



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE  
PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE LOS  
SENSORES Y ACTUADORES DEL AUTOMÓVIL POR  
MEDIO DE UN OSCILOSCOPIO”**

**CHÁVEZ CARRILLO ÁLVARO RAFAEL**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

---

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

---

2013-02-15

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ÁLVARO RAFAEL CHÁVEZ CARRILLO**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL AUTOMÓVIL POR MEDIO DE UN OSCILOSCOPIO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Raúl Cabrera Escobar  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Wilson Villagrán Cáceres  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ÁLVARO RAFAEL CHÁVEZ CARRILLO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL ANÁLISIS DE SEÑALES DE LOS SENSORES Y ACTUADORES DEL AUTOMÓVIL POR MEDIO DE UN OSCILOSCOPIO”

**Fecha de Examinación:** 2013-12-10

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera Escobar DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Wilson Villagrán Cáceres ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual e industrial le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Álvaro Rafael Chávez Carrillo

## **DEDICATORIA**

Este trabajo que lo he realizado con mucho esfuerzo y sacrificio quiero dedicar a esa mujer sublime que desde el cielo debe encontrarse feliz por haber cumplido con la difícil tarea de educar a sus seis hijos; mi Madre, a ella por brindarme su ejemplo de amor, cariño, respeto, sencillez y perseverancia para triunfar en la vida, a mi Padre que ha sido ejemplo de honradez, respeto, aprecio y cumplimiento con el deber, a mi padrino Rafael que lo respeto mucho, y del cual me siento orgulloso, a mis hermanos: Paul por su apoyo incondicional en mi lucha por alcanzar este objetivo, a Carolina por hacer las veces de Madre en mi vida cotidiana, a Iván por ser mi consejero y fiel amigo, a mis sobrinos: Carito, Sebastián, Omar, Rafaelita y José Julián que son fuente de inspiración para mi superación personal y a mis demás hermanos y familiares que de una u otra manera han contribuido con el propósito de hacer de mi un buen cristiano y honrado ciudadano.

**Álvaro Chávez Carrillo**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme brindado la oportunidad de vivir y ser parte de una familia excepcional, a mis padres pilar fundamental en la edificación de mi espíritu, a mis dos abuelitas por estar siempre pendientes de mi superación personal, a mis hermanos, tíos y demás familiares por su apoyo incondicional en el transcurso de mis días, a los pocos amigos incondicionales (Andrés A., Raúl O.) que fueron mi apoyo en este difícil trabajo y como no a la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que me abrió sus puertas para poder realizar uno de mis sueños, a sus profesores, secretarias y a mis compañeros que fueron un apoyo importante en el transcurso de esta difícil carrera.

**Álvaro Chávez Carrillo**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Sistemas de inyección electrónica.....	5
2.1.1 <i>Clasificación de los sistemas de inyección</i> .....	6
2.1.2 <i>Sistema de inyección multipunto o MPFI</i> .....	6
2.2 Sensores.....	7
2.2.1 <i>Tipos de sensores y clasificación</i> .....	8
2.2.2 <i>Sensores automotrices</i> .....	9
2.2.2.1 <i>Sensor ECT</i> .....	9
2.2.2.2 <i>Sensor IAT</i> .....	11
2.2.2.3 <i>Sensor CKP</i> .....	13
2.2.2.4 <i>Sensor TPS</i> .....	16
2.2.2.5 <i>Sensor MAP</i> .....	18
2.2.2.6 <i>Sensor O2</i> .....	21
2.3 Actuadores.....	24
2.3.1 <i>Tipos de actuadores y clasificación</i> .....	24
2.3.2 <i>Actuadores automotrices</i> .....	25
2.3.2.1 <i>Inyector</i> .....	25
2.3.2.2 <i>Válvula de control de ralentí</i> .....	31
2.3.2.3 <i>Bobina de encendido DIS</i> .....	31
2.4 Osciloscopio.....	33
2.4.1 <i>Utilización</i> .....	33
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO</b>	
3.1 Diseño del banco.....	35
3.1.1 <i>Cálculo y dimensiones</i> .....	35
3.1.2 <i>Aplicaciones y utilidad</i> .....	37
3.2 Construcción del banco.....	38
3.2.1 <i>Proceso de ensamble</i> .....	38
3.2.1.1 <i>Tablero de control</i> .....	40
3.3 Ubicación de los elementos en el banco didáctico.....	41
3.3.1 <i>Disposición de los elementos en el banco didáctico</i> .....	41
3.3.1.1 <i>ECU</i> .....	41
3.3.1.2 <i>Sensor ECT</i> .....	42
3.3.1.3 <i>Sensor IAT</i> .....	42
3.3.1.4 <i>Sensor CKP</i> .....	43
3.3.1.5 <i>Rueda fónica o dentada</i> .....	43

3.3.1.6	<i>Válvula IAC</i> .....	43
3.3.1.7	<i>Sensor TPS</i> .....	44
3.3.1.8	<i>Sensor MAP</i> .....	44
3.3.1.9	<i>Inyector</i> .....	45
3.3.1.10	<i>Bobina de encendido</i> .. ..	46
3.3.1.11	<i>Bujías</i> .....	46
3.3.1.12	<i>Motor de corriente continua</i> .....	46
3.3.1.13	<i>Pines o conectores</i> .....	47

#### **4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES CON EL OSCILOSCOPIO**

4.1	Pruebas de las señales eléctricas de los sensores con el osciloscopio .....	48
4.1.1	<i>Sensor de temperatura (ECT)</i> .....	48
4.1.1.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	48
4.1.1.2	<i>Datos reales medidos en el sensor</i> .....	48
4.1.1.3	<i>Análisis de la gráfica del sensor ECT</i> .....	49
4.1.2	<i>Sensor IAT</i> .....	49
4.1.2.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	49
4.1.2.2	<i>Datos reales medidos en el sensor</i> .....	50
4.1.2.3	<i>Análisis de la gráfica del sensor IAT</i> .....	51
4.1.3	<i>Sensor MAP</i> .....	51
4.1.3.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	51
4.1.3.2	<i>Datos reales medidos en el sensor</i> .....	52
4.1.3.3	<i>Análisis de la gráfica del sensor MAP</i> .....	52
4.1.4	<i>Sensor TPS</i> .....	53
4.1.4.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	53
4.1.4.2	<i>Datos reales medidos con el sensor</i> .....	53
4.1.4.3	<i>Análisis de la gráfica del sensor TPS</i> .....	54
4.1.5	<i>Sensor CKP</i> .....	55
4.1.5.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	55
4.1.5.2	<i>Datos reales medidos con el sensor</i> .....	55
4.1.5.3	<i>Análisis de la gráfica del sensor CKP</i> .....	56
4.2	Pruebas de las señales eléctricas de los actuadores con el osciloscopio .....	57
4.2.1	<i>Válvula IAC</i> .....	57
4.2.1.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	57
4.2.1.2	<i>Datos reales medidos en la válvula IAC</i> .....	57
4.2.1.3	<i>Análisis de la gráfica de la válvula IAC</i> .....	58
4.2.2	<i>Inyector</i> .....	59
4.2.2.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	59
4.2.2.2	<i>Datos reales medidos en el inyector</i> .....	59
4.2.2.3	<i>Análisis de la gráfica del inyector</i> .....	60
4.2.3	<i>Bobina de encendido</i> .....	60
4.2.3.1	<i>Principio de funcionamiento</i> .....	60
4.2.3.2	<i>Datos reales medidos en la bobina</i> .....	61
4.2.3.3	<i>Análisis de la gráfica del encendido transistorizado</i> .....	61

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1	Conclusiones.....	63
5.2	Recomendaciones .....	63

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Dimensiones .....	35
2 Valores del sensor ECT .....	48
3 Valores del sensor IAT .....	50
4 Valores del sensor MAP .....	52
5 Valores del sensor TPS .....	54
6 Valores de la válvula IAC.....	58

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Sensor ECT ..... 9
2	Ubicación del sensor ECT ..... 9
3	Señal de sensor ECT ..... 10
4	Circuito de sensor ECT ..... 10
5	Sensor IAT ..... 11
6	Ubicación de sensor IAT ..... 12
7	Señal de sensor IAT ..... 12
8	Circuito de sensor IAT ..... 13
9	Sensor CKP ..... 13
10	Ubicación de sensor CKP ..... 14
11	Señal de sensor CKP inductivo ..... 15
12	Circuito de sensor CKP ..... 15
13	Sensor TPS ..... 16
14	Ubicación de sensor TPS ..... 16
15	Señal de sensor TPS ..... 18
17	Sensor MAP ..... 18
18	Ubicación de sensor MAP ..... 19
19	Señal de sensor MAP ..... 20
20	Circuito de sensor MAP ..... 21
21	Sensor O2 ..... 21
22	Ubicación de sensor de oxígeno ..... 22
23	Señal de sensor de oxígeno ..... 23
24	Circuito de sensor de oxígeno ..... 23
25	Inyector ..... 25
26	Ubicación del inyector ..... 26
27	Señal del inyector ..... 27
28	Circuito del inyector ..... 28
29	Válvula IAC ..... 29
30	Ubicación de la válvula IAC ..... 29
31	Señal de la válvula IAC ..... 30
32	Circuito de la válvula IAC ..... 30
33	Bobina de encendido ..... 31
34	Ubicación de bobina de encendido ..... 31
35	Señal de la bobina de encendido ..... 32
36	Circuito de la bobina de encendido ..... 33
37	Diseño del banco ..... 36
38	Vista frontal ..... 36
39	Vista lateral ..... 37
40	Bases del soporte ..... 39
41	Soportes verticales ..... 39
42	Soportes horizontales ..... 40
43	Dimensiones del tablero de control ..... 40
44	Circuito del tablero de control ..... 41

45	Diagrama del sensor ECT .....	42
46	Diagrama del sensor IAT .....	42
47	Diagrama del sensor CKP .....	43
48	Diagrama de la Válvula IAC .....	44
49	Diagrama del sensor TPS.....	44
50	Diagrama del sensor MAP .....	45
51	Diagrama del inyector.....	45
52	Diagrama de la bobina de encendido .....	46
53	Oscilograma del sensor ECT .....	49
54	Oscilograma del sensor IAT .....	50
55	Oscilograma del sensor MAP .....	53
56	Oscilograma del sensor TPS .....	54
57	Oscilograma del sensor CKP a 900 RPM.....	56
58	Oscilograma del CKP a 2400 RPM .....	56
59	Oscilograma de la válvula IAC.....	58
60	Oscilograma del inyector .....	60
61	Oscilograma del sistema de encendido DIS.....	62

## LISTA DE ABREVIACIONES

BAP	Medidor de Presión Barométrica
CKP	Posición de Cigüeñal
DIS	Sistema de Encendido Directo
ECM	Módulo de Control del Motor
ECT	Temperatura del Refrigerante del Motor
ECU	Unidad de Control del Motor
EGR	Recirculación de Gases de Escape
IAC	Control de Aire de Ralentí
IAT	Temperatura del Aire Entrante
MAP	Presión Absoluta del Colector
MDF	Tableros de Fibra de Densidad Media
MPFI	Inyección de Combustible Multipunto
PCM	Módulo de Control del Tren de Potencia
TBI	Inyección en el Cuerpo del Acelerador
TPS	Sensor de Posición del Acelerador

## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Manual de usuario, manual de seguridad y plan de mantenimiento
- B** Guías de laboratorio
- C** Fotografías del banco de pruebas

## **RESUMEN**

El diseño y construcción del banco de pruebas tiene como finalidad conocer las señales generadas por el sistema de inyección electrónica. Para esto es fundamental contar con un simulador de dichas señales y obtener las mismas con la ayuda de un instrumento de medida llamado osciloscopio.

