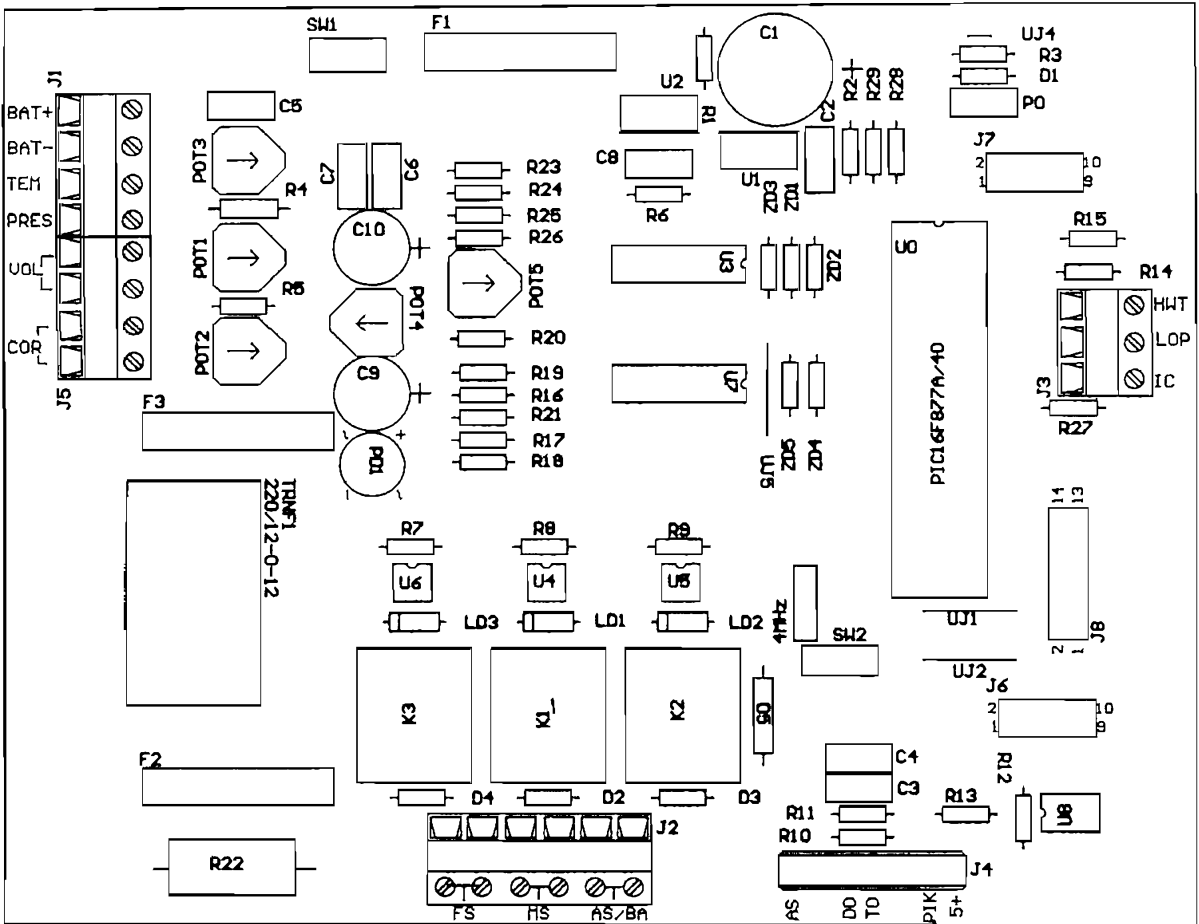
ANEXO C



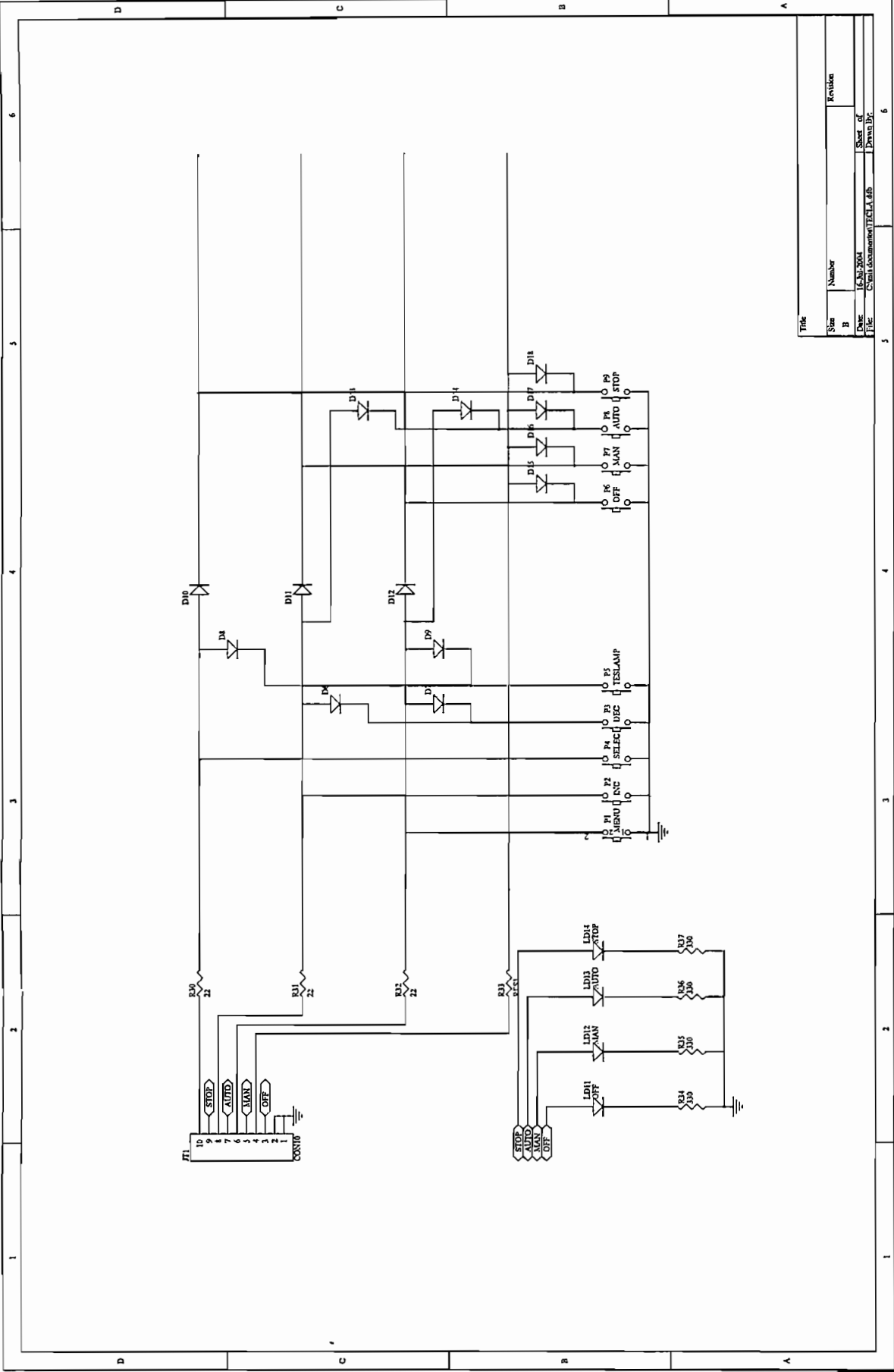
6	5	4	3	2	1																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Title</th> <th>Size</th> <th>Number</th> <th>Revision</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16-Jul-2004</td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>File: C:\msd\document\FRATISEP.dwg</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Drawn By:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Title	Size	Number	Revision	16-Jul-2004	D			File: C:\msd\document\FRATISEP.dwg				Drawn By:			
Title	Size	Number	Revision																		
16-Jul-2004	D																				
File: C:\msd\document\FRATISEP.dwg																					
Drawn By:																					



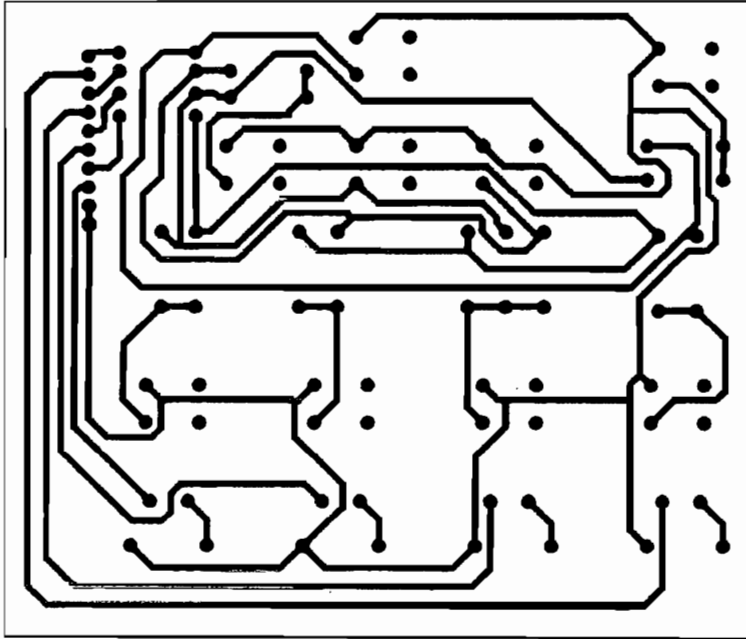
.GEL



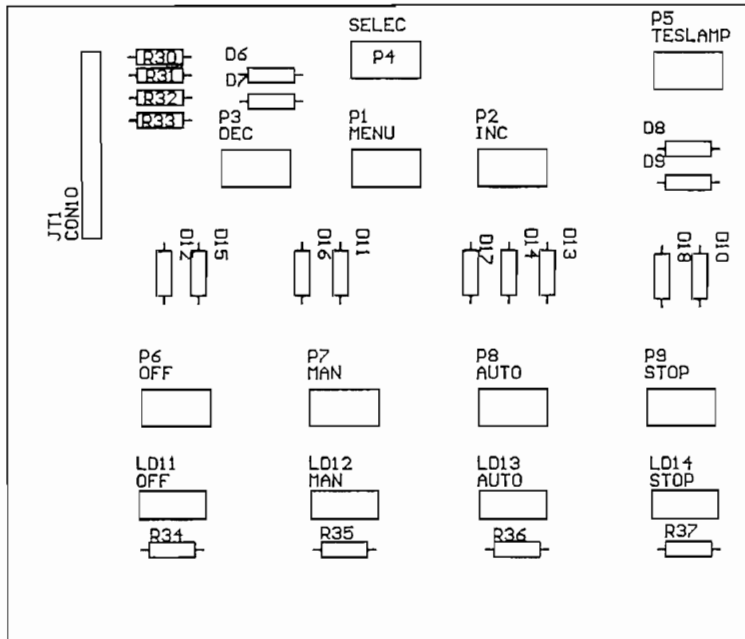
.GTO



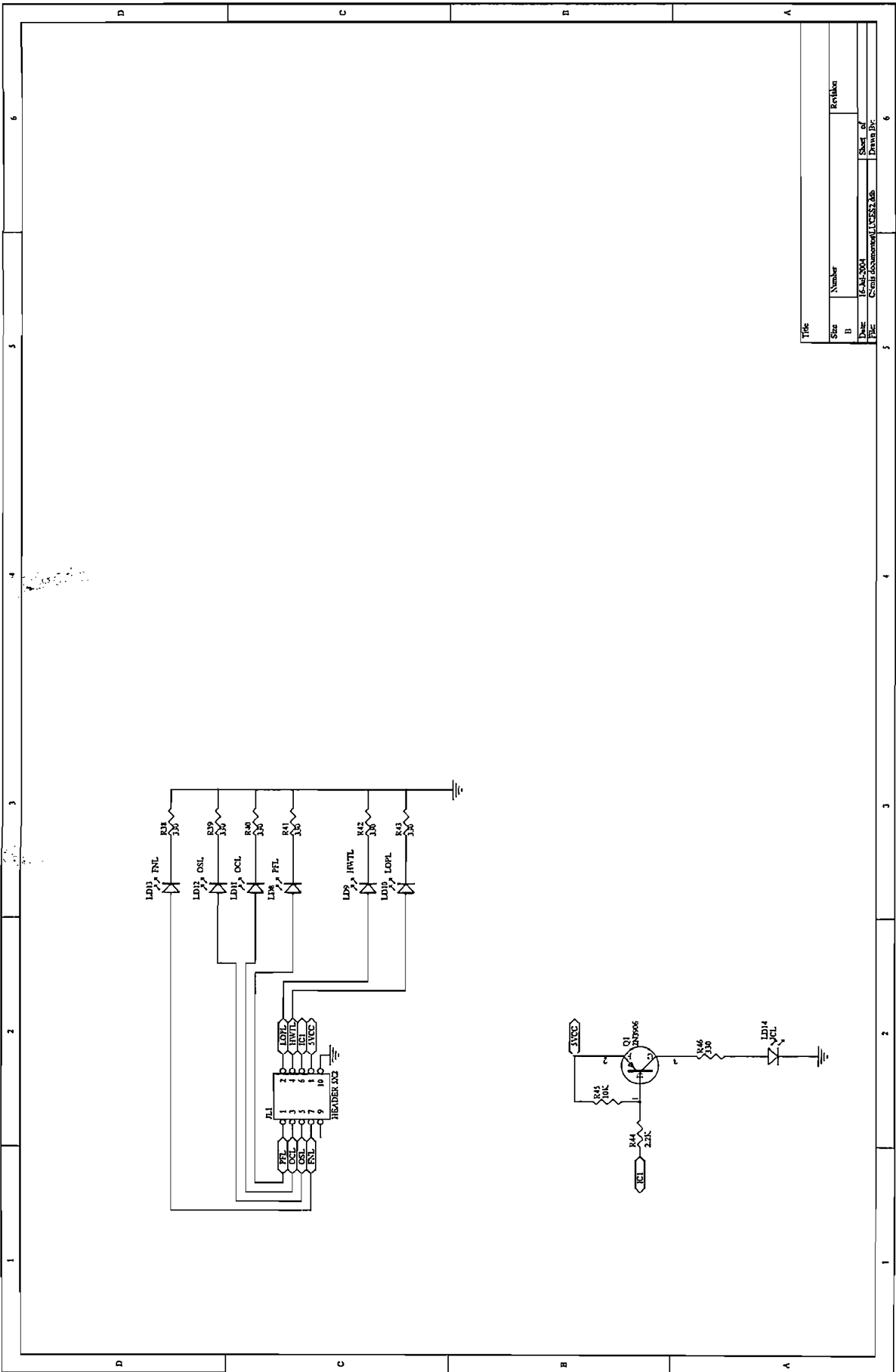
Title	
Size	Number
B	Revision
Date	Sheet of
FILE	Drawn By
C:\msd\documents\TECLA 415	



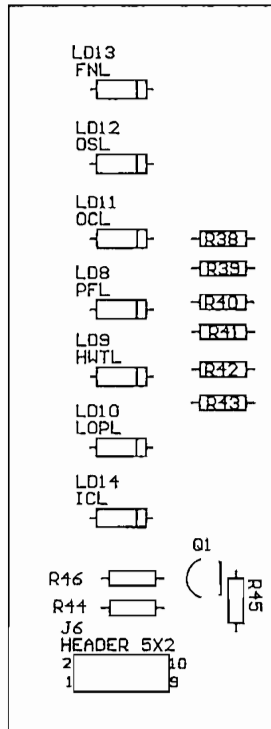
.GBL

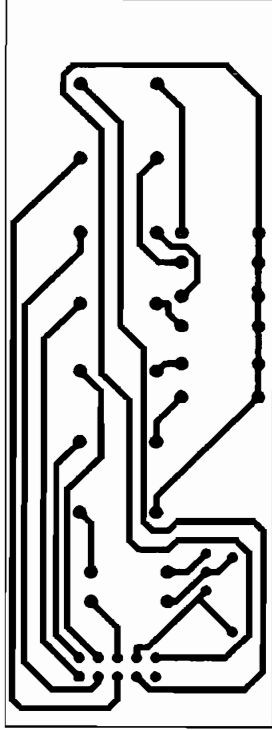


.GTO



Title			
Size	Number	Revision	
B			
Date	16-04-2004	Sheet of	
File	C:\mtdocuments\1\CS22.A66	Drawn By	





.GBL

Programas

Los programas que siguen se tienen que aplicar al intervalo (horas o meses) que ocurra primero.

- A Primer servicio después de 25/50 horas
- B Todos los días o cada 8 horas
- C Cada 200 horas ó 4 meses (3.1524, T3.1524)
- D Cada 250 horas ó 4 meses (D3.152)
- E Cada 400 horas ó 12 meses (3.1524, T3.1524)
- F Cada 500 horas ó 12 meses (D3.152)
- G Cada 800 horas ó 12 meses (3.1524, T3.1524)
- H Cada 2400 horas (3.1524, T3.1524)
- I Cada 2500 horas (D3.152)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	Operación
•	•	•	•						Compruebe la cantidad de refrigerante
•	•	•	•						Compruebe la(s) correa(s) de mando
•	•								Compruebe que no haya agua en el prefiltro de combustible (1)
				•	•				Cambie el(los) elemento(s) del filtro de combustible
						•			Asegure que los armizadores se comprueben (2)
									Asegure que la velocidad de ralentí es comprobada y ajustada, si es necesario (2)
	•								Compruebe la cantidad de aceite lubricante en el colector
	•								Compruebe la presión de aceite lubricante en el indicador (1)
			•	•					Cambie el aceite lubricante (3)
			•	•					Cambie el(los) bore(s) del filtro de aceite lubricante
	•								Limpie el purificador del aire o vacíe la taza guardacorro del filtro del aire
	•								- condiciones sumamente polvorientas
	•								- condiciones normales
				•	•				Limpie o cambie el elemento de filtro del aire, si esto no ha sido indicado más temprano
						•	•		Asegure que se limpie el inductor de turbocompresor y caja de compresor de turbocompresor
			•	•					Limpie el filtro de aire del compresor (1)
						•	•		Asegure que el expulsor o compresor (1) se comprueben (2)
	•			•	•				Asegure que los accesorios libres de levantaválvulas son comprobados y ajustados, si es necesario (2)
							•	•	Asegure que el atemador, el arrancador etc se comprueben (2)

(1) si está montado.

(2) por una persona que ha recibido el entrenamiento correcto.

(3) El intervalo para el cambio del aceite cambiará según el contenido de azufre en el aceite (véase el cuadro de abajo y la especificación del combustible en la Sección 5). El intervalo para el cambio del elemento del filtro de aceite lubricante queda sin cambiar.

Contenido de azufre %	Intervalo para cambio de aceite			
	Horas		Meses	
	D3.152	3.152, T3.152	D3.152	3.152, T3.152
<0.5	250	400	4	6
0.5-1.0	150	300	3	4.5
>1.0	120	200	2	3