

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN MOTOR DE
COMBUSTION INTERNA DE CUATRO TIEMPOS DE RENAULT TWINGO

DANIEL HOYOS ARANGO
LEIMER MARTINEZ PINTO

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLÍN
2009

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS PARA UN MOTOR DE
COMBUSTION INTERNA DE CUATRO TIEMPOS DE RENAULT TWINGO

DANIEL HOYOS ARANGO
LEIMER MARTINEZ PINTO

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO

ASESOR PROYECTO
DR. ING. ADALBERTO GABRIEL DIAZ

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLÍN
2009

CONTENIDO

	Pág.
JUSTIFICACIÓN	7
ANTECEDENTES	8
PROPUESTA	10
1 PROPUESTA	10
2 OBJETIVOS	11
3 OBJETIVO GENERAL	11
4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA	12
6 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (CICLO OTTO)	12
7 TÉCNICAS DE MONITOREO INTERACTIVO EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	17
8 SISTEMAS DE CONTROL EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	19
9 DESCRIPCIÓN Y PRUEBA DE LOS SENSORES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA	28
9.1 Sensor de temperatura del refrigerante	28
9.2 Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS)	31
9.3 Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)	32
9.4 Sensor de masa y flujo de aire	33
9.5 Sensor de oxígeno o sonda lambda	35
9.6 Sensor de posición del cigüeñal	39
10 DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	40
10.1 Tarjeta de adquisición de datos pci 6013	40
10.2 Proceso de adquisicion de las señales de los sensores	41
10.3 Realización del programa en lab view	43
11 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA POR MEDIO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	45

12 CONCLUSIONES	49
13 PROPUESTA PARA PROYECTOS DE GRADO	50
14 BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. componentes del sistema de control lógico	20
Ilustración 2. Sistema de alimentación e inyección de combustible.....	23
Ilustración 3. Sistema central o de inyección monopunto	24
Ilustración 4. Sistema de inyección multipunto	26
Ilustración 5. Comportamiento sensor temperatura.	28
Ilustración 6. Conexión del sensor de temperatura.....	29
Ilustración 7. Partes internas del sensor de temperatura.....	30
Ilustración 8. Ubicación y conexión del sensor de posición del acelerador.....	31
Ilustración 9. Constitución sensor de posicionamiento del acelerador.....	32
Ilustración 10. Sensor de presión absoluta	32
Ilustración 11. Sensores de hilo o elemento caliente	34
Ilustración 12. Ubicación del sensor de oxígeno.....	35
Ilustración 13. Corte del sensor de oxígeno.....	36
Ilustración 14. Funcionamiento del sensor de oxígeno	37
Ilustración 15. Funcionamiento del sensor de oxígeno	38
Ilustración 16. Sensor de posición del cigüeñal	39
Ilustración 17. Tarjeta de adquisición de datos	40
Ilustración 18. RPM del motor.....	46
Ilustración 19. Temperatura del agua.....	46
Ilustración 20. Presión en el múltiple de admisión	46
Ilustración 21. Posición de la mariposa.....	47
Ilustración 22. Apertura de los inyectores	47
Ilustración 23 Señal del sensor de oxígeno	48
Ilustración 24. Indicador de mezcla rica o pobre.....	48

INTRODUCCIÓN

La tendencia a siempre obtener cada vez una mayor satisfacción por parte de los consumidores, ha obligado a los fabricantes de vehículos a crear modelos que brinden mayor comodidad, seguridad, economía y facilidad de manejo, todo esto ha creado una dependencia total de la tecnología a la hora de diseñarlos.

Los vehículos modernos poseen motores que son muy confiables, amigables y seguros esto gracias a la sensoria que poseen, la cual nos proporciona un monitoreo constante y a todo momento del estado del motor.

Con base en un banco de pruebas de un motor de combustión interna full inyección de cuatro tiempos de motor Twingo que posee la Universidad EAFIT, se realizara el diseño de un sistema de adquisición de datos que servirá para observar el comportamiento de las señales que emiten los sensores que este motor posee y la posibilidad de instalar sensores adicionales para tener un monitoreo casi total del comportamiento de este.

Entre estas señales se encuentran la que nos brindan los sensores de temperatura, de posición de la mariposa, sensor de oxígeno, presión absoluta del motor entre otros, estas señales se obtendrán por medio de una tarjeta de adquisición de datos y se trasladaran posteriormente a un computador donde se podrán observar las variaciones de estas.

JUSTIFICACIÓN

El banco de pruebas del motor de combustión interna de twingo se desarrollo para que la Universidad contara con un objeto de estudio para la investigación. Este trae grandes beneficios a la hora de realizar prácticas, ya sea para un laboratorio, para estudiantes, profesores, investigadores y porque no, para algunas empresas. El fin del banco de pruebas es adaptarle a éste un equipo de Gas Natural en el cual se puedan realizar pruebas de funcionamiento, comportamiento y para analizar diversos factores tales como la pérdida de potencia que implica el funcionamiento del motor con el Gas y qué se puede rediseñar al sistema de admisión y combustión para mejorar la eficiencia del motor.

Las decisiones que se pueden tomar acerca de las modificaciones necesarias para mejorar este sistema de combustión debe estar basado en datos reales recolectados directamente desde el motor por medio de unos sensores, estos serán recolectados por el sistema de adquisición de datos y será entregados al software Lab View el cual los interpreta y de acuerdo a la información requerida, los graficará. Ya basados en hechos reales se pueden tomar las acciones necesarias para incrementar la eficiencia de la combustión y obtener un mejor rendimiento del motor entre otros.

ANTECEDENTES

Un motor de combustión interna es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible. Cuando estos dos componentes se mezclan, se juntan en un espacio cerrado llamado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse. Cada vez que se produce la combustión, el pistón es impulsado hacia abajo, y su movimiento se transmite por medio de una biela a un cigüeñal rotatorio. El movimiento pasa desde éste, y a través de la caja de cambios y la transmisión, a la rueda o ruedas motrices.

Esto es en términos generales el funcionamiento del motor, existen muchos factores que hacen que los motores no siempre trabajen de la misma forma ni en las mismas condiciones de carga, existen variaciones en el clima y la altura a la que se encuentra, hay cambios en el combustible y en la cantidad de oxígeno en el ambiente, al presentarse todas estas variaciones debe existir algo en el motor que lo adapte a ellas, esto se conoce con el nombre de ECU o la computadora a bordo, que hace algunos ajustes al motor para que este funcione de la mejor manera, su rendimiento sea óptimo y su consumo de combustible y emisión de contaminantes sean mínimos.

En la actualidad el vertiginoso desarrollo de la electrónica y la microelectrónica han motivado que todas las esferas de la vida humana se estén automatizando, por ejemplo: la industria, el hogar, los comercios, la agricultura, la ganadería, el transporte, las comunicaciones, etc. En todo ese proceso de automatización el microprocesador y el micro controlador juegan un papel de suma importancia. Ellos han permitido el desarrollo de sistemas inteligentes que resuelven los mas diversos problemas, son los llamados Sistemas de Adquisición de Datos.

El objetivo básico de los "Sistemas de Adquisición de Datos"(S.A.D) es la integración de los diferentes recursos que lo integran : Transductores de diferentes tipos y naturaleza, multiplexores, amplificadores, conversores A/D y D/A, comunicación serie así como hacer uso de memorias y puertos externos y creando

con todo ello un sistema que se encargue de una aplicación específica tal como chequear una o varias variables (PH, humedad relativa, temperatura, iluminación, concentración, etc.) para una posterior utilización de la misma ya sea con fines docentes, científicos, de almacenamiento o control y utilización de la misma. (VIERA, Iremis.)

Los actuales sistemas de adquisición de datos para motores de combustión interna son conocidos como scanners, y son muy comunes en los talleres de mecánica automotriz, existe una gran variedad de estos y oscilan entre un rango de precios muy amplio, por lo general miden siempre las mismas señales que son las que corresponden a el sistema de inyección electrónica, el problema de estos scanners es que solo permiten una comunicación de una sola vía, es decir, solo leen las señales del motor pero no pueden enviarle a éste ninguna señal. La diferencia de nuestro sistema de adquisición de datos con este tipo de sistemas es que tiene la posibilidad por medio del Lab View de generar un control sobre el motor, se puede comunicar con él y hacerle modificaciones a ciertas variables para corregir posibles fallas o analizar el comportamiento del motor con otro tipo de parámetros. Cabe anotar que este trabajo no cubre el control del motor, pero deja una puerta abierta para que se pueda hacerlo en un momento dado.

PROPUESTA

Para poder obtener la descripción del funcionamiento del motor de combustión interna de cuatro tiempos de Renault Twingo proponemos obtener el diseño la construcción de un sistema de adquisición de datos con el fin de tener unas lecturas de las variables que normalmente no se obtendrían con los indicadores básicos de un automóvil y dejar abierta la posibilidad de diseñarle un control para observar el comportamiento de éste bajo diferentes condiciones y hacerle variaciones para optimizar su funcionamiento.

1. OBJETIVOS

1 OBJETIVO GENERAL

Obtener el diseño y el montaje de un sistema de adquisición de datos que permita visualizar las señales que generan los sensores de un motor de combustión interna de un Renault Twingo y transmitir las al software LabView para su posterior análisis y presentación.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las técnicas de monitoreo interactivo en motores de combustión interna.
- Obtener el diseño de un sistema de adquisición de datos con los elementos necesarios para su funcionamiento con fines educativos e investigativos.
- Adquirir la descripción de la sensoria y su funcionamiento para el sistema de adquisición de datos en el software LabView.
- Tener el sistema de adquisición de datos implementado en el motor twingo de la universidad
- Tener un análisis del funcionamiento de un motor de combustión interna por medio del sistema de adquisición de datos realizado.

2. MOTOR DE COMBUSTION INTERNA

3 MOTOR DE COMBUSTION INTERNA (CICLO OTTO)

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor.



Herminia Contreras Oliva, blog Gpeuropa.net

- Cámara de combustión

La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del

pistón.

En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros. (LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián)

- Sistema de bombeo

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión.

- Sistema de alimentación

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la correa de distribución. En la década de 1980, este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

- Encendido

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores

Otto, existe un componente llamado bobina de encendido, el cual es un auto-transformador de alto voltaje al cual se le conecta un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca la chispa de alto voltaje en el secundario. Dichas chispas están sincronizadas con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros; la chispa es dirigida al cilindro específico de la secuencia utilizando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro.

Si la bobina está en mal estado se sobrecalienta; esto produce pérdida de energía, aminora la chispa de las bujías y causa fallos en el sistema de encendido del automóvil.

La bujía contiene en uno de sus extremos dos electrodos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que enciende el combustible dentro del cilindro. (LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián)

- Refrigeración

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fueraborda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua, esto provoca una alta presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua así como en el radiador; se usa un anticongelante

pues no hierve a la misma temperatura que el agua, si no a mucho más alta temperatura, tampoco se congelará a temperaturas muy bajas.

Otra razón por la cual se debe de usar un anticongelante es que este no produce sarro ni sedimentos que se adhieren en las paredes del motor y del radiador formando una capa aislante que disminuirá la capacidad de enfriamiento del sistema. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.

- Sistema de arranque

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan (véase Momento de fuerza), lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal. Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal; los iniciadores explosivos, que utilizan la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor; oxígeno para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos (grandes motores). Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones. (LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián)

- Motor convencional del tipo Otto

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos. La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los

motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica. (LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián)

El uso de controles eléctricos y electrónicos en el área de entrega de combustible y control de emisiones se comenzaron a usar a partir del año de 1974. Estos sistemas tenían que ser no solamente analizados en su parte mecánica (motor), si no que también se debía distinguir un componente o sistema en problema. Para realizar ésta labor, los fabricantes de autos conjuntamente con los fabricantes de equipos para talleres de servicio, diseñaron en aquel entonces equipos que se conectaban al auto y así realizaban un "Monitoreo" de sensores y sus sistemas, de hecho los autos equipados con computador de Inyección de Combustible de esos años (74 - 80), no tenían la habilidad de monitorear un sensor o sistema por si solos.

En el mundo actual, el desarrollo económico lleva implícita la necesidad de usar cantidades crecientes de energía. Buena parte de la energía consumida actualmente en el mundo se obtiene a través de reacciones de combustión y los combustibles más ampliamente empleados son los llamados combustibles fósiles. Teniendo en cuenta los temas del calentamiento global y la tendencia a que este tipo de combustibles se van a ser cambiados por otros renovables y menos contaminantes, es de suma importancia tener en los motores de combustión interna un sistema que haga que estos trabajen de una manera más eficiente y contaminen menos el medio ambiente, aquí es donde juega un papel muy importante el sistema de inyección electrónica junto con su computadora a bordo, quien es el que regula por medio de sensores el funcionamiento del motor para optimizar el uso del combustible y regular los gases de emisión, de esta manera se logra una buena eficiencia y un motor amigable con el medio ambiente.

3. TÉCNICAS DE MONITOREO INTERACTIVO EN LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Existen pocos métodos de monitoreo interactivo en los motores de combustión interna. El primero y el más conocido es por medio de un scanner que se le conecta al carro y brinda algunas lecturas y unos códigos de error, la otra técnica un poco menos ortodoxa pero no menos útil es por medio de un multímetro y un analizador de gases de combustión.

Con la introducción del scanner al mundo automotriz, se puede hablar e interrogar al computador del carro sobre cualquier sistema o sensor incorporado al vehículo. El scanner permite tener la información de los códigos de falla actuales y los guardados en la memoria. El procedimiento de acceso a la información y la forma en que la información es mostrada en la pantalla del Scanner es un estándar para todos los carros, de tal manera que la información y acceso de datos a la información será igual para todos. Al momento de conectar el scanner al carro, éste permitirá hacer un borrado de códigos, mostrar en la pantalla los valores de operación de varios sensores tales como el MAP (Manifold Absolute Pressure), sensor de posición de cigüeñal, sensor de temperatura del refrigerante, MAF (Mass Air Flow) y el sensor de oxígeno o sonda lambda.

Los códigos de error son guardados en la memoria de la computadora y pueden ser analizados por medio de un manual donde especifica el significado de cada código, con esta información, se procede a hacer los ajustes necesarios al motor.

La otra técnica que habla del análisis del motor por medio de un multímetro y un analizador de gases de escape es mucho más manual y requiere de un mayor conocimiento por parte de la persona que va a hacer el trabajo. Consiste en hacer un análisis de los gases producto de la combustión del motor y observar los resultados, analizar las cantidades de contaminantes y compararlos con los

estándares de cada carro para determinar cuál de ellos está por encima o por debajo de los valores normales. De acuerdo a éste análisis se procede a evaluar que parte de la inyección electrónica o del motor no está funcionando correctamente y para este fin se utiliza el multímetro, con este se chequea la señal de entrada y de salida de los sensores, continuidad en los circuitos, voltajes, corrientes y resistencias para determinar cuál componente se encuentra defectuoso y reemplazarlo si es el caso.

4. SISTEMAS DE CONTROL EN EL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

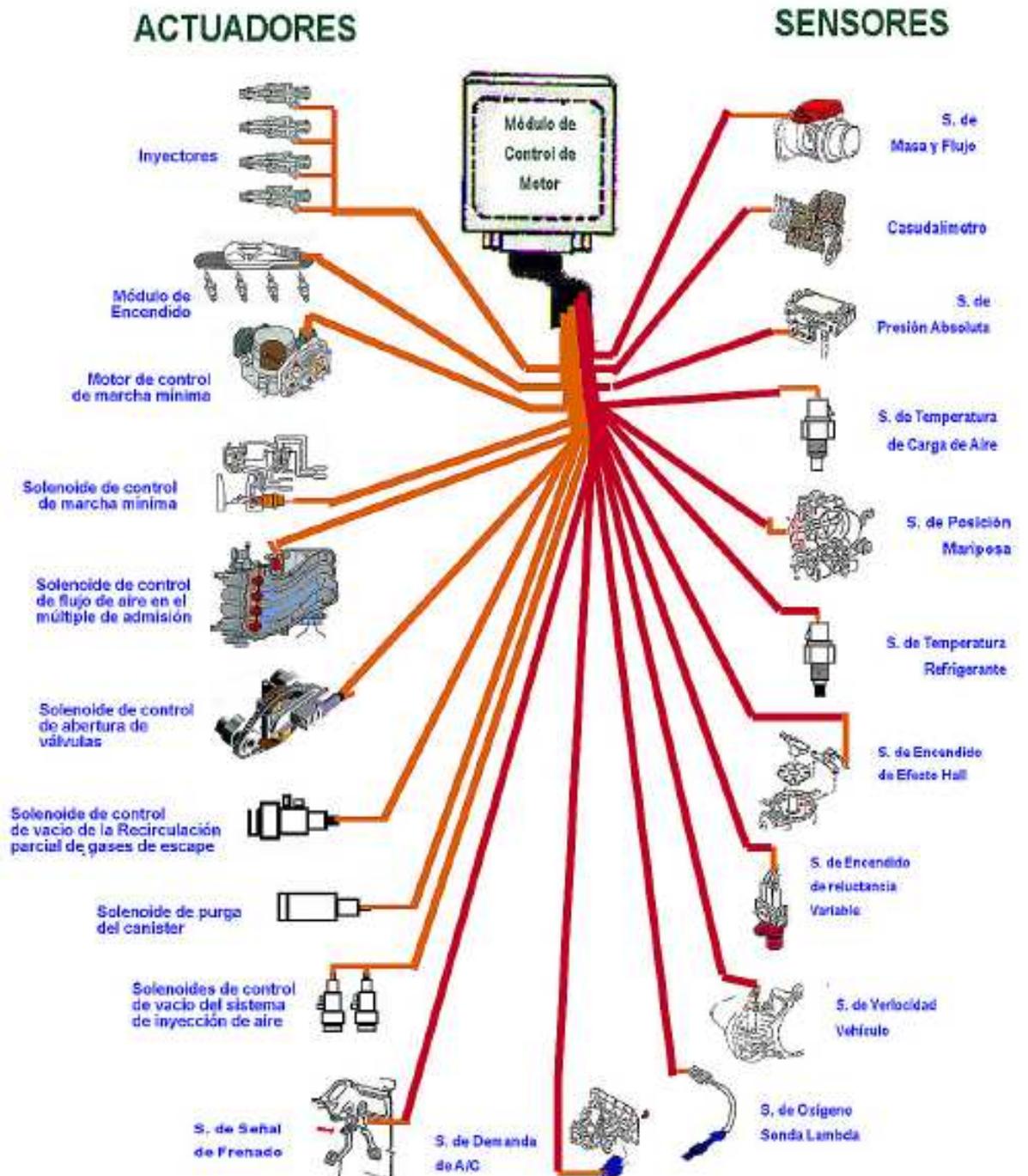
Los sistemas que conforman un control electrónico de motor son:

- 1 El sistema de control lógico
- 2 El sistema de alimentación e inyección de combustible
- 3 El sistema de encendido
- 4 El sistema de control de marcha mínima
- 5 El sistema de refrigeración
- 6 El sistema de admisión de aire
- 7 Los sistemas de control de emisiones:
 - El sistema de ventilación positiva cerrada del cárter
 - El sistema de control evaporativo
 - El sistema de recirculación parcial de gases de escape
 - El sistema de inyección adicional del aire
 - El convertidor catalítico

EL SISTEMA DE CONTROL LOGICO

Es el sistema central del control electrónico del motor, Su función principal es la de controlar a todos los sistemas del motor, con base al estado o modo de funcionamiento y condiciones atmosféricas, efectuando todas las mediciones, tanto en el mismo motor, como con las condiciones ambientales en las que se encuentra circulando el vehículo.

1. Componentes del Sistema de Control Lógico



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

FUNCIONAMIENTO

Los componentes principales del sistema son:

1. **LOS SENSORES:** Encargados de suministrar la información al computador acerca del ambiente y desempeño del motor.
2. **LOS ACTUADORES:** Son los dispositivos que forman parte de los sistemas de accionamiento de variables de control y dosificaciones de aire, combustible, refrigerante, y aceites y permiten controlar el funcionamiento de cada uno de ellos.
3. **EL MICROCOMPUTADOR:** Es el componente electrónico, encargado de efectuar los cálculos y correcciones, con base en la información recibida de los sensores. El resultado de los cálculos se manifiesta en el funcionamiento y accionar de los actuadores.

LOS SENSORES

Los sensores son dispositivos que miden las variables de condiciones atmosféricas y variables de condiciones de funcionamiento del motor:

SENSORES QUE MIDEN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS

1. La presión atmosférica.
 - Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión.
 - Sensor de flujo y masa de aire.
2. La temperatura del aire
 - Sensor de temperatura de carga de aire.

SENSORES QUE MIDEN LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

1. La cantidad de aire
 - Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión.
 - Sensor de flujo y masa de aire.
2. La temperatura de motor

- Sensor de temperatura del refrigerante motor.
3. La velocidad de motor
 - Sensor de encendido de efecto Hall.
 - Sensor magnético de reluctancia variable del cigüeñal.
 - Sensor de encendido de circuito óptico en el cigüeñal.
 4. La velocidad del vehículo
 - Sensor de reluctancia variable en la caja de velocidades.
 - Sensor de reluctancia variable en el diferencial.
 5. En algunos casos las posiciones de las válvulas que controlan emisiones
 - Sensor de posición de válvula EGR.
 - Sensor potenciómetro de vacío en el tanque de combustible.
 6. En otros casos la cantidad de gases de escape recirculados
 - Sensor de contrapresión Delta en el múltiple de escape.
 7. El desgaste del motor
 - Sensores presión absoluta o de masa y flujo
 - Sensor de Oxígeno.
 8. La posición del pistón # 1 para establecer orden de encendido e inyección
 - Sensor de posición eje de levas de circuito óptico.
 9. Sensores de carga de motor
 - Sensor de demanda de A/C.
 - Sensor cíclico de baja presión de A/C.
 - Sensor cíclico de alta presión de A/C.
 - Sensor de alta presión hidráulica de la dirección.
 - Sensor de señal de frenado.
 - Sensor de aplicación de sobre marcha.
 10. Sensores de protección motor
 - Sensor de baja presión de aceite motor.
 - Sensor piezoeléctrico de detonación.

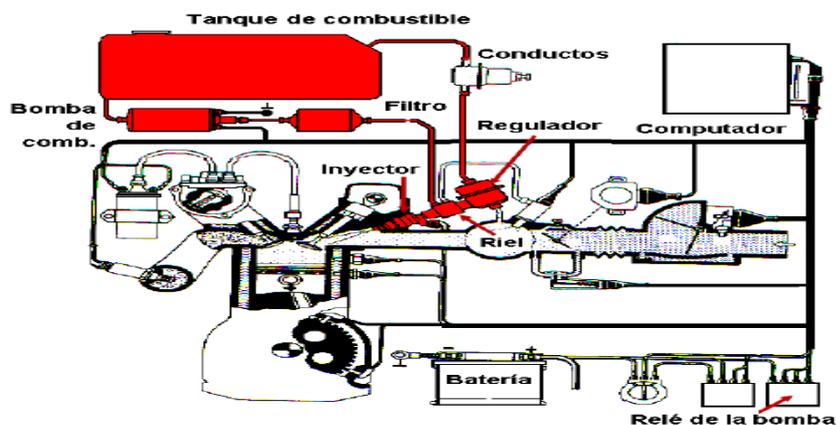
La información es recibida por el computador procesada y comparada con las tablas de calibración en su memoria para establecer las respuestas necesarias, manteniendo el motor en las condiciones más cercanas a las ideales.

- Sistema de alimentación e inyección de combustible

La función de este sistema es la de suministrar combustible a la presión requerida para su completa pulverización, y en la cantidad adecuada para establecer con exactitud la proporción de mezcla necesitada según las condiciones atmosféricas y modos de funcionamiento del motor.

La pulverización se logra con el control mecánico de la presión, (sin el control computarizado). La determinación de la cantidad de combustible o dosificación es establecida con base en la información de los sensores para obtener como respuesta el tiempo en que el inyector debe permanecer abierto.

Ilustración 2. Sistema de alimentación e inyección de combustible



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

CLASES DE SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN E INYECCIÓN:

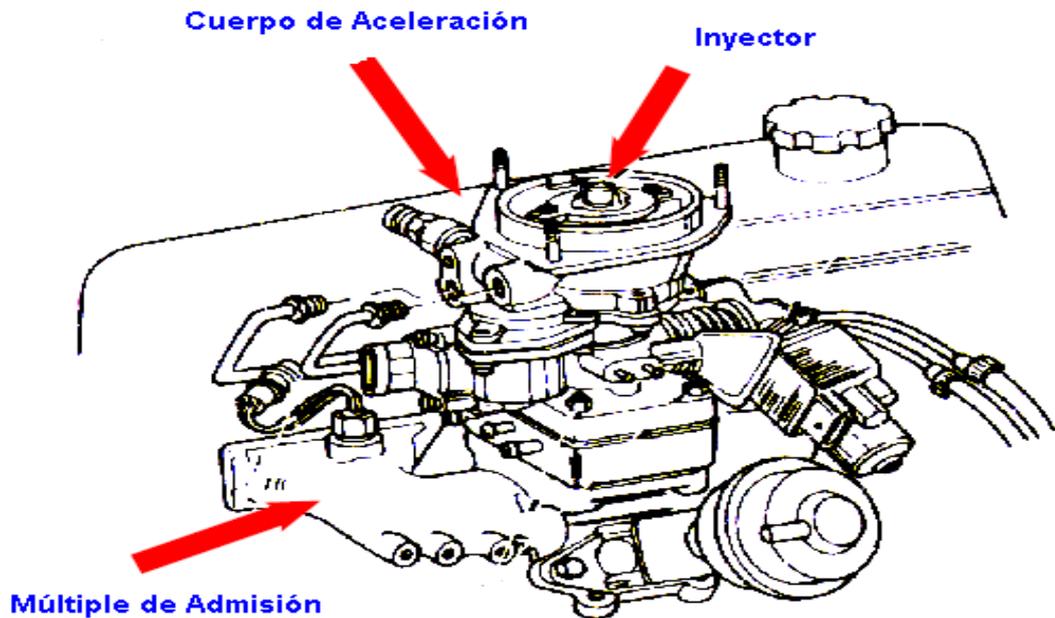
Existen dos clases de sistemas:

1. Sistema Central o Monopunto
2. Sistema Multipunto

SISTEMA CENTRAL O MONOPUNTO

En este sistema el inyector está ubicado en un cuerpo central llamado cuerpo de aceleración. (En el mismo lugar donde se ubicaba el carburador) En este cuerpo se ubican los componentes de control del sistema, como el inyector, el regulador etc.

Ilustración 3. Sistema central o de inyección monopunto



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

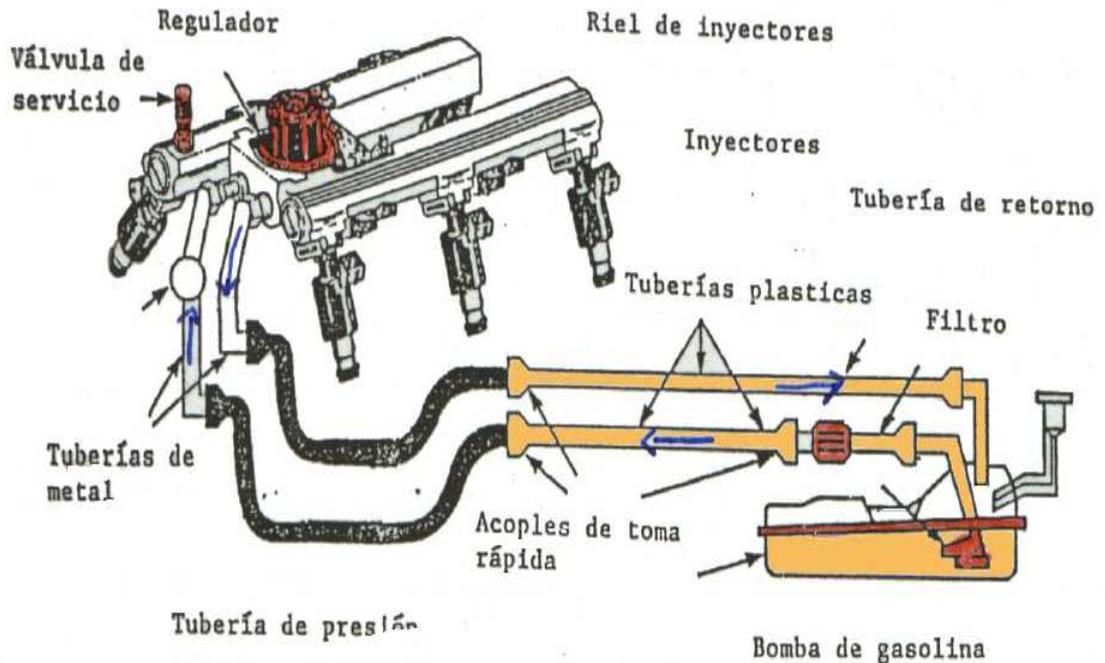
LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SON

- El tanque de combustible: Es el depósito principal del sistema.
- La bomba de combustible: Eléctrica y con movimiento de giro, cuya función es la de generar la presión en todo el sistema. Su velocidad de giro es baja, entre 200 y 500 rpm.
- Filtro de la bomba de gasolina: Es del tipo de nylon, de 50 micrones, que permite retener las partículas de suciedad para que no pasen a la bomba y en lo posible poder separar el agua de la gasolina.
- El filtro de alta presión de combustible: Evita el paso de partículas pesadas que podrían taponar el inyector y evitar la pulverización del combustible, es de metal y con elemento de papel de 20 micrones.
- Tuberías: Por donde circula el líquido, y cuya característica principal es la de ser flexibles y resistentes a la corrosión.
- El cuerpo de aceleración: Componente donde se ubican los inyectores, el regulador de presión, las mariposas del acelerador y las tomas de vacío. Se encuentra ubicado en el múltiple de admisión.
- El regulador de presión: Reduce la presión generada por la bomba, y la mantiene constante en la boquilla del inyector, permitiendo el paso de retorno hacia el tanque de combustible.
- Los inyectores: Son las electro válvulas, que hacen posible la pulverización del combustible.

SISTEMA MULTIPUNTO

En este sistema los inyectores van ubicados en cercanías de cada válvula de admisión, lo que implica un mayor número de inyectores. Los inyectores son alimentados por combustible desde el riel de inyectores en donde también se ubica el regulador de presión.

Ilustración 4. Sistema de inyección multipunto



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

LOS COMPONENTES DEL SISTEMA SON:

- El tanque de combustible: Es el depósito principal del sistema.
- La bomba de combustible: Eléctrica y con movimiento de giro, cuya función es la de generar la presión en todo el sistema. Velocidad de operación de 3.500 rpm. la cual genera una presión entre 60 y 90 Lpc.
- Filtro de la bomba de gasolina: Es del tipo de nylon, de 50 micrones, que permite retener las partículas de suciedad para que no pasen a la bomba y en lo posible poder separar el agua de la gasolina.
- El filtro de alta presión de combustible: Evita el paso de partículas pesadas que

podrían taponar el inyector y evitar la pulverización del combustible.

- Los conductos: Por donde circula el líquido, y cuya característica principal es la de ser flexibles y resistentes a la corrosión.
- El riel de inyectores: Tubo que asegura los inyectores y que canaliza el combustible para alimentar a cada una de estas electro válvulas.
- El regulador de presión: Reduce la presión generada por la bomba, y la mantiene constante en la boquilla del inyector, permitiendo el paso de retorno hacia el tanque de combustible.
- Los inyectores: Son las electro válvulas, que hacen posible la pulverización del combustible.

5. DESCRIPCIÓN Y PRUEBA DE LOS SENSORES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA

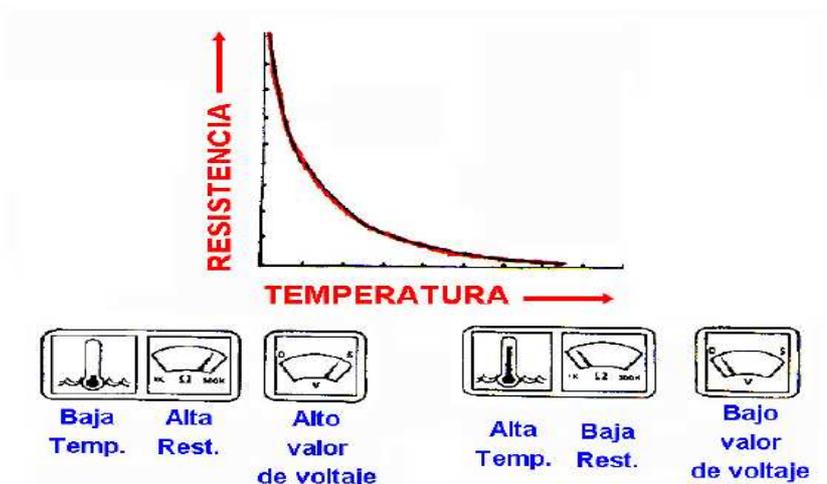
- Sensor de temperatura del refrigerante
- Sensor de posición del acelerador
- Sensores de Presión absoluta del múltiple MAP
- Sensores de masa y flujo del aire MAF
- Sensores de oxígeno

3.1 SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE

FUNCIÓN: Determina la temperatura del refrigerante del motor, para establecer la temperatura del motor, corregir y ajustar la cantidad de combustible suministrada a la mezcla, y corregir el tiempo de encendido.

UBICACIÓN: En la carcasa del termostato o cerca de la bomba de agua

Ilustración 5. Comportamiento sensor temperatura.



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

CARACTERÍSTICAS: Sensor tipo Termistor. El termistor utilizado es de la clase NTC (Sensor de Resistencia de Coeficiente Negativo). La resistencia disminuye a medida que se calienta.

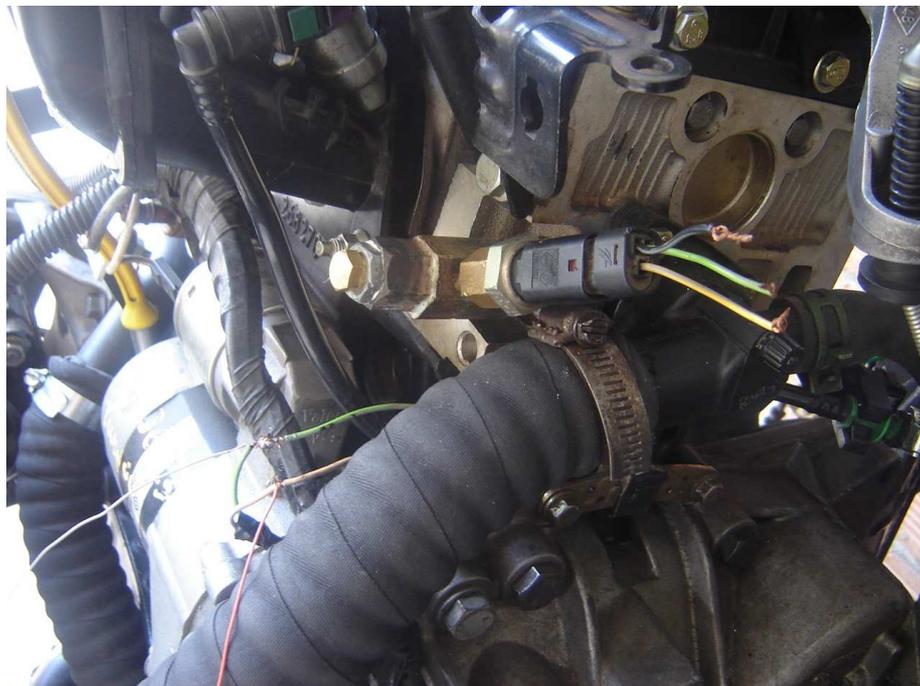
Cuenta con dos (2) terminales eléctricas:

Terminal 1: Masa del sensor.

Terminal 2: Alimentación, y señal variable.

Las dos terminales se encuentran conectadas al computador

Ilustración 6. Conexión del sensor de temperatura



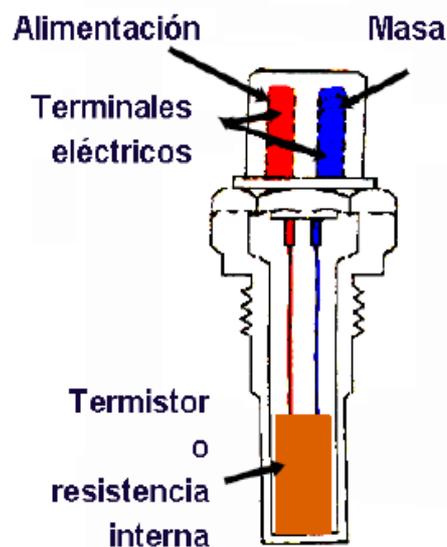
Autoría propia

FUNCIONAMIENTO:

1. La corriente de alimentación es suministrada por el computador (5Voltios), debe obligatoriamente pasar por el termistor en su camino a masa.

2. La resistencia del termistor es afectada por la temperatura del líquido refrigerante.
3. Con el motor frío, la temperatura del refrigerante será baja y la resistencia del termistor es alta.
4. Al ser alta la resistencia, el voltaje suministrado se acumula en el circuito, lo cual genera una señal alta al computador.
5. A medida que el motor y refrigerante se calientan, la resistencia baja y el voltaje fluye, disminuyendo en el circuito de alimentación, el voltaje suministrado por el computador.

Ilustración 7. Partes internas del sensor de Temperatura



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

3.2 SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DEL ACELERADOR (TPS)

FUNCIÓN: Determina la posición de la mariposa del acelerador de la siguiente forma:

- Informa de la posición del acelerador, con el sensor potenciómetro de la mariposa, para controlar la cantidad de combustible inyectado.
- Determina la velocidad de desplazamiento de la mariposa del acelerador e incrementa el caudal de salida en el inyector y los avances del encendido.
- Determina la posición cero de la mariposa del acelerador, para las estrategias de marcha mínima.

UBICACIÓN: Sobre el cuerpo de mariposas del acelerador, al lado contrario de los herrajes de la guaya de aceleración.

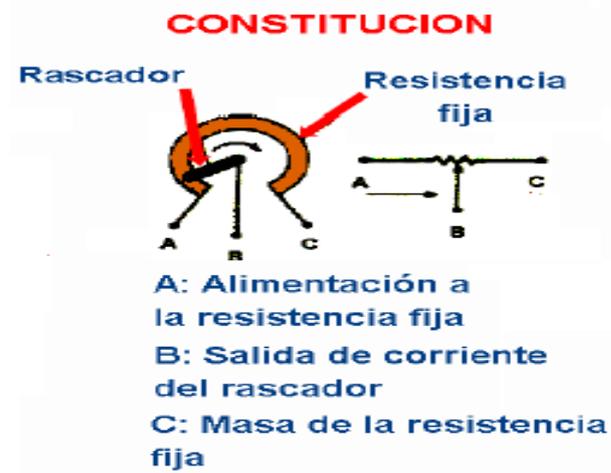
Ilustración 8. Ubicación y conexión del sensor de posición del acelerador



Autoría propia

CARACTERÍSTICAS: El sensor de posición de mariposa es del tipo potenciómetro.

Ilustración 9. Constitución sensor de posicionamiento del acelerador



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

3.3 SENSOR DE PRESIÓN ABSOLUTA DEL MÚLTIPLE (MAP)

Ilustración 10. Sensor de presión absoluta



Autoría propia

FUNCIÓN: El sensor MAP reporta la carga del motor a la computadora, que usa la información para ajustar el avance de la chispa y el enriquecimiento de la mezcla aire combustible. El sensor MAP lee el vacío y la presión a través de una manguera conectada al múltiple de admisión. Un elemento de cerámica o silicio sensible a la presión y un circuito electrónico en el sensor generan una señal de voltaje que cambia en proporción directa la presión. Hay dos tipos de Sensores MAP; uno que varía el voltaje de la señal (GM, RENAULT) y otro que varia la frecuencia (FORD).

En condiciones de baja carga, la computadora empobrece la mezcla aire combustible y avanza la sincronización de la chispa para una mejor economía de combustible. En condiciones de alta carga. La computadora enriquece la mezcla y retarda la sincronización de la chispa para evitar la detonación. El sensor MAP sirve como el equivalente electrónico del avance por vacío en un distribuidor y el de la válvula de potencia en un carburador.

UBICACIÓN: Podemos encontrar el sensor ubicado en las siguientes partes: En la carrocería, en el cuerpo de aceleración o en otra parte del compartimiento del motor. Una manguera de vacío conecta el sensor al múltiple de admisión (aunque existen ya unos modelos de sensor que van montados directamente al múltiple eliminando la conexión de la manguera de vacío.)

3.4 SENSOR DE MASA Y FLUJO DE AIRE

FUNCIÓN: Mide e informa al modulo de control de motor de la cantidad real de moléculas de aire que entran al motor. Este tipo de sensor se encuentra basado en el principio de absorción de calor. Establece el contenido real de Oxígeno en el aire, establece la dosificación exacta de combustible, el avance de encendido y el control sobre la velocidad de marcha mínima.

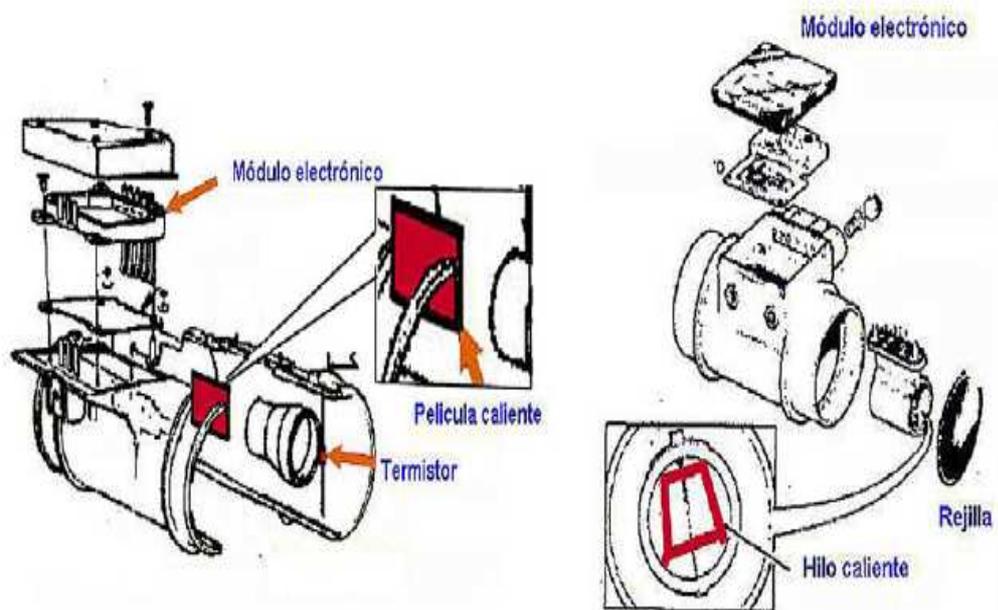
CARACTERÍSTICAS: El sensor cuenta con un hilo o plaqueta de platino
El hilo o elemento se mantiene a una temperatura constante entre 700 y 900 °C

Cuenta con tres (3) Terminales

- Terminal de masa: RTN Masa del sensor.
- Terminal de alimentación: VPWR Alimentación, con voltaje nominal de la batería.
- Terminal variable.

Exceptuando la alimentación, las terminales de masa y señal variable se encuentran conectadas al modulo de control del motor.

Ilustración 11. Sensores de hilo o elemento caliente



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

El elemento caliente, es alimentado de una corriente, con un voltaje suficiente que mantiene el elemento caliente. Al fluir el aire alrededor del elemento caliente, baja su temperatura. El modulo para mantener constante la temperatura del elemento, incrementa el voltaje del hilo. A mayor paso de aire, mayor voltaje, a menor temperatura de aire, menor voltaje.

Cabe anotar que el el sensor MAF y el MAP tienen la misma función para la computadora, es decir que son dos técnicas distintas para calcular la cantidad de aie que le entra al motor, razón por la cual algunos carros tienen MAF y otros MAP,pero en ningún auto existen los dos.

3.5 SENSOR DE OXÍGENO O SONDA LAMBDA

FUNCIÓN: Determina el contenido de Oxígeno de los gases de escape para:

- Establecer la riqueza o pobreza de la mezcla quemada para corregir la cantidad de combustible que suministra los inyectores.
- Verifica la proporción de Oxígeno para controlar la mezcla e incrementar la eficiencia del convertidor catalítico.

UBICACIÓN: Después de la unión de los ductos del escape.

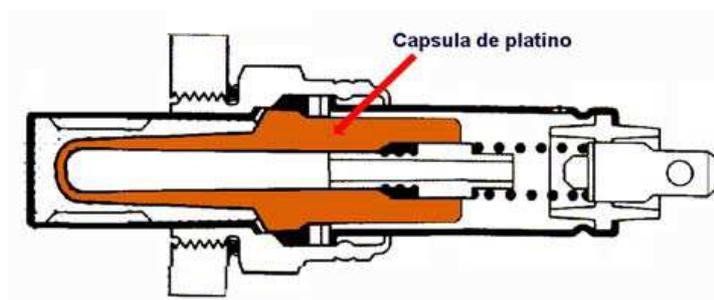
Ilustración 12. Ubicación del sensor de oxígeno



Autoría propia

CARACTERÍSTICAS: Sensor de tipo voltaico. En su interior cuenta con un núcleo de Platino-Oxido de Circonio, que genera bajo ciertas condiciones una señal de voltaje.

Ilustración 13. Corte del sensor de oxígeno

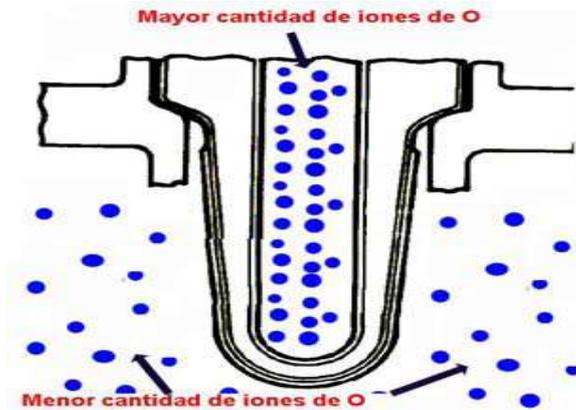


Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

FUNCIONAMIENTO:

- El núcleo de platino se encuentra constituido por un electrolito de Oxido de Circonio en su centro.
- Tanto en su parte exterior como en su parte interior el Oxido de Circonio se encuentra rodeado una capa delgada de platino ionizado, que actúan como electrodos

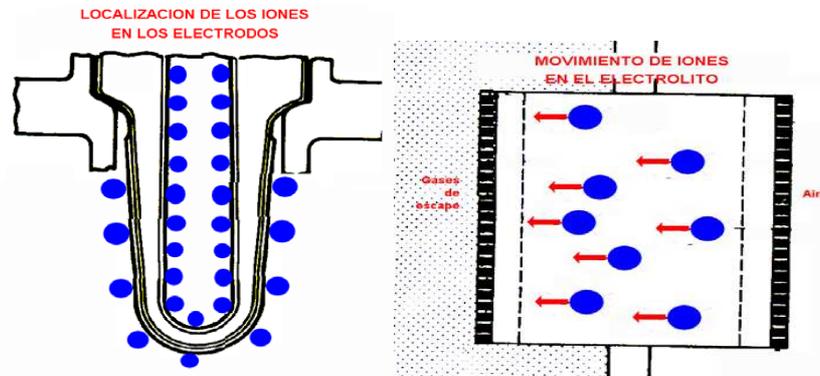
Ilustración 14. Funcionamiento del sensor de oxígeno



Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

- La parte externa del núcleo se encuentra en contacto con los gases de escape.
- La parte interna se encuentra en contacto con el aire circundante exterior al ducto de escape.
- El aire contiene Oxígeno y por lo tanto una cantidad proporcional de iones de Oxígeno. (A mayor cantidad de oxígeno en volumen, mayor cantidad de iones).
- Los gases de escape cuentan con un remanente de oxígeno (No utilizado en el proceso de combustión). Por lo tanto los gases de escape cuentan también con un remanente de iones de Oxígeno.
- Los electrodos de platino ionizado tienen la capacidad de atraer los iones de Oxígeno.
- Dado que en el aire existe un mayor número de iones, la parte interna del sensor contará con una mayor cantidad de estos, comparado con la parte externa, este tipo de configuración crea un desequilibrio.
- La función del electrolito de Oxido de circonio es la de permitir el paso de los iones sobrantes del interior hacia el exterior para nivelar las cargas.

Ilustración 15. . Funcionamiento del sensor de oxígeno



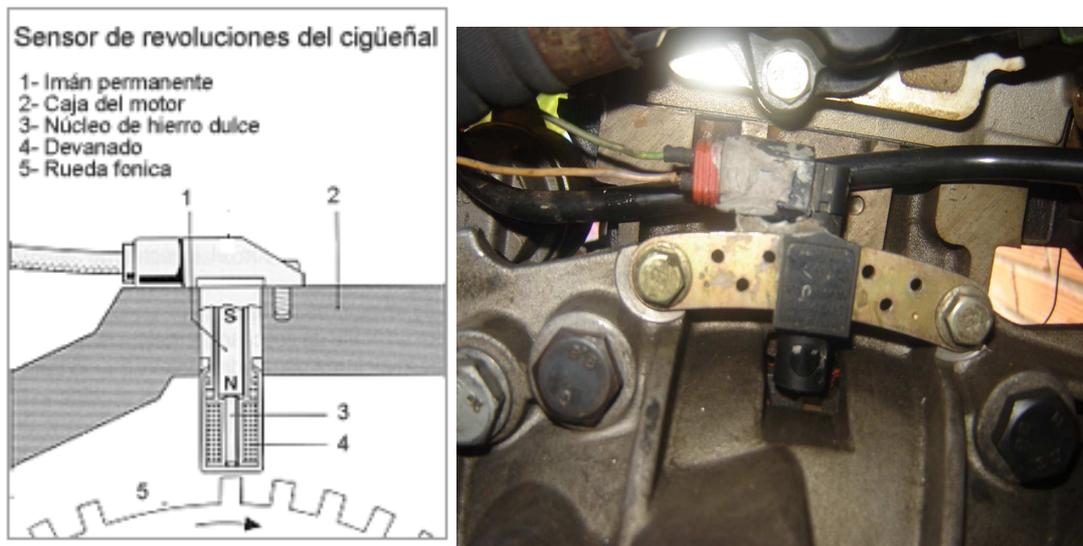
Asopartes. Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I

- El movimiento de los iones a través del electrolito es corriente. A mayor cantidad de cargas mayor será el voltaje de la corriente.
- Entre más Oxígeno se encuentre en los gases de escape mas iones habrá (Mezcla pobre) y por lo tanto menos desequilibrio y menor voltaje.
- Entre menos Oxígeno tengan los gases de escape, mas desequilibrio existirá (Mezcla Rica) y mayor voltaje.
- Mezcla pobre, bajo voltaje
- Mezcla rica, alto voltaje
- El Oxido de Circonio Permite el paso de carga únicamente cuando alcanza una temperatura de 300°C.
- Es por ello que el sensor cuenta con una resistencia de calentamiento, para así alcanzar una temperatura de operación rápida, que de este modo la unidad de control pueda corregir la conformación de la mezcla quemada y mantener en óptimo funcionamiento el convertidor catalítico.

3.6 SENSOR DE POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL

Este sensor monitorea la posición del cigüeñal, y envía la señal al módulo de encendido indicando el momento exacto en que cada pistón alcanza el máximo de su recorrido o PMS (punto muerto superior). Frecuentemente se encuentra ubicado en la parte baja del motor, al lado derecho cerca de la polea del cigüeñal.

Ilustración 16. Sensor de posición del cigüeñal



Dani Meganeboy, Mecánica Virtual.

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El proceso de diseño del sistema de adquisición de datos empezó con la búsqueda de una tarjeta de adquisición de datos que sirva como interface o más bien es la que ayuda a interpretar las señales análogas que nos brindaba el motor y enviarlas al computador para que éste por medio del programa Lab View las leyera. Dado que ésta tarjeta tiene un elevado costo y no es fácil de conseguir, La Universidad EAFIT nos prestó una tarjeta PCI 6013 de la National Instruments para poder desarrollar nuestro proyecto.

3.7 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PCI 6013

Esta tarjeta de adquisición de datos es desarrollada por la National Instruments, tiene 16 canales de lectura, con una velocidad de muestreo de 200 Kilo bites/segundo, cabe anotar que la tarjeta multiplexa los canales para poder hacer el muestreo de cada uno de ellos posee una resolución de 16 bits con un rango de voltaje admisible de -10 a 10 Voltios, sus dimensiones son de 16,2 X 9,2 centímetros.

Ilustración 17. Tarjeta de adquisición de datos



National Instruments

Para la tarjeta de adquisición de datos, se construyó una tarjeta de protección, esta consta de unos fusibles ultrarrápidos que son los encargados de la protección en caso de una sobre corriente, y de unos zener que son los encargados de la protección en caso de un sobre voltaje. Cada señal análoga que entra a la tarjeta pasa por el proceso de protección, es decir que para cada señal existe un fusible y un zener.

3.8 PROCESO DE ADQUISICION DE LAS SEÑALES DE LOS SENSORES

Para este fin se usó un multímetro y de un osciloscopio para poder evaluar las señales y definir los parámetros que se tendrían en cuenta para la programación en LabView. Los sensores a evaluar son: Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS), Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP), Sensor de oxígeno ó sonda lambda, Sensor de temperatura del aceite, Sensor de temperatura del agua o líquido refrigerante, Señal para los inyectores, Revoluciones por minuto del motor.

Sensor de posición de la mariposa del acelerador (TPS): La señal que envía este sensor tiene un rango de 0,1 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0,1 V) indica que la mariposa se encuentra totalmente cerrada y que el motor esta en ralentí, y el valor máximo (5 V) indica que la mariposa está en su punto de apertura máximo, es decir a 90 grados.

Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP): La señal que envía este sensor tiene un rango de 0,1 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0,1 V) indica que la cámara o el múltiple de admisión se encuentra igualado a la presión atmosférica, y el valor máximo (5 V) indica que la cámara tiene una presión de -11 psi, lo que quiere decir que el motor está en ralentí.

Sensor de oxígeno ó sonda lambda: La señal que envía este sensor tiene un rango de 0 a 1 voltio (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0 V) indica que la mezcla es pobre de combustible, y el valor máximo (1 V) indica que la mezcla es rica, es decir que tiene mucho combustible y poco oxígeno. Este sensor tiene una velocidad muy alta de muestreo y constantemente muestra las variaciones que tienen los gases de escape del motor.

Sensor de temperatura del aceite: La señal que envía este sensor tiene un rango de 0 a 5 voltios (análoga), donde el valor mínimo de voltaje (0 V) indica que la temperatura del aceite es de -40 grados centígrados y la temperatura máxima (5 V) indica que el aceite está a 170 grados centígrados.

Sensor de temperatura del agua o líquido refrigerante: Para la adquisición de esta señal, se utilizó una termocupla de Níquel Cromo, a medida que la temperatura aumenta o disminuye se genera un mili voltaje, como la tarjeta de adquisición de datos no recibe señales en mili voltios, se utilizó un amplificador de instrumentación para poder llevar esta señal al rango necesario para la tarjeta de adquisición de datos, es decir de 0 a 5 Voltios, donde 5 Voltios indica que la temperatura es de 270 grados centígrados y 0 Voltios indica que la temperatura es de 0 grados centígrados.

Señal para los inyectores: Esta es una señal digital cuadrada cuya amplitud es de 0 a 14 Voltios, para poderla entrar a la tarjeta de adquisición de datos se redujo este rango de voltaje por medio de una resistencia y de un trimmer o potenciómetro de precisión, esta señal indica la orden que le envía la computadora a los inyectores para que se abran y permitan el paso del combustible.

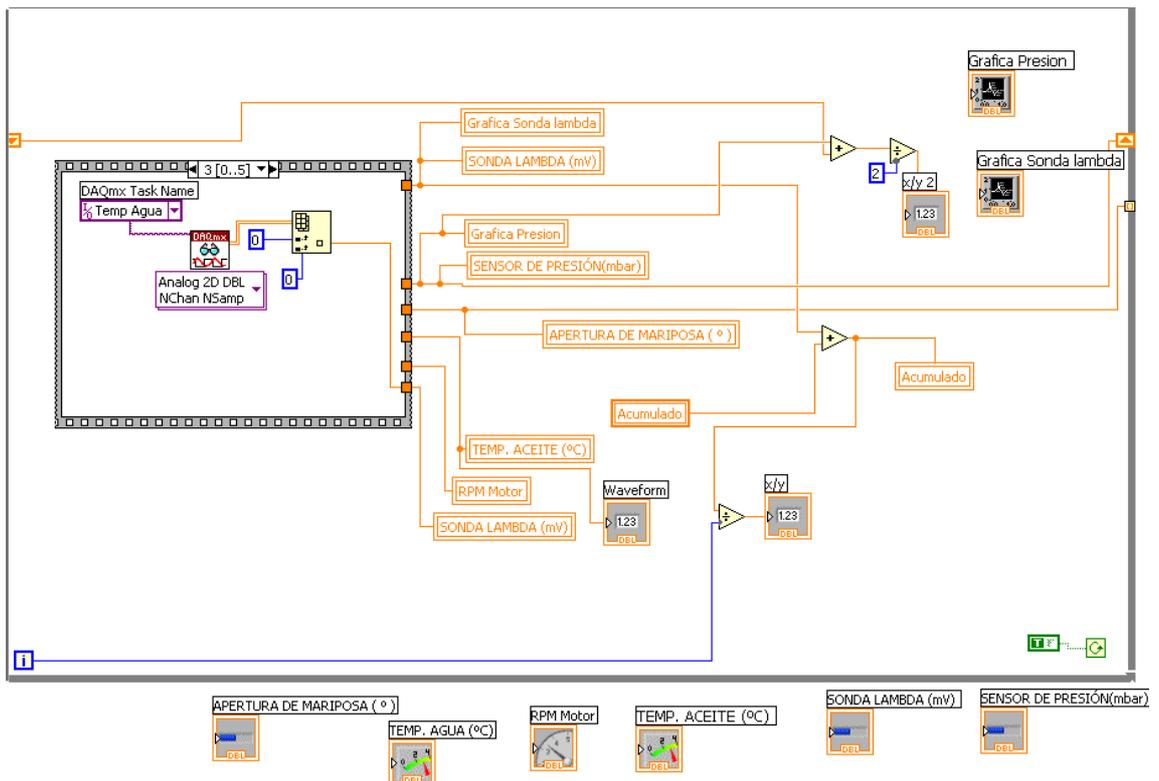
Revoluciones por minuto del motor: Esta señal se obtiene por medio del sensor inductivo de reluctancia variable que se encuentra encima de la cremallera de la volante del motor, esta es una señal alterna en la que varía la frecuencia, como la tarjeta de adquisición de datos no reconoce señales de frecuencia, se usó un conversor de frecuencia a voltaje para poder obtener las lecturas necesarias.

3.9 REALIZACIÓN DEL PROGRAMA EN LAB VIEW

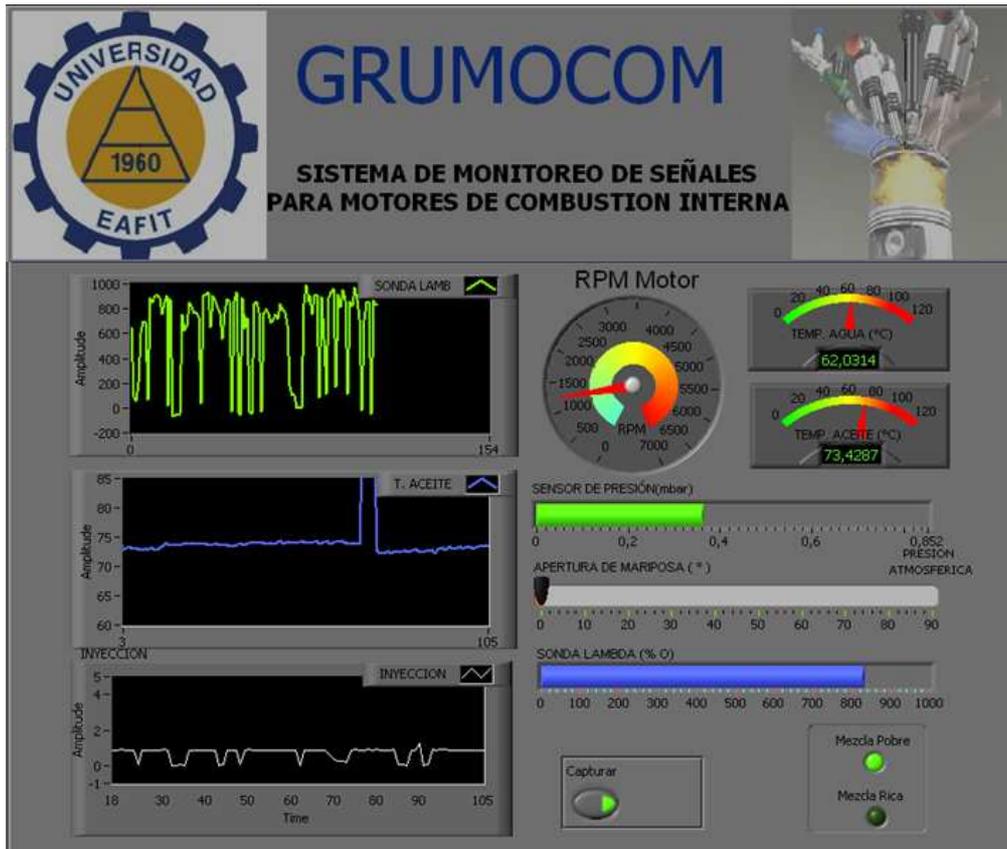
El programa fue hecho con un lector de canales al cual se le asignan tareas, que en este caso eran las de recoger las señales que estaban entrando a la tarjeta de adquisición de datos, es decir que para cada señal que entra a la tarjeta el programa tiene una tarea.

Cuando las señales están siendo leídas por el programa, se indexan como un arreglo matricial de 1 x n para poder ser graficadas o ilustradas por medio de indicadores.

Este programa deja abierta la posibilidad de hacer un control para el motor de combustión interna.



El panel de lectura consta del nombre del grupo de investigación GRUPOCOM, cuenta también con el logo de la Universidad EAFIT y con los indicadores de cada una de las señales del motor con sus rangos adecuados y con una paleta de colores indicando los límites de las lecturas.



7. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA POR MEDIO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Cuando inicialmente se tiene la llave de encendido en posición de ON, sin dar arranque, la computadora del carro verá si existen señales de revoluciones por minuto (R.P.M), si no las hay, cancelará la alimentación de varios sensores. Esto lo hace para evitar consumos excesivos de corriente. La alimentación a todo sistema será restablecida cuando la computadora o módulo de control electrónico reciba las señales de R.P.M.

En el momento de poner la llave en la posición ON, la computadora activa la bomba de combustible de 2 a 3 segundos y si no recibe la señal de las R.P.M. cancelará el funcionamiento de la bomba de combustible. Esto con dos fines: 1. Eliminar el aire que pueda estar en el riel del combustible (purgar el sistema de alimentación). 2. Cancelar la bomba de combustible cuando el motor no está funcionando.

Cuando el motor se prende, los inyectores son activados al mismo tiempo y de una manera continua durante unos 2 o 3 segundos aproximadamente, esto con el fin de brindarle al motor el combustible necesario para el arranque inicial y para proporcionarle al motor un arranque eficiente a cualquier temperatura.

Para la fase de calentamiento del motor, la computadora debe brindarle a éste una cantidad mayor de combustible para evitar ya sea paradas bruscas o un funcionamiento desigual del motor cuando este se encuentre totalmente frío, para este fin, la computadora se vale de la siguiente información:

1. Revoluciones por minuto del motor (sensor R.P.M.).

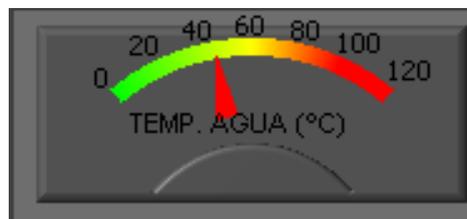
Ilustración 18 RPM del motor



Autoría Propia

2. Temperatura del motor (sensor de temperatura del refrigerante).

Ilustración 19 Temperatura del agua



Autoría Propia

3. Cantidad de aire que es aspirado por los cilindros (Sensor de Masa y Flujo o MAP).

Ilustración 20 Presión en el Múltiple de admisión



Autoría Propia

4. Posición de la mariposa de aceleración (TPS).

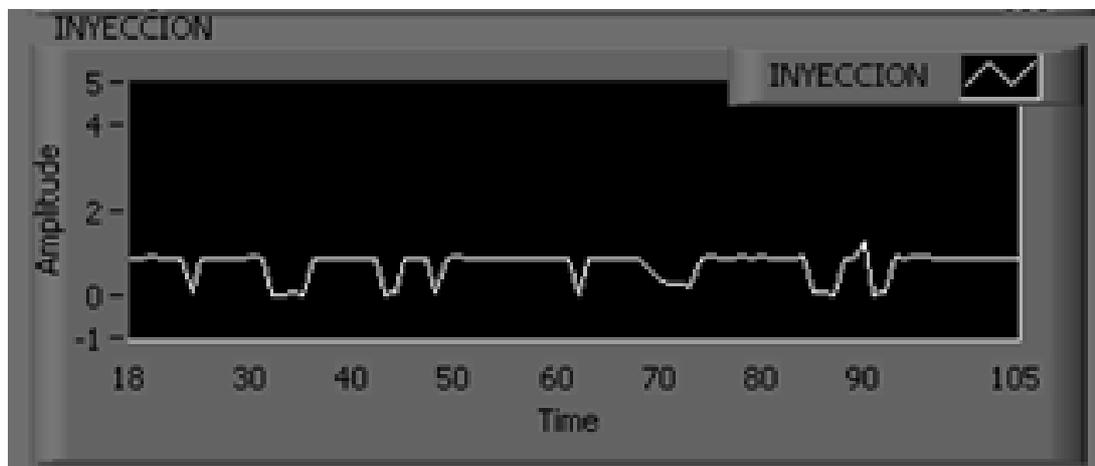
Ilustración 21 Posición de la Mariposa



Autoría Propia

La computadora aumentará la cantidad de combustible al motor por medio del incremento en el tiempo de apertura de los inyectores o por medio de la Frecuencia o revoluciones por minuto (RPM).

Ilustración 22 Apertura de los inyectores

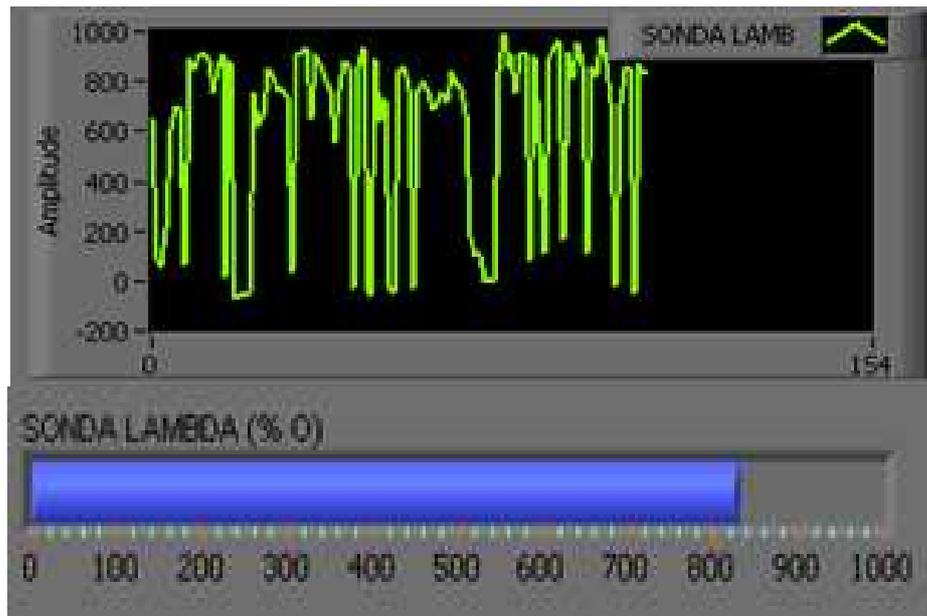


Autoría Propia

Cuando el motor se encuentra en la temperatura adecuada de trabajo y en ralenti, la computadora no hace muchas modificaciones al tiempo de inyección, el sensor de oxígeno o sonda lambda se encarga de informarle como está la calidad de la mezcla y se hacen las correcciones necesarias, aumentando o disminuyendo el

tiempo de los inyectores para enriquecer o empobrecer la mezcla.

Ilustración 23 Señal del sensor de oxígeno



Autoría Propia

A medida que se abre la mariposa, el flujo de aire aumenta y las revoluciones también lo hacen, los inyectores trabajan de una forma más rápida y la sonda lambda constantemente sigue enviando los valores de la mezcla rica o pobre para que la computadora haga las correcciones adecuadas.

Ilustración 24 Indicador de Mezcla rica o pobre



Autoría Propia

8. CONCLUSIONES

Se pudieron apreciar las señales generadas por los sensores del motor de combustión interna de Renault Twingo por medio del software Lab View para hacer un análisis del comportamiento del motor.

Se logró identificar las técnicas de monitoreo interactivo en los motores de combustión interna que hacen que el motor tenga un mejor funcionamiento y mejore su rendimiento.

Se obtuvo el diseño del sistema de adquisición de datos propuesto y con el cual se va a poder tener un elemento de investigación y de estudio por parte de la universidad EAFIT.

Pudimos obtener la descripción de la sensoria presente en el motor para poder desarrollar el sistema de adquisición de datos y obtener unas lecturas apropiadas y unas cifras reales.

9. PROPUESTA PARA PROYECTOS DE GRADO

Un posible proyecto de grado a desarrollar con este banco de pruebas sería el de diseñar un control para éste, es decir, que todas las variables se puedan controlar desde un computador, el acelerador, la cantidad de combustible inyectado, que se pueda atrasar o adelantar la chispa de las bujías, todo esto con el fin de probar cual es la relación de mezcla aire combustible adecuada para el funcionamiento del motor con gasolina y con el gas natural, ya que este motor tendrá la opción de trabajar con ambos combustibles, y poder definir la programación adecuada para la computadora del carro (ECU).

10. BIBLIOGRAFÍA

ASOPARTES, Asociación del sector automotor y sus partes (Bogotá - Colombia). Curso de Sincronización - Inyección Electrónica y Control Computarizado de Motor Sistema OBD I ,2003. [Citado en abril de 2009].

Dani Meganeboy, Mecánica Virtual, Curso de mecánica virtual [online], [Citado en abril de 2009], disponible desde internet en <<http://mecanicavirtual.iespana.es/curso-bomba-inyector6.htm>>

Herminia Contreras Oliva, blog de automóviles Gpeuropa.net [online], Valencia (Valencia), España, [Citado en abril de 2009], disponible desde internet en <<http://www.gpeuropa.net/2008/12/09/renault-estrena-el-ano-con-el-renault-twingo-dci-85-pidetelo-para-reyes/>>

LOTERO, Nicolás y GARCIA, Sebastián. Diseño y construcción de un banco de pruebas para un motor de combustión interna de cuatro tiempos de Renault Twingo. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Medellín: Universidad EAFIT. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica, 2008.

VIERA, Iremis, Sistemas de Adquisición de Datos [online]. Profesora de la Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca, de la Provincia de Pinar del Rio (Cuba). [Citado en septiembre de 2008]. Disponible desde internet en <<http://www.monografias.com/trabajos17/sistemas-adquisicion-dato/sistema-adquisicion-dato.shtml>>.