La investigación parte del diseño del banco de pruebas, estructurado con la unidad de control y los sensores y actuadores, equipo que nos permite obtener las gráficas a través de un osciloscopio automotriz. Para luego poder analizarlas y aprender a diagnosticar el sistema electrónico del automóvil.

A través de las pruebas realizadas en el banco didáctico para su funcionamiento efectivo, se puso a disposición este equipo que funciona en el laboratorio de inyección electrónica, donde se podrán realizar prácticas de: 1) uso del equipo de medida; y, 2) obtención de experiencia mediante el reconocimiento de averías dentro del sistema de inyección electrónica. Por lo que se recomienda el adecuado manejo, cuidado y utilización de este importante equipo de aprendizaje.

## **ABSTRACT**

The design and construction of the test serves to verify the signals generated by the electronic injection system. For this it is essential to have a simulator such signals and get them with the help of a measuring instrument called an oscilloscope.

The research starts from a test bench design of the control structured unit and sensors and actuators, a team that can get the graphs through an automotive oscilloscope. Then to be able to analyze them and learn to diagnose the electronic system of the car.

Through the tests performed in the didactic bank to operate effectively, The equipment that works in the of electronic fuel injection laboratory was available, where you will be able to make practices: 1) use of measuring equipment and, 2) gaining experience by recognizing faults on electronic fuel injection system. So the proper handling, care and use of this important learning team is recommended.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El banco de pruebas de señales eléctricas está diseñado de acuerdo a los espacios y requerimientos que necesita cada uno de los componentes utilizados en su elaboración, con una simulación semejante a la de un vehículo real.

Tomando en cuenta que el tablero está diseñado con los mismos elementos del automóvil, en lo referente a sensores y actuadores, con diferencia del simulador de pulsos, podemos decir que su funcionamiento, en función de los datos reales de un vehículo, es de un 90 % semejante a los obtenidos en la realidad, ya que dichas señales dependen en su mayoría de la variación de temperatura, las mismas que serán generadas por el simulador.

La finalidad del banco de pruebas es permitirnos realizar un estudio exhaustivo acerca de las señales que generan los sensores y actuadores, sin la necesidad de manipular un sistema real, para de esta manera familiarizarnos con las gráficas por medio del osciloscopio, las mismas que nos pueden dar resultados erróneos o correctos esto dependiendo del estado de cada uno de ellos.

Fundamentalmente el diagnóstico de un motor de combustión interna, controlado por una ECU, se basa en detectar fallas en sus componentes eléctricos y electrónicos, por esto creemos que es conveniente la construcción de un banco de pruebas, para que el sector estudiantil tenga un conocimiento específico acerca de todos los sistemas antes mencionados del vehículo y de esta manera se encuentre en la capacidad de diagnosticar un sistema real, complementando sus conocimientos teóricos y prácticos.

### 1.1 Antecedentes

Hoy en día gracias al avance tecnológico en la gran mayoría de vehículos se ha implementado un sistema de inyección electrónica con el fin de optimizar el desempeño y funcionamiento ideal del motor de combustión interna, maximizar la conducción segura del operario, también con el fin de minimizar el consumo

de combustible y controlar con mayor eficacia la contaminación ambiental, efecto de la combustión interna del motor.

Todo sistema de inyección electrónica requiere de varios sensores que detecten valores que deben ser medidos, para con esta información poder determinar a través de un computador el tiempo de actuación de los inyectores y con ello pulverizar la cantidad exacta de combustible. La información que reciben los sensores es enviada a la ECU por medio de señales eléctricas (voltaje); si una señal no es correcta por alguna avería en estos componentes, la unidad de control recibirá señales erróneas y el funcionamiento del vehículo no será el correcto.

Por esta realidad es fundamental que los sensores y actuadores del sistema se encuentren en perfecto estado, siendo los sensores receptores de información, la misma que se trasmite hacia la ECU, ésta a la vez procesa y realiza cálculos para luego activar los actuadores correspondientes, y de esta manera obtener un trabajo eficaz con menos consumo de combustible y disminución de gases contaminantes.

Lamentablemente no existe información necesaria acerca del funcionamiento de los diversos tipos de sensores y actuadores, mas aun cual es su forma de enviar información (señales) hacia la unidad de control, ya que existen diversos tipos de señales que generan estos componentes dependiendo de su función y su tipo pudiendo ser estas analógicas o digitales, ya que cada uno de los fabricantes tiene su propia estructura, y la única forma de acceder y obtener información es por medio de un software o escáner propio del fabricante el mismo que es inaccesible para el estudiante.

Es por esto la importancia de un estudio profundo que nos permita analizar cada una de las señales de los diferentes tipos de componentes eléctricos con la ayuda del osciloscopio, ya que este instrumento tiene la capacidad de visualizar surcos eléctricos en el dominio del tiempo y el voltaje, para hacer un diagnóstico más rápido y efectivo en lo que se refiere a fallas de los sistemas automotrices.

De esta manera el estudiante podrá familiarizarse con el uso del instrumento, y lo más importante, el técnico aprenderá a reconocer los tipos de gráficas que generan los sensores y actuadores, identificando por medio de la visualización en la pantalla del instrumento señales erróneas o correctas.

De esta forma el técnico podrá diagnosticar las fallas de todo tipo de vehículos y se podrá tener acceso directamente a los componentes eléctricos, sin tener la necesidad de acudir al escáner, que por lo general y en la mayoría de los casos tiene que ser

compatible con la marca del vehículo, para lo cual es necesario tener un software de cada uno de estos, delimitando así la evaluación de los componentes eléctricos de los diversos tipos de marcas que existen en el campo automotriz.

Por tal razón es de suma importancia que se incentive el uso de un medidor de señales eléctricas, ya que a diferencia de un escáner, el osciloscopio tiene la capacidad de medir e interpretar directamente dichas señales ya sean de sensores o actuadores, permitiéndole así al técnico realizar un diagnóstico, pero esto necesariamente tiene que ir de la mano con la investigación del tipo de ondas que genera cada componente para poder ser analizadas e interpretadas mediante las gráficas obtenidas en el display del instrumento.

## **1.2 Justificación**

La importancia de realizar esta investigación se debe a que en la actualidad la gran mayoría de vehículos utilizan componentes eléctricos, electrónicos y su funcionamiento está dado en gran porcentaje en base a los sensores y actuadores implementados en el mismo.

Por lo anteriormente expuesto se implementara un banco de pruebas y se realizará un estudio exhaustivo de las señales generadas por los sensores y actuadores, las mismas que serán analizadas con el osciloscopio.

Para esto es necesario que el estudiante tenga un conocimiento amplio y adecuado sobre el tipo de señales que generan cada uno de los sensores y actuadores ubicados en el automóvil. Por tal motivo se requiere de un manual de procedimientos que permita utilizar el banco de pruebas para simular la generación de dichas señales, con el objetivo de identificar pistas correctas e incorrectas generadas por los elementos, para de esta manera diagnosticar posibles fallas en los diversos sistemas del motor, las mismas que se podrán visualizar en el display del instrumento de medida para de esta manera hacer una comparación de las señales que se generan en tiempo real, con las señales del manual técnico.

De tal modo que optimizaremos el proceso de enseñanza y aprendizaje, sin la necesidad de arriesgar averías en un sistema real, minimizando los riesgos funcionales y económicos.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Diseñar y construir un banco de pruebas que permita analizar las señales generadas por los sensores y actuadores de los sistemas automotrices.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Diseñar e implementar el banco de pruebas para el manejo del osciloscopio.

Configurar los sistemas de sensores y actuadores para su manipulación.

Realizar las pruebas correspondientes a cada sistema del banco.

Elaborar un manual de procedimientos para la utilización del banco de pruebas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistemas de inyección electrónica

Los sistemas de inyección surgieron previamente con la inyección mecánica. Luego de éstos aparecieron los llamados sistemas electromecánicos, basando su funcionamiento en una inyección mecánica asistida electrónicamente, pasando en la actualidad a la aparición de sistemas cien por ciento electrónicos.

La inyección electrónica se basa en la preparación de la mezcla por medio de la inyección regulando las dosis de combustible electrónicamente.

Presenta grandes ventajas frente a su predecesor: el carburador. El carburador al basar su funcionamiento en un sistema exclusivamente mecánico, al no brindar una mezcla exacta a la necesitada en diferentes marchas presenta irregularidades en éstas, principalmente en baja. Esto determina un consumo excesivo de combustible además de una mayor contaminación.

Otra situación que puede ocurrir con el carburador es que las mezclas son desiguales para cada cilindro, obligando a generar una mezcla que alimente hasta al cilindro que más lo necesita con una cantidad mayor de combustible, este problema se ve solucionado en la inyección electrónica si se presenta un inyector en cada cilindro para proporcionar la cantidad exacta de combustible que el cilindro requiere.

Estas razones anteriormente citadas permiten además una de las ventajas más buscadas en esta última década, la reducción de la contaminación del medio ambiente. La inyección electrónica posibilita la entrada del combustible exacto que se necesita, en el momento exacto en que es requerido. Esta proporción de combustible y aire ajustada en todo momento durante cualquier marcha del motor hacen posible la reducción de gases contaminantes. Todo esto se traduce en un aumento de potencia con un mejor rendimiento térmico.

En resumen vemos que las principales ventajas de los sistemas de inyección electrónica son: reducción de gases contaminantes, más potencia con un menor consumo y un mejoramiento de la marcha del motor en cualquier régimen. (GIL, 2002)

**2.1.1** *Clasificación de los sistemas de inyección.* La clasificación más importante es aquella que viene dada por el número de inyectores, dentro de esto tenemos la Inyección Monopunto en cuyo caso se presenta un solo inyector el cual proporciona combustible en el colector de admisión.

La otra y la más utilizada en la actualidad es la Inyección Multipunto; ésta en cambio tiene un inyector por cada pistón, pulverizando así el combustible directamente en el cilindro adecuado.

Otros tipos de clasificaciones consisten según el lugar donde se inyecten esto puede ser: inyección directa o indirecta; según el número de inyecciones, continua o intermitente; y según el tipo de funcionamiento, inyección mecánica, electromecánica y electrónica. (OROZCO, 2006).

**2.1.2** *Sistema de inyección multipunto o MPFI.* El sistema MPFI (Multi Point Fuel Injection, por sus siglas en inglés) es un sistema de inyección de combustible empleado por diferentes vehículos automotrices modernos, que en función al tipo de combustible (gasolina o diésel), es inyectado directa o indirectamente a las cámaras de combustión.

Los motores con inyección multipunto cuentan con un inyector independiente para cada cilindro montados en el múltiple de admisión o en la cabeza, encima de los puertos de admisión. Por lo tanto un motor 4 cilindros tendrá cuatro inyectores, un V6 tiene seis inyectores y un V8 tiene ocho inyectores; estos sistemas son más caros debido a la cantidad de inyectores, pero el tener inyectores independientes para cada cilindro representa una diferencia considerable en desempeño. El mismo motor con sistema MPFI producirá de 10 a 40 caballos de fuerza más que con el sistema Monopunto debido a su mejor distribución de combustible entre los cilindros.

La inyección MPFI, es muy similar a la de un TBI y también sustituye a los sistemas carburables pero sin tanta complejidad; no depende de vacíos del motor para la cantidad de combustible a entregar. El combustible es inyectado directamente al

múltiple de admisión en lugar de ser aspirado por la generación de vacío como en un carburador.

El Fuel Inyección introduce combustible atomizado directamente al motor, eliminando los problemas de encendido en frío que tenían los motores con carburador. La inyección electrónica de combustible se integra con mayor facilidad a los sistemas de control computarizado que un carburador mecánico. La inyección de combustible multipunto, donde cada cilindro tiene su propio inyector, entrega una mezcla de aire y gasolina a cada uno de los cilindros en forma mejor distribuida, lo cual mejora la potencia y el desempeño del auto. La inyección de combustible secuencial, donde la apertura de cada inyector es controlada de manera independiente por la computadora y de acuerdo a la secuencia de encendido del motor, mejora la potencia y reduce emisiones a la atmósfera.

Para controlar este sistema se instaló un módulo de control electrónico llamado computadora, la cual recibe información de un grupo de sensores instalados en diferentes partes del motor y tren motriz. Estos sensores se encargan de medir dicha información y mandarla a la computadora para ser procesada y comparada con los estándares impuestos por el fabricante en una memoria dentro de la computadora. La computadora (ECU) manda la orden de lo que se tiene que hacer y para esto cuenta con un grupo de ayudantes que se llaman actuadores; estos son los que realizan el trabajo. En este grupo se encuentran los inyectores, la válvula IAC, la bobina, la bomba de gasolina entre otros, los cuales reciben la señal en milisegundos para activarse por un tiempo determinado. El sistema de inyección electrónica fue aplicado en los automóviles por la necesidad de un control de emisiones más eficientes, y la reducción en el consumo de combustible en el motor. (RUEDA, 2006).

## **2.2 Sensores**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como el acceso a una base de datos y la toma de valores desde el sensor.

El conocimiento de los fundamentos de los componentes electrónicos puede servirnos para facilitar la interpretación de algunos de los esquemas con los que nos tendremos que enfrentar a lo largo de nuestra vida profesional, si bien no es imprescindible conocerlos desde el punto de vista de la práctica diaria. La gestión de los vehículos actuales se debe en gran parte a la electrónica; muchos de los sistemas que intervienen en el correcto funcionamiento de estos vehículos están gestionados por conjuntos en los que la electrónica es parte fundamental a la hora de recibir señales, gestionarlas y elaborar impulsos que determinen las actuaciones de los distintos sistemas en cada momento en función de las distintas condiciones de conducción. (ALONSO, 2002).

**2.2.1 Tipos de sensores y clasificación.** Existen diferentes tipos de sensores en el campo automotriz, estos pueden ser según el tipo de señal de salida o según la magnitud física a detectar. Dentro de estos dos parámetros la clasificación de los sensores es la siguiente.

- **Según el tipo de señal de salida**

**Analógicos.** Un sensor analógico es aquel que, como salida, emite una señal comprendida por un campo de valores instantáneos que varían en el tiempo, y son proporcionales a los efectos que se están midiendo.

**Digitales.** Un sensor digital en cambio es un dispositivo que puede adoptar únicamente dos valores de salida; encendido o apagado (1 o 0). Los estados de un sensor digital son absolutos y únicos, y se usan donde se desea verificar estados de "verdad" o "negación" en un sistema automatizado.

- **Según la magnitud física a detectar**

**Posición.** Es aquel que determina la posición de un objeto en relación a un punto de referencia.

**Velocidad.** Es un captador magnético que proporciona una señal de corriente alterna.

## 2.2.2 Sensores automotrices

### 2.2.2.1 Sensor ECT. Sensor de la temperatura del refrigerante del motor

Figura 1. Sensor ECT



Fuente: <http://www.obd-codes.com/faq/images/ect-sensor.jpg>

**Función:** Informar a la ECU la temperatura del refrigerante del motor para que esta a su vez calcule la entrega de combustible, la sincronización del tiempo y el control de la válvula EGR, así como la activación y la desactivación del ventilador del radiador.

**Ubicación:** Se encuentra en la caja del termostato conocida como toma de agua, como se puede apreciar en la siguiente Figura 2.

Figura 2. Ubicación del sensor ECT



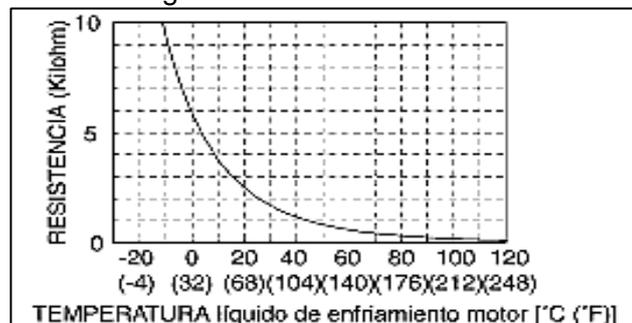
Fuente: [http://www.airbagwarninglight.co.uk/ESW/Images/ect\\_sensor.jpg](http://www.airbagwarninglight.co.uk/ESW/Images/ect_sensor.jpg)

Descripción: El sensor ECT responde a los cambios en la temperatura del motor mediante la medición de la temperatura del refrigerante, de esta manera la ECU conoce la temperatura media del motor. El sensor ECT suele estar situado en un paso del refrigerante, antes del termostato. El sensor de ECT es fundamental para muchas funciones de ECU, como la inyección de combustible, tiempo de encendido, sincronización variable de válvulas, cambios de transmisión, etc. Siempre se debe verificar que el motor este trabajando a la temperatura de funcionamiento normal y que el sensor ECT envíe una señal precisa de temperatura a la ECU.

El sensor de temperatura se conecta en serie a una resistencia de valor fijo. La ECU suministra 5 voltios para el circuito y mide la variación de voltaje entre la resistencia de valor fijo y el sensor de temperatura. Cuando el sensor está frío, la resistencia del sensor es alta y la señal de tensión es alta. A medida que el sensor se calienta, la resistencia disminuye y disminuye la tensión de la señal. De la señal de tensión, el ECM puede determinar la temperatura del refrigerante, el aire de admisión, o de los gases de escape.

Gráfica de señales:

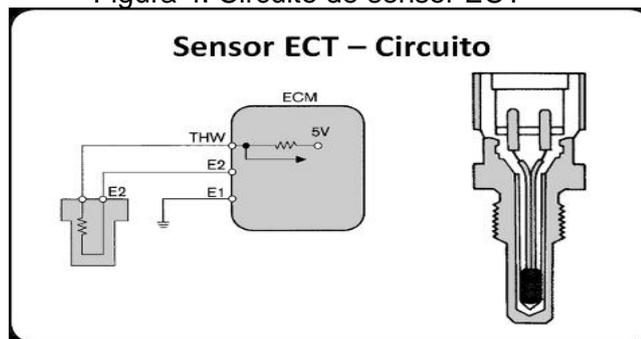
Figura 3. Señal de sensor ECT



Fuente: <http://cli.gs/o06ntwv>

Circuito del sensor:

Figura 4. Circuito de sensor ECT



Fuente: [http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/sensor\\_ect\\_02.jpg](http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/sensor_ect_02.jpg)

Fallas:

- Entre las principales fallas tenemos el encendido permanente del ventilador, el motor tarda en arrancar ya sea en frío o en caliente y un excesivo consumo de combustible

Comprobaciones:

- Conectamos el multímetro en el extremo izquierdo del sensor y este debe darnos una medida de 4.61 V
- Verificar la resistencia del sensor con el interruptor del vehículo en off

#### 2.2.2.2 *Sensor IAT*. Sensor de temperatura del aire de admisión

Figura 5. Sensor IAT



Fuente: <http://cli.gs/olbanj>

**Función:** Informar a la ECU la temperatura del aire de admisión, para que ésta en base a su temperatura calcule la densidad del aire y en función a la densidad calcular la cantidad de oxígeno que ingresa al motor, para ajustar el tiempo de inyección.

**Ubicación:** Se encuentra en el ducto de plástico de la admisión de aire, puede estar en el filtro de aire o después de este pero siempre antes del cuerpo de aceleración (ver Figura 6).

Posee dos cables de conexión uno a tierra y otro a control de ECU el cual sirve para controlar la posición ON y OFF del ventilador.

Figura 6. Ubicación de sensor IAT



Fuente: <http://www.mecanicafacil.info/images/SensorIAT.jpg>

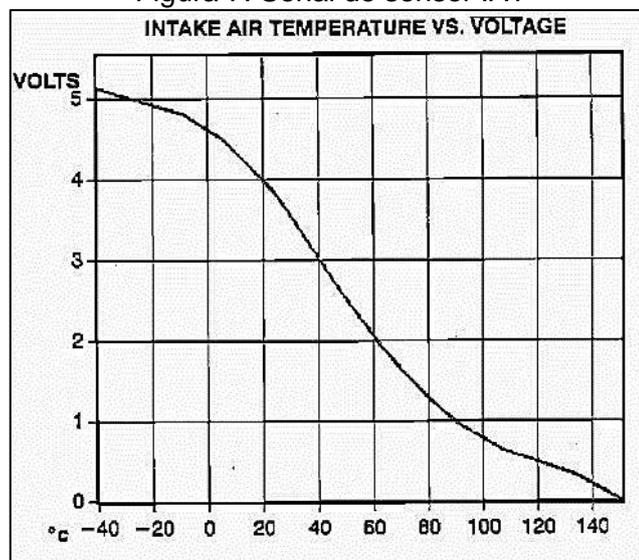
Descripción: El sensor de temperatura del aire de admisión permite a la computadora corregir el tiempo de inyección con base en la densidad del aire que entra a las cámaras de combustión. Dependiendo de la temperatura del aire será la cantidad de oxígeno que entra y la computadora tiene que regular la cantidad de gasolina para corregir el punto estequiométrico.

El sensor de temperatura se conecta en serie a una resistencia de valor fijo. La ECU suministra 5 voltios para el circuito y mide la variación de voltaje entre la resistencia de valor fijo y el sensor de temperatura.

Cuando el sensor está frío, la resistencia del sensor es alta y la señal de tensión es alta. A medida que el sensor se calienta, la resistencia disminuye y disminuye la tensión de la señal. Este sensor está conectado al terminal THA de la ECU.

Gráfica de señales:

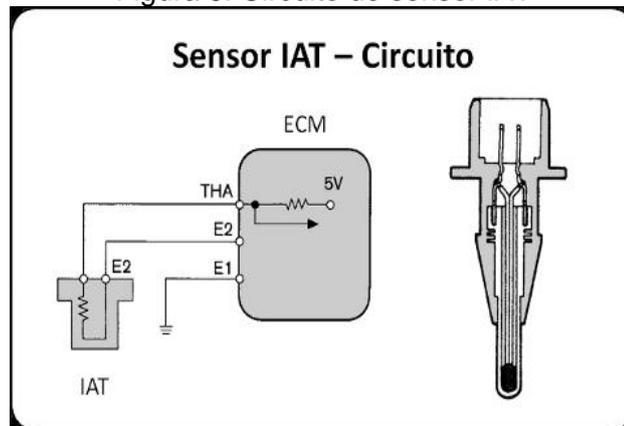
Figura 7. Señal de sensor IAT



Fuente: <http://ehtmotors.com/images/sensores/iat/iatsensor-03.jpg>

Circuito del sensor:

Figura 8. Circuito de sensor IAT



Fuente: [http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/sensor\\_iat\\_02.jpg](http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/sensor_iat_02.jpg)

Fallas:

- Altas emisiones de monóxido de carbono
- Consumo elevado de combustible
- Problemas con el arranque en frío

Comprobaciones:

- Conectamos el multímetro en el extremo izquierdo del sensor y este debe darnos una medida de 4.61 V
- Verificar la resistencia del sensor con el interruptor del vehículo en off

**2.2.2.3** *Sensor CKP.* Sensor de Posición del Cigüeñal y RPM del motor

Figura 9. Sensor CKP



Fuente: <http://cli.gs/rly7s9r>

Función: Proporcionar a la ECU la posición del cigüeñal y las RPM para que ésta tenga en cuenta la posición del cilindro uno y de esta manera sincronizar el tiempo de encendido.

Ubicación: Se encuentra ubicado en la tapa de distribución o en el monoblock (ver Figura 10).

Figura 10. Ubicación de sensor CKP



Fuente: <http://cli.gs/eax5pym>

Descripción: Es el encargado de comunicar a la ECU la posición del cigüeñal, para que esta se encargue de calcular el tiempo de encendido y la repetición de inyección. También se encarga de transmitir las RPM del motor, éstos pueden ser de efecto Hall o inductivos.

Sensor CKP inductivo. Los sensores CKP generadores de frecuencia tienen en cuenta los dientes de la rueda dentada, ellos producen un ciclo por diente, es decir, el número de ciclos dependerá del número de dientes. Cuando el frente del sensor se localiza en el punto métrico, en la terminal de imán permanente el voltaje se eleva y en el terminal de conector eléctrico el voltaje baja, pero cuando el frente del sensor se localiza en un diente sucede todo lo contrario, en el terminal de imán permanente el voltaje baja y en el terminal de conector eléctrico el voltaje se eleva.

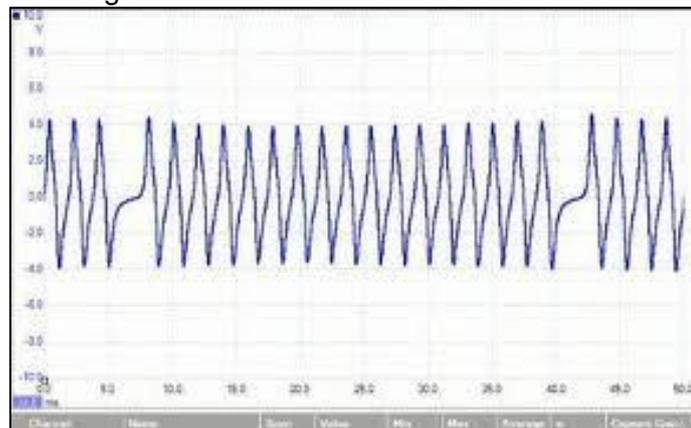
Estos sensores CKP generadores de frecuencia por lo general cuentan con dos líneas, muchas de las veces este tipo de sensores no cuentan con una línea de alimentación ya que depende de cada transductor y de acuerdo al fabricante no siempre es necesaria la línea de alimentación porque a la ECM solo le interesa la frecuencia producida.

Cuando este sensor falla es muy común que el vehículo no encienda o que se apague el motor espontáneamente y es muy probable que no haya chispa ni pulso de

inyección. También se puede perder el orden de encendido. Si el vehículo presenta uno de estos síntomas lo primero que hay que hacer al momento de diagnosticar es verificar el estado físico del sensor y comprobar que las conexiones eléctricas de las líneas del sensor y del conector estén bien conectadas y que no presenten roturas o corrosión. También debemos revisar los códigos de fallas y si muestra las RPM en el flujo de datos en el escáner, debemos medir la señal del sensor con ayuda de un "OSCILOSCOPIO". Si el sensor es inductivo debemos medir la resistencia; ésta debe estar entre 600 y 1800 ohmios. Debemos también revisar la rueda dentada para ver si se encuentra en buen estado y si encontramos que el sensor está dañado procedemos a remplazarlo.

Gráfica de señales:

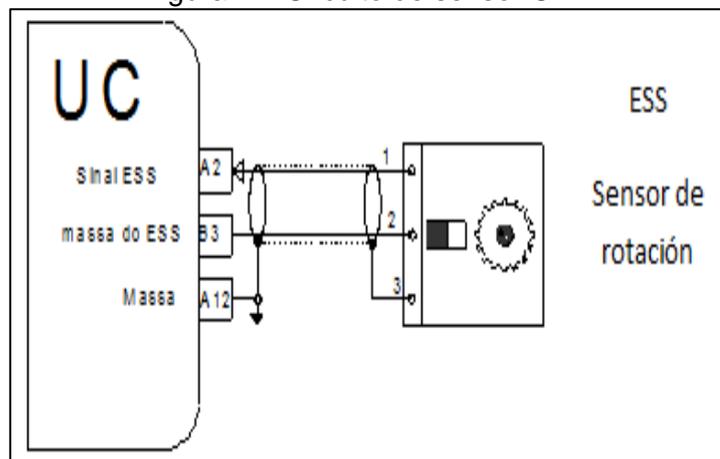
Figura 11. Señal de sensor CKP inductivo



Fuente: <http://cli.gs/uxv9j4c>

Circuito del sensor:

Figura 12. Circuito de sensor CKP



Fuente: Autor

Fallas:

- El motor no enciende

Comprobaciones:

- Con la ayuda del Osciloscopio observamos el oscilograma para detectar si existe una falla en el sensor

#### 2.2.2.4 *Sensor TPS*. Sensor de posición del pedal del acelerador

Figura 13. Sensor TPS

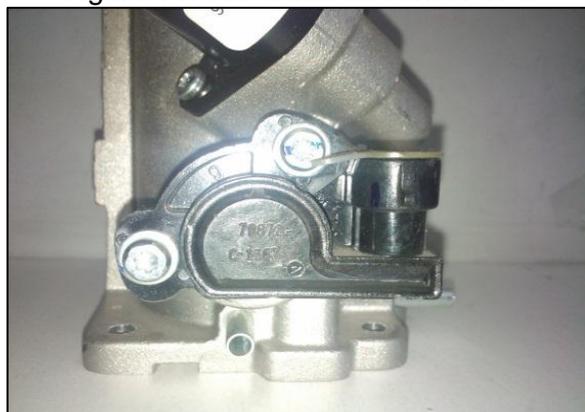


Fuente: <http://cli.gs/046kwvb>

Función: Se encarga de informar a la ECU la posición de la mariposa en el cuerpo de aceleración

Ubicación: Está localizado en el cuerpo de aceleración (ver Figura 14)

Figura 14. Ubicación de sensor TPS



Fuente: <http://cli.gs/owbsv16>

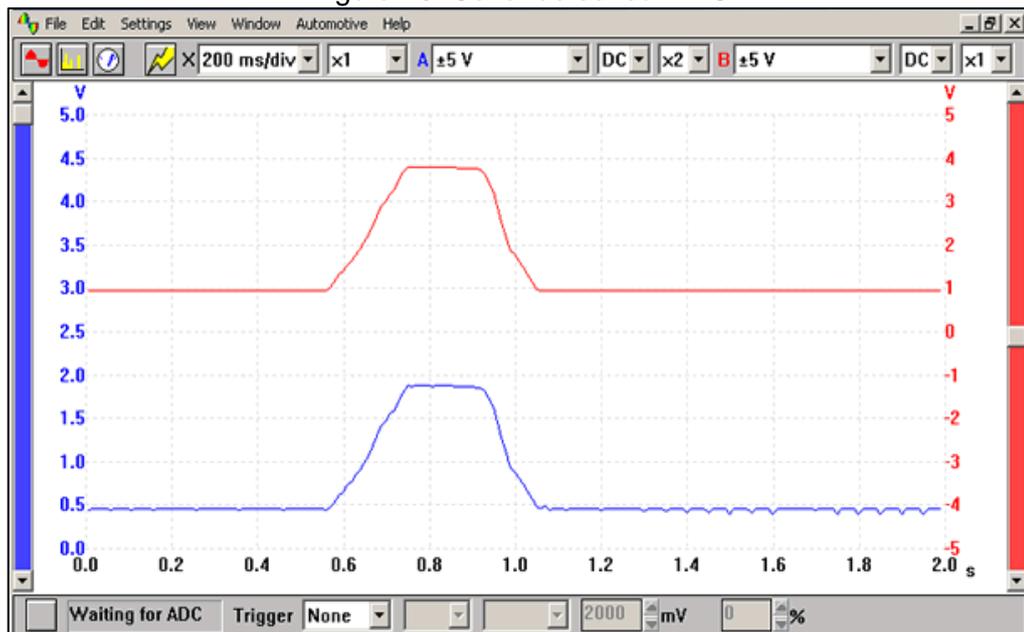
Descripción: Su función radica en registrar la posición de la mariposa enviando la información hacia la unidad de control. El sensor de posición del acelerador (TPS) es un potenciómetro (un tipo de resistor variable) con una amplia variedad de modelos.

La computadora suministra voltaje y tierra al sensor. El sensor tiene una pieza de tipo rotativo o de tipo lineal y si está montada en el motor la pieza viene acoplada al acelerador de manera que se mueven juntos. El sensor envía una señal de voltaje a la computadora indicando la posición del acelerador y la señal se incrementa cuando se abre el acelerador. La computadora usa la posición del acelerador para determinar el estado de operación: neutro (acelerador cerrado), crucero (parcialmente en neutro) o aceleración intensa (acelerador muy abierto) y entonces puede controlar adecuadamente las mezclas de aire-combustible, avance del encendido, velocidad en neutro, etc.

Consiste en una resistencia variable lineal alimentada con una tensión de cinco voltios que varía la resistencia proporcionalmente con respecto al efecto causado por esa señal. Si no ejercemos ninguna acción sobre la mariposa entonces la señal estaría en cero voltios, con una acción total sobre ésta, la señal será del máximo de la tensión, por ejemplo 4.6 voltios. Con una aceleración media la tensión sería proporcional con respecto a la máxima, es decir 2.3 voltios.

Gráfica de señales:

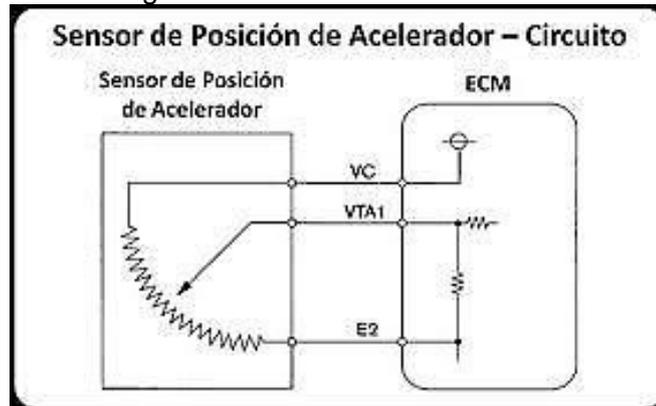
Figura 15. Señal de sensor TPS



Fuente: [http://www.miac.es/marcas/pico/develop/common/waveforms/aps\\_dual.gif](http://www.miac.es/marcas/pico/develop/common/waveforms/aps_dual.gif)

Circuito del sensor:

Figura 16. Circuito de sensor TPS



Fuente: [http://www.e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/tps\\_01.jpg](http://www.e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/tps_01.jpg)

Fallas:

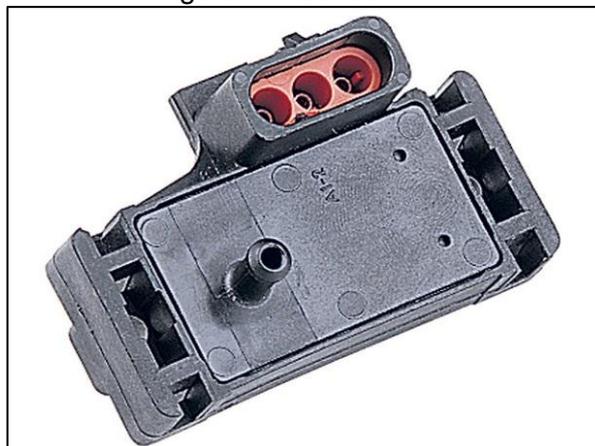
- La marcha mínima es variable, las rpm pueden estar más bajas o más altas de lo normal, ahogamiento del motor durante la desaceleración y mayor consumo de combustible

Comprobaciones:

- Girar la mariposa del acelerador, y observar el oscilograma. Mientras existe una aceleración la curva tiene que aumentar hasta llegar a un voltaje de 4.5 voltios y con la mariposa cerrada el voltaje debe ser de 0.5 voltios aproximadamente

#### 2.2.2.5 Sensor MAP. Sensor de presión de aire del múltiple de admisión

Figura 17. Sensor MAP



Fuente: <http://cli.gs/of8pv3j>

Función: Su función es enviar información hacia la unidad de control sobre la presión de aire que ingresa por el múltiple de admisión, para con esta información detectar la carga del motor

Ubicación: Este sensor se encuentra ubicado en el colector de admisión (ver Figura 18)

Figura 18. Ubicación de sensor MAP



Fuente: <http://img.tallervirtual.com/wp-content/uploads/2010/01/Sensor-MAF.JPG>

Descripción: Los sensores MAP miden la presión barométrica absoluta en el colector de admisión. Al calcular la masa del aire que entra en el motor, temperatura del aire, y las rotaciones por minuto del motor, la ECU del motor puede determinar la densidad del aire que fluye en la mezcla de combustible. La ECU puede entonces ajustar el flujo de aire o el flujo de combustible.

Los vehículos que no disponen de medidor de flujo o masa de aire, en las instalaciones de inyección electrónica, para que el microprocesador calcule la cantidad de combustible, normalmente, instalan un sensor MAP (medidor de presión absoluta de múltiple), para que el módulo de control electrónico conjuntamente con la información del sensor de temperatura y la colaboración de la posición de mariposa, sea calculada la cantidad de combustible a inyectar y sean posibles las correcciones de avance de encendido.

En la mayoría de los casos el sensor MAP, está conectado al múltiple de admisión por una tubería para medir constantemente la depresión (presión negativa del múltiple). El elemento eléctrico expuesto al vacío del múltiple es un chip de silicio (cristal) dispuesto sobre una placa de base, el chip a su vez sirve como diafragma, soportado en cada

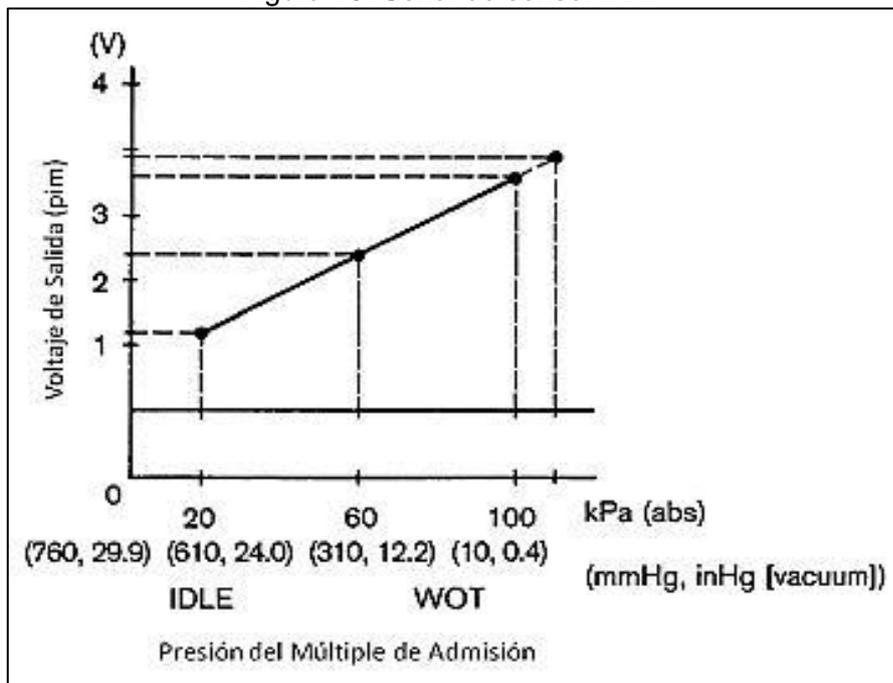
uno de sus vértices por elementos semiconductores que varían la resistencia de acuerdo al estiramiento producido por la depresión del múltiple, y en consecuencia, una salida de tensión variable. Esta salida de tensión variable, es utilizada por el módulo de control electrónico para calcular el caudal de aire que ingresa al motor y en función a esto, controlar la apertura de los inyectores y preparar el disparo de ignición para el control de encendido.

Cuando es colocado el contacto, el sensor MAP mide la presión atmosférica (altitud), para utilizarla como parámetro de altitud en todos los estados de marcha. Este valor de altitud es corregido por el microprocesador cada vez que el motor se encuentra en plena carga, pues en estas condiciones el vacío del múltiple es nulo (se equipara la presión absoluta del múltiple con la atmosférica). Algunos vehículos también disponen de un sensor BAP (medidor de presión barométrica), el mismo funciona exactamente igual al sensor MAP y el microprocesador controla la altitud en todo el funcionamiento del motor en función a este sensor no al MAP.

El propósito principal de un sensor MAP es ayudar al motor a determinar la mezcla correcta de combustible y aire que debe ser alimentado en el colector de admisión.

Gráfica de señales:

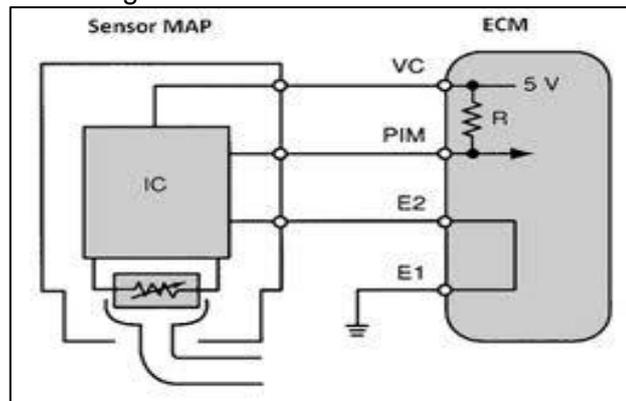
Figura 19. Señal de sensor MAP



Fuente: <http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/MAP-04.jpg>

Circuito del sensor:

Figura 20. Circuito de sensor MAP



Fuente: <http://e-auto.com.mx/imagenes/manuales/electronica/varios/MAP-05.jpg>

Fallas:

- Si un MAP funciona mal en un vehículo, informará lecturas erróneas en el motor, lo que resultará en una relación incorrecta de combustible al aire
- Un vehículo puede funcionar con "combustible rico" o "combustible pobre", lo que finalmente causará daños al motor

Comprobaciones:

- Verificar que la señal del sensor en ralentí nos dé un voltaje de 1.3 voltios aproximadamente
- Comprobar el voltaje con el vehículo apagado a presión atmosférica, el cual nos debería dar un valor aproximado de 4.3 voltios

### 2.2.2.6 Sensor O2. Sensor de oxígeno

Figura 21. Sensor O2

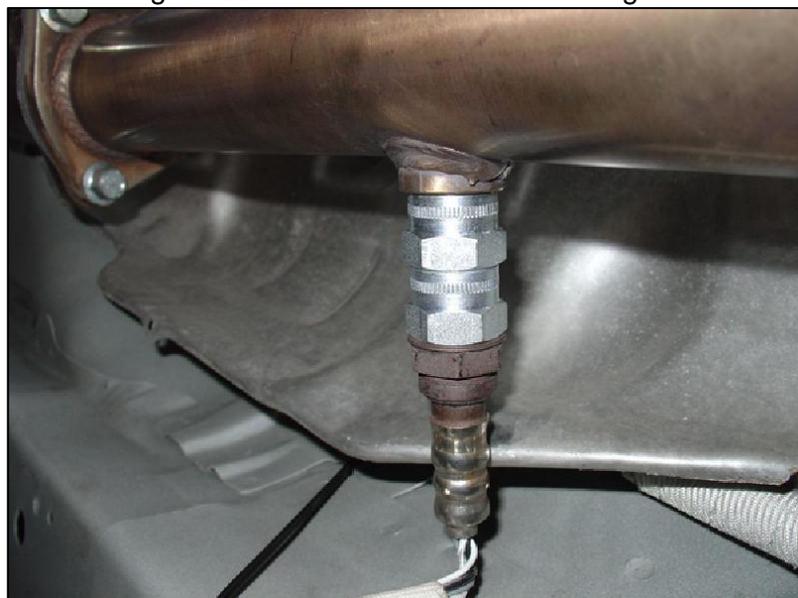


Fuente: <http://cli.gs/fr4mj>

**Función:** El sensor de oxígeno sensa e informa a la computadora del auto la salida de oxígeno que sale por el múltiple de escape, para mantener la relación estequiométrica de aire-combustible en el funcionamiento del motor. El sensor de oxígeno determina la composición de los gases de escape, enviando una señal a la computadora para que realice los ajustes necesarios y se obtenga la relación óptima de aire-combustible.

**Ubicación:** Se encuentra ubicado en el múltiple de escape, en varios casos existe dos sensores de oxígeno; uno que va antes del catalizador y el otro después del catalizador (ver Figura 22).

Figura 22. Ubicación de sensor de oxígeno



Fuente: <http://img139.imageshack.us/img139/2154/214218ug.jpg>

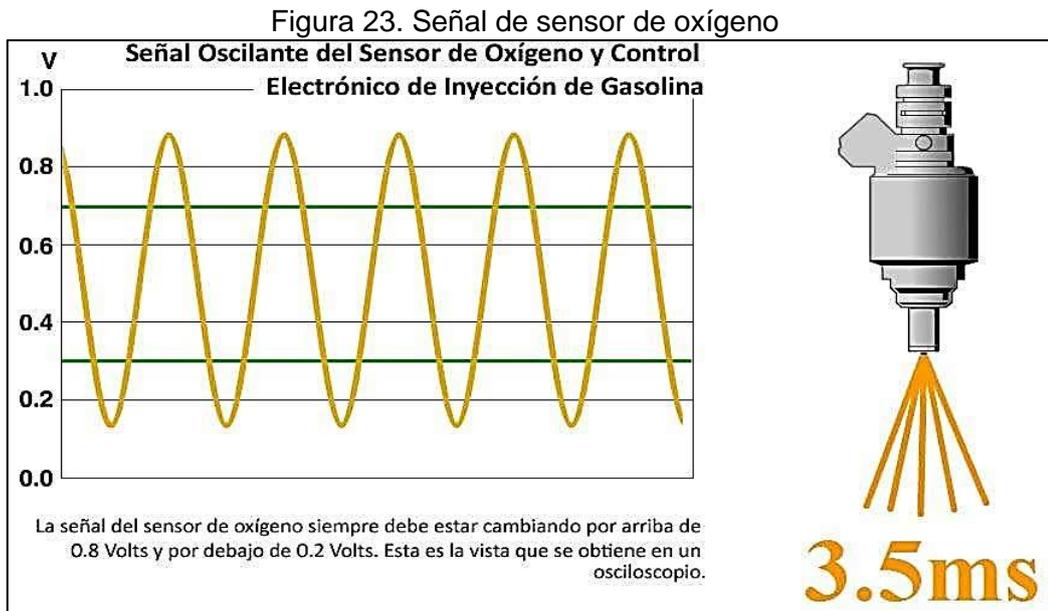
**Descripción:** El sensor de oxígeno es un pequeño generador de reacción química que informa a la computadora la calidad de los gases de escape. La computadora utiliza esta información para ajustar la mezcla de aire-combustible.

El sensor de oxígeno mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape y envía una señal de voltaje (de 0.1 a 0.9V) a la computadora del motor (ECU), la cual ajusta la mezcla aire-combustible al nivel óptimo.

Si existe demasiado oxígeno en los gases de escape, significa una mezcla pobre (de 0.65 a 0.9V). Si existe poco oxígeno en la salida de los gases de escape, significa una mezcla rica (de 0.1 a 0.45V).

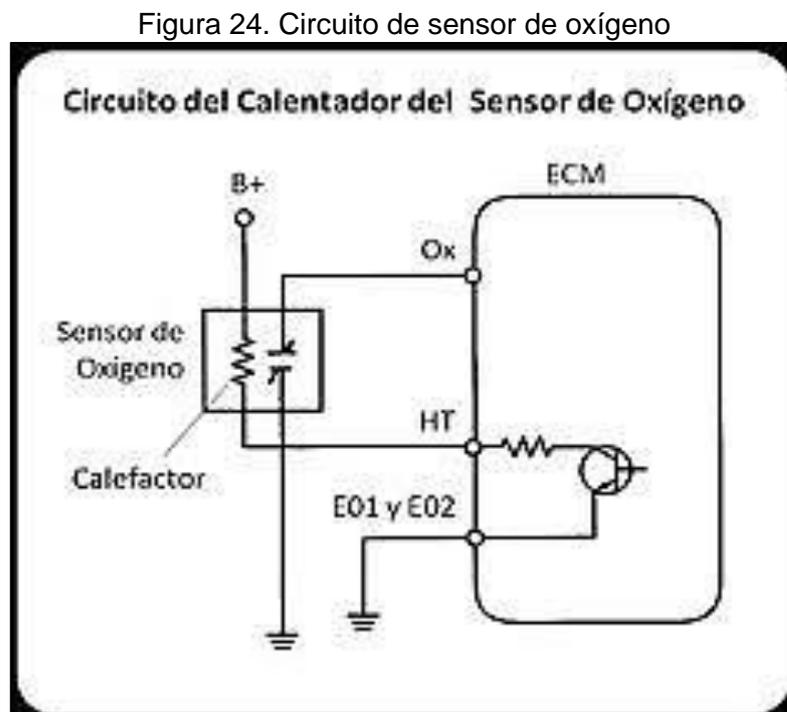
El sensor de oxígeno también puede arrojar datos en mili voltios.

Gráfica de señales:



Fuente: <http://cli.gs/8w4x9u>

Circuito del sensor:



Fuente: <http://cli.gs/75tl6n>

Fallas:

- Cuando el sensor O<sub>2</sub> falla, provoca un alto consumo de combustible, la emisión de gases de escape es alta y genera una pérdida significativa de potencia en el motor del vehículo

Comprobaciones:

- Con el multímetro se mide la señal de salida en la escala de voltios la misma que debe estar en los rangos de 0,1 a 0,9 V

## 2.3 Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar señales eléctricas que provienen de la unidad de control, en magnitudes mecánicas, como por ejemplo el electro ventilador, los inyectores o una válvula PSV.

**2.3.1 Tipos de actuadores y clasificación.** Los actuadores que se utilizan en ingeniería automotriz pueden ser: de tipo neumático, eléctrico o hidráulico; dentro de estos tres tipos estos dispositivos se pueden clasificar en:

- Actuadores neumáticos

Cilindro neumático. Se consigue el desplazamiento del émbolo encerrado en un cilindro, se da como consecuencia de la diferencia de presión a ambos lados de éste. Existen dos clases de cilindros neumáticos: de simple efecto y de doble efecto.

Motor neumático. El movimiento angular se hace a través de aletas rotativas generalmente, éstos pueden ser: con engranaje, con pistón, con una aleta a la vez.

- Actuadores hidráulicos

Cilindro hidráulico de efecto simple. Este utiliza fuerza hidráulica para empujar y una fuerza externa para contraer.

Cilindro hidráulico de doble efecto. Se emplea la fuerza hidráulica para efectuar ambas acciones. El control de dirección se lleva a cabo mediante un solenoide.

Motor hidráulico. Éstos se utilizan mucho en ingeniería automotriz; el movimiento rotatorio es generado por la presión de un líquido, o por la acción oscilatoria de un pistón o percutor.

- **Actuadores eléctricos**

Motores de corriente continua. Estos utilizan en el propio motor un sensor de posición para poder realizar su control, son de diferentes tamaños y pueden trabajar entre 6.000 y 20.000 RPM.

Motores de corriente alterna. Éstos utilizan corriente con polaridad, debido a esta particularidad son un poco difíciles de controlar. (CANDIANO, 2012).

### 2.3.2 *Actuadores automotrices*

#### 2.3.2.1 *Inyector*

Figura 25. Inyector



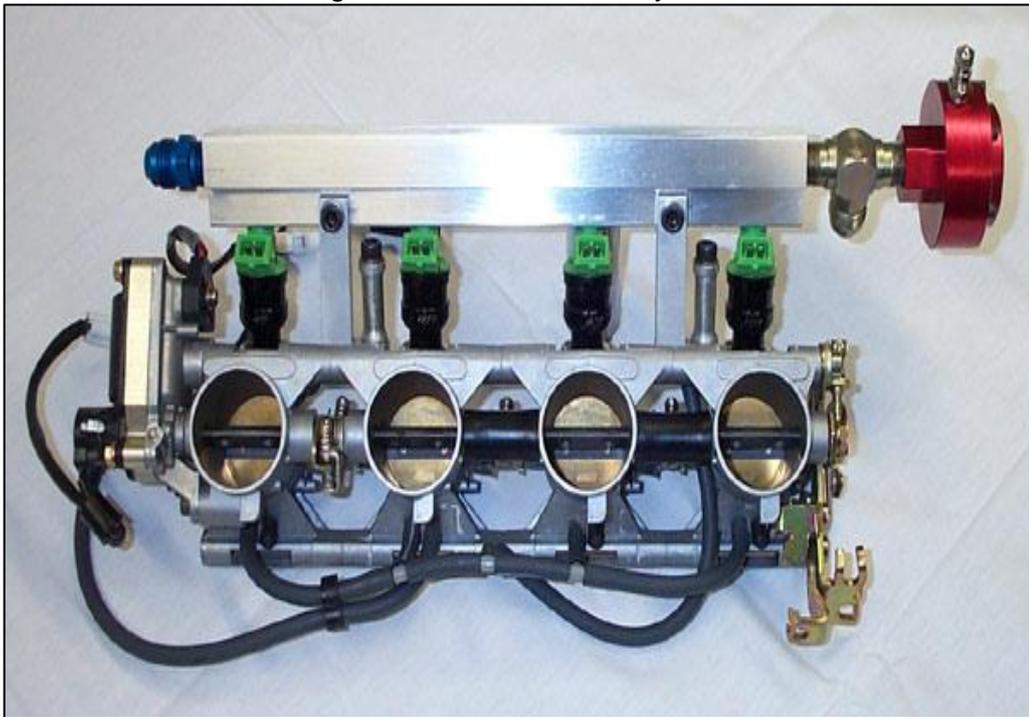
Fuente: <http://cli.gs/k6td98p>

Función: Su función es la de producir la inyección de combustible líquido finamente pulverizado en el momento indicado por la unidad de control y en la cantidad justa de acuerdo al régimen de funcionamiento del motor.

El inyector es el encargado de pulverizar en forma de aerosol el combustible procedente de la línea de presión dentro del conducto de admisión. Es en esencia una refinada electroválvula capaz de abrirse y cerrarse muchos millones de veces sin escape de combustible y que reacciona muy rápidamente al pulso eléctrico que la acciona.

*Ubicación:* Los inyectores están ubicados directamente en la cámara de combustión, estos están sujetos en conjunto por un riel o flauta (ver Figura 26).

Figura 26. Ubicación del inyector



Fuente: <http://www.pro-1performance.com/inyeccionelectronica/inyecc25.jpg>

Descripción: Los inyectores son válvulas electromagnéticas controladas por un computador, encargadas de suministrar el combustible al motor, dichos inyectores poseen un orificio de entrada de combustible y uno o varios orificios por donde sale el combustible, estas salidas están fabricadas con tolerancias muy pequeñas, tienen un espesor aproximado al abrir de un "1" micra, y solo se mantienen abiertos por pocos milisegundos, aproximadamente de dos a quince milisegundos dependiendo la condición de trabajo del vehículo.

De acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, el inyector inyecta cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el cilindro que se encuentra en compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy

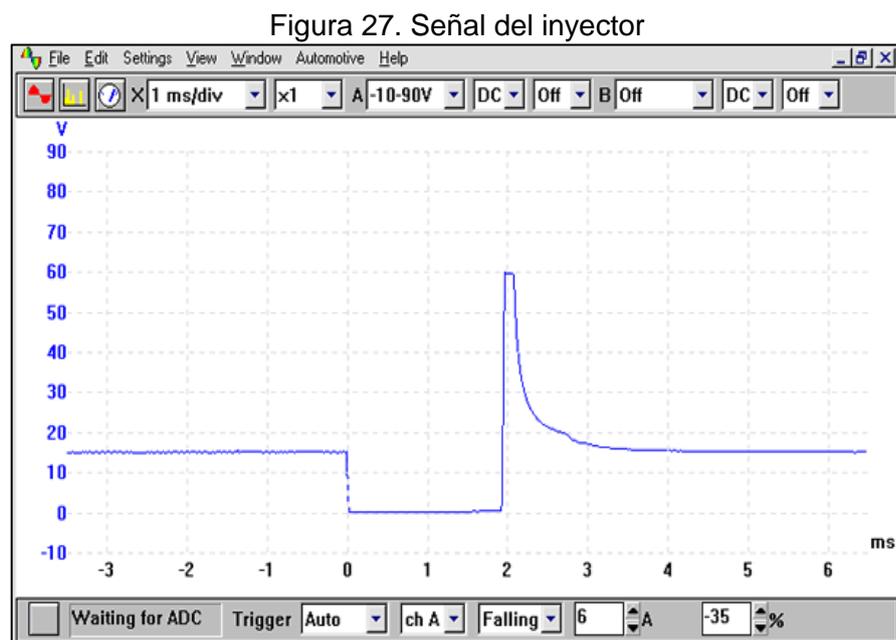
caliente, se mezcla, y al efectuarse la chispa que genera la bujía se enciende produciéndose la combustión.

Por medio del vástago se transfiere la fuerza del resorte. La presión de atomización se ajusta mediante la tuerca de ajuste del resorte que actúa también como asiento para el mismo. El combustible circula desde la entrada de combustible hasta el conducto perforado ubicado en la porta tobera.

La punta de la válvula de aguja que asienta contra la parte inferior de la tobera, impide el paso por los orificios de la tobera cuando hay combustible a presión en los conductos y galería del inyector, se levanta la aguja de su asiento y se atomiza el combustible en las cámaras de combustión. Una pequeña cantidad de combustible escapa hacia arriba el cual sirve de lubricante entre la aguja y la tobera y también lubrica las otras piezas del inyector antes de salir por la conexión para el tubo de retorno en la parte superior y retorno al tanque.

La forma de descarga en los orificios de la tobera del inyector se llama patrón de atomización. Este patrón se determina por características tales como el número, tamaño, longitud y ángulo de los orificios y también por la presión del combustible dentro del inyector. Todos estos factores influyen en la forma y longitud de la atomización.

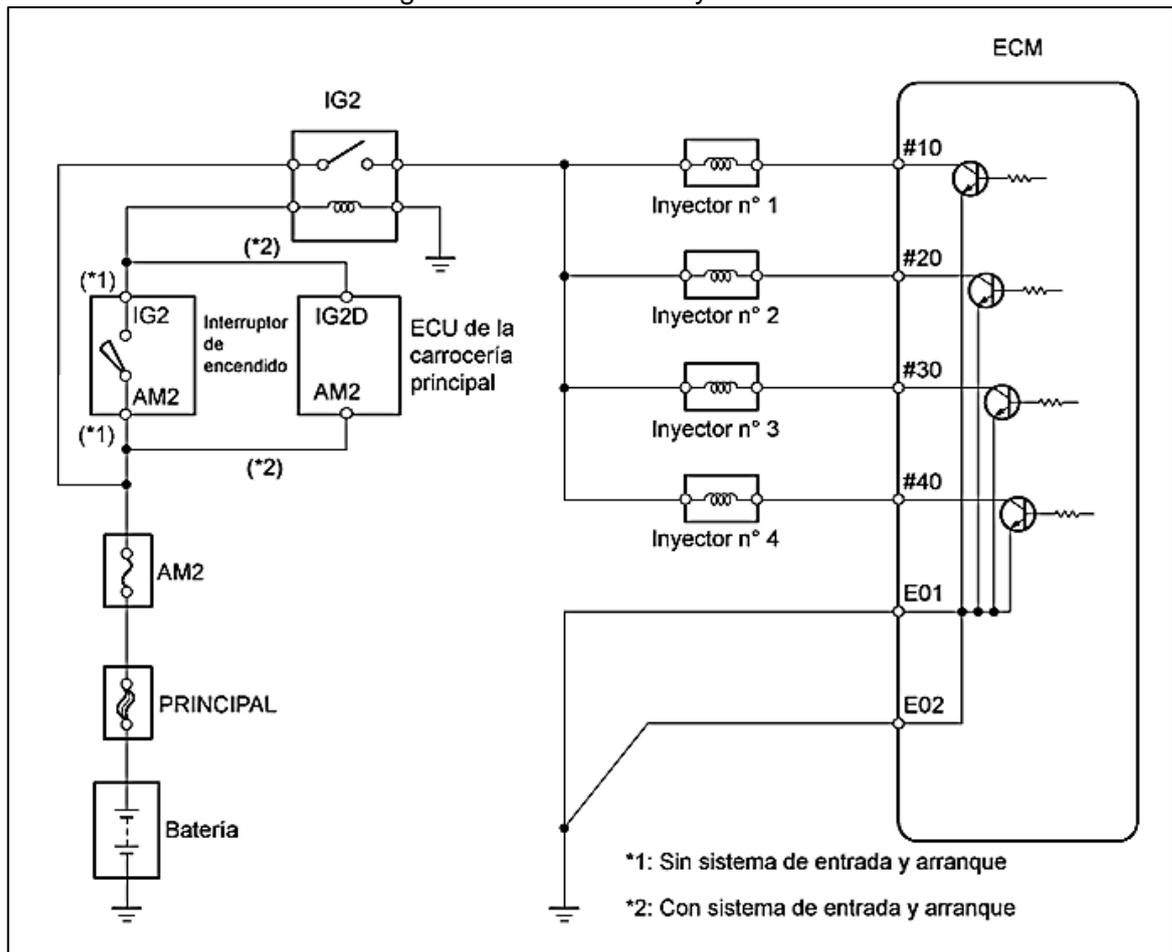
Gráfica de señales:



Fuente: [http://www.miac.es/marcas/pico/develop/common/waveforms/inj\\_mpi.gif](http://www.miac.es/marcas/pico/develop/common/waveforms/inj_mpi.gif)

Circuito del inyector:

Figura 28. Circuito del inyector



Fuente: <http://cli.gs/6x04td1>

Fallas:

- El motor se atranca en bajas revoluciones
- No desarrolla el vehículo
- Mezcla rica o mezcla pobre

Comprobaciones:

- Verificar si llega la señal de masa de la unidad de control
- Verificar señal de alimentación del inyector
- Realizar comprobaciones en el banco de pruebas para inyectores

### 2.3.2.2 Válvula de control de ralentí.

Figura 29. Válvula IAC



Fuente: <http://www.autodaewoospark.com/imagenes/IAC/valvula-IAC-matiz-spark.png>

Función: La válvula IAC (Idle Air Control) es utilizada para estabilizar la marcha mínima del motor.

Ubicación: Se encuentra ubicada en el cuerpo de aceleración, justamente a la misma altura del sensor de posición de la mariposa (ver Figura 30).

Figura 30. Ubicación de la válvula IAC



Fuente: <http://img710.imageshack.us/img710/8688/img00025200912161627.jpg>

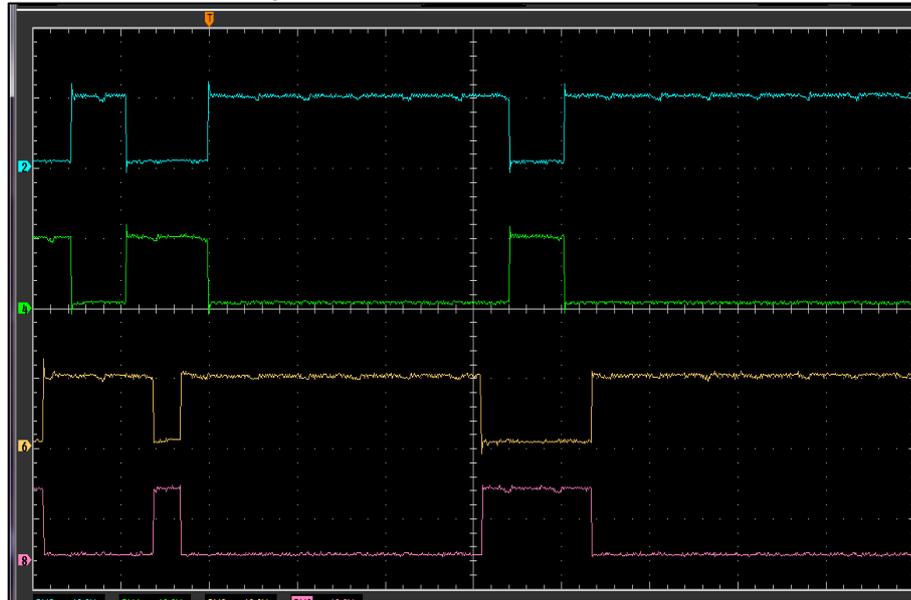
Descripción: Esta válvula es comandada por el módulo del control del motor ECU, la cual regula el aire que pasa alrededor de la válvula de mariposa cuando esta se encuentra cerrada. La ECU controla el funcionamiento de la válvula IAC aplicando varias señales de salidas comparadas con un programa almacenado en la memoria del módulo de control ECU.

La IAC tiene en su interior un motor reversible con 2 bobinados para que el rotor pueda girar en los 2 sentidos. El rotor tiene rosca en su interior y el vástago de la

válvula se enrosca en el rotor. Si el rotor gira en un sentido, el vástago saldrá cerrando el flujo del aire y si gira en el otro sentido, el vástago se retraerá aumentando el flujo.

Gráfica de señales:

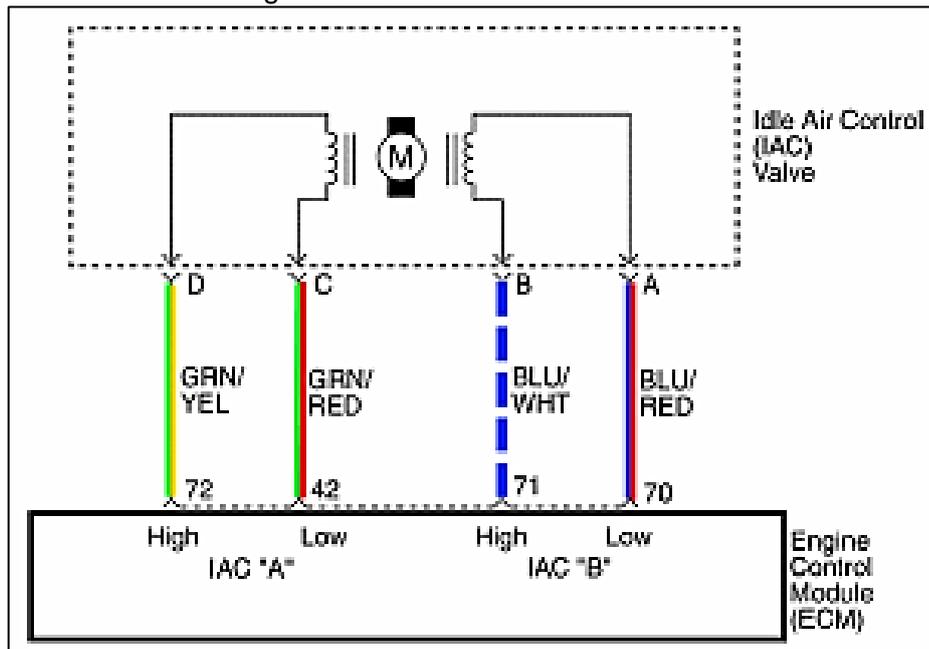
Figura 31. Señal de la válvula IAC



Fuente: Autor

Circuito de la válvula IAC:

Figura 32. Circuito de la válvula IAC



Fuente: <http://cli.gs/vf36qx1>

Fallas:

- El motor se acelera
- No se mantiene en ralentí el motor

Comprobaciones:

- Verificar las señales de entrada de la válvula
- Inspeccionar visualmente la válvula ya que esta puede estar sucia y el vástago de la misma se traba

### 2.3.2.3 Bobina de encendido DIS

Figura 33. Bobina de encendido



Fuente: <http://cli.gs/dxihsn>

Función: Su función es proporcionar una tensión de alto voltaje a cada una de las bujías, por medio de cables de alta tensión, para que a la vez éstas generen la chispa necesaria para la inflamación del combustible.

Ubicación: Este elemento no tiene una ubicación específica, pero siempre debe estar cerca de las bujías de encendido (ver Figura 34).

Figura 34. Ubicación de bobina de encendido



Fuente: [http://easyautodiagnosics.com/coil\\_pack\\_overview/images/Neon-DIS.jpg](http://easyautodiagnosics.com/coil_pack_overview/images/Neon-DIS.jpg)

Descripción: La bobina del tipo DIS, es lo que se llama un transformador puro, en esta bobina se presenta una activación del primario y en el secundario se tiene un circuito que pasa por dos cilindros al mismo tiempo.

La bobina es un transformador el cual tiene un devanado primario y un devanado secundario, el primario es en el cual se encuentra el positivo de contacto y la activación del PCM, y en el secundario tenemos los cables de alta tensión hasta las bujías. En el primario encontramos que el circuito se encuentra colocado permanente a positivo (Numero 1 de la gráfica), este positivo proviene directamente del interruptor de encendido, o en algunos casos desde un relé. Este relé provee el positivo de una manera más firme puesto que evita las caídas de tensión desde la batería hasta la bobina que a veces ocurren cuando la corriente pasa por el interruptor de encendido.

La bobina doble está formada por dos devanados primarios, gobernados de forma alternativa cada uno por una etapa de potencia, y dos secundarios, unido cada uno de ellos por sus extremos, directamente a las bujías. Existen, por lo tanto, dos circuitos de encendido 1-4 y 2-3 en el motor de cuatro cilindros y tres circuitos de encendidos 1-5,4-3 y 2-6 en el motor de seis cilindros.

Al encendido electrónico estático también se le denomina “Encendido de chispa perdida”, ya que el salto de chispa en una de las bujías no es utilizado para combustionar la mezcla, aunque si tiene una insignificante pérdida de energía.

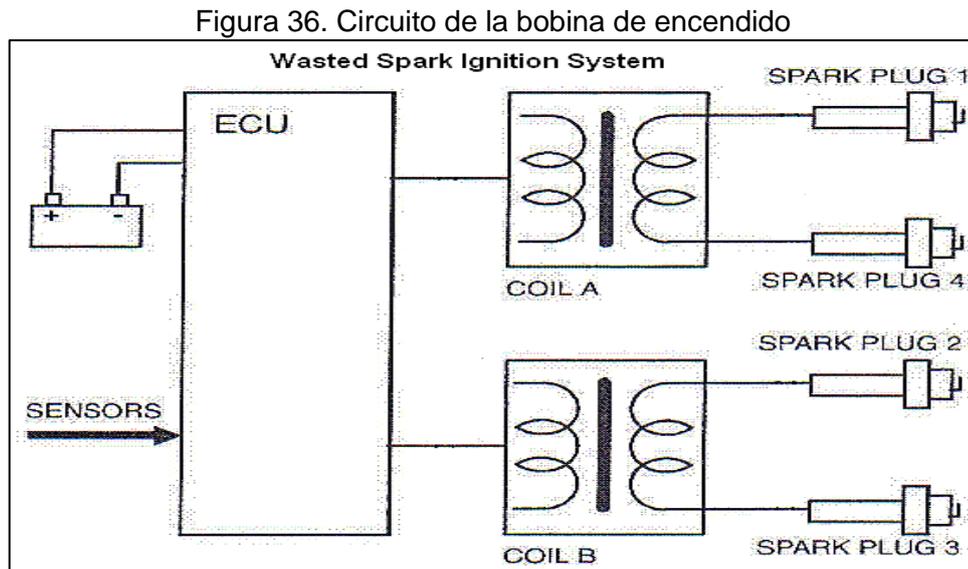
Gráfica de señales:

Figura 35. Señal de la bobina de encendido



Fuente: [http://encendidoelectronico.com/eadmin/txt/Fig%202\(1\).jpg](http://encendidoelectronico.com/eadmin/txt/Fig%202(1).jpg)

Circuito de la bobina de encendido:



Fuente: <http://www.crypton.co.za/Tto%20know/Ignition/wasted%20sp.GIF>

## 2.4 Osciloscopio

Un osciloscopio automotriz es un instrumento electrónico que representa mediante gráficas las señales eléctricas que pueden variar en función del tiempo.

Presenta los valores en un eje de coordenadas X y Y en una pantalla de visualización, en donde normalmente el eje X (horizontal) representa el valor del tiempo y el eje Y (vertical) representa el valor de las tensiones. La imagen obtenida en la pantalla del Osciloscopio se denomina oscilograma.

Los osciloscopios, clasificados según su funcionamiento interno, pueden ser tanto analógicos como digitales, siendo el resultado mostrado idéntico en cualquiera de los dos casos, en teoría.

**2.4.1 Utilización.** En el campo automotriz este instrumento es muy utilizado, ya que puede medir todo tipo de señales eléctricas sin depender de la rapidez y el elevado voltaje que éstas generan en el tiempo y en la tensión.

En un osciloscopio existