

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANALIZADOR DEL ESTADO DEL MOTOR DE UN VEHÍCULO DE COMBUSTION A GASOLINA

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

GRANDA MOSQUERA EDGAR VINICIO
edgargranda@hotmail.com

DIRECTOR: NELSON SOTOMAYOR, MSc.
nelson@mailfie.epn.edu.ec

Quito, octubre 2009

DECLARACIÓN

Yo Edgar Vinicio Granda Mosquera, 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 correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Edgar Granda

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edgar Granda, bajo mi supervisión.

Nelson Sotomayor, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque siempre a guiado mi camino, a los arcángeles, por protegerme y brindarme sus dones, a mi padre Marco Antonio, por todo lo que me enseñó de la vida, a mi madre Ana María, porque siempre me han apoyado incondicionalmente en todos los momentos de mi vida, a mi hermano Luis Fernando, porque siempre ha estado a mi lado ayudándome en todo lo que he necesitado, a mi cuñada Bibiana, por la paciencia que me tuvo, a mis sobrinos Daniel, Alejandra y Adriana, por su cariño incondicional, a Carlitos, por ser parte de mi luz, a mi mejor amigo Wilson, por todo lo que hemos vivido, a todas las personas que tuve la oportunidad de conocer en esta etapa de mi vida.

A todos mis maestros que desde mis primeros años de educación de una u otra manera influyeron en lo que soy; y a todas las luces que se cruzaron en mi vida y ayudaron de una u otra manera a que pueda concluir con mi proyecto terrenal. Gracias a todos...

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi hermano Luis, mi ángel, ya que siempre ha estado pendiente de mí, ayudándome, escuchándome y compartiendo los momentos en los que sentía desfallecer con este objetivo; y a toda mi familia por ser lo que son, únicos.

CONTENIDO

| | |
|---------------|------|
| DECLARACIÓN | ii |
| CERTIFICACIÓN | iii |
| CONTENIDO | iv |
| RESUMEN | viii |
| PRESENTACIÓN | x |

Capítulo 1: FUNDAMENTOS BÁSICOS

| | |
|--|---|
| 1.1 ANALIZADOR DE MOTOR | 1 |
| 1.1.1 ANALIZADOR DE MOTORES KES-200 | 1 |
| 1.1.2 ANALIZADOR DE MOTORES MTS5200 | 2 |
| 1.2 ANALIZADOR DE BATERIA Y ALTERNADOR | 3 |
| 1.2.1 ANALIZADOR DE CARGA Y BATERIA DBP-03 | 3 |
| 1.3 SISTEMA DE CARGA | 3 |
| 1.3.1 BATERIA | 4 |
| 1.3.1.1 PROPIEDADES | 5 |
| 1.3.1.1.1 AMPERIOS – HORA (AH) | 5 |
| 1.3.1.1.2 CAPACIDAD DE ARRANQUE EN FRIO (CCA) | 5 |
| 1.3.1.1.3 CAPACIDAD DE ARRANQUE (CA) | 5 |
| 1.3.1.1.4 CAPACIDAD DE RESERVA (RC) | 6 |
| 1.3.1.2 DIAGNOSTICO Y PRUEBAS | 6 |
| 1.3.1.2.1 FUGA DE VOLTAJE | 6 |
| 1.3.1.2.2 FUGAS PARASITAS | 6 |
| 1.3.1.2.3 DESCARGA POR EL RESORTE | 7 |
| 1.3.1.2.4 RESISTENCIA ELECTRICA DE LOS BORNES | 7 |
| 1.3.2 ALTERNADOR | 8 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.3.2.1 | DIAGNOSTICO Y PRUEBAS ALTERNADOR | 9 |
| 1.3.3 | REGULADOR DE VOLTAJE | 9 |
| 1.3.4 | DIAGNOSTICO Y PRUEBAS SISTEMA DE CARGA | 10 |
| 1.4 | SISTEMA DE ENCENDIDO | 10 |
| 1.4.1 | ENCENDIDO A PLATINOS | 11 |
| 1.4.1.1 | BOBINA | 11 |
| 1.4.1.2 | DISTRIBUIDOR DE PLATINO | 13 |
| 1.4.1.3 | PLATINO | 13 |
| 1.4.1.4 | CONDENSADOR | 14 |
| 1.4.2 | ENCENDIDO ELECTRONICO CONVENCIONAL | 14 |
| 1.4.2.1 | DISTRIBUIDOR ELECTRONICO | 14 |
| 1.4.2.2 | BOBINA CAPTORA | 15 |
| 1.4.2.3 | MODULO DE ENCENDIDO | 16 |
| 1.4.3 | ENCENDIDO ELECTRONICO DIS | 16 |
| 1.4.3.1 | BOBINA MULTIPLE | 17 |
| 1.4.3.2 | SENSOR DE POSICION DEL CIGÜEÑAL | 17 |
| 1.4.4 | REQUERIMIENTOS SISTEMA DE ENCENDIDO | 18 |
| 1.5 | SISTEMA MECANICO DEL MOTOR | 18 |
| 1.5.1 | CICLO DEL MOTOR | 19 |
| 1.5.1.1 | ADMISION | 19 |
| 1.5.1.2 | COMPRESION | 19 |
| 1.5.1.3 | EXPANSION | 20 |
| 1.5.1.4 | ESCAPE | 21 |
| 1.5.2 | CILINDROS | 22 |
| 1.5.3 | EMPAQUE DE CULATA | 22 |
| 1.5.4 | PISTON | 23 |
| 1.5.5 | ANILLOS DE PISTON | 24 |
| 1.5.6 | VALVULAS | 25 |
| 1.5.6.1 | VALVULAS DE ESCAPE | 25 |
| 1.5.6.2 | VALVULAS DE ADMISION | 25 |
| 1.5.7 | COLECTOR DE ADMISION | 26 |
| 1.6 | SENSORES | 28 |
| 1.6.1 | SENSOR TACOMETRICO | 28 |

| | | |
|---------|-------------------|----|
| 1.6.1.1 | CARACTERISTICAS | 29 |
| 1.6.2 | SENSOR RESISTIVO | 29 |
| 1.6.3 | SENSOR DE PRESION | 29 |
| 1.6.3.1 | CARACTERISTICAS | 30 |

Capítulo 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

| | | |
|-------|--|----|
| 2.1 | ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE LA BATERIA | 32 |
| 2.2 | ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE PRESION | 35 |
| 2.3 | ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE RPM | 35 |
| 2.4 | ACOPLAMIENTO DE SEÑALES ANALOGICAS Y DIGITALES | 36 |
| 2.4.1 | FERRITA | 37 |
| 2.5 | ACONDICIONAMIENTO COMUNICACIÓN SERIAL | 37 |
| 2.6 | MICROCONTROLADOR | 38 |
| 2.7 | FUENTE DE ALIMENTACION | 40 |
| 2.7.1 | REGULADOR LM317 | 41 |
| 2.7.2 | REGULADOR LM 7805 | 42 |
| 2.8 | DISTRIBUCION DE CIRCUITOS | 43 |

Capítulo 3: DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

| | | |
|---------|-----------------------------|----|
| 3.1 | PROGRAMA DE CONTROL | 45 |
| 3.1.1 | INICIALIZACION | 46 |
| 3.1.2 | PROGRAMA PRINCIPAL | 47 |
| 3.1.3 | RUTINAS | 47 |
| 3.1.3.1 | SENAL_BATERIA | 47 |
| 3.1.3.2 | SENAL_PRESION | 47 |
| 3.1.3.3 | SENAL_RPM | 47 |
| 3.1.3.4 | MEDIR | 48 |
| 3.1.4 | DIAGRAMAS DE FLUJO | 48 |
| 3.2 | DESARROLLO DEL PROGRAMA HMI | 53 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1 PANTALLA PRINCIPAL | 53 |
| 3.2.2 PANTALLA MENU DE DIAGNOSTICO | 53 |
| 3.2.3 PANTALLA DIAGNOSTICO BATERIA | 54 |
| 3.2.4 PANTALLA DIAGNOSTICO CILINDROS | 56 |
| 3.2.4.1 PANTALLA BALANCE DE CILINDROS | 57 |
| 3.2.5 PANTALLA DIAGNOSTICO PRESION MULTIPLE | 58 |

Capítulo 4: PRUEBAS Y RESULTADOS

| | |
|--|----|
| 4.1 UBICACION SONDAS PARA TOMA DE MEDIDA | 63 |
| 4.1.1 VOLTAJE BATERIA | 63 |
| 4.1.2 PRESION MULTIPLE DE ADMISION | 64 |
| 4.1.3 REVOLUCIONES POR MINUTO DEL MOTOR | 65 |
| 4.2 PRUEBAS | 66 |
| 4.2.1 MEDIDA VOLTAJE BATERIA | 66 |
| 4.2.2 MEDIDA RPM | 67 |
| 4.2.3 MEDIDA COMPRESION DE CILINDROS | 68 |
| 4.2.4 MEDIDA PRESION MULTIPLE | 70 |
| 4.3 RESULTADOS | 71 |
| 4.4 LISTA DE ELEMENTOS Y PRECIOS | 72 |

Capítulo 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 CONCLUSIONES | 75 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 76 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 78 |
|-----------------------------------|----|

ANEXOS

RESUMEN

Desde la invención de los vehículos, los propietarios y amantes de los automotores tuvieron la necesidad de realizar diagnósticos para determinar en que condiciones se encuentra los motores de los autos. Esta necesidad con el avance de la tecnología y del tiempo se transformo en un proceso básico a seguir para la compra de un vehículo que no sea nuevo y para los mantenimientos comunes en un taller. Este paso se volvió tan común que existen pruebas básicas que son muy conocidas por los encargados en realizar mantenimientos y revisión de automotores.

Uno de los problemas cuando un proceso se hace rutinario, es que por la repetición del proceso tienden a suprimir u omitir algunos pasos que al final del diagnostico ocasionan un resultado no correcto y con deficiencias. Por todo esto, automatizar un proceso de diagnostico garantiza que todos los pasos en esta revisión se realicen correctamente, con lo cual se tiene un gran porcentaje de eficacia y eficiencia en los resultados. En este proyecto se diseña y construye un sistema automático de diagnostico en el cual se determina las revoluciones del motor cuando el vehículo se encuentre encendido y en reposo. Primero se medirá cuando todos los cilindros estén funcionando, luego se desconectará el cable de la bujía del primer cilindro y se medirá las revoluciones que tiene sin ese cilindro. Así se procede con los demás cilindros del automotor. Una vez que se tenga los datos mediante una fórmula matemática se determina aproximadamente la compresión de cada cilindro del motor, con lo cual se tendrá un diagnostico de cada cilindro del motor del auto, luego se mide el voltaje que tenga la batería cuando el vehículo se encuentre apagado y posteriormente cuando el vehículo este encendido, con lo cual se determina si la batería esta funcionando correctamente y si el alternador esta cargando de manera adecuada a la misma. Finalmente la depresión que ocurre en el múltiple se medirá en tres estados del motor. Primero cuando el vehículo arranca, luego en estado normal y finalmente a unas tres mil revoluciones. Con lo cual mediante las fluctuaciones que de esta

medida se determinará el estado de las empaquetaduras del motor, sellos de válvulas y válvulas.

Los valores medidos se ingresarán a un microprocesador para ser enviados mediante un protocolo de comunicación a un computador para tener un HMI en el cual se muestran los valores de las variables medidas y el diagnóstico del motor del vehículo.

PRESENTACION

El presente proyecto pretende ser una herramienta para el mantenimiento del motor de los automóviles, en lo referente a la parte mecánica como empaquetaduras, sellos de válvulas, válvulas y sistema de carga. Con lo cual se tendrá un informe del estado de cada parte mecánica y las posibles soluciones o pasos a seguir para solucionar dichos problemas.

El presente proyecto esta estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se ve de manera general sistemas similares al que se va a implementar, se realiza una descripción de los sistemas mecánicos que serán analizados y monitoreados y el tipo de sensores y actuadores que serán utilizados en el proyecto.

El diseño de los circuitos electrónicos y del sistema microprocesado utilizado para la adquisición de datos se describen en el capítulo 2.

En el capítulo 3 se explica con detalle el programa de control y cada una de las subrutinas que forman parte del programa de adquisición de datos, se presenta un diagrama de flujo de cada uno de ellos y el HMI implementado.

En el capítulo 4 se presentan las pruebas y los resultados que se obtienen del presente proyecto así como el listado de elementos utilizados y el costo del mismo.

Las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en la realización del proyecto de titulación se ven en el capítulo 5.

Finalmente se presentan en los anexos el manual de usuario del sistema, los esquemáticos de las tarjetas implementadas, el plano de posicionamiento y el

circuito impreso, así como el listado de los elementos utilizados, sus respectivos valores y las hojas de datos de algunos elementos utilizados.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS BÁSICOS

En los últimos años y con el avance de la tecnología han salido al mercado muchos instrumentos electrónicos para realizar diagnóstico de las partes mecánicas de un vehículo entre los principales están los llamados analizadores, ya sean estos de baterías, alternadores o de motores en general.

En este capítulo se realiza de manera global un estudio de los analizadores de motores que existen en el mercado, ya que esto ayudará en el desarrollo del presente proyecto. También se revisa los sistemas del vehículo que son de interés para el presente proyecto, es decir la parte mecánica de los motores sus principales problemas y las causas de los mismos, finalmente se presenta información general de los sensores que formaran parte del sistema de medición de los parámetros del motor a ser implementado.

1.1 ANALIZADOR DE MOTOR

En esta sección se presentan varios sistemas de información de diagnóstico del motor que se encuentran actualmente en el mercado con la finalidad de conocer sus características y tener una referencia con la cual comparar el sistema desarrollado en este proyecto.

1.1.1 ANALIZADOR DE MOTORES KES-200 [1]

El KES-200 es uno de los mejores analizadores de motores del mercado, incluye los aditamentos necesarios para cubrir completamente todas sus funciones, no necesita aditamentos extras.

La función de este equipo es hacer un análisis del encendido, es decir determina el orden de encendido y la corriente del primario y secundario de la bobina. También toma la medida del voltaje de arranque, corriente de carga, corriente de

arranque. Al respecto de los cilindros, determina la compresión relativa y el balance de los mismos.



Figura 1.1 Analizador KES-200, tomado de [1]

1.1.2 ANALIZADOR DE MOTORES MTS5200 [2]

Este analizador de motores es una poderosa herramienta de diagnóstico para los equipos de hoy en día. Su pantalla touch screen lo hace una herramienta práctica y efectiva.

La función de este equipo es que puede medir La depresión del motor y realizar un test de balance de cilindros. Como adicional incluye transductores para medir presiones de gasolina y aceite.



Figura 1.2 Analizador MTS5200, tomado de [2]

1.2 ANALIZADOR DE BATERIA Y ALTERNADOR

En esta sección se presentan algunos equipos que realizan un diagnóstico de la carga del alternador y del estado de la batería.

1.2.1 ANALIZADOR DE CARGA Y BATERIA DBP-03 [3]

El aparato de medición DBP-03 sirve para el control de baterías y de corrientes de carga en el automóvil. Con este aparato de medición para automóviles podrá obtener el estado de la batería (bueno o malo) estando montada. Durante la medición no se producirá carga en la batería proveniente del aparato; es decir, la medición no influirá en la capacidad de la batería. La corriente de arranque en frío puede darse individualmente. El aparato de medición opera también con una batería con escasa tensión residual. El aparato es apropiado para baterías de 6 V y 12 V y se puede usar con sistemas de carga de 12 y 24 V.



Figura 1.3 Analizador DBP-03, tomado de [3]

1.3 SISTEMA DE CARGA

Cuando el motor se encuentra trabajando, el sistema de carga debe proporcionar la potencia necesaria para operar todos los sistemas eléctricos del automóvil y mantener la carga de la batería, la cual se lleva a cabo mediante la conversión de energía mecánica en energía eléctrica.

Un generador eléctrico es una máquina que transforma la energía mecánica en electricidad, generalmente por inducción eléctrica. La energía mecánica se puede tomar de forma directa o indirectamente del movimiento del motor; la energía eléctrica se manipula adecuadamente para su consumo directo o almacenaje en una batería mediante un alternador [4].

Los principales componentes del sistema de carga son: batería, alternador, banda o correa de impulsión y regulador de voltaje como se indica en la Figura 1.4.

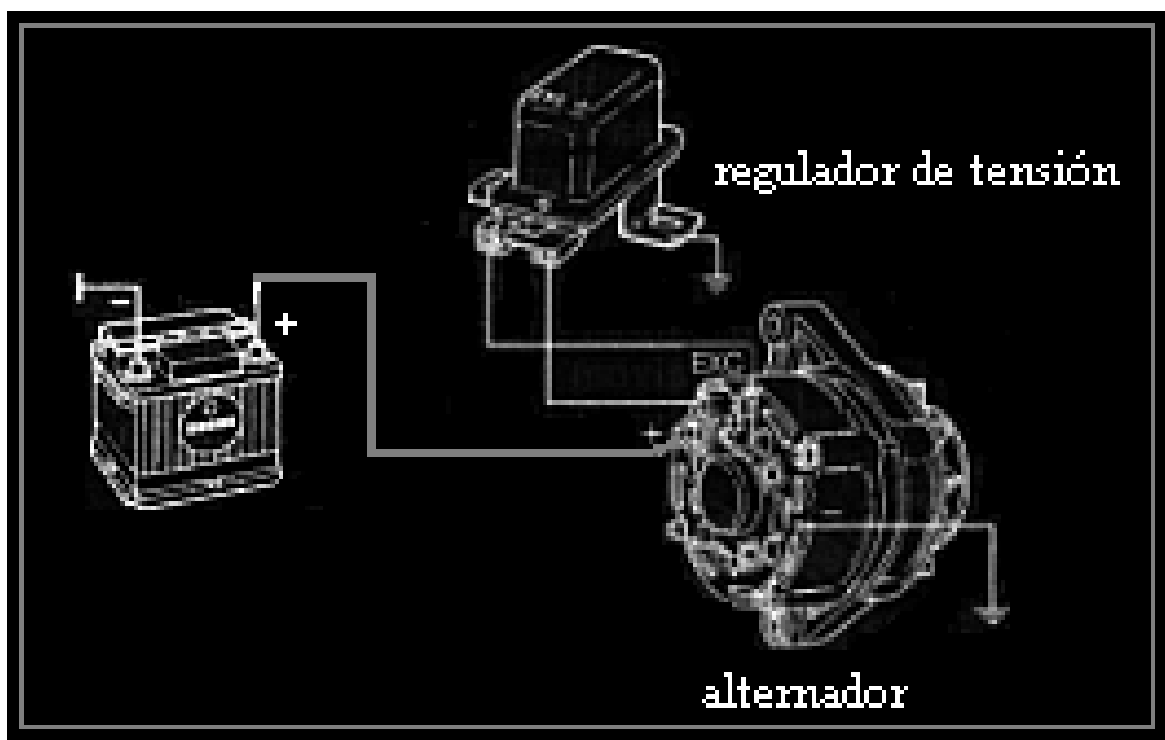


Figura 1.4 Sistema de Carga, tomado de [4]

1.3.1 BATERIA

Se entiende por batería a todo elemento capaz de almacenar energía eléctrica para ser utilizada posteriormente.

En la Tabla 1.1 se observa los rangos de voltaje de acuerdo al estado de carga que se encuentra la batería.

Tabla 1.1 Estado carga de batería

| Voltaje | Estado de Carga |
|----------------|------------------------|
| 12,65 V | 100% |
| 12,45 V | 75% |
| 12,24 V | 50% |
| 12,06 V | 25% |
| 11,89 V | 0% |

1.3.1.1 Propiedades [4]

Entre los parámetros más comunes que se ven en una batería se tiene: amperios – hora, capacidad de arranque en frío, capacidad de arranque y capacidad de reserva.

1.3.1.1.1 Amperios – hora (AH)

Es una medida muy útil ya que permite tener una idea de la capacidad que tiene la batería. Es decir una batería que sea de 80AH tiene la posibilidad de entregar 80 amperios en una hora.

1.3.1.1.2 Capacidad de Arranque en Frío (CCA)

Es la capacidad que tiene la batería de entregar una cantidad de corriente a baja temperatura. Esta propiedad está determinada por la cantidad de corriente que almacena a plena carga y mantiene por 30 segundos a 17.8 grados centígrados, sin que el voltaje caiga por debajo de 7.2 voltios.

1.3.1.1.3 Capacidad de Arranque (CA)

Es la cantidad de corriente que la batería puede suministrar a cero grados Centígrados durante 30 segundos, sin que el voltaje caiga por debajo de 7.7 voltios.

1.3.1.1.4 Capacidad de Reserva (RC)

Es una medida que está dada en minutos en donde la batería sostendrá al sistema una vez que el alternador falle. La capacidad de reserva se entiende como la duración en tiempo entregando una corriente de 25 Amperios a una temperatura de 27 grados hasta que el voltaje caiga por debajo de 10.5 voltios.

1.3.1.2 Diagnóstico y Pruebas [5]

Existen algunas pruebas que se realizan a la batería para determinar su correcto funcionamiento y su vida útil. Entre los más comunes se tiene: fugas de voltaje, fugas parásitas, descarga por el soporte, resistencia eléctrica de los bornes.

1.3.1.2.1 Fuga de Voltaje

Estas se generan por sulfatación o exceso de humedad de la batería, creando un “camino” entre los dos bornes causando una descarga. Un voltaje mayor de 0.5 voltios genera descarga de la batería.

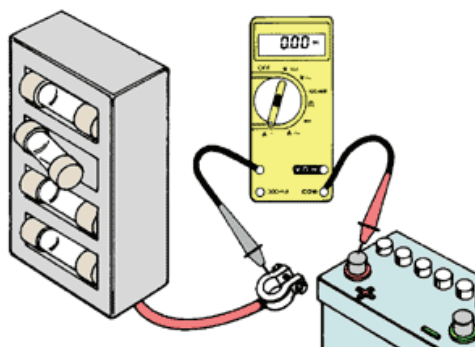


Figura 1.5 Prueba de fuga de voltaje, tomada de [5]

1.3.1.2.2 Fugas Parásitas

Este tipo de prueba se realiza con el amperímetro, colocando en serie con el cable negativo, debe asegurarse que todas las cargas eléctricas estén apagadas. La lectura debe indicar menos de 35 mA. Los vehículos con computador regularmente presentan consumos de 20 mA.

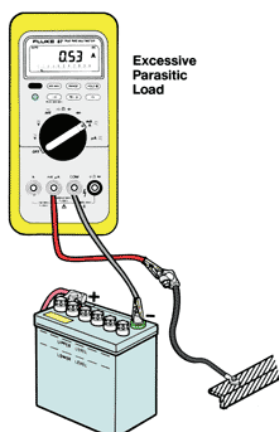


Figura 1.6 Prueba fuga parasita, tomada de [5]

1.3.1.2.3 Descarga por el Soporte

Usando el voltímetro, conecte el terminal negativo al borne correspondiente y el terminal positivo de este al marco o sujetador de la batería, si el voltaje marca superior a 0.5 voltios se debe limpiar con bicarbonato y agua todo el conjunto, removiendo luego el exceso de agua.

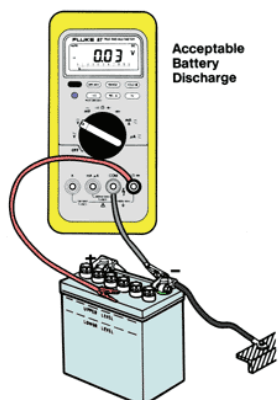


Figura 1.7 Prueba de descarga por el soporte, tomada de [5]

1.3.1.2.4 Resistencia Eléctrica de los Bornes

Un exceso de resistencia genera que la recarga de la batería no se haga satisfactoriamente. Con el voltímetro mida el voltaje entre el borne y el terminal, la lectura será de 0 voltios, de lo contrario se debe hacer una limpieza de bornes.



Figura 1.8 Prueba de resistencia eléctrica de los bornes, tomada de [5]

1.3.2 ALTERNADOR

El alternador es el encargado de proporcionar la energía eléctrica necesaria a los servidores del automóvil (encendido, luces, motores de limpia-parabrisas, cierre centralizado, etc.), también sirve para cargar la batería.

Antiguamente en los coches se montaban un dinamo en lugar de un alternador, pero se dejó de usar por que el alternador tiene menor volumen y peso para una misma potencia útil. Además el alternador entrega su potencia nominal a un régimen de revoluciones bajo; esto le hace ideal para vehículos que circulan frecuentemente en ciudad, ya que el alternador carga la batería incluso con el motor funcionando en ralentí.

El borne positivo del alternador se conecta directamente al positivo de la batería y al borne positivo del regulador de tensión. La energía eléctrica proporcionada por el alternador está controlada por el regulador de tensión, esta energía es enviada hacia la batería, donde queda almacenada, y a los circuitos eléctricos que proporcionan energía eléctrica a los distintos servidores (encendido, luces, radio, cierre centralizado etc.) [6].

1.3.2.1 Diagnóstico y Pruebas del Alternador

Para diagnosticar de forma correcta el alternador se lo debe someter a la carga máxima para la cual fue diseñado y medir con una pinza amperimétrica la corriente en amperios que entrega. Esto se consigue de dos maneras: Si se dispone de resistencia de carga seguir el siguiente procedimiento: Arrancar el vehículo, acelerarlo hasta 2000 a 2500 rpm, conectar la resistencia de carga en bornes de la batería y ajustarla al valor de salida máxima que el alternador es capaz de proporcionar, generalmente este valor se puede ver en la chapa con las especificaciones del fabricante. Comprobar en la pinza amperimétrica que su valor sea el máximo de salida.

Si no dispone de resistencia de carga, seguir los siguientes pasos: Deshabilitar el encendido, darle arranque durante al menos 15 segundos, reconectar el encendido, arrancar el vehículo y acelerarlo inmediatamente hasta 2000 a 2500 rpm, durante los primeros segundos luego del arranque leer en la pinza amperimétrica el valor máximo de salida del alternador que debe estar dentro de un 10% del valor especificado por el fabricante. Luego la corriente producida por el alternador irá bajando a medida que la batería recupera su carga [5].

1.3.3 REGULADOR DE VOLTAJE

El voltaje que entrega el alternador debe regularse y así proteger el circuito de carga. Lo cual se logra con un regulador de voltaje, que puede ser de tipo electromagnético o de voltaje electrónico. La función básica del regulador es mantener el voltaje del sistema de carga a un nivel constante. Para ello se utiliza un limitador de voltaje de dos etapas.

El regulador de tensión hasta los años 80 venía separado del alternador. Estaba constituido por dos o tres elementos electro-magnéticos según los casos, era voluminoso y más propenso a las averías que los pequeños reguladores de tensión electrónicos utilizados después de los años 80 hasta hoy en día. Estos últimos son reguladores electrónicos de pequeño tamaño y van acoplados a la carcasa del alternador como se ve en la Figura 1.10.



Figura 1. 10 Regulador de tensión que forma conjunto con las escobillas

1.3.4 DIAGNÓSTICO Y PRUEBAS SISTEMA DE CARGA

Verificar los cables de conexión al alternador así como sus conexiones, la gran mayoría de las veces se diagnostica equivocadamente el alternador mientras que el problema reside en las conexiones o en el regulador de voltaje. Escuchar ruidos anormales tales como sonidos debido a rodamientos o ruidos de la correa al patinar. Verificar que no existan tornillos flojos o faltantes tanto en la carcasa como los tornillos de sujeción al block del motor. A continuación medir el voltaje generado por el alternador con el motor en funcionamiento y sin carga, este valor se debe situar entre 13,8 y 15,3 voltios. Un valor inferior al indicado puede ser debido a que el alternador no proporciona la carga suficiente, y un mayor generalmente se debe al regulador de voltaje en mal estado [5].

1.4 SISTEMA DE ENCENDIDO

El circuito de encendido utilizado en los motores de gasolina, es el encargado de hacer saltar una chispa eléctrica en el interior de los cilindros, para provocar la combustión de la mezcla aire-gasolina en el momento oportuno.

En la actualidad existen tres tipos de encendido: encendido a platino, encendido electrónico convencional y encendido electrónica DIS.

1.4.1 ENCENDIDO A PLATINO [6]

Este tipo de sistema de encendido es el que no usa sistema electrónico, es decir el encendido se lo hace con elementos mecánicos y eléctricos.

Los componentes de este tipo de sistema de encendido son: batería, bobina, distribuidor de platino, platino, condensador, juego de cables y bujías.

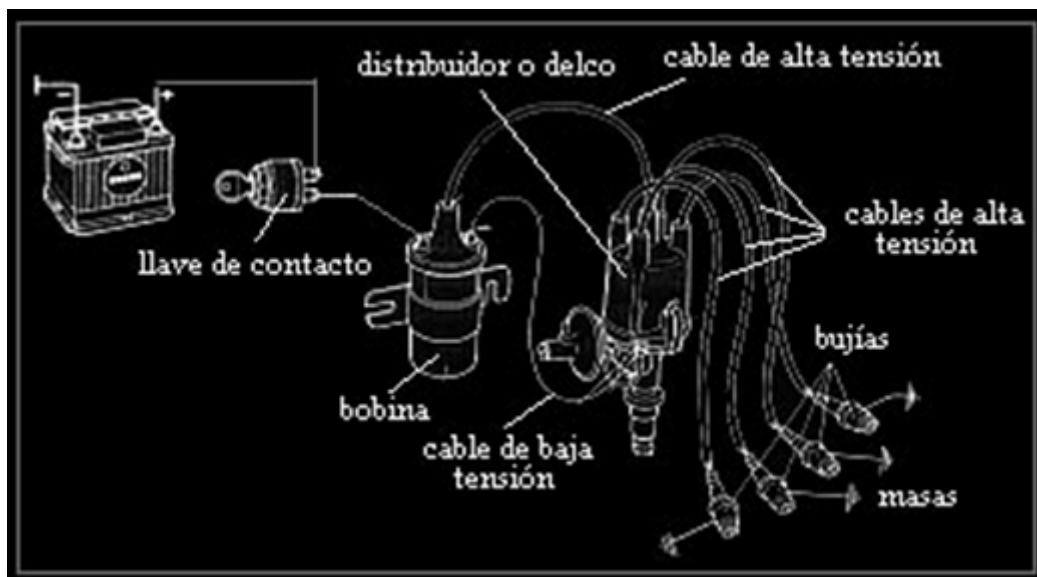


Figura 1.11 Encendido a platino, tomado de [6]

1.4.1.1 Bobina

La bobina es un transformador que convierte la tensión de batería 12 voltios en una alta tensión del orden de 12.000 voltios a 15.000 voltios y hace saltar la chispa entre los electrodos de la bujía.

La bobina está compuesta por un núcleo de hierro en forma de barra, constituido por laminas de recubrimiento magnético, sobre el cual está enrollado el bobinado secundario, formado por gran cantidad de espiras de hilo fino de cobre (entre 15.000 y 30.000) debidamente aisladas entre sí y el núcleo. Arriba de este arrollamiento va enrollado el bobinado primario, formado por algunos centenares de espiras de hilo grueso, aisladas entre sí y del secundario. La relación entre el

número de espiras de ambos arrollamientos (primario y secundario) esta comprendida entre 60 y 150.

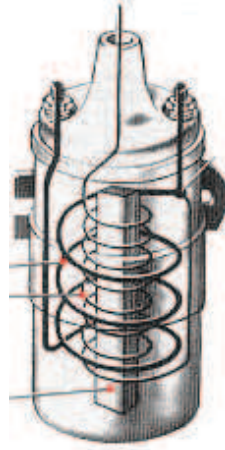


Figura 1.12 Bobina, tomado de [5]

El conjunto formado por ambos bobinados y el núcleo, se rodea por recubrimiento magnético y masa de relleno, de manera que se mantengan perfectamente sujetas en el interior del recipiente metálico o carcasa de la bobina. Generalmente están sumergidos en un baño de aceite de alta rigidez dieléctrica, que sirve de aislante y refrigerante. Aunque en lo esencial todas las bobinas son iguales, existen algunas cuyas características son especiales. Una de estas es la que dispone de dos bobinados primarios. Uno de los bobinados se utiliza únicamente durante el arranque (bobinado primario auxiliar), una vez puesto en marcha el motor este bobinado se desconecta. Este sistema se utiliza para compensar la caída de tensión que se produce durante la puesta en marcha del motor cuando se está accionando el motor de arranque, que como se sabe, consume mucha corriente. El arrollamiento primario auxiliar se utiliza únicamente en el momento del arranque, mediante el interruptor (llave de contacto) que lo pone en circuito, con esto se aumenta el campo magnético creado y por lo tanto la tensión en el bobinado secundario de la bobina aumenta. Una vez puesto en marcha el motor en el momento que se deja de accionar la llave de arranque, el interruptor se abre y desconecta el bobinado primario auxiliar, quedando en funcionamiento exclusivamente el bobinado primario.

1.4.1.2 Distribuidor de Platino

El distribuidor ha evolucionado a la par con los sistemas de encendido llegando a desaparecer actualmente en los últimos sistemas de encendido. Cumple la misión de adelantar o retrasar el punto de encendido en los cilindros por medio de un regulador centrífugo que actúa en función del número de revoluciones del motor y un regulador de vacío que actúa combinado con el regulador centrífugo según sea la carga del motor (según este más o menos pisado el pedal del acelerador).



Figura 1.13 Distribuidor, tomado de [7]

1.4.1.3 Platino

Los platinos hacen el trabajo de un interruptor, de alta velocidad, la función de abrir y cerrar, lo hace obedeciendo al número de gibas que tiene, la flecha o eje del distribuidor.

Cada vez que el platino se separa, se corta la corriente en la bobina, y se genera la contracción que origina la chispa de alto voltaje.



Figura 1.14 Platino

1.4.1.4 Condensador

Cuando los puntos, abren y cierran, cortan y conectan la corriente, el problema, se origina debido, a que este tipo de conexión genera un arco de chispa, que queman, o pegan los puntos. El condensador, es el encargado de resistir, o amortiguar el voltaje, evitando con esto, que los puntos, se calienten y suelten baba metálico.



Figura 1.15 Condensador

1.4.2 ENCENDIDO ELECTRONICO CONVENCIONAL

El sistema convencional de encendido es el llamado electrónico, ya que se usa elementos electrónicos para el encendido del motor.

Los elementos que interviene en este sistema son: distribuidor electrónico, bobina captora, módulo de encendido, cables de bujías y bujías.

1.4.2.1 Distribuidor Electrónico

Una vez más el distribuidor evoluciona a la vez que se perfecciona el sistema de encendido, esta vez desaparecen los elementos de corrección del avance del punto de encendido ("regulador centrifugo" y "regulador de vació") y también el generador de impulsos, a los que se sustituye por componentes electrónicos. El distribuidor en este tipo de encendido se limita a distribuir, como su propio nombre indica, la alta tensión procedente de la bobina a cada una de las bujías.

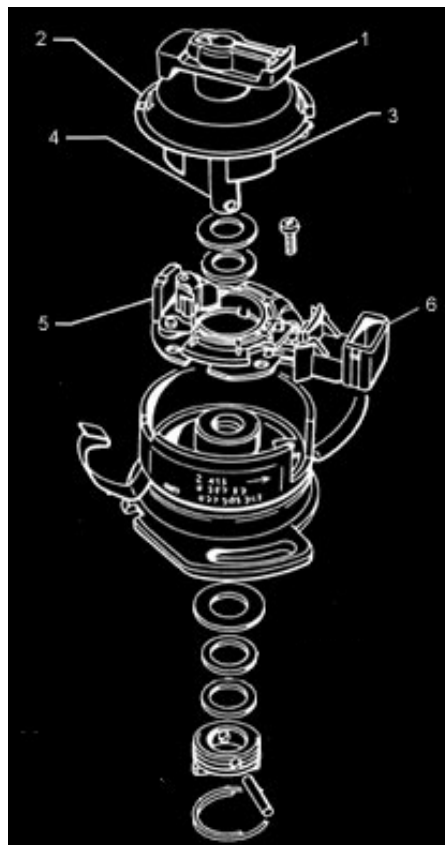


Figura 1.16 Distribuidor electrónico, tomada de [7]

Donde:

1. Rotor
2. Tapa guardapolvo
3. Tambor
4. Eje del distribuidor
5. Sensor hall
6. Conector eléctrico

1.4.2.2 Bobina Captora

Las bobinas de características magnéticas, son dispositivos eléctricos, que se utilizan casi exclusivamente para elevar el voltaje, y el amperaje en algunos casos. Las bobinas no se encuentran conectadas directamente al computador del vehículo, sino a un módulo de estado sólido llamado módulo de encendido. Su función primordial es la de elevar el voltaje que alimenta a las bujías para que se conviertan en una chispa de alta energía.

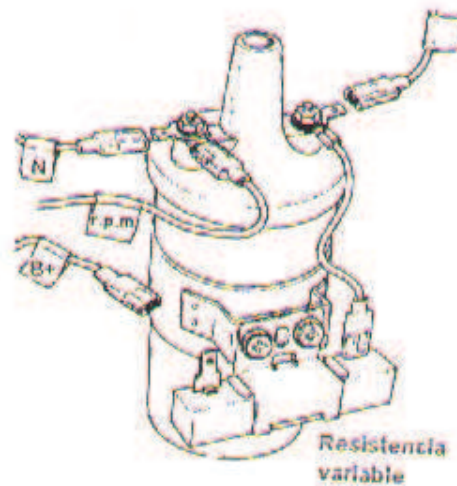


Figura 1.17 Bobina Captora, tomado de [9]

1.4.2.3 Módulo de Encendido

La localización exacta del módulo, depende del vehículo, aunque los lugares en el motor son comunes como el distribuidor, los aparatos laterales del motor en las cercanías de la bobina de encendido.

En módulo de encendido efectúa varias funciones como: recibir la señal del sensor de posición del cigüeñal, o de cualquier sensor de encendido, recibe la señal del Módulo de Control Electrónico (ECM), de avance o tiempo de encendido computarizado, envía al ECM una señal de encendido para activar los inyectores, conmuta las dos señales según la estrategia utilizada en el modo de funcionamiento en el que se encuentre el motor.

1.4.3 ENCENDIDO ELECTRONICO DIS [8]

Se conoce como sistema DIS al sistema de encendido directo, a los componentes, que remplazan la función del distribuidor.

Un sistema DIS esta compuesto de lo siguiente: bobinas múltiples, una para cada cilindro o pistón (en algunos casos son duales, o sea una para dos pistones), sensor de posición del cigüeñal, módulo de encendido, cables y bujías.

1.4.3.1 Bobina Múltiple

Usadas, por los sistemas de encendido directo. En este tipo de bobinas se puede ver: tres bobinas juntas, con dos salidas de chispa cada una (para un motor de 6 cilindros). Algunos fabricantes como Toyota usan este tipo de bobinas; pero con la variante de tener una bobina conectada directamente en la ubicación de una bujía; y de allí sale un cable llevando la otra conexión, a la otra bujía correspondiente en el orden de encendido.



Figura 1.18 Bobina múltiple, tomada de [8]

Donde:

1. Estructura donde va acoplada el conjunto de bobinas.
2. Módulo de Encendido.
3. Conectores a las bujías.

1.4.3.2 Sensor de Posición del Cigüeñal [9]

Se encuentra a un lado de la polea inferior del cigüeñal, en la parte delantera del motor. Este sensor envía la información correcta sobre la velocidad angular y posición del cigüeñal, por medio de impulsos de voltaje alterno.

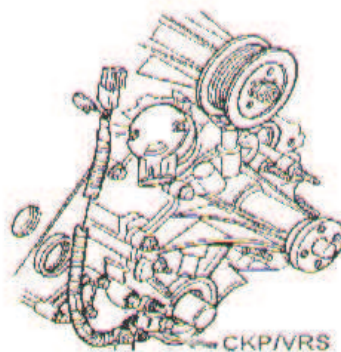


Figura 1.19 Sensor de posición del cigüeñal, tomada de [9]

1.4.4 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE ENCENDIDO [7]

En los motores a gasolina resulta necesario producir una chispa entre dos electrodos separados en el interior del cilindro en el momento justo y con la potencia necesaria para iniciar la combustión. Es conocido el hecho de que la electricidad puede saltar el espacio entre dos electrodos aislados si el voltaje sube lo suficiente produciéndose lo que se conoce como arco eléctrico. Este fenómeno del salto de la electricidad entre dos electrodos depende de la naturaleza y temperatura de los electrodos y de la presión reinante en la zona del arco. Así se tiene que una chispa puede saltar con mucho menos voltaje en el vacío que cuando hay presión y que a su vez, el voltaje requerido será mayor a medida que aumente la presión reinante. De esto surgen condiciones que debe cumplir el sistema de encendido:

- El sistema de encendido debe elevar el voltaje del sistema eléctrico del automóvil hasta valores capaces de hacer saltar la electricidad entre dos electrodos separados colocados dentro del cilindro a la presión alta de la compresión.
- El sistema de encendido debe ir adelantando el momento del salto de la chispa con respecto a la posición del pistón gradualmente a medida que aumenta la velocidad de rotación del motor.
- El sistema de encendido debe ir atrasando el momento del salto de la chispa a medida que el cilindro se llena mejor en la carrera de admisión.
- El sistema de encendido debe producir en el momento exacto una chispa en cada uno de los cilindros del motor.

1.5 SISTEMA MECANICO DEL MOTOR

El motor de cuatro tiempos tiene un accionamiento por mecanismo cigüeñal que consta de pistón, biela y cigüeñal. El mecanismo de accionamiento por cigüeñal esta encerrado en el cuerpo del motor que a su vez esta formado por la culata del cilindro, el cilindro y la caja o cárter del cigüeñal. El pistón se desliza arriba y abajo en el cilindro. La biela transmite este movimiento al cigüeñal que esta soportado en el cárter correspondiente; de este modo se transforma el

movimiento de vaivén en un movimiento de rotación. Las válvulas que son accionadas por un árbol de levas, hacen posible la entrada de los gases en los cilindros. El árbol de levas es accionado por el árbol del cigüeñal a través de una cadena y gira con la mitad del número de revoluciones que este segundo árbol. [10]

1.5.1 CICLO DE TRABAJO [11]

El pistón realiza carreras entre dos puntos, el punto muerto superior (PMS) que es el punto superior donde cambia de sentido el desplazamiento del pistón y el punto muerto inferior (PMI), idéntico al anterior pero en la parte inferior del cilindro. Los cuatro tiempos son: admisión, compresión, expansión y escape.

1.5.1.1 Admisión

El pistón encontrándose en el PMS con la válvula de admisión abierta inicia su carrera hacia el PMI, simultáneamente ingresa la mezcla de aire y combustible a través de la válvula antedicha. La carrera descendente del pistón provoca aspiración y una consiguiente depresión en los conductos de combustible (múltiple de admisión) facilitando el ingreso del mismo. Al alcanzar el PMI la válvula de admisión se cierra y comienza el segundo tiempo.

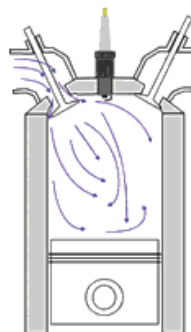


Figura 1.20 Tiempo de admisión, tomada de [11]

1.5.1.2 Compresión

Ya cerrada la válvula y con la cámara del cilindro sellada herméticamente, el pistón comienza una carrera ascendente hacia el PMS comprimiendo la mezcla.

Normalmente en un ciclo la relación de compresión es de 1:8 aproximadamente, es decir que el volumen de la cámara cuando el pistón se encuentra en el PMI es ocho veces mayor que el volumen cuando el pistón se encuentra en el PMS. Al alcanzar el PMS se produce el salto de la chispa que inicia la combustión de la mezcla, esta combustión genera calor elevando la presión de los gases en el interior de la cámara. En realidad la chispa debe saltar momentos antes de alcanzar el PMS (3° a 5°) a esto se lo conoce como avance, su correcta regulación es fundamental, de lo contrario el motor tendrá pérdida de rendimiento, sobrecalentamiento, detonaciones e incluso puede detenerse o no llegar a arrancar.

La relación de compresión de cada cilindro esta determinada por la ecuación de cilindra más cámara de compresión sobre la cámara de compresión. Para que una lectura sea normal no debe variar del 10% entre cada cilindro; es decir el valor debe estar entre 140 y 160 milímetros de mercurio.



Figura 1.21 Tiempo de compresión, tomada de [11]

1.5.1.3 Expansión

Los gases comprimidos y calentados ya con alta presión se expanden y empujan al pistón hacia su PMI generando fuerzas sobre la cabeza del mismo. La transformación que aquí se da es otra adiabática. De las cuatro carreras que realiza el pistón esta es la única carrera útil, es decir que aquí es donde el pistón entrega energía, mientras que en las otras tres absorbe energía.



Figura 1.22 Tiempo de expansión, tomada de [11]

1.5.1.4 Escape

Al llegar al PMI se abre la válvula de escape, se produce el enfriamiento de los gases quemados en otra transformación a volumen constante. Estando la válvula de escape abierta y el pistón en el PMI, este comienza su carrera ascendente empujando y expulsando los gases quemados, como es evidente en comparación con los conductos de escape (múltiple de escape) en el cilindro, la presión será levemente más alta lo que facilita la salida de los gases. Al llegar al PMS la válvula de escape se cierra y se abre la de admisión dando comienzo a un nuevo ciclo.

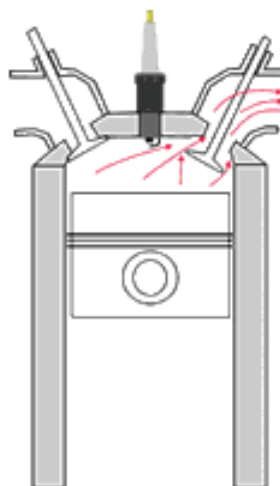


Figura 1.23 Tiempo de escape, tomada de [11]

1.5.2 CILINDROS [4]

El cilindro consta de dos partes que son el cuerpo y la culata; el cuerpo tiene una forma cilíndrica. Las dimensiones son determinadas de acuerdo a las características del motor como son el número de cilindros y potencia. Dentro de los cilindros se desplaza el pistón, por lo tanto las paredes de los cilindros son completamente lisas.

Como consecuencia del empuje lateral de los pistones contra las paredes de los cilindros, el desgaste tiende a ser ligeramente ovalado y la conicidad con el mayor diámetro en la parte superior, lo cual resulta en gran parte por la presión de los anillos del pistón.

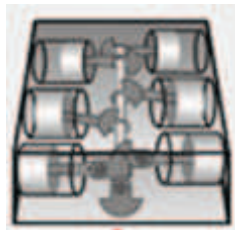


Figura 1.24 Cilindros, tomada de [4]

1.5.3 EMPAQUE DE CULATA [4]

Para sellar la unión entre la culata de cilindros y el bloque de cilindros y evitar el escape de gases o líquidos, se coloca el empaque de la culata el cual posee varias perforaciones; los cuales son para los cilindros, espárragos, varillas, camisas de agua y aceite.

El empaque de la culata se hace de muchos materiales diferentes incluyendo asbestos, latón, acero y caucho, esta diseñado para contrarrestar cualquier aspereza o irregularidad diminuta de la superficie y al mismo tiempo sella y contiene la fuerza de los gases comprimidos.

Un empaque de culata defectuoso da lugar a fugas de gases y agua del sistema, ocasionando deterioro rápido del motor.

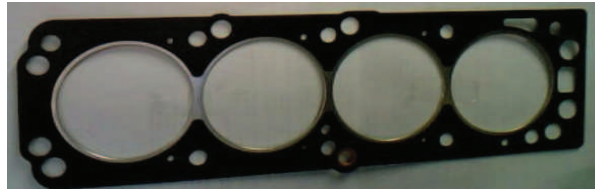


Figura 1.25 Empaque de la culata

1.5.4 PISTON [4]

El pistón tiene una forma cilíndrica, su construcción varía de acuerdo a la marca y los modelos de los motores.

El pistón tiene varias funciones como:

- Transmite la fuerza de la carga de combustible al cigüeñal por la biela.
- Actúa como guía para el extremo superior de la biela.
- Sirve de portador de los anillos de pistón.

La parte superior del pistón donde se encuentra cerrado se denomina corona. La porción ranurada inmediata a la corona es la zona de los anillos.

La corona junto con la zona de los anillos forma la cabeza del pistón. La sección que sigue debajo de la cabeza se llama falda. La parte del pistón que tiene el agujero para el pasador se llama soporte del pasador.

Puesto que los metales se dilatan por acción del calor, y también por la necesidad de que exista un espacio por donde circule el aceite lubricante, los pistones se ajustan de manera que exista holgura entre ellos y las paredes del cilindro.



Figura 1.26 Pistón, tomada de [4]

1.5.5 ANILLOS DEL PISTON [4]

Como se requiere dejar cierta tolerancia entre el pistón y las paredes del cilindro para que el pistón no se trabe, tiene que existir un medio de evitar los escapes de la compresión o la combustión por ese espacio hacia el cárter. También es necesario evitar que el aceite lubricante pase del cárter a la cámara de combustión ya que se formaría depósito de carbón en las válvulas y bujías, para evitar este problema se usan los anillos de pistones, que van colocados en las ranuras o espacios interanulares. Los anillos de pistones son generalmente de hierro fundido de grano fino o alguna aleación especial la cual es elástica y le permite contraerse, cuando el pistón se monta y se mete en el cilindro.

El trabajo principal de los anillos de pistón es sellar la presión de explosión y compresión y evitar que llegue al cárter, adicionalmente debe controlar la cantidad de aceite en las paredes del cilindro para proveer una lubricación adecuada y evitar que el exceso de aceite llegue a la cámara de combustión.

Existen dos tipos básicos de anillos de pistón, anillos de compresión y anillos de control de aceite (anillos de aceite).

Los anillos de compresión se instalan en las dos ranuras superiores del pistón y los anillos de aceite en las dos ranuras inferiores, por lo general un pistón posee tres o cuatro anillos.

La superficie de los anillos de compresión es completamente lisa. Estos anillos reducen las pérdidas de compresión de la mezcla aire- combustible y de los gases de la combustión en la pared del cilindro.



Figura 1.27 Anillos del pistón, tomada de [4]

1.5.6 VALVULA [10]

En un motor de 4 ciclos, cada uno de los cilindros es provisto con una o dos válvulas de admisión y válvulas de escape. El mecanismo de válvula es el encargado de abrir y cerrar estas válvulas en el momento óptimo para que el movimiento de las mismas coincida con los pistones cuando ellos se mueven arriba y abajo.



Figura 1.28 Válvula

1.5.6.1 Válvula de Escape

Pieza metálica en forma de clavo grande con una gran cabeza, cuya misión es permitir la expulsión al medio ambiente de los gases de escape que se generan dentro del cilindro del motor después que se quema la mezcla aire-combustible durante el tiempo de explosión.

Normalmente los motores poseen una sola válvula de escape por cilindro; sin embargo, en la actualidad algunos motores modernos pueden tener más de una por cada cilindro.

1.5.6.2 Válvula de Admisión

Válvula idéntica a la de escape, que normalmente se encuentra junto a aquella. Se abre en el momento adecuado para permitir que la mezcla aire-combustible procedente del carburador, penetre en la cámara de combustión del motor para que se efectúe el tiempo de admisión. Hay motores que poseen una sola válvula de admisión por cilindro; sin embargo, los más modernos pueden tener más de una por cada cilindro.

1.5.7 COLECTOR DE ADMISION [10]

El colector de admisión esta dispuesto entre el ingreso de combustible y el motor, tiene la función de guiar la mezcla combustible aire al cilindro. Generalmente el colector tiene un conducto por donde se obtiene la presión que existe en el ingreso al cilindro. Esta medida es muy útil ya que proporciona una medida para determinar el correcto funcionamiento del motor.

Si la aguja del vacuómetro se encuentra en 19 pulgadas de mercurio el motor se encuentra en buen estado, como se indica en la Figura 1.29.



Figura 1.29 Medida del vacuómetro, tomada de [12]

Si la aguja oscila entre las 26 y 3 pulgadas de mercurio, mientras se acelera y desacelera indica que el motor se encuentra en correcto estado, como se indica en la Figura 1.30

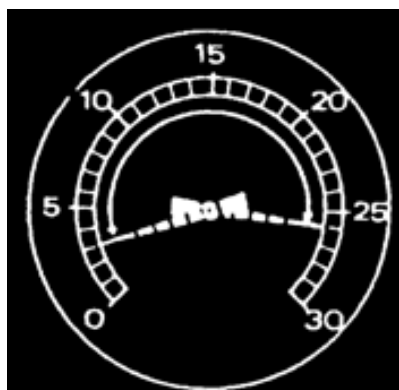


Figura 1.30 Medida del vacuómetro, tomada de [12]

Si la aguja permanece firme aproximadamente en 12 pulgadas, indica que existen averías en los anillos del pistón, si la aguja permanece firme aproximadamente a las 15 pulgadas pero al accionar el acelerador se mueve de 22 a 0, indica averías en los anillos del pistón, si la aguja se mueve ocasionalmente entre 18 y 14 pulgadas, indica que la válvula se pega ocasionalmente cuando esta abierta, si la aguja se mueve con regularidad entre 12 y 18 pulgadas, existe una válvula quemada.

Si la aguja oscila entre 14 y 19 pulgadas rápidamente, indica que los guías de válvulas están flojos.

Si la aguja se mueve entre 10 y 22 pulgadas con el motor acelerado, indica que los resortes de las válvulas están vencidos.

Si la aguja oscila entre 8 y 12 pulgadas y permanece firme, indica retraso en la sincronización de las válvulas.

Si la aguja oscila entre 13 y 17 pulgadas y permanece firme, indica retraso en la puesta a tiempo del encendido.

Si la aguja se mueve lentamente entre 14 y 16 pulgadas, indica que los claros de la bujía están mal ajustados.

Si la aguja permanece por debajo de las 5 pulgadas, indica que el empaque de la culata del cilindro se filtra.

Si la aguja se mueve lenta y regularmente entre 5 y 19 pulgadas, indica filtración en los empaques de la culata de los cilindros.

Si la aguja sube al inicio y luego baja de pronto hasta 0 y luego sube lentamente hasta 16 pulgadas, indica que el silenciador esta tapado u obstruido.

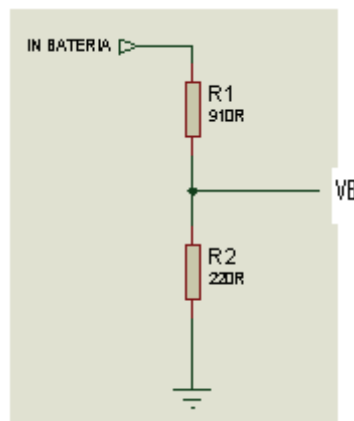
1.6.1.1 Características

- Terminal positivo Voltaje de referencia, con una señal de 12 voltios.
- Terminal 1 de señal de información, corriente variable
- Terminal 2 de señal de información, corriente variable
- Terminal negativo.

1.6.2 SENSOR RESISTIVO

Cada vez que ingrese un voltaje este pasará por un divisor de tensión con lo cual se reduce el valor de voltaje. Para esto la medida de la batería positivo esta al un extremo del divisor de tensión y al otro extremo la medida negativo de la batería.

Como los valores de las resistencias son fijas lo que varia es la medida de voltaje que se mide.



$$* \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

$$= \frac{VB}{R_1 + R_2}$$

1.6.3 SENSOR DE PRESION [9]

Un cristal piezo eléctrico desarrolla un voltaje a través de sus superficies cuando se le aplica una presión. Los cristales semejantes cambian su resistencia cuando se les aplica una presión.

Un sensor MAP (presión absoluta del colector) piezo resistivo típico consta de un pequeño diafragma de sílice sellado a una placa de cuarzo. En su parte superior se diseña una cámara en la cual se permite la entrada de vacío proveniente del múltiple de admisión. Alrededor del borde del diafragma se forma cuatro resistores al adulterar el silicio. La presión que se aplica al diafragma hace que este se doble, lo cual hace cambiar la resistencia de los resistores. Los resistores se conectan a un circuito externo en una disposición de puente. El circuito es alimentado con un voltaje constante de 5 voltios.

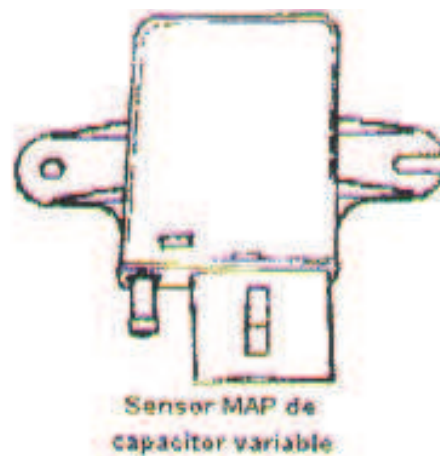


Figura 1.43 Sensor MAP, tomada de [9]

1.6.3.1 Características

- Terminal positivo Voltaje de referencia, con una señal de 5 voltios.
- Terminal de señal de información, de voltaje variable.
- Terminal negativo.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

En el presente capítulo se presenta el diseño de cada uno de los circuitos que forman parte del sistema a diseñar, en base a la arquitectura mostrada en la Figura 2.1.

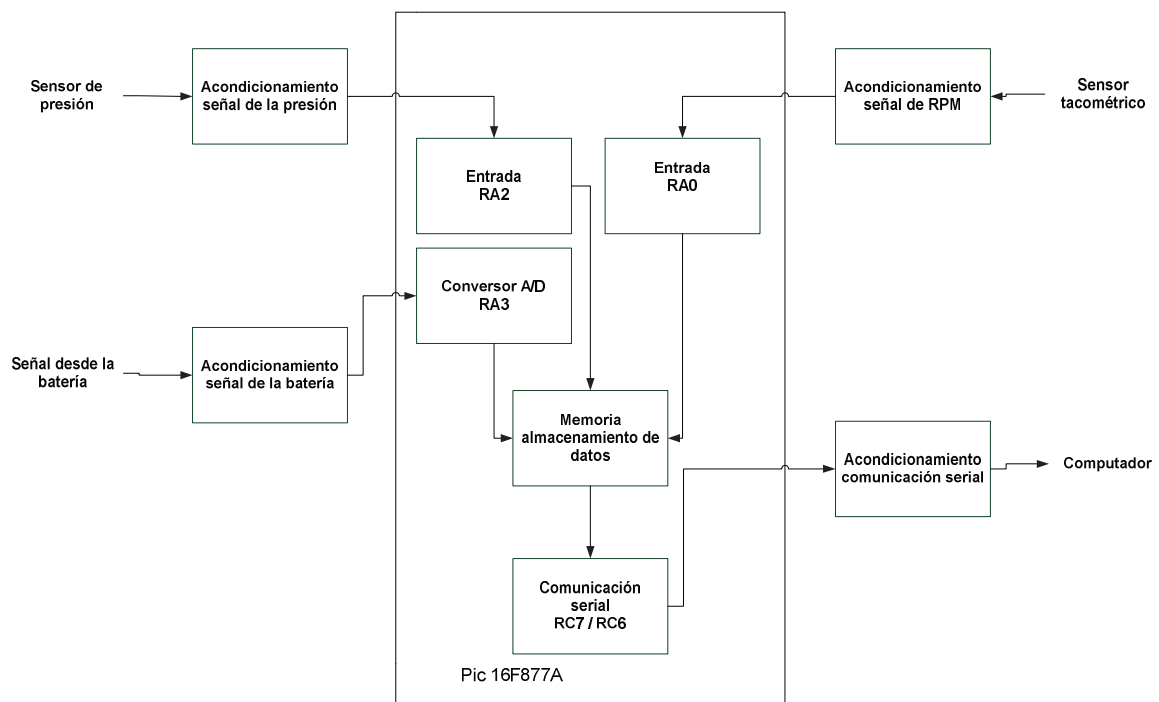


Figura 2.1 Arquitectura del prototipo

Como se puede apreciar en la Figura 2.1, se debe diseñar los acondicionamientos para los sensores que permitan dar la información de:

- Voltaje de la batería
- Revoluciones por minuto
- Presión en el múltiple de admisión

Para que el usuario del sistema pueda visualizar los parámetros monitoreados es necesario el diseño de un interfaz hombre máquina basado en un programa en la plataforma de Windows, que en este caso será LabView.

2.1 ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE LA BATERIA

Para medir el voltaje de la batería se tiene que considerar el valor máximo que puede dar la batería en casos extremos.

$$18 ()$$

Otra consideración es que la medida tomada de la batería debe ingresar al microprocesador en un rango de 0 a 5 voltios por lo cual se necesita un divisor de voltaje en el cual la relación sea de 4 a 1. Para evitar que el voltaje sufra cambios cuando ingrese al microcontrolador se usa un seguidor de voltaje no inversor.

*

$$= \frac{18}{4}$$

$$= \frac{18}{0,015}$$

$$= 1200 \Omega$$

$$= 1200\Omega$$

$$= 4 +$$

$$= 4$$

$$= 4 +$$

$$1200 = 5$$

$$R = 240\Omega$$

$$R = 960\Omega$$

Normalizando se tiene que R2 de 220 , mientras que R1 de 910 . La potencia necesaria de cada resistencia se calcula con la ecuación 2.1

$$= * \quad \text{Ecuación 2.1}$$

$$= 0,015 * 910$$

$$P = 0,21W$$

$$= *$$

$$= 0,015 * 220$$

$$P = 0,05W$$

Además de esto se usa un filtro anti aliasing para estabilizar la señal de ingreso al microprocesador y así obtener un valor de conversión correcto.

$$I = 12 \text{ mA}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{5}{12m}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = 416\Omega$$

Normalizando se tiene que R3 de 390 Ω , como el tiempo de muestreo es de aproximadamente 50 micro segundos se tiene:

$$\zeta = R * C$$

$$C = \frac{\zeta}{R}$$

$$C = \frac{50\mu}{390}$$

$$C = 0,128\mu\text{F}$$

Normalizando el capacitor C1 es igual 0,10 μF mientras que la potencia de cada resistencia normalizada es de un cuarto de vatio, como protección de la entrada analógica del microprocesador se colocó un diodo zener como se ve en la Figura 2.2. La señal acondicionada se ingresó a la entrada RA0 del conversor A/D del microcontrolador.

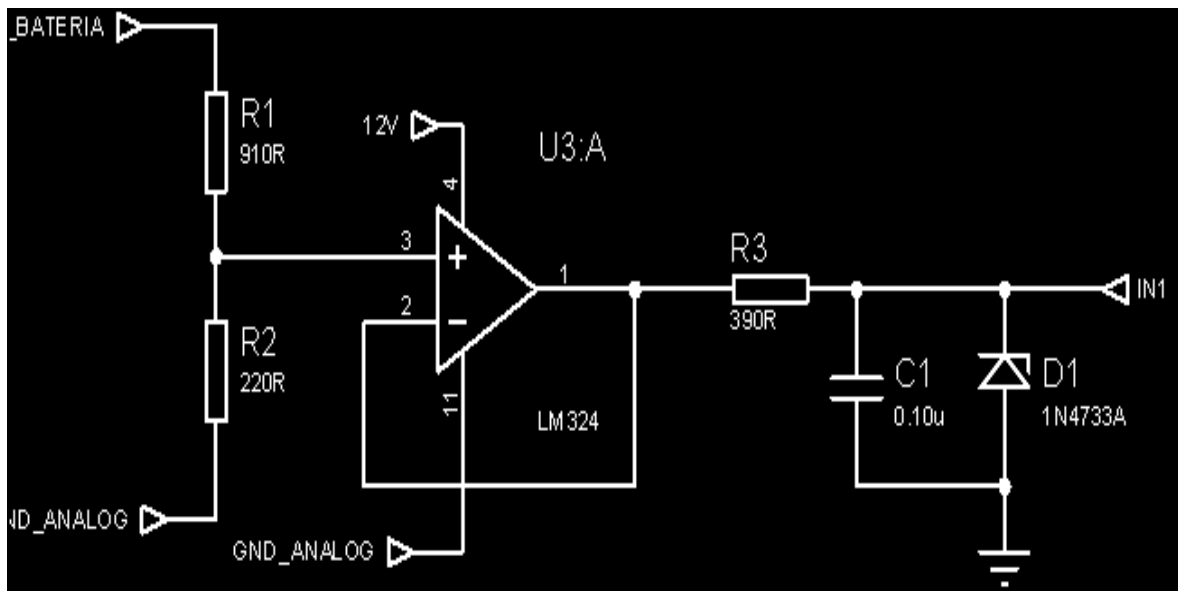


Figura 2.2 Acondicionamiento señal de la batería

2.2 ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE PRESIÓN

Para tomar la medida de presión se utiliza el sensor MAP, el cual entrega un voltaje de entre 3,5 y 0 voltios, por lo cual solo se usará un seguidor de voltaje no inversor y un filtro anti aliasing similar a que se usa en la señal de batería, con lo que se tiene R4 de 390Ω y C2 de $0,1\mu\text{F}$. Como protección de la entrada analógica del microprocesador se colocó un diodo zener. La señal acondicionada se ingresó a la entrada RA2 del conversor A/D del microcontrolador.

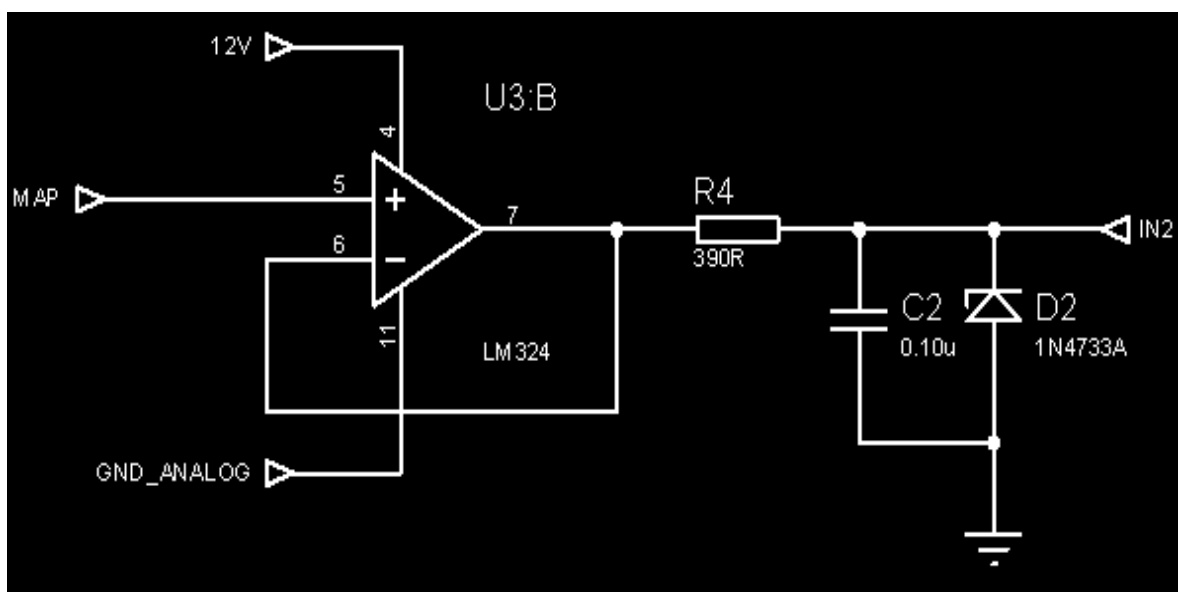


Figura 2.3 Acondicionamiento señal de presión

2.3 ACONDICIONAMIENTO SEÑAL DE RPM

Para tomar la medida de revoluciones por minuto se utiliza el sensor tacométrico, como el comportamiento de dicho sensor es similar a una fuente de corriente se necesitó una resistencia entre los dos terminales de la señal. Realizando pruebas experimentales se determinó que el valor adecuado de resistencia R5 es 330Ω .

Para acondicionar la señal se usó un amplificador operacional básico donde R6, R7, R8 Y R9 son de $10\text{K}\Omega$. Además de esto se usa un seguidor de voltaje no

inversor y un filtro anti aliasing donde R10 es 390Ω y C3 es $0.10\mu\text{F}$. Como protección de la entrada analógica del microcontrolador se colocó un diodo zener.

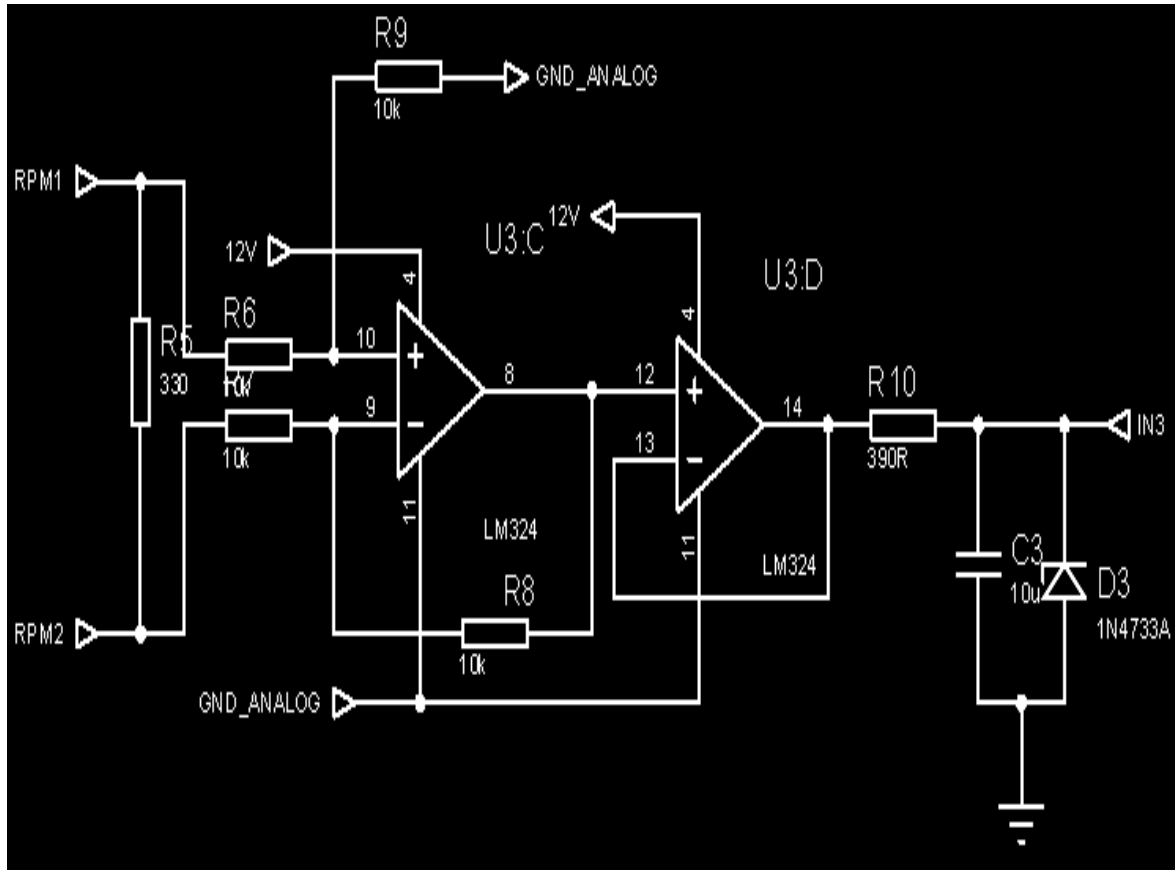


Figura 2.4 Acondicionador sensor tacométrico.

2.4 ACOPLAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES

El aislamiento de señales elimina todas las formas de perturbaciones operacionales, tanto en la transmisión de la señal como aquellas que provienen de sensores, transmisores y van a PLCs o sistemas microprocesados [14].

Por lo cual es necesario tener una referencia para todas las señales analógicas del sistema y otra para la parte digital del circuito de forma separada, y unirla mediante el uso de la ferrita.

2.4.1 FERRITA [15]

Las ferritas son una clase de cerámico ferromagnéticos, combinan su alta permeabilidad inicial con alta resistividad eléctrica. La mayor aplicación de las ferritas es en la supresión y control de las interferencias electromagnéticas sobre circuitos, alambres y cables. La ferrita suprime el ruido en el circuito, convirtiéndose en un receptor insensible al ruido, minimizando la transmisión de interferencia.



Figura 2.5 Ferrita, tomada de [15].

2.5 ACONDICIONAMIENTO COMUNICACIÓN SERIAL

El tipo de comunicación que se usa para transmitir los datos al computador, es comunicación serial asincrónica. Ya que el microcontrolador trabaja con niveles TTL, es necesario convertir esos voltajes al estándar RS-232. El integrado que tiene estas características es el MAX 232.

Por recomendación del fabricante se debe añadir los condensadores C4, C5, C6 y C7 de 10 uF, como se indica en la Figura 2.7. También se usa un conector DB-9, para unir la señal de transmisión y recepción.

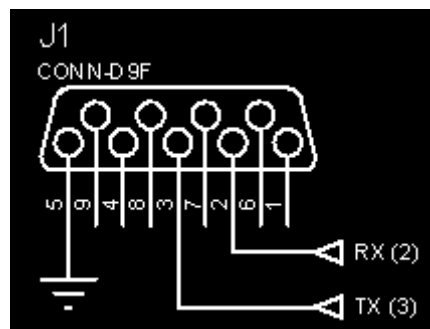


Figura 2.6 Conector DB9

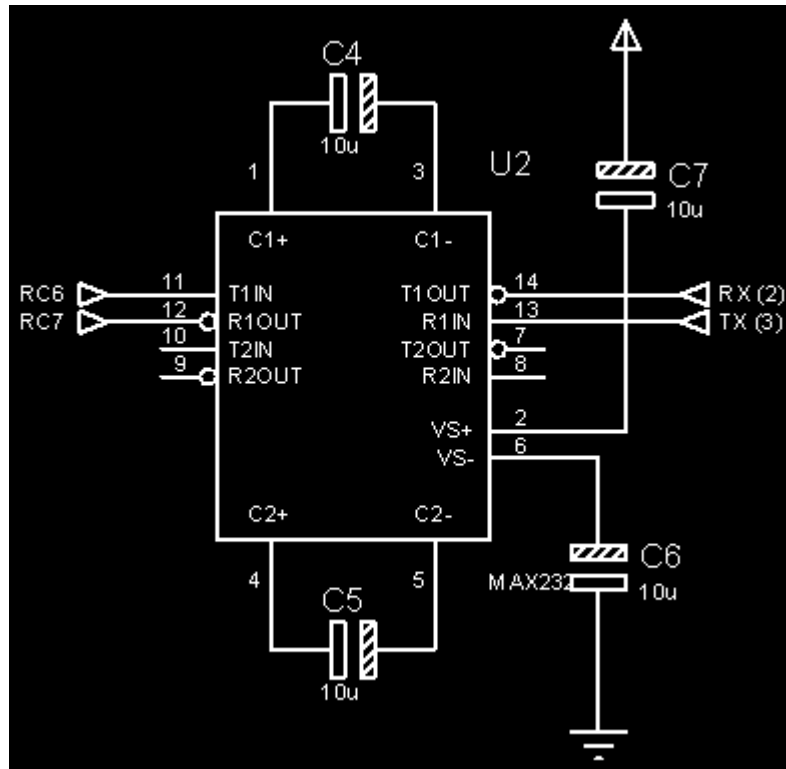
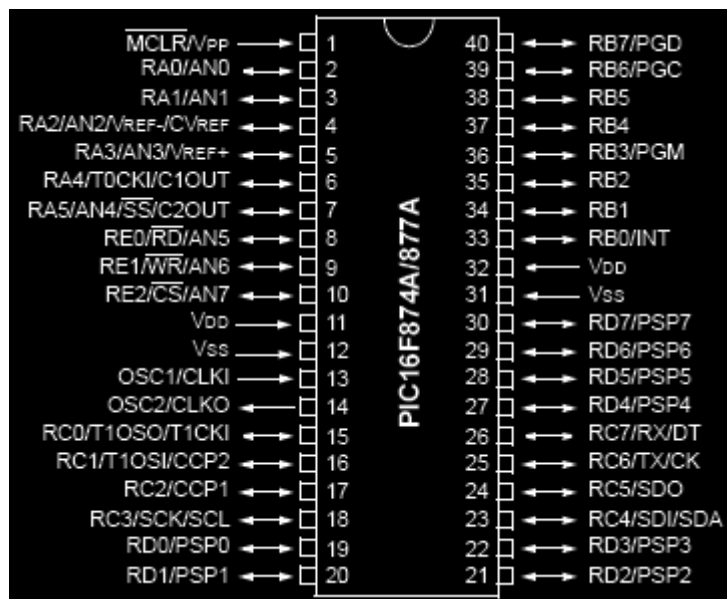


Figura 2.7 Acondicionador comunicación serial

2.6 MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es el encargado de tomar los datos, almacenarlos y enviarlos al HMI para ser visualizados y analizados. En el presente proyecto se utilizó el microcontrolador PIC16F877A el cual cuenta con 5 puertos, PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE, que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales, adicionalmente el PORTA puede ser configurado como entrada analógica.

En la Figura 2.8 se presenta la distribución de pines del microcontrolador PIC16F877A, y en la Tabla 2.1 se muestran los recursos utilizados del microcontrolador, es decir si es entrada o salida analógica.



2.8 Distribución de pines del microcontrolador

Tabla 2.1 Recursos utilizados en el microcontrolador

| PIN | I / O | Análogo / Digital | Descripción |
|-----|---------|-------------------|--------------------------|
| RA3 | Entrada | Análogo | Valor de voltaje batería |
| RA2 | Entrada | Análogo | Sensor de presión |
| RA0 | Entrada | Análogo | Sensor Tacométrico |
| RC6 | Salida | Digital | Tx, Transmisión serial |
| RC7 | Entrada | Digital | Rx, recepción serial |

Para que el microcontrolador funcione debe tener un circuito de reset y un cristal, para que oscile, el circuito implementado se encuentra en la Figura 2.9 en los cuales los valores de R11 de 10KΩ. Los condensadores C8 y C9 son de 22 pF valores que son recomendados por el fabricante con un cristal de 4 MHz.

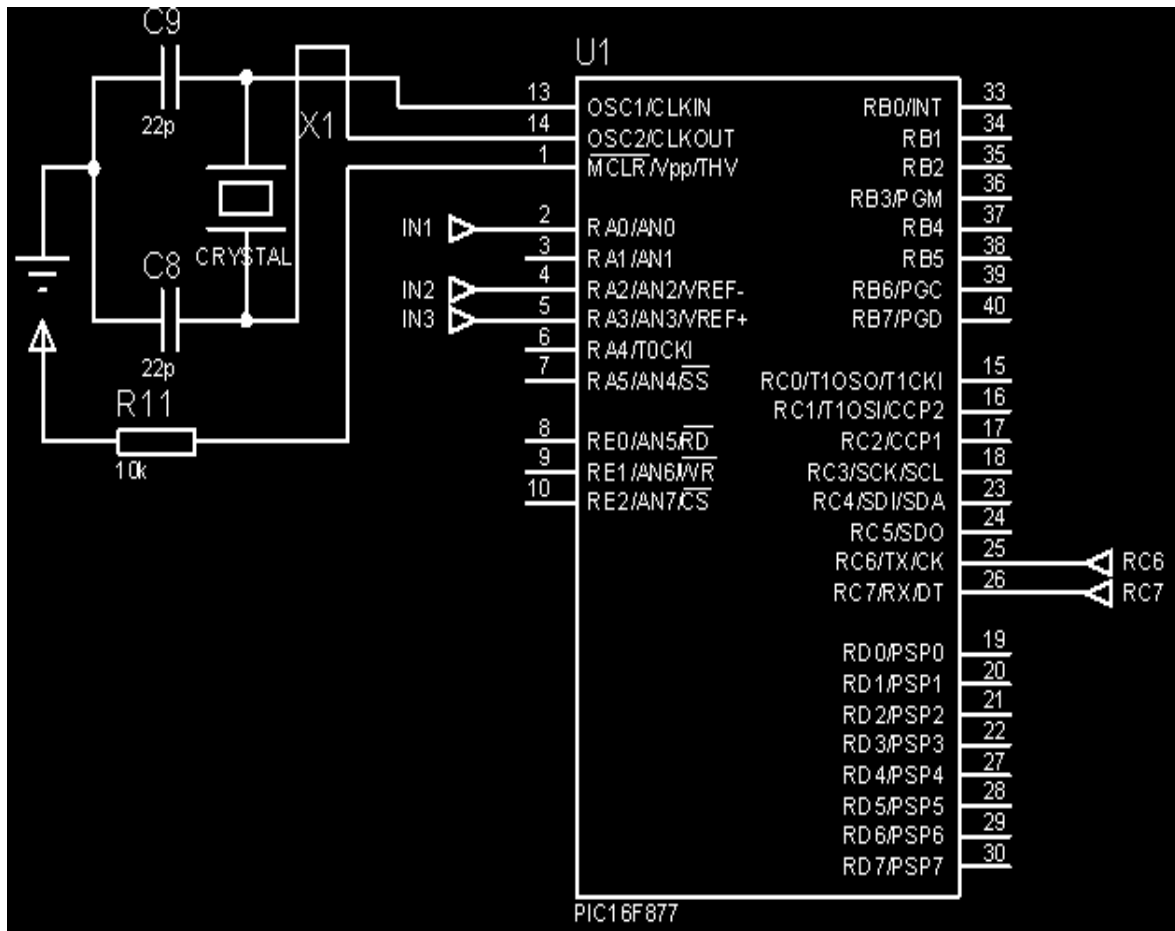


Figura 2.9 Circuito de reset y cristal para el microcontrolador

2.7 FUENTE DE ALIMENTACION

Para el funcionamiento de todo el sistema, se necesita un voltaje de 12 y 5 voltios, por lo cual se usa un transformador de 110 voltios a 24 voltios, un rectificador de onda completa con un puente de diodos, un capacitor en paralelo con la carga para aplanarla C10 de 1000uF. Para obtener 12 y 5 voltios fijos se usa los reguladores LM317 y LM7805.

El voltaje antes del ingreso al regulador LM317 fue filtrado utilizando un filtro LC, con lo cual se evita el ruido que puede ocasionar el motor del vehículo cuando se encuentre funcionando, donde C11 y C12 son de 220uF y 470pF respectivamente.

2.7.1 REGULADOR LM317 [16]

El LM317 es un regulador de tensión positivo con sólo 3 terminales y con un rango de tensiones de salida desde los 1.25 hasta 37 voltios. Las patillas son: Entrada (IN), Salida (OUT), Ajuste (ADJ). Para lograr esta variación de tensión sólo se necesita de 2 resistencias externas.

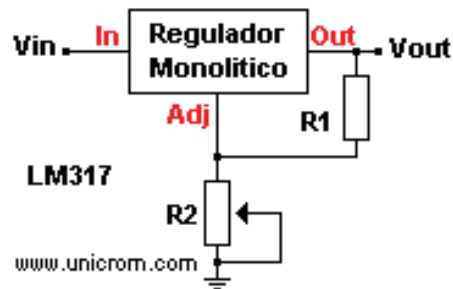


Figura 2.10. Regulador LM317, tomada de [16]

La tensión entre la patilla ADJ y OUT es siempre de 1.25 voltios (tensión establecida internamente por el regulador) y en consecuencia la corriente que circula por la resistencia R1 es: $I_{R1} = V / R1 = 1.25/R1$.

$$= 1,25 \cdot 1 + \text{---}$$

$$= 12,5$$

$$= 150$$

$$= \text{---} * \left(\frac{\text{---}}{1,25} - 1 \right)$$

$$= 1350$$

Normalizando la resistencia tenemos R12 de 150Ω y R13 de 1,5KΩ, con una potencia de un cuarto de vatio.

2.7.2 REGULADOR LM7805 [16]

El regulador LM7805 proporciona un voltaje de salida de 5 voltios, la distribución de pines se observa en la Figura 2.11.

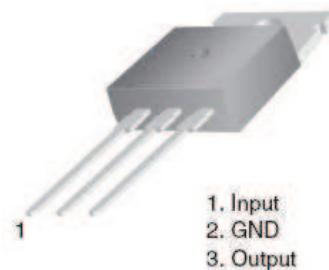


Figura 2.11 Distribución de pines LM7805, tomada de [16]

Se colocó dos condensadores uno a la entrada C13 de 1000uF, dato obtenido experimentalmente y C10 a la salida del regulador de 10uF por recomendación del fabricante [17]. El circuito implementado se muestra en las Figura 2.12, 2.13, 2.14 y 2.15.

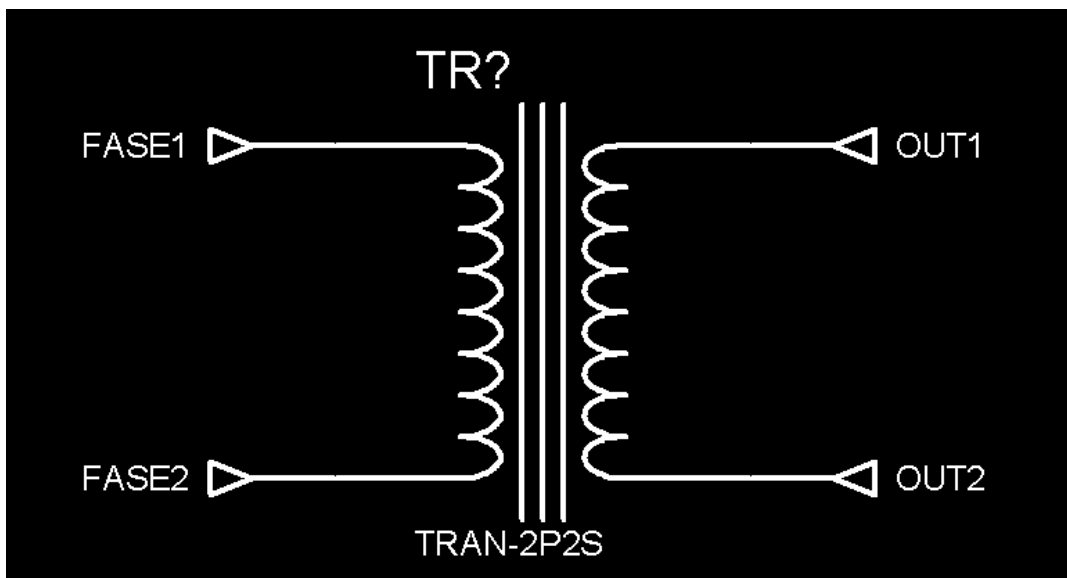


Figura 2.12 Transformador.

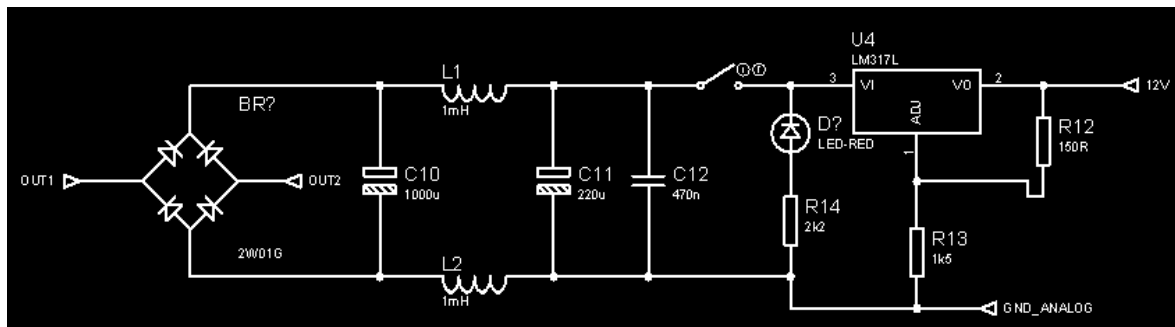


Figura 2.13 Fuente de 12 voltios.

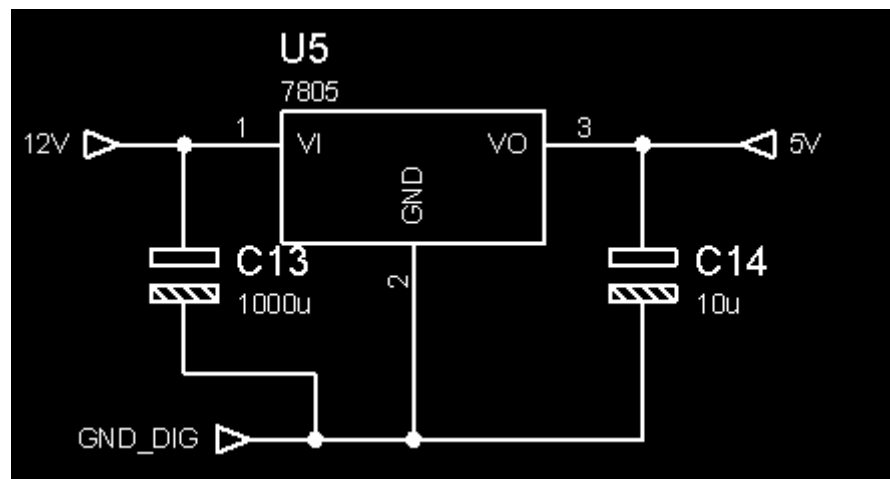


Figura 2.14 Circuito Acondicionador a 5 voltios.

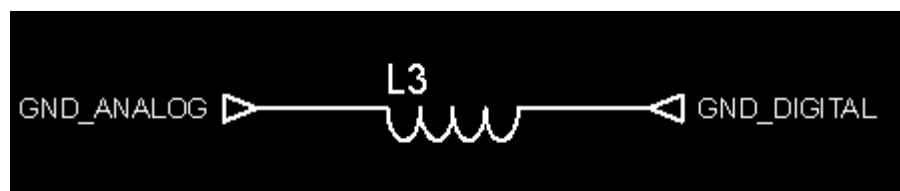


Figura 2.15 Acoplamiento Tierra Análoga y Digital.

2.8 DISTRIBUCION DE CIRCUITOS

Los circuitos mencionados en el literal anterior se encuentran distribuidos en tres tarjetas, una tarjeta de control, una tarjeta de acondicionamiento rpm y una tarjeta de fuente. Como se observa en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Distribución de Circuitos

| TARJETA | CIRCUITOS |
|----------------------------------|--|
| Tarjeta de control | Acondicionamiento señal batería |
| | Acondicionamiento señal presión |
| | Acondicionamiento Comunicación |
| | Microcontrolador |
| Tarjeta de acondicionamiento rpm | Acondicionamiento señal RPM |
| Tarjeta de fuente | Trasformador |
| | Fuente de 12 voltios |
| | Fuente de 5 voltios |
| | Acoplamiento de señales analógicas y digitales |

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

En este capítulo se presenta una descripción detallada del programa de control así como los diagramas de flujo de todas las subrutinas implementadas en el microcontrolador. Así como una descripción en detalle de todas las ventanas de visualización que consta en el interface hombre máquina.

El programa para el micro controlador fue realizado en lenguaje de alto nivel para micro controladores PIC16F877A utilizando el paquete computacional PicBasic, el cual tiene herramientas útiles para crear y editar programas.

El programa del HMI fue desarrollado en un lenguaje gráfico, utilizando el paquete computacional LabView 8.2, el cual tiene herramientas útiles para crear una visualización interactiva y dinámica.

3.1 PROGRAMA DE CONTROL

El programa esta basado en la arquitectura mostrada en la Figura 3.1, en la cual se puede apreciar como interactúa el microcontrolador con los diferentes módulos que forman el analizador de motores.

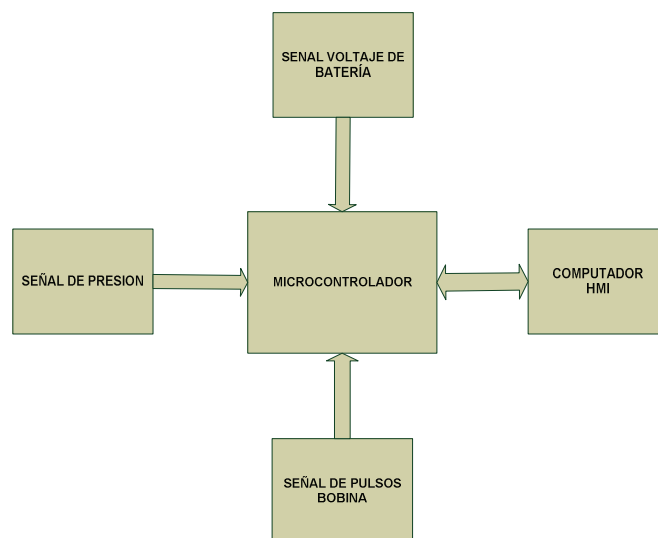


Figura 3.1 Arquitectura del programa

A continuación se detalla cada parte del programa de control.

3.1.1 INICIALIZACION

En este módulo se realiza la configuración global del programa, es decir se configura los pórtricos tanto análogos como digitales, así como todos los recursos propios del microcontrolador como el conversor A/D.

Para la configuración de los pórtricos se utilizan los registros TRISX (X = A, B), con lo que se establece cada una de las salidas o entradas digitales, adicionalmente se debe usar el registro ADCON1, para configurar las entradas y salidas digitales y analógicas del pórtrico A.

Para configurar el PORTC, se escribe 128, con lo que el bit RC7 queda como entrada y los demás como salida. Por lo tanto se escribe 255 en el TRISA, con lo cual todo el pórtrico se configura como entrada, adicionalmente se escribe 7 en el ADCON1 para seleccionar dos canales (AN0, AN1 y AN2) y todos los demás digitales.

Se uso 4 variables de tipo byte en el programa, como se indica en la Tabla 3.1 en donde se puede observar el nombre de la variable y en que se va a usar.

Tabla 3.1 Variables usadas en el programa

| Variable | Tipo | Descripción |
|-----------------|-------------|--------------------------------|
| Batería | Byte | Almacena el valor del A/D AN3 |
| Presión | Byte | Almacena el valor del A/D AN2 |
| Revolución | Byte | Almacena el valor del A/D AN0 |
| Aux1 | Byte | Variable auxiliar de selección |

3.1.2 PROGRAMA PRINCIPAL

En este módulo se espera el dato que es enviado por el computador, que de acuerdo al valor que se envía indica a que rutina de programa se quiere ir, o simplemente se queda esperando el valor cuando el programa del HMI se encuentre funcionando. A continuación se detallan las diferentes rutinas que existen en este programa de control.

3.1.3 RUTINAS

3.1.3.1 Señal Batería

Esta rutina del programa es utilizada para determinar el voltaje de la batería para lo cual se activa el canal AN0 del conversor A/D, es decir se escribe 41 en el registro ADCON0 y luego se ejecuta la subrutina MEDIR, con lo cual se obtiene el valor de la conversión en el registro ADRESH, para luego pasarlo a la variable “batería”, que es la que se envía al computador, como se observa en la Figura 3.2

3.1.3.2 Señal Presión

En esta rutina del programa se desarrolla para determinar la presión que existe en el múltiple de admisión, para esto se activa el canal AN1 del conversor A/D para ello se debe escribir 49 en el registro ADCON0 y se ejecuta la subrutina MEDIR, con lo cual se tiene el valor de la conversión en el registro ADRESH, luego se pasa el valor a la variable “presión”, que posteriormente será enviada al computador.

3.1.3.3 Señal RPM

Esta rutina del programa es utilizada para determinar las revoluciones del motor del auto, para ello se activa el canal AN2 del conversor A/D para lo cual se escribe 51 en el registro ADCON0 y luego se ejecuta la subrutina MEDIR, con lo cual se obtiene el valor de la conversión en el registro ADRESH, para luego pasarlo a la variable “revolución”, que es la que se envía al computador.

3.1.3.4 Medir

En esta subrutina se espera un tiempo hasta que el conversor se active, luego se inicia la conversión ya sea en el pórtico AN0, AN2 o AN3 y se espera que el conversor análogo digital termine la conversión.

3.1.4 DIAGRAMAS DE FLUJO

PROGRAMA PRINCIPAL

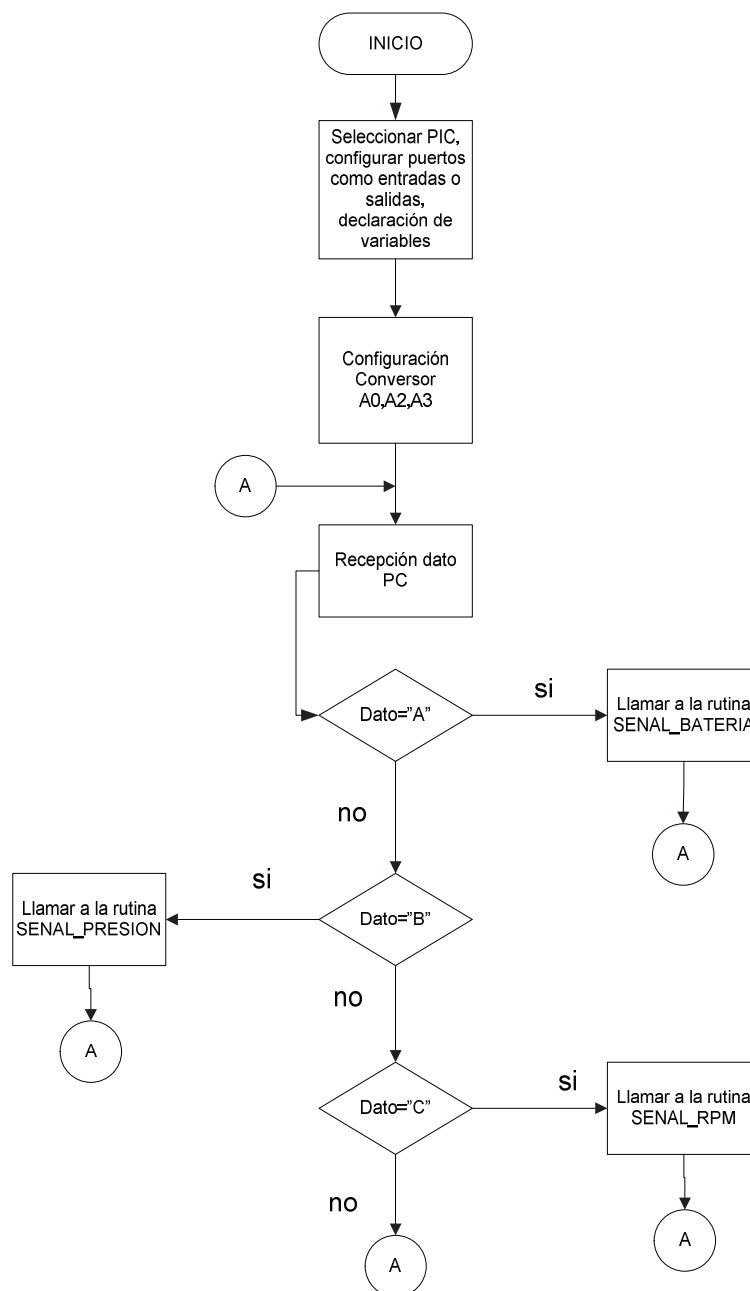


Figura 3.1 Diagrama de flujo del programa principal

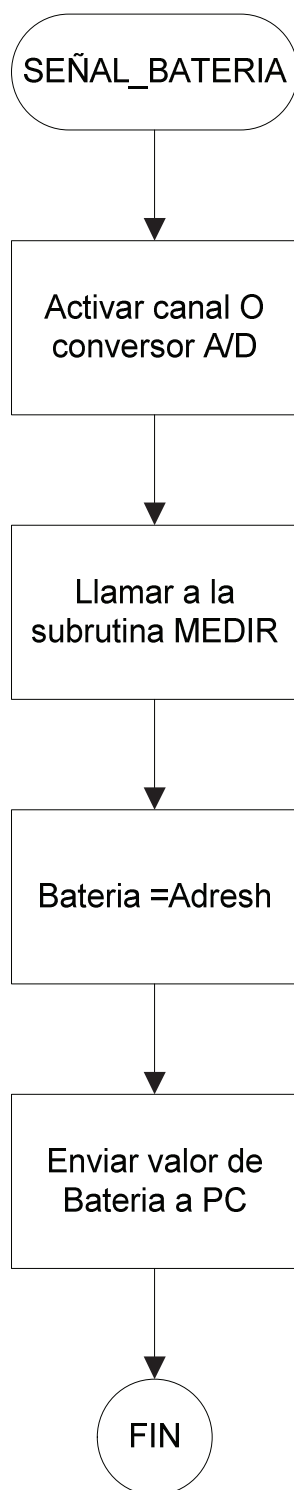
RUTINA SEÑAL_BATERIA

Figura 3.2 Diagrama de flujo rutina señal_bateria

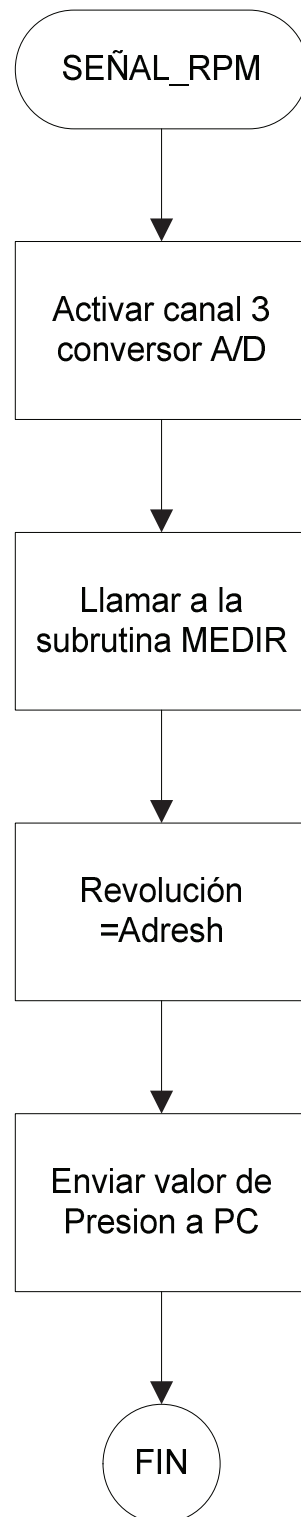
RUTINA SEÑAL_RPM

Figura 3.3 Diagrama de flujo rutina señal_rpm

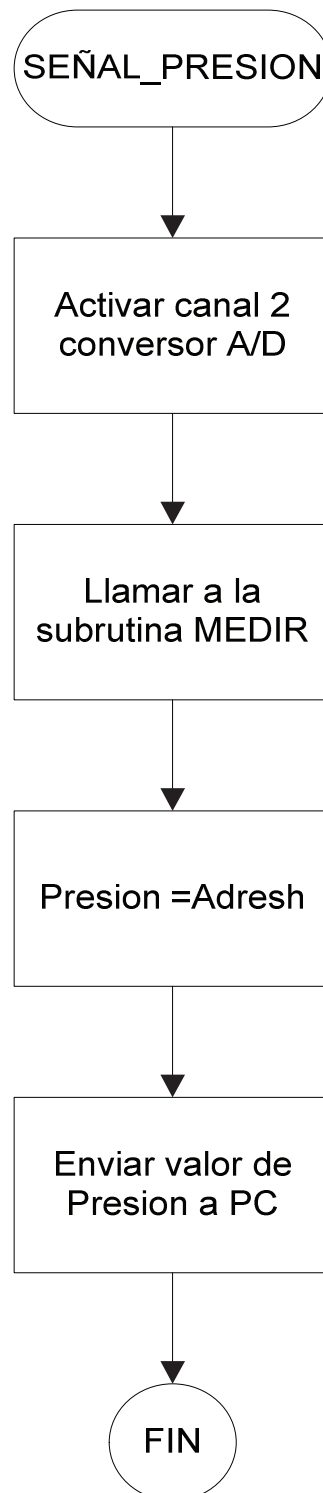
RUTINA SEÑAL_PRESION

Figura 3.4 Diagrama de flujo rutina señal_presion

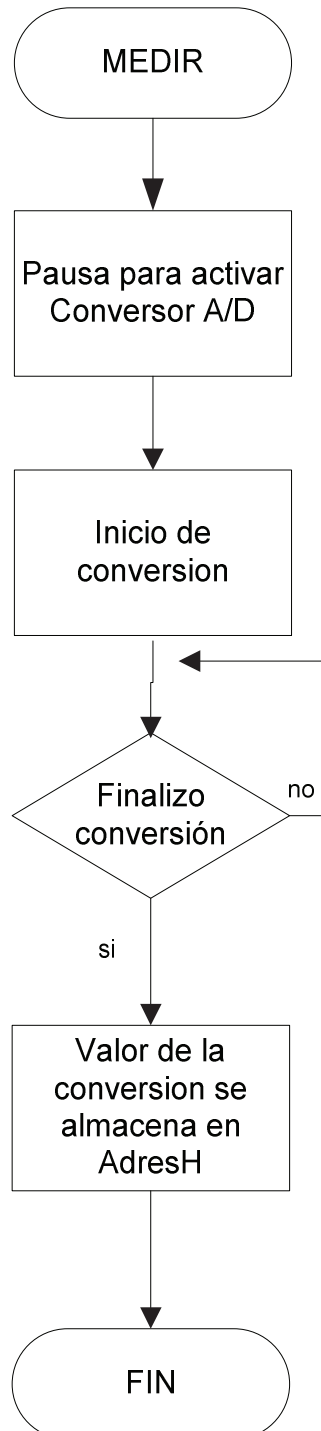
SUBROUTINA MEDIR

Figura 3.5 Diagrama de flujo subrutina medir

3.2 DESARROLLO DEL HMI

3.2.1 PANTALLA PRINCIPAL

En esta pantalla se va a visualizar la bienvenida al programa, consta de dos botones. El primero botón “INGRESAR” que abre la segunda pantalla que es la del menú de diagnóstico, mientras que el segundo botón “SALIR” cerrará el programa de diagnóstico, adicionalmente se tiene un selector en el cual se busca el pÓrtico de comunicación que se va a usar.



Figura 3.6. Pantalla principal HMI

3.2.2 PANTALLA MENU DIAGNÓSTICO

Esta pantalla de visualización consta de un menú donde se puede escoger el tipo de diagnóstico que desea realizar, como “BATERIA”, “PRESION” o “RPM”. Además en este menú se tiene el botón “REGRESAR” que retorna a la pantalla principal.



Figura 3.7. Pantalla menú HMI

3.2.3 PANTALLA DIAGNÓSTICO BATERIA

En esta pantalla se visualiza el valor de la variable en tres diferentes indicadores, mediante una gráfica en función del tiempo, mediante una barra con pluma y de manera digital. Además de la visualización se tienen los botones; “ANALIZAR DATO” el cual toma la medida durante cinco segundos, la almacena y calcula el valor máximo, mínimo y promedio. El tiempo de medida del dato es visualizado en una barra que se llena al transcurrir el tiempo de análisis de la variable. El diagnóstico y las posibles causas del problema se presentan en una tabla que se muestra al terminar el tiempo de análisis. “SALIR” permite regresar al menú de diagnóstico. También consta de un selector con el cual se decide si la prueba se realiza con el motor “ENCENDIDO” o motor “APAGADO”.



Figura 3.8. Pantalla diagnóstico batería del HMI

Los datos que se encuentran en la tabla de diagnóstico, de acuerdo a los valores que se obtengan en el análisis de la variable constan en la Tabla 3.2. y 3.3.

La Tabla 3.2 Valores de diagnóstico de batería cuando el motor se encuentra apagado

| VALOR | DIAGNÓSTICO | SOLUCION |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{DATO} \leq 11,89 \text{ V}$ | ✓ Batería totalmente descargada. | ➤ Cargar batería o cambiar batería. |
| $11,89 < \text{DATO} < 12,06$ | ✓ Batería con 25% de carga. | ➤ Cargar batería |
| $12,06 < \text{DATO} < 12,24$ | ✓ Batería con 50 % de carga. | ➤ Cargar batería |

| | | |
|----------------------|-------------------------------|------------------|
| 12,24 < DATO < 12,45 | ✓ Batería con 75% de carga. | ➤ Cargar batería |
| 12,45 < DATO | ✓ Batería con 100 % de carga. | ➤ OK |

La Tabla 3.3. Valores de diagnóstico de batería cuando el motor se encuentra encendido

| VALOR | DIAGNÓSTICO | SOLUCION |
|--------------------|---|---|
| DATO \leq 13,0 V | ✓ Alternador no se encuentra cargando. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisar porta carbones. ➤ Revisar alternador. ➤ Revisar regulador de voltaje. |
| 13,1 < DATO < 13,5 | ✓ Alternador no esta proporcionando carga suficiente a la batería. | ➤ Revisar regulador de voltaje. |
| 13,6 < DATO < 14,9 | ✓ Alternador funcionando correctamente. | ➤ Sistema de carga funcionando correctamente. |
| DATO \geq 15,0 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Alternado esta proporcionando un sobre carga a la batería. ✓ Regulador de voltaje defectuoso | ➤ Cambiar regulador de voltaje. |

3.2.4 PANTALLA DIAGNÓSTICO CILINDROS

En esta pantalla se visualiza el valor del las RPM mediante un pequeño tacómetro de pluma. Existe un selector en el cual se escoge si la medida se realizara en un sistema de encendido "NORMAL" o un sistema "DIS"; también un selector

donde se escoge el número de cilindros que tiene el vehículo del cual se va a realizar la prueba, entre 3, 4, 6 o 8 cilindros. De acuerdo al número de cilindros que se seleccione se tendrá el botón “ANALIZAR DATO” para cada cilindro, el cual toma la medida durante 3 segundos y almacena el dato promedio de la medida, de esa manera se procede por cada cilindro. Una vez concluida la toma de datos de todos los cilindros se tiene un botón “DIAGNOSTICAR”, el cual abrirá otra pantalla denominada balance de cilindros. Como en las pantallas anteriores existe un botón “SALIR” el cual permite regresar al menú de diagnóstico.



Figura 3.9. Pantalla diagnóstico rpm del HMI

3.2.4.1 Pantalla Balance de Cilindros

En esta subrutina se visualiza en un gráfico de barras el resultado en porcentaje de cada cilindro el cual se interpreta como el balance de cilindros. También se visualiza la compresión de cada cilindro. De manera similar a las pantallas anteriores se tendrá botones como “SALIR” con el cual se regresa a la pantalla de menú de diagnóstico; “ANALIZAR NUEVAMENTE”, el cual abre la pantalla diagnóstico de cilindros.

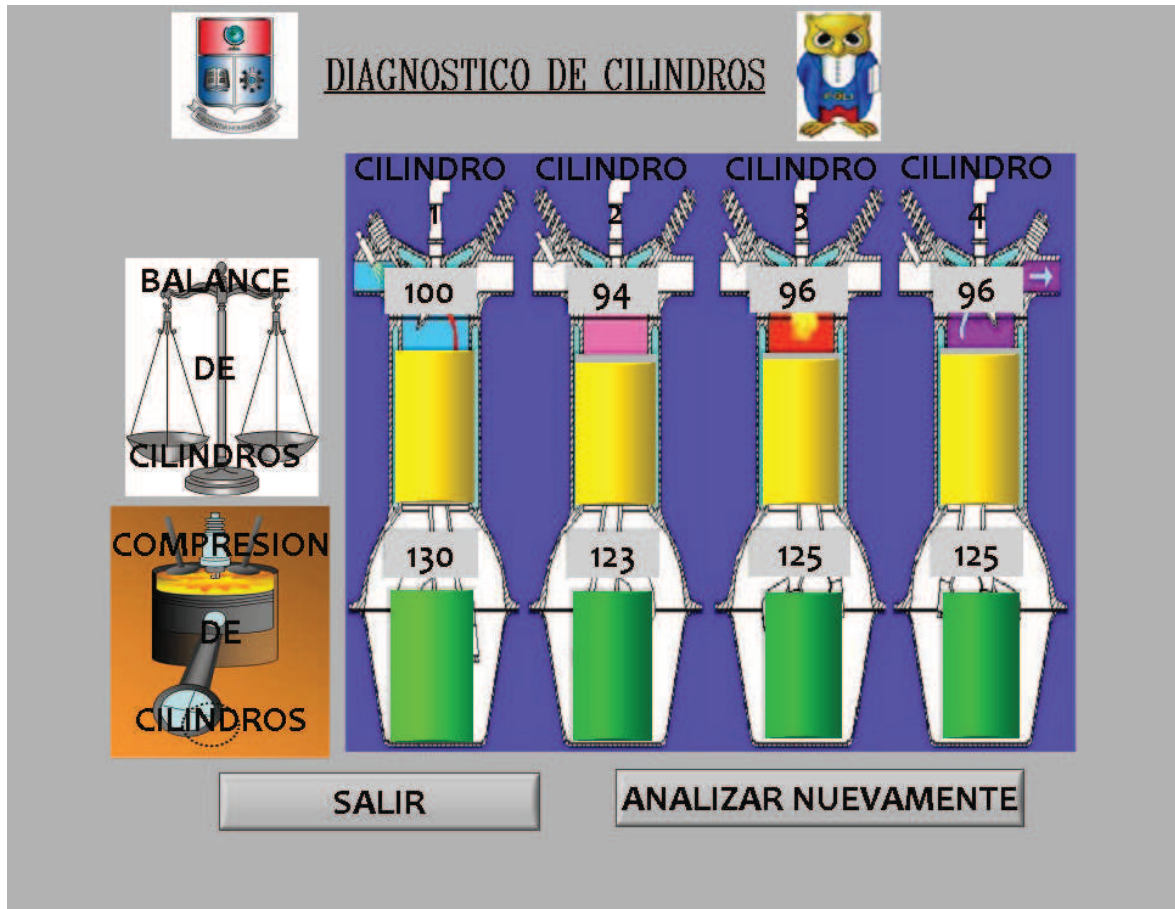


Figura 3.10. Pantalla balance de cilindros del HMI

3.2.5 PANTALLA DIAGNÓSTICO PRESION MULTIPLE

En esta pantalla se visualiza el valor de la presión que existe en el múltiple de admisión de manera digital, con una barra y en función del tiempo. Existe un selector en el cual se elige si la prueba se realiza en motor en “RELANTI”, “ACELERANDO” y “ACELERA DESACELERA”. Una vez seleccionado la manera en que se va a realizar la selección, se tiene un botón “ANALIZAR DATO”, el cual toma la medida durante 3 segundos y almacena, para hacer un análisis de la variación, para mediante una tabla visualizar el diagnóstico del motor y las posibles causas. De manera similar se tiene el botón “SALIR” el cual lleva al menú de diagnóstico.

Los datos que se encuentran en la tabla de diagnóstico, de acuerdo a los valores que se obtengan en el análisis de la variable constan en la Tabla 3.4. , 3.5. y 3.6.

Tabla 3.4 Valores de diagnóstico en la presión del múltiple con el motor en relanti.

| VALOR | DIAGNÓSTICO | SOLUCION |
|------------------------------------|---|---|
| 12 < DATO < 14 | ✓ Motor en correcto estado de funcionamiento. | ➤ OK |
| 4,5 < DATO < 6 | ✓ Averías en los anillos del pistón. | ➤ Revisar rines de pistón. ➤ Realizar pruebas de estanqueidad. |
| DATO oscila entre 13 y 9 pulgadas. | ✓ Válvula se pega ocasionalmente cuando esta abierta. | ➤ Revisar sistema de válvulas. |
| DATO oscila entre 7 y 13 pulgadas. | ✓ Una válvula se encuentra quemada. | ➤ Repara cabezote. |
| DATO oscila entre 9 y 14 pulgadas. | ✓ Guías de válvulas se encuentran flojos. | ➤ Revisar guías de válvulas. |
| DATO oscila entre 3 y 7 pulgadas. | ✓ Retraso en la sincronización de las válvulas. | ➤ Revisar puntos de sincronización de banda o cadena de distribución. |
| DATO oscila entre 8 y 12 pulgadas. | ✓ Retraso en la puesta a tiempo en el encendido. | ➤ Revisar con lámpara estroboscópica el tiempo de encendido. |
| DATO oscila entre 9 y 11 pulgadas. | ✓ Claros de bujías están mal ajustados. | ➤ Revisar sistema de encendido. |
| DATO ≤ 5 pulgadas | ✓ Empaque de la culata del cilindro se filtra. | ➤ Cambiar empaque de |

| | | |
|--|---|--|
| | | culata. |
| DATO oscila levemente entre 5 y 14 pulgadas. | ✓ Filtración en el empaque de la culata de cilindros. | ➤ Cambiar empaque de culata. ➤ Revisar fisuras. |
| DATO sube inicialmente a mas o menos 17 pulgadas luego baja a 0 y sube lentamente a 12 pulgadas. | ✓ Silenciador tapado u obstruido. | ➤ Reparar sistema de escape. |

Tabla 3.5 Valores de diagnóstico en la presión del múltiple con el motor acelerando.

| VALOR | DIAGNÓSTICO | SOLUCION |
|-----------------------------------|--|---------------------------------|
| DATO oscila entre 17 y 0 pulgadas | ✓ Avería en los anillos de pistón | ➤ Revisar rines de pistón. |
| DATO oscila entre 17 y 6 pulgadas | ✓ Resortes de las válvulas están vencidos. | ➤ Cambiar resortes de válvulas. |
| DATO=0 | ✓ Motor correcto estado de funcionamiento. | ➤ OK |

Tabla 3.6 Valores de diagnóstico en la presión del múltiple con el motor acelerando y desacelerando.

| VALOR | DIAGNÓSTICO | SOLUCION |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| DATO oscila entre 17 y 0,2 pulgadas | ✓ Motor en correcto estado de funcionamiento. | ➤ OK |
| DATO diferente al anterior | ✓ Defecto motor. | ➤ Realizar pruebas en otros estados |

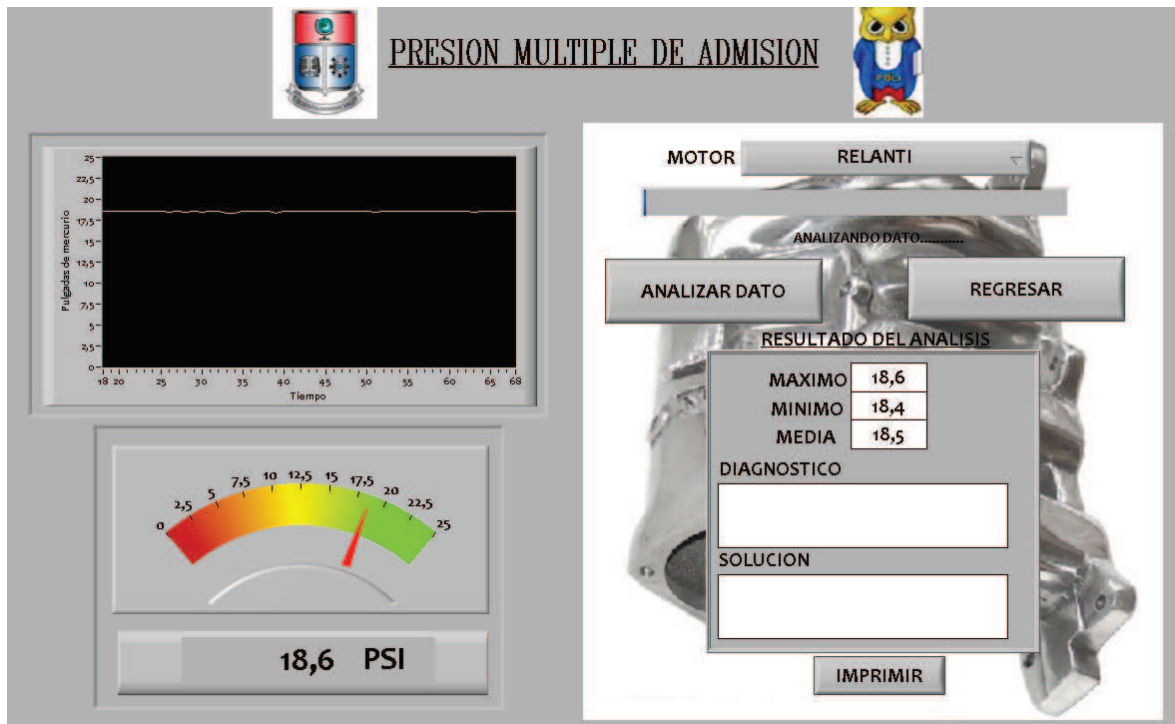


Figura 3.11. Pantalla presión múltiple de admisión del HMI

Todos los diagnósticos tienen la opción de imprimir. Para tener un respaldo del diagnóstico realizado.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se describe las pruebas realizadas en dos vehículos, uno con un sistema a carburador y otro con un sistema a inyección, contrastando el resultado, con un multímetro digital, una lámpara estroboscópica digital y un vacuómetro para los datos de batería, RPMs y presión en el múltiple respectivamente.

El sistema cuenta con tres tarjetas, en una de ellas se encuentra el microcontrolador y los circuitos de acondicionamiento de las señales, la cual fue llamada tarjeta de control, en la segunda tarjeta se encuentra el circuito de acondicionamiento del sensor Tacométrico, mientras que en el tercer circuito se encuentra la fuente de alimentación de 5 y 12 voltios con sus respectivos filtros denominada tarjeta de fuente. Adicionalmente cuenta con dos sensores para medir la presión en el múltiple y las revoluciones del motor. Además se necesita un computador para la visualización de los datos, es decir para el HMI. Como se puede observar en la Figura 4.1.

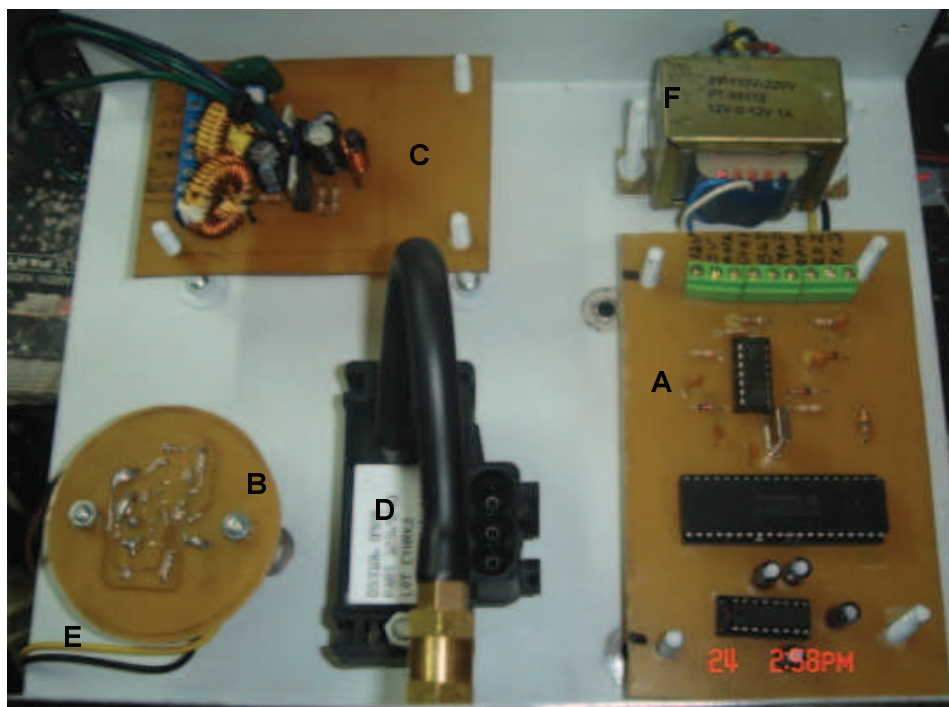


Figura 4.1. Partes del Sistema

Donde:

- A. Tarjeta de Control.
- B. Tarjeta de Acondicionamiento RPM
- C. Tarjeta de Fuente.
- D. Sensor MAP.
- E. Sensor Tacométrico.
- F. Transformador 110 a 12 Voltios de alterna.

4.1 UBICACIÓN DE SONDAS PARA TOMA DE MEDIDA

Como ya se ha señalado en los capítulos anteriores se va a tomar tres medidas del vehículo. Por lo cual se debe tener en claro donde se va a ubicar las sondas para obtener una medida correcta de los datos.

4.1.1 VOLTAJE BATERIA

Para tomar el nivel de voltaje de la batería se lleva dos cables hacia la batería como se puede observar en la Figura 4.2. Para evitar equivocaciones se debe tener una correcta identificación de los bornes positivo y negativo de la batería. Y colocar de la misma manera los dos cables del analizador.

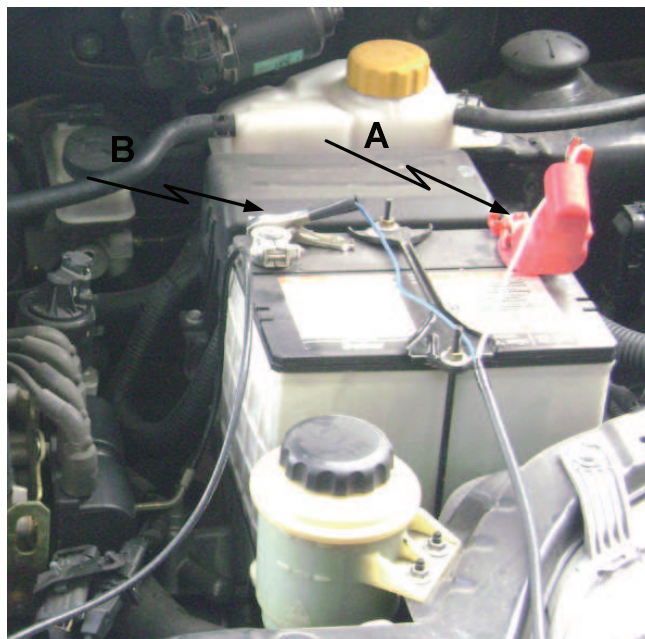


Figura 4.2. Ubicación sonda señal batería.

Donde:

- A. Borne Positivo, pinza color rojo (+).
- B. Borne Negativo, pinza color negro (-).

4.1.2 PRESION MULTIPLE DE ADMISION

Para tomar la medida de presión en el múltiple, se lleva la manguera que sale del sensor de presión hasta el desfogue que se encuentra en el múltiple. Generalmente todos los vehículos lo tienen en la parte posterior del múltiple.

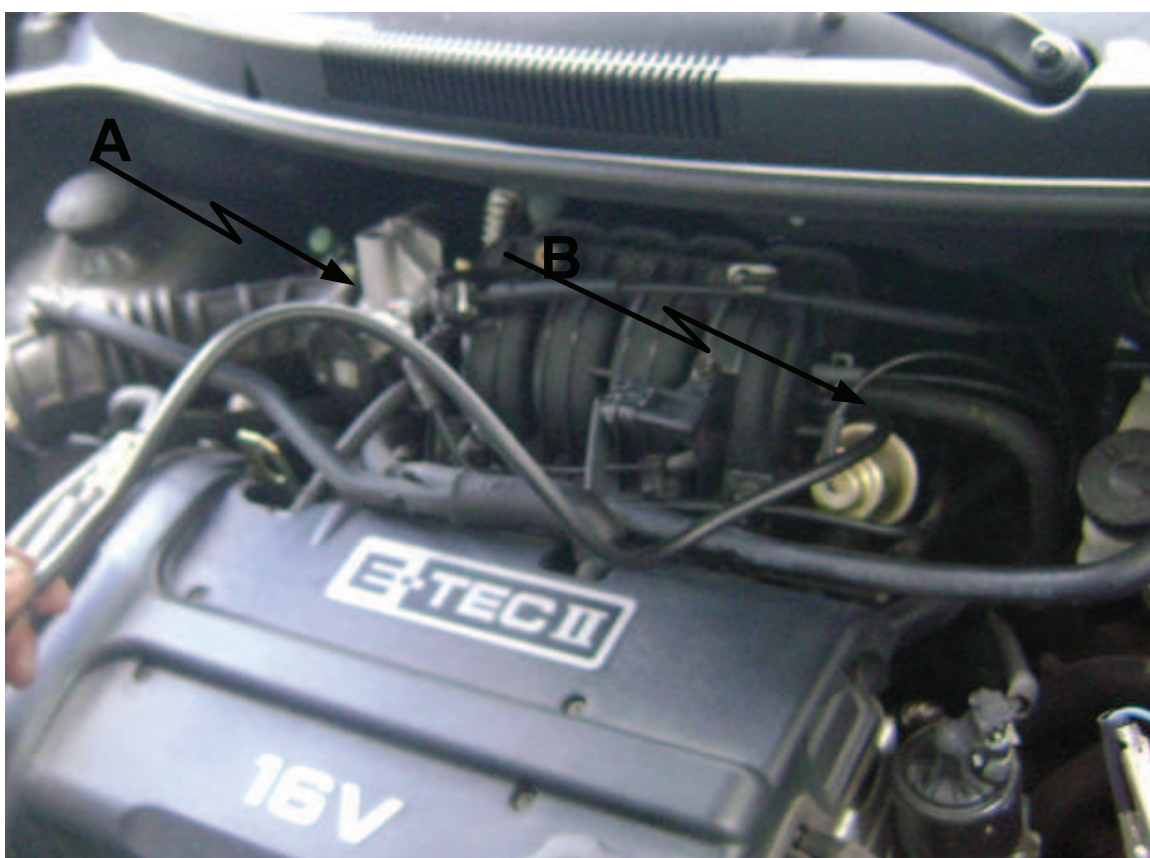


Figura 4.3. Ubicación sonda múltiple de admisión.

Donde:

- A. Entrada múltiple de admisión.
- B. Manguera de señal presión múltiple de admisión.

4.1.3 REVOLUCIONES POR MINUTO DEL MOTOR

Para tomar la medida de las RPM se debe encontrar el primario donde genera la señal que da los pulsos a la bujía, y se procede a introducir la punta de prueba en el cable.

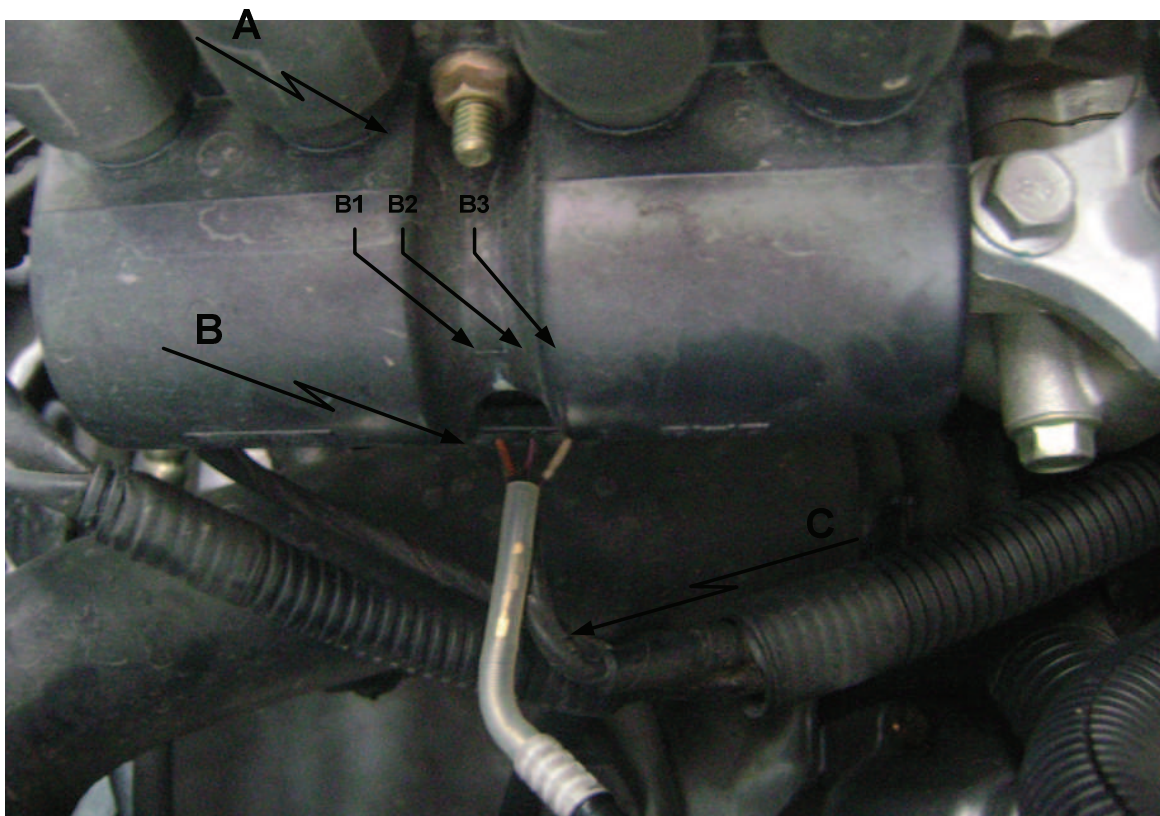


Figura 4.4. Ubicación señal bobina

Donde:

- A. Bobina de encendido.
- B. Conector señal a bobina
- B1. Señal primario bobina.
- B2. Señal de alimentación bobina.
- B3. Señal primario bobina.
- C. Punta de prueba RPM.

4.2 PRUEBAS

Una vez realizado la ubicación de los sensores se procede a realizar las pruebas respectivas de cada una de las medidas.

4.2.1 MEDIDA VOLTAJE BATERIA

Una vez visualizado los datos en el sistema se tomo la medida de la batería con un multímetro digital y se obtuvo los resultados de los dos vehículos que constan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Datos comparativos de voltaje de la batería.

| VEHICULO | MOTOR | ANALIZADOR | MULTIMETRO |
|------------|-----------|------------|------------|
| CARBURADOR | Apagado | 12,9 | 12,9 |
| | Apagado | 12,9 | 12,9 |
| | Apagado | 12,8 | 12,8 |
| | Encendido | 13,9 | 13,9 |
| | Encendido | 13,8 | 13,8 |
| | Encendido | 13,7 | 13,7 |
| INYECCION | Apagado | 12,9 | 12,9 |
| | Apagado | 12,7 | 12,7 |
| | Apagado | 12,6 | 12,6 |
| | Encendido | 14,1 | 14,1 |
| | Encendido | 14,0 | 14,0 |
| | Encendido | 14,1 | 14,1 |

Observando los datos en la tabla podemos apreciar que el error es inferior al 1% con lo cual tenemos una medida correcta para el diagnóstico ya sea de la batería como del alternador.

4.2.2 MEDIDA RPM

Para determinar si la medida tomada por el sistema es correcta se realiza en el mismo instante con una lámpara estroboscópica digital, y se obtiene el siguiente resultado visualizado en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Datos comparativos de revoluciones por minuto del motor.

| VEHICULO | CILINDRO N.- | ANALIZADOR | LAMPARA |
|------------|--------------|------------|---------|
| CARBURADOR | CILINDRO 1 | 840 | 842 |
| | CILINDRO 1 | 845 | 847 |
| | CILINDRO 1 | 837 | 840 |
| | CILINDRO 2 | 850 | 853 |
| | CILINDRO 2 | 840 | 843 |
| | CILINDRO 2 | 840 | 844 |
| | CILINDRO 3 | 845 | 847 |
| | CILINDRO 3 | 845 | 847 |
| | CILINDRO 3 | 841 | 843 |
| | CILINDRO 4 | 840 | 836 |
| | CILINDRO 4 | 835 | 832 |
| | CILINDRO 4 | 837 | 840 |
| INYECCION | CILINDRO 1 | 786 | 790 |
| | CILINDRO 1 | 782 | 780 |
| | CILINDRO 1 | 770 | 773 |
| | CILINDRO 2 | 760 | 763 |
| | CILINDRO 2 | 770 | 773 |
| | CILINDRO 2 | 780 | 782 |
| | CILINDRO 3 | 790 | 790 |
| | CILINDRO 3 | 782 | 785 |

| | | | |
|--|------------|-----|-----|
| | CILINDRO 3 | 776 | 775 |
| | CILINDRO 4 | 776 | 775 |
| | CILINDRO 4 | 782 | 780 |
| | CILINDRO 4 | 785 | 785 |

Los resultados que se observan en la Tabla 4.2. se ve como el analizador y la lámpara proporcionan un valor semejante, con lo cual se obtiene un diagnóstico correcto del balance y compresión de cilindros.

4.2.3 MEDIDA COMPRESIÓN CILINDROS

Como se indico anteriormente la medida de compresión de cada cilindro se la realiza con el dato de revolución por minuto de cada pistón de la siguiente manera:

- Luego de obtener el valor de RPM de los cilindros, se selecciona el dato menor.
- Se divide el dato menor para cada uno de los datos restantes.
- El resultado obtenido se lo multiplica por 120 y se obtiene el valor aproximado de compresión de cada cilindro.

Para comprobar el resultado se realiza una comparación de los datos con un manómetro de presión y se obtiene el resultado visualizado en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Datos comparativos de compresión de cilindros

| VEHICULO | CILINDRO N.- | ANALIZADOR | MANOMETRO |
|----------|--------------|------------|-----------|
| | CILINDRO 1 | 125 | 125 |
| | CILINDRO 1 | 123 | 125 |
| | CILINDRO 1 | 125 | 125 |

| | | | |
|------------|------------|-----|-----|
| CARBURADOR | CILINDRO 2 | 123 | 120 |
| | CILINDRO 2 | 124 | 122 |
| | CILINDRO 2 | 123 | 120 |
| | CILINDRO 3 | 124 | 124 |
| | CILINDRO 3 | 123 | 124 |
| | CILINDRO 3 | 124 | 125 |
| | CILINDRO 4 | 125 | 120 |
| | CILINDRO 4 | 125 | 122 |
| | CILINDRO 4 | 125 | 122 |
| INYECCION | CILINDRO 1 | 145 | 150 |
| | CILINDRO 1 | 147 | 150 |
| | CILINDRO 1 | 150 | 148 |
| | CILINDRO 2 | 150 | 148 |
| | CILINDRO 2 | 150 | 148 |
| | CILINDRO 2 | 148 | 150 |
| | CILINDRO 3 | 144 | 150 |
| | CILINDRO 3 | 148 | 150 |
| | CILINDRO 3 | 148 | 148 |
| | CILINDRO 4 | 147 | 150 |
| | CILINDRO 4 | 148 | 148 |
| | CILINDRO 4 | 147 | 150 |

Mediante la Tabla 4.3. se nota que el valor de compresión del analizador y el que se obtiene con el manómetro de presión varía levemente, esto ocurre debido a que el cálculo se lo realiza mediante una fórmula matemática con otra variable como es las revoluciones del motor.

4.2.4 MEDIDA PRESION MULTIPLE

Para verificar si la medida del sistema se encuentra en rangos correctos se realiza la medición con el sistema y con un manómetro, y se presentan los resultados que se ven en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Datos comparativos de presión en el múltiple de admisión.

| VEHICULO | MOTOR | ANALIZADOR | MANOMETRO |
|----------------------|----------------------|------------|------------|
| CARBURADOR | Relanti | 12,5 | 12,7 |
| | Relanti | 12,8 | 13 |
| | Relanti | 12,9 | 13 |
| | Acelerando | 0,3 | 0,2 |
| | Acelerando | 0,3 | 0,2 |
| | Acelerando | 0,2 | 0,2 |
| | Acelera - Desacelera | 0,1 a 16 | 0,2 a 16 |
| | Acelera - Desacelera | 0,2 a 16 | 0,2 a 16 |
| | Acelera - Desacelera | 0,2 a 16,3 | 0,1 a 16 |
| | INYECCION | Relanti | 13,1 |
| Relanti | | 13,1 | 13 |
| Relanti | | 13,1 | 13 |
| Acelerando | | 0,2 | 0,1 |
| Acelerando | | 0,2 | 0,1 |
| Acelerando | | 0,2 | 0,1 |
| Acelera – Desacelera | | 0,3 a 16,3 | 0 a 16 |
| Acelera – Desacelera | | 0,2 a 16,5 | 0,1 a 16,2 |
| Acelera - Desacelera | | 0,3 a 16 | 0,1 a 16,2 |

Con los datos de la Tabla 4.4. se observa que el valor del equipo se encuentra en un rango similar al equipo de medida, con esto se obtiene una análisis correcto del analizador.

4.3 RESULTADOS

Una vez realizado todas las pruebas se tiene como resultado un analizador de motores de combustión interna que proporciona la siguiente información:

- ❖ Valor de voltaje de batería.
- ❖ Revoluciones por minuto del motor.
- ❖ Compresión de cada cilindro del motor.
- ❖ Balance de los cilindros del motor.
- ❖ Presión en el múltiple de admisión.
- ❖ Diagnóstico interno del motor.

Todo esto se visualiza en un interface hombre máquina, y los resultados se pueden imprimir.



Figura 4.5. Sistema Completo

4.4 LISTA DE ELEMENTOS Y PRECIOS

En la Tabla 4.5. se indica el listado en detalle de los elementos utilizados para el diseño con sus respectivos precios. Al final de la selección se muestra el valor total del prototipo.

Tabla 4.5. Lista de elementos y precios

| DESCRIPCION | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|--|----------|----------------|--------------|
| Total Circuito de Control | | | 26,39 |
| Circuito impreso | 1 | 10 | 10 |
| Microcontrolador PIC 16F877A | 1 | 8 | 8 |
| Resistencia de 1/4 W | 6 | 0,03 | 0,18 |
| Condensador cerámico | 5 | 0,06 | 0,3 |
| Condensador electrolítico | 4 | 0,1 | 0,4 |
| Diodo zener | 3 | 0,15 | 0,45 |
| Max 232 | 1 | 2,1 | 2,1 |
| Operacional, LM324 | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Cristal 4MHz | 1 | 0,8 | 0,8 |
| Bornera 3 terminales | 3 | 0,4 | 1,2 |
| Bornera 2 terminales | 1 | 0,21 | 0,21 |
| Zócalo 40 pines | 1 | 1,2 | 1,2 |
| Zócalo 20 pines | 1 | 0,8 | 0,8 |
| | | | |
| Total Circuito de Acondicionamiento rpm | | | 8,31 |
| Circuito impreso | 1 | 8 | 8 |
| Resistencia de 1/4 W | 5 | 0,03 | 0,15 |
| Zócalo 20 pines | 1 | 0,06 | 0,06 |
| Operacional, LM324 | 1 | 0,1 | 0,1 |

| | | | |
|---------------------------------|---|------|--------------|
| | | | |
| Total Circuito de Fuente | | | 37,5 |
| Circuito impreso | 1 | 8 | 8 |
| Resistencia de 1/4 W | 3 | 0,03 | 0,09 |
| Condensador cerámico | 1 | 0,06 | 0,06 |
| Condensador electrolítico | 4 | 0,1 | 0,4 |
| Regulador de voltaje, LM317 | 1 | 3,2 | 3,2 |
| Regulador de Voltaje, LM7805 | 1 | 1 | 1 |
| Puente de diodos rectificador | 1 | 1,5 | 1,5 |
| Transformador 110 a 24 voltios | 1 | 7 | 7 |
| Led | 1 | 0,08 | 0,08 |
| Toroide | 2 | 5 | 10 |
| Ferrita | 1 | 5 | 5 |
| Switch | 1 | 0,35 | 0,35 |
| Bornera 3 terminales | 1 | 0,4 | 0,4 |
| Bornera 2 terminales | 2 | 0,21 | 0,42 |
| | | | |
| Total Sensores | | | 85 |
| Sensor Tacométrico | 1 | 35 | 35 |
| Sensor MAP | 1 | 50 | 50 |
| | | | |
| Total HMI | | | 16 |
| Cable serial USB | 1 | 15 | 15 |
| Conector DB9 macho | 1 | 0,5 | 0,5 |
| Conector DB9 hembra | 1 | 0,5 | 0,5 |
| | | | |
| Otros Gastos | | | 59,26 |
| Cable par 10 | 4 | 0,92 | 3,68 |
| Lagarto mediano | 2 | 1,34 | 2,68 |

| | | | |
|--------------------------|---|------|---------------|
| Conector metálico macho | 2 | 1,75 | 3,5 |
| Conector metálico hembra | 2 | 1,75 | 3,5 |
| Manguera 3/8 | 3 | 2,8 | 8,4 |
| Conector aguja | 1 | 2,5 | 2,5 |
| Caja metálico | 1 | 10 | 10 |
| Base y soporte movable | 1 | 25 | 25 |
| TOTAL GASTOS | | | 232,46 |

Además de los gastos indicados en la parte anterior se debe incluir los costos de la licencia del programa LabView, diseño del sistema, tanto de software como hardware. De acuerdo a las efectiva de trabajo, que en este proyecto fueron de 80 horas. Por lo que el costo total del prototipo es de 1832,46 dólares.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se presentan las conclusiones que se obtuvieron en la realización del analizador de motor de combustión interna, se da ciertas recomendaciones para trabajos que se podrá realizar en el futuro.

5.1 CONCLUSIONES

- Luego de haber realizado las múltiples pruebas del analizador, se afirma que este cumple con el objetivo planteado que es conocer el voltaje de la batería, las revoluciones del motor, presión en el múltiple de admisión, la compresión de cada cilindro del motor y el balance de cilindros. Adicionalmente da información del funcionamiento correcto o no del alternador y estado de las piezas internas del motor como, empaques, sellos de válvulas y válvulas del motor.
- En la actualidad existen muchos sistemas que realizan pruebas a los automóviles ya que forman parte del sistema a bordo, el cual mediante scanner se los puede visualizar, pero en autos que no poseen este sistema se los tiene que hacer mediante la utilización de equipos propios para cada sistema como para carga, presión del múltiple y medidores de compresión de cilindros.
- Este analizador resulta más económico, ya que reemplaza la utilización de varios equipos y si la utilización es correcta proporciona datos muy valiosos para un mantenimiento o reparación ya sea de la batería, alternador, o partes internas del motor como empaquetadura, sellos de válvulas y válvulas.
- Cuando se ingresa a diagnóstico de batería y alternador si la prueba se realiza con motor apagado se obtiene el análisis de la batería y si se realiza con motor encendido se obtiene el análisis del alternador.

- Para el diagnóstico de los datos de presión en el múltiple, hay que tener en cuenta que toda la información que se obtiene en manuales y libros son medidas de referencia al nivel del mar por lo cual de una manera experimental hay que pasarlos a la altura de Quito, que experimentalmente disminuye unos 6 o 7 PSI del valor a nivel del mar.
- Con el diagnóstico de la presión en el múltiple se obtiene los posibles daños en la parte interna del motor, debiéndose realizar otros procedimientos por el técnico para verificar el diagnóstico realizado por el analizador.
- El analizador fue elaborado como una ayuda para el técnico automotriz, el correcto análisis, y resultado dependerá de la buena utilización del equipo y de ninguna manera reemplazará algunos procedimientos que deben ser hechos por el técnico.

5.2 RECOMENDACIONES

- Los sistemas en los autos son muy amplios por lo cual para tener mayor información y conocer mayores datos en un diagnóstico se puede usar otros sensores para medir la corriente que pasa en el alternador o medir la resistencia que existe en la batería en un tiempo determinado de consumo constante de carga, verificar si existe presión suficiente en la bomba de inyección y muchas otras variables que ayudarían al técnico automotriz a realizar de manera eficaz y rápido su diagnóstico.
- Para un correcto resultado de los datos habrá que tener cuidado en interpretar bien las medida de las variables, realizándolas como se explica en el manual de usuario, es decir verificando que la polaridad de las pinzas al momento de ubicarlas en la batería, ubicación correcta de la sonda para la medida de la presión del múltiple y la verificación de la medida de rpm del analizador ya que un valor fuera de rango indicaría que la pinza no se encuentra en el primario de la bobina.

- Hay que tener en cuenta en que pórtico se encuentra el puerto serie para la comunicación ya que si este no se encuentra correctamente conectado los datos serian falsos o nulos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ferretería y vidriería central Cía. Ltda. “Equipos para el taller Automotriz”, 2008, <http://www.equipostaller.com/analizadores.htm>
- [2] Vetromix. “Equipamiento Automotriz”, 2008, <http://www.motortech.com.ec>
- [3] PCE Group. “Aparatos de medición para automóviles, 2008, <http://www.pce-iberica.es/index.htm>
- [4] Editorial Codesis Ltda., “Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz”, 2005.
- [5] Departamento de Servicio GM, “Sistema de Encendido”, 2004
- [6] Mecánica Virtual, “Electricidad del automóvil Curso Rápido”, 2005, <http://www.mecanicavirtual.org/index.php>
- [7] Sabelotodo Organización, “Sistema de Encendido”, 2006, <http://www.sabelotodo.org/index.html>
- [8] Automecanico S.A., “Sistema de Encendido”, <http://www.automecanico.com>
- [9] Cooporsuper S.A., “Sistema de Inyección Electrónica, 2006
- [10] Editorial Reverte S. A., “GTZ”, 1985
- [11] Tripod, “Funcionamiento de motores”, 2008, <http://bsasvac.tripod.com/Dfc/Vuelo1/Propulsion/pistonsistem.htm>
- [12] Departamento de Servicio GM, “Sistema Mecánico del Motor”, 2004
- [13] Electrónica 2000, “Circuitos Electrónicos Especiales”, <http://www.electronica2000.com/>

[14] P.R. Electronics “Aislamiento de señales para el proceso Industrial”, www.prelectronics.es/filer/Signalisolation_folder_ES.pdf

15] Artic Imanes y Ferrites “Supresores EMI”, http://www.imanes-ferrites.com/pagina_nueva_7.htm

[16] Electrónica UNICROM, “UPS y Fuentes”, <http://www.unicrom.com/tutoriales.asp>

[17] Faichild Semiconductor, “MC78XX/LM78XX/MC78XX 3 – Terminal 1A Positive Voltaje Regulador”, 2001, www.fairchildsemi.com.

[18] Datasheet microprocesador 16f877a

ANEXO A

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

ANALIZADOR DEL ESTADO DEL MOTOR DE COMBUSTION A GASOLINA

El objetivo de este manual es dar a conocer al usuario las características y la correcta utilización del analizador del estado del motor de combustión a gasolina.

El sistema es capaz de dar al usuario la información de:

- Valor de voltaje de la batería.
- Valor de RPM del motor.
- Valor de presión en el múltiple de admisión
- Valor de compresión en cada cilindro del motor.
- Balance de cilindros del motor.

Adicionalmente el sistema nos da información de las posibles causas y soluciones del daño ya sea en el sistema de carga, o en el sistema mecánico del motor.

El sistema esta formado por dos placas, en los que constan el circuito de control y la fuente de alimentación del sistema, a demás de eso consta de dos sensores que toman la medida de la presión en el múltiple de admisión y las revoluciones del motor. Todo esto se encuentra ubicado en una caja metálica debidamente asegurada, en la cual constan todos los conectores para alimentación, salida de sonda batería, sonda bobina, manguera para ingreso al múltiple de admisión y conector DB9 para comunicación hacia el PC.

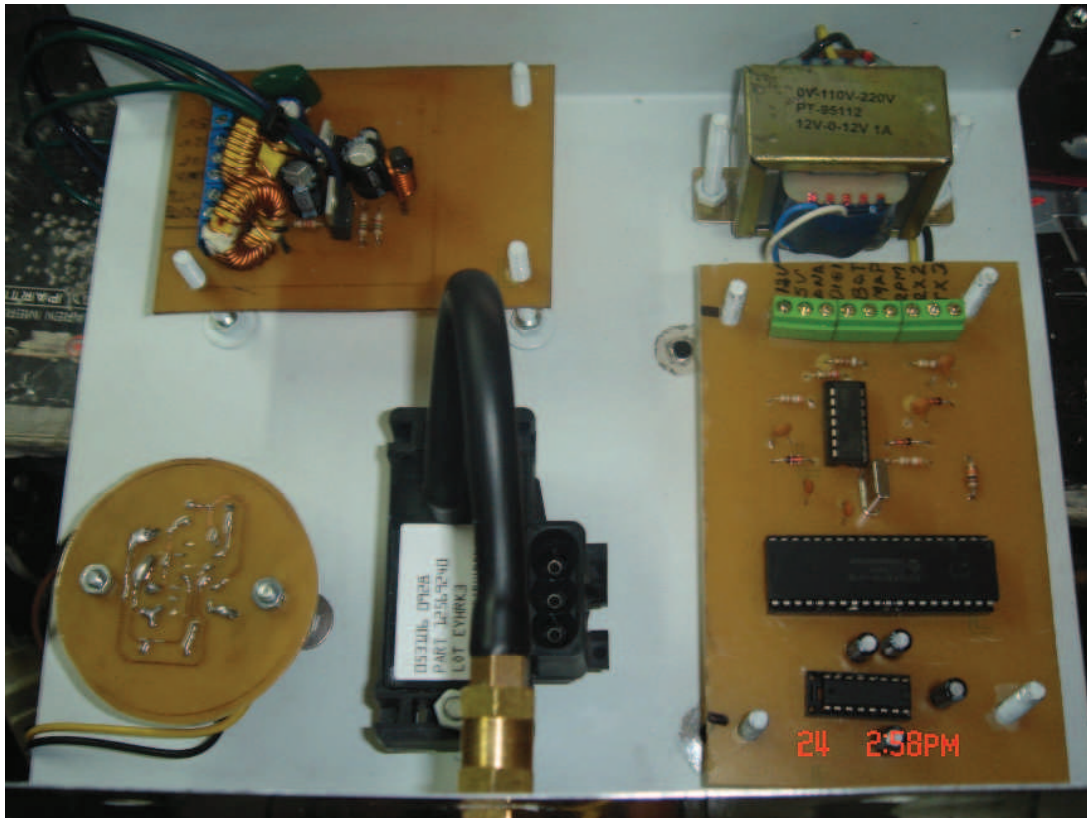


Figura A.1 Sistema Armado.

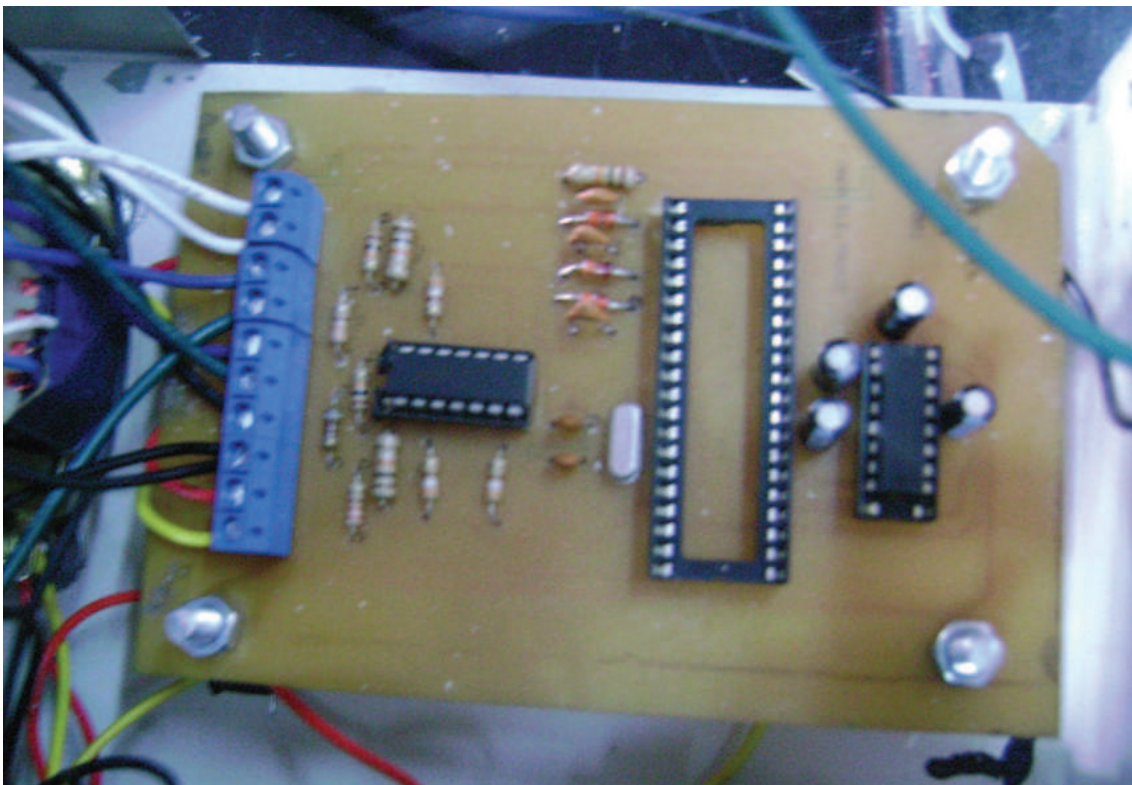


Figura A.2 Placa de Control

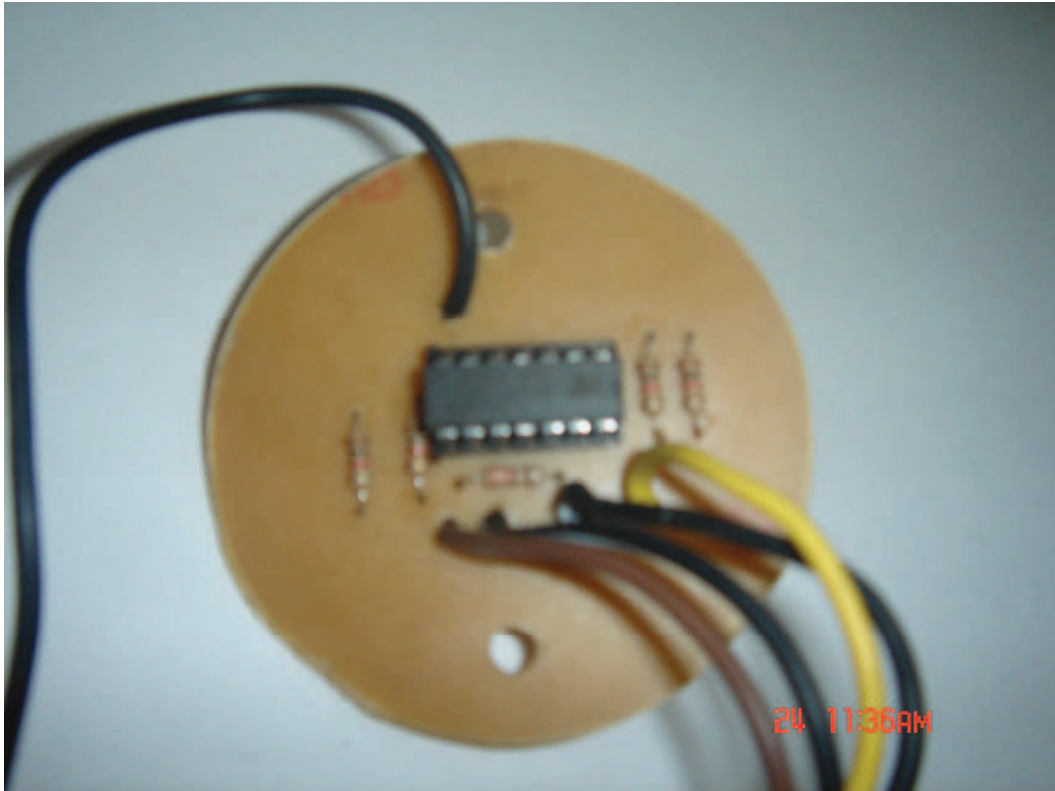


Figura A.3 Placa de Acondicionamiento rpm



Figura A.4 Placa de Fuente.



Figura A.5 Sensor Tacométrico.



Figura A.6 Sensor MAP.



Figura A.7 Transformador.

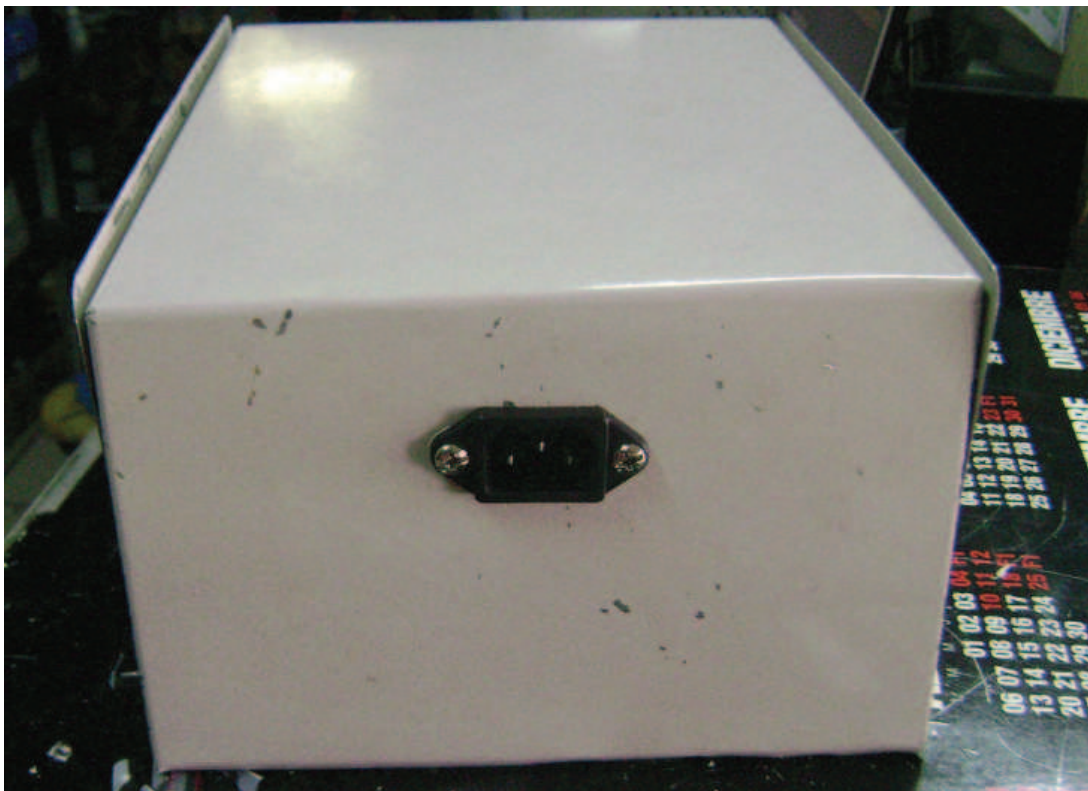


Figura A.8 Conector Alimentación.



Figura A.9 Switch de Encendido del Sistema.

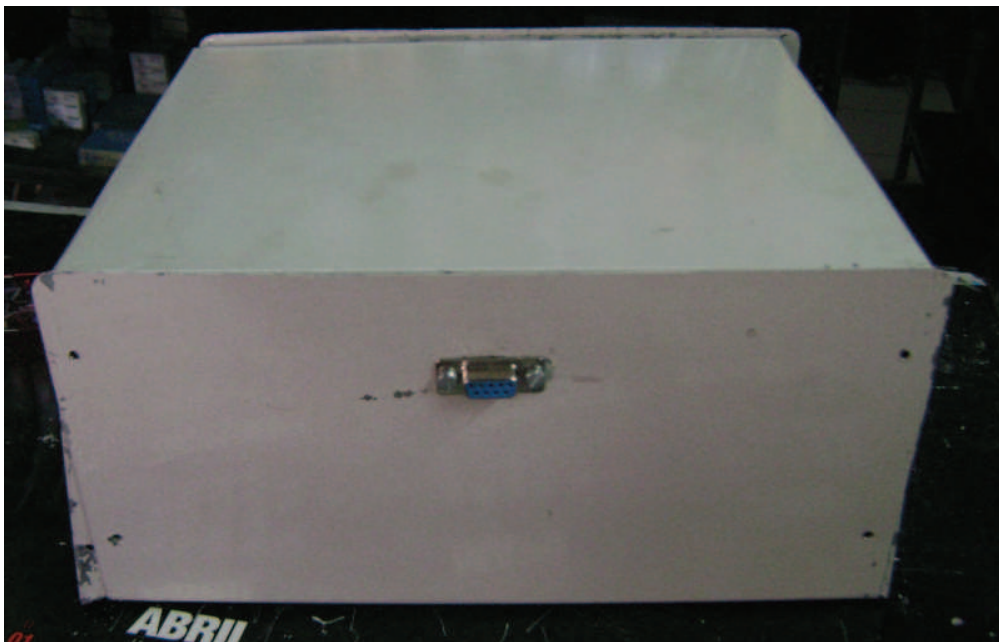


Figura A.10 Conector DB9 Comunicación Serial.

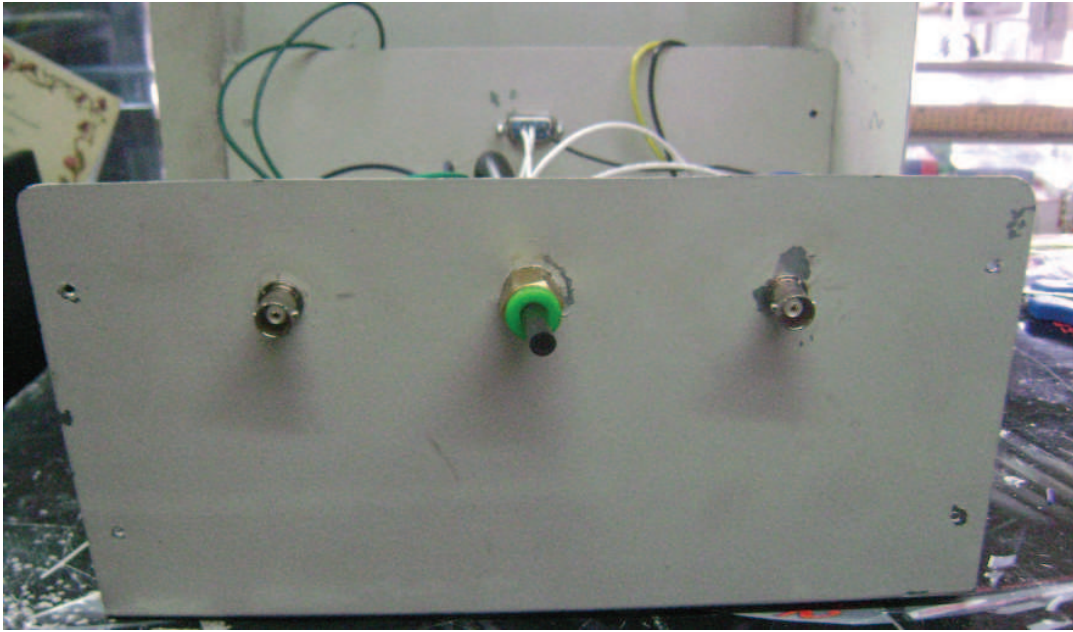


Figura A.11 Conectores de Señales.

Donde:

- A. Señal Revoluciones del Motor.
- B. Señal de Presión en el Múltiple de Admisión.
- C. Señal Voltaje Batería.



Figura A.12 Cable Señal Voltaje Batería.



Figura A.13 Cable Señal Revoluciones del Motor.



Figura A.14 Manguera Presión Múltiple de Admisión.



Figura A.15 Cable de Comunicación Serial – USB.



Figura A.16 Cable de Alimentación del Sistema.



A.17 Sistema Completo

A.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS HARDWARE

Tabla A.1 Especificaciones Técnicas.

| Parámetro | Medida |
|---|------------------|
| Tensión de alimentación principal | 110 [V~] |
| Tensión de alimentación sensor MAP | 5 [V] |
| Tensión alimentación sensor Tacométrico | 12 [V] |
| Tierra sensor MAP | Tierra analógica |
| Tierra sensor Tacométrico | Tierra analógica |
| Señal de tierra voltaje batería | Tierra analógica |
| Tierra señal comunicación | Tierra digital |
| Dimensiones Carcasa Sistema | |
| Largo | 30 cm |
| Ancho | 15 cm |
| Color Cables Sistema | |
| Voltaje 12 [V] | Amarillo |
| Voltaje 5 [V] | Rojo |
| Tierra analógica | Negro |
| Tierra digital | Negro |
| Comunicación | Blanco |
| Señal batería | Verde |
| Señal sensor MAP | Verde |
| Señal sensor Tacométrico | Azul |

A.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS SOFTWARE

Las características mínimas para instalar en programa donde se encuentra el HMI del sistema en un PC se indican en la Tabla A.2.

Tabla A.2 Especificaciones técnicas software.

| Parámetro | Característica |
|------------------------|-----------------------|
| Procesador | Intel Dual Core |
| Disco Duro | 120 GB en adelante |
| Memoria Ram | 2.0 GHz en adelante |
| Sistema Operativo | Windows XP |
| Puerto de Comunicación | USB 2.0 |

ANEXO B

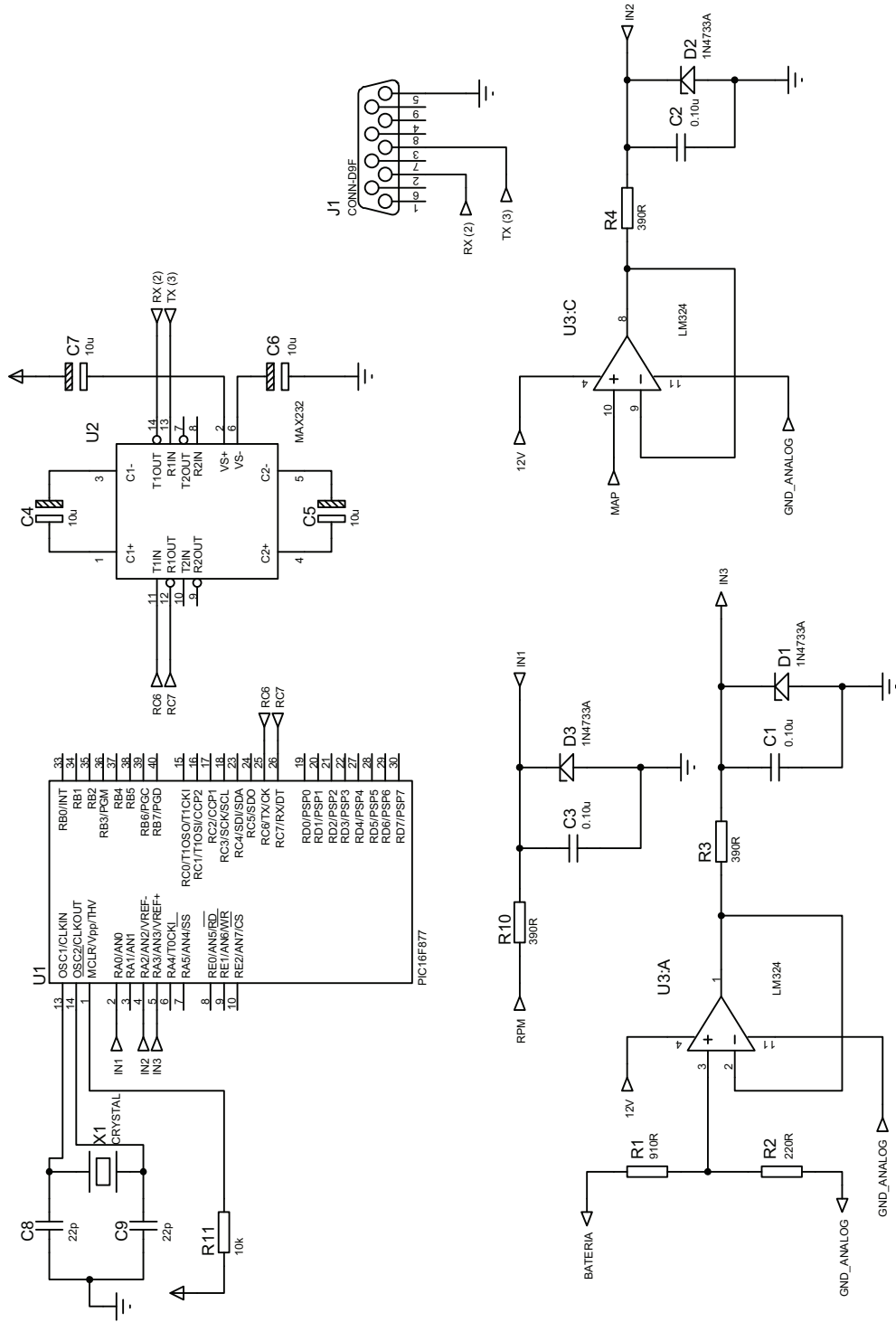


Figura B.1 Circuito Placa de Control

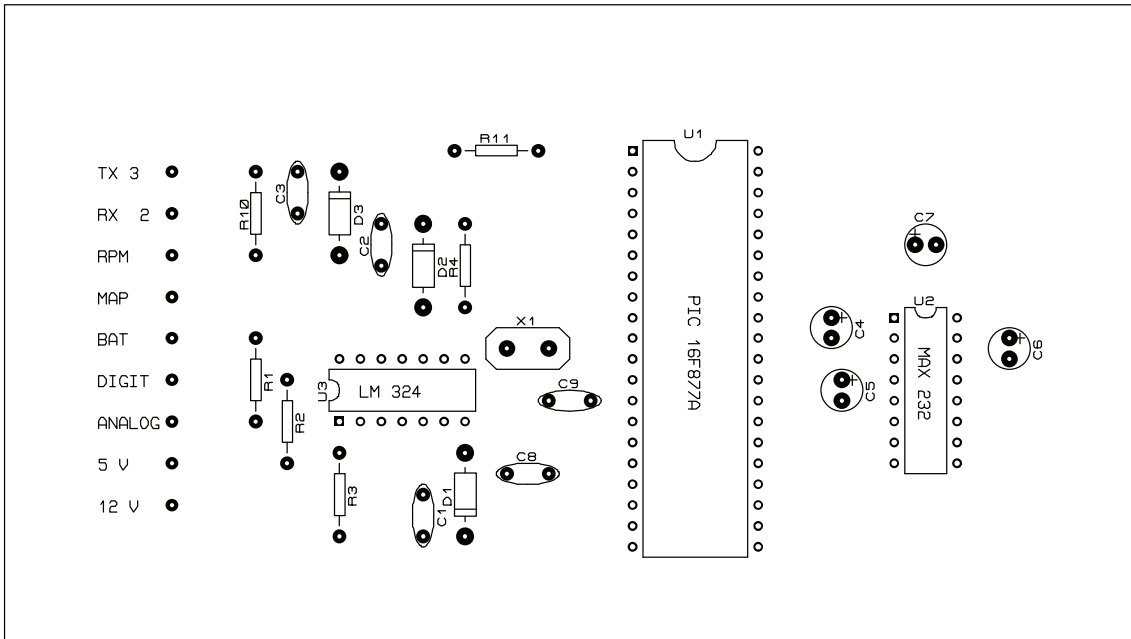


Figura B.2 Plano de Posicionamiento, Placa de Control.

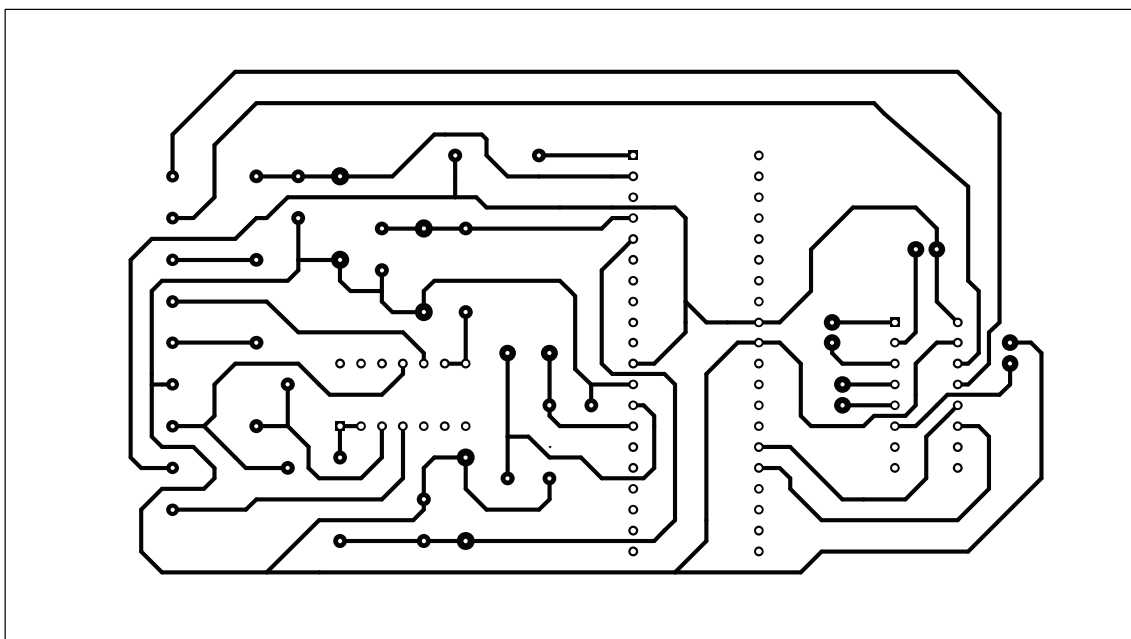


Figura B.3 Circuito Impreso vista inferior, Placa de Control.



Figura B.4 Placa de Control

Tabla B.1 Lista de Elementos Placa de Control

| ELEMENTO | VALOR | DESCRIPCION |
|----------------|--------------|------------------------------|
| R1 | 910 Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R2 | 220 Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R3, R4, | 390 Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R11 | 10K Ω | Resistencia de 1/4 W |
| C1, C2 ,C3 | 0.10uF | Condensador cerámico |
| C4, C5, C6, C7 | 10uF | Condensador electrolítico |
| C8, C9 | 22pF | Condensador cerámico |
| D1, D2, D3 | 5.1V | Diodo zener |
| U1 | | Microcontrolador PIC 16F877A |
| U2 | | Max232 |
| U3 | | Operacional LM324 |
| X1 | 4MHz | Cristal |
| JP1, JP2, JP3 | | Bornera 3 terminales |

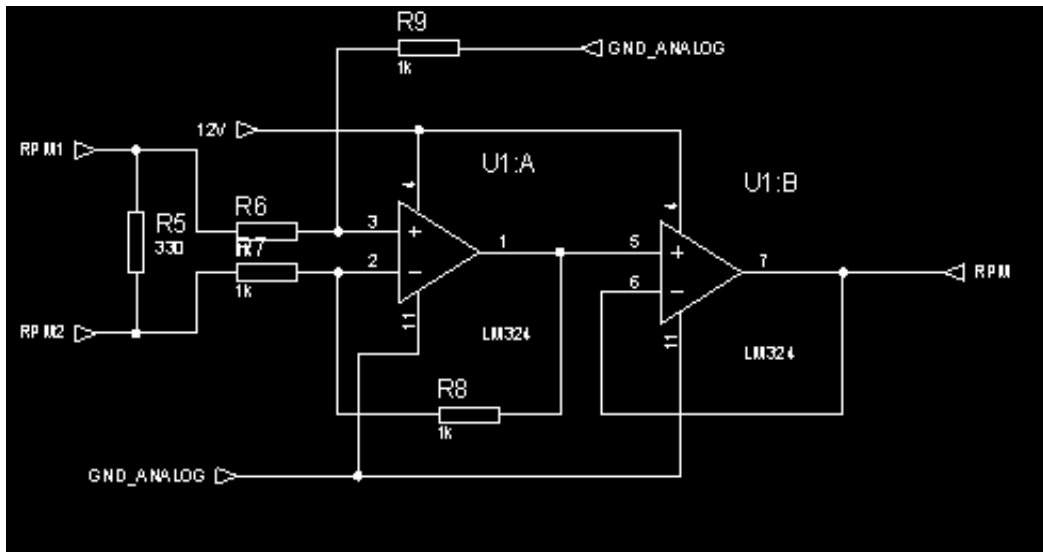


Figura B.5 Circuito Placa de Acondicionamiento rpm

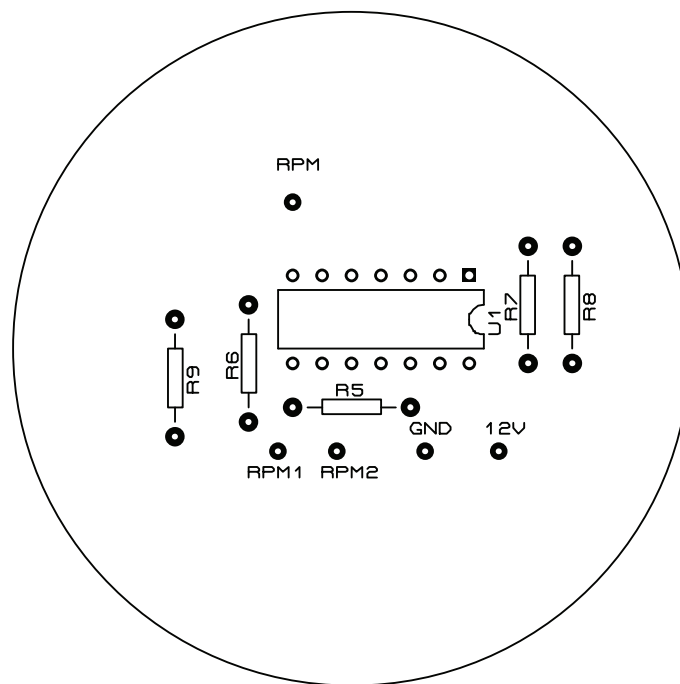


Figura B.6 Circuito Impreso vista Superior, Placa de Acondicionamiento rpm.

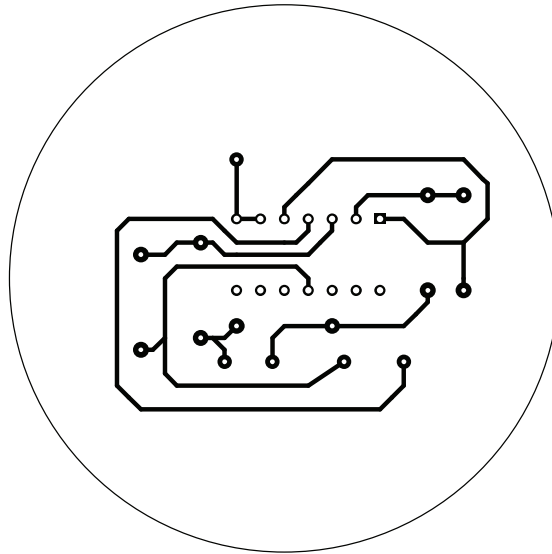


Figura B.7 Circuito Impreso vista inferior, Placa de Acondicionamiento rpm.

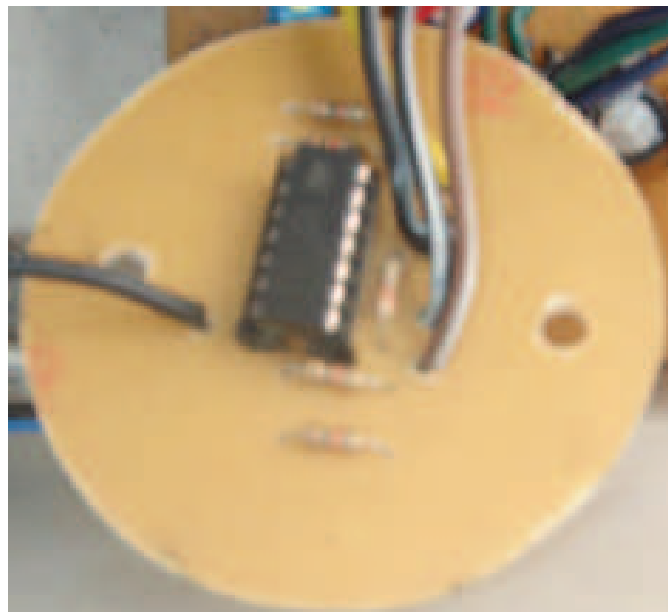


Tabla B.2 Lista de Elementos Placa de Acondicionamiento rpm

| ELEMENTO | VALOR | DESCRIPCION |
|-------------|--------------|----------------------|
| R5 | 330 Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R6,R7,R8,R9 | 1K Ω | Resistencia de 1/4 W |
| U4 | | Operacional LM324 |

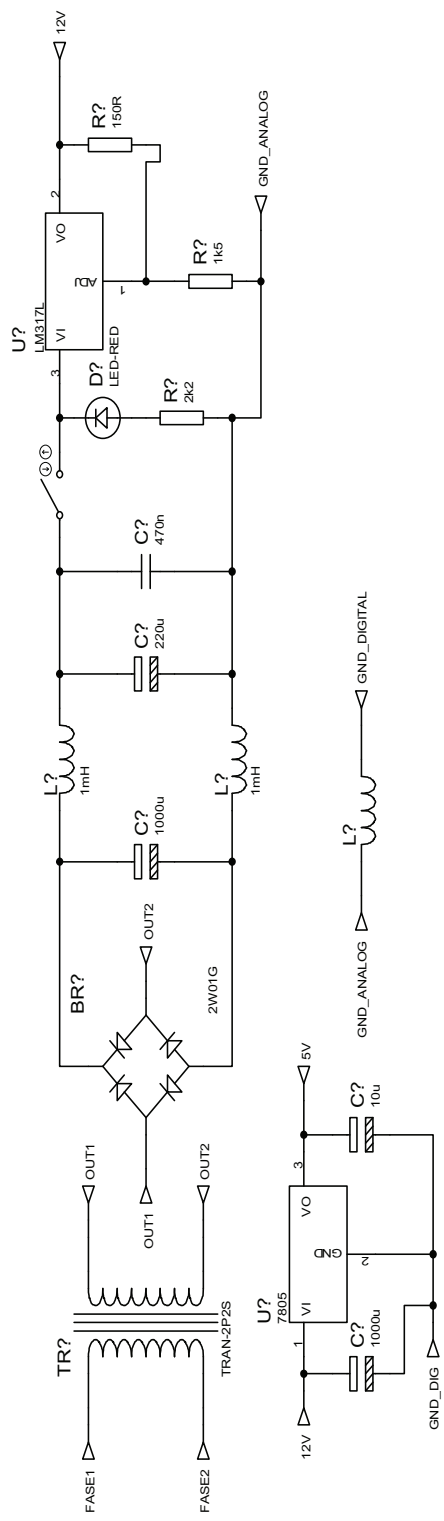


Figura B.8 Circuito Placa de Fuente

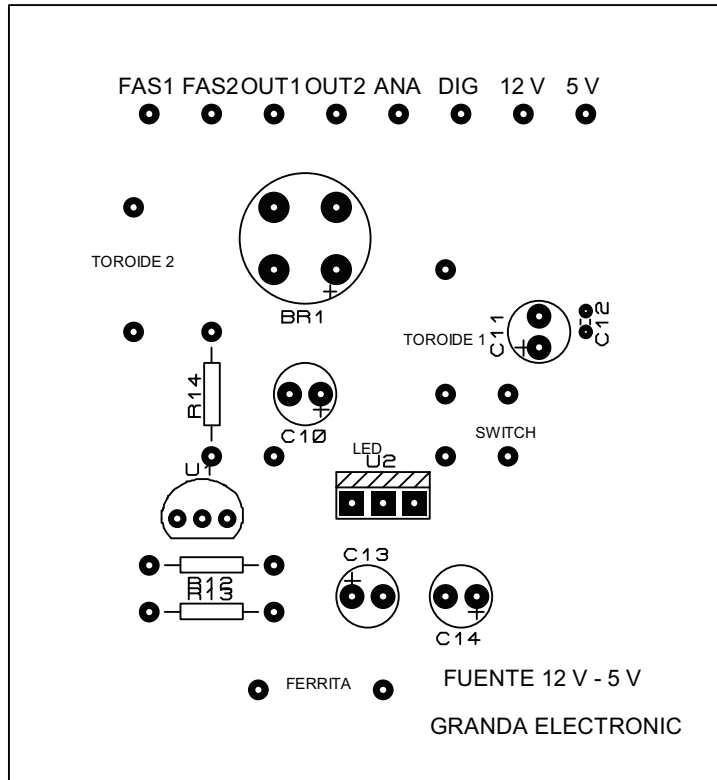


Figura B.9 Plano de Posicionamiento, Placa de Fuente

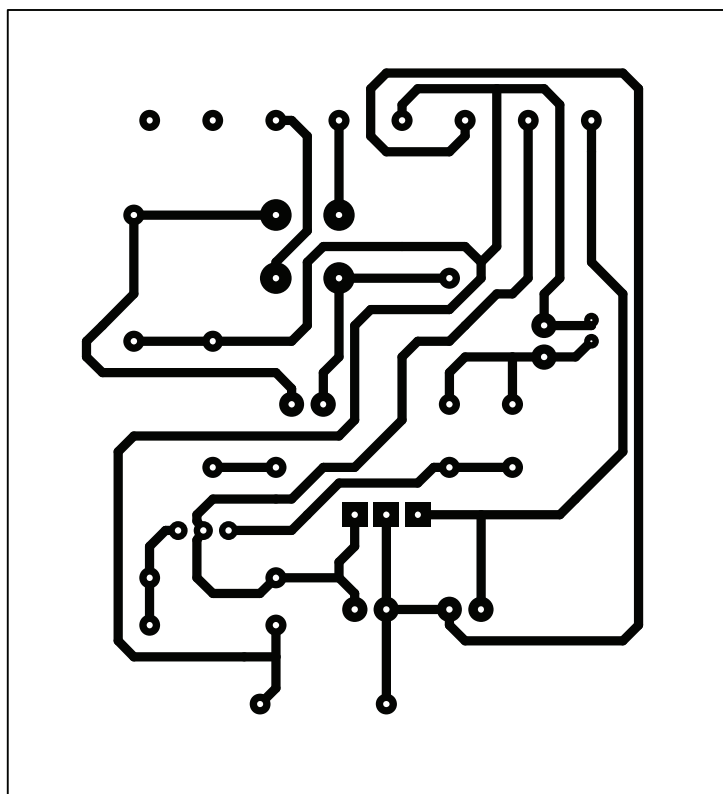


Figura B.10 Circuito Impreso Vista Inferior, Placa de Fuente



Figura B.11 Placa de Fuente

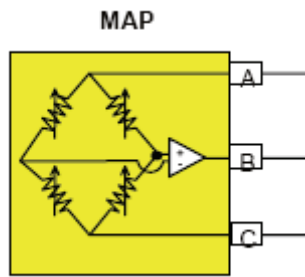
Tabla B.3 Lista de Elementos, Placa de Fuente.

| ELEMENTO | VALOR | DESCRIPCION |
|----------|---------------|------------------------------|
| R12 | 150 Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R13 | 1.5K Ω | Resistencia de 1/4 W |
| R14 | 2.2K Ω | Resistencia de 1/4 W |
| C10, C13 | 1000 μ F | Condensador electrolítico |
| C11 | 220 μ F | Condensador electrolítico |
| C12 | 470nF | Condensador cerámico |
| C14 | 10 μ F | Condensador electrolítico |
| U4 | | Regulador de voltaje, LM317 |
| U5 | 5 V | Regulador de Voltaje, LM7805 |

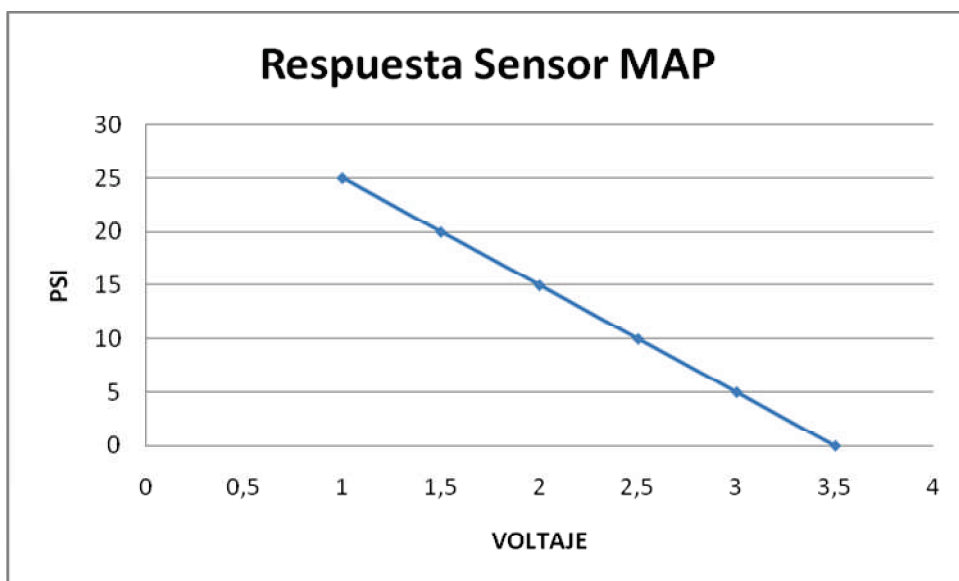
| | | |
|----------|--|--------------------------------|
| BR1 | | Puente de diodos rectificador |
| TR1 | | Transformador 110 a 24 voltios |
| D4 | | Led |
| L1, L2 | | Toroide |
| L3 | | Ferrita |
| S1 | | Switch |
| JP5 | | Bornera 3 terminales |
| JP6, JP7 | | Bornera 2 terminales |

ANEXO C

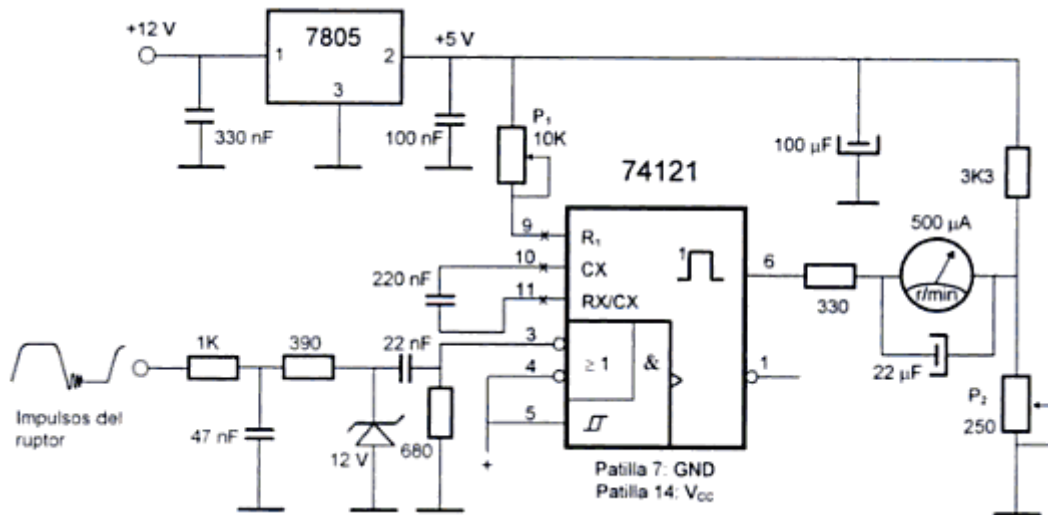
Sensor MAP



| Voltaje (V) | Presión (PSI) |
|-------------|---------------|
| 3,30 - 3,50 | 0 |
| 2,80 - 3,00 | 5 |
| 2,30 - 2,50 | 10 |
| 1,80 - 2,00 | 15 |
| 1,30 - 1,50 | 20 |
| 0,10 - 1,00 | 25 |



Sensor Tacométrico



| Voltaje (V) | Revoluciones (RPM) |
|-------------|--------------------|
| 0,89 | 0 |
| 1,30 | 754 |
| 1,33 | 810 |
| 1,52 | 1162 |
| 1,75 | 1587 |
| 2,14 | 2310 |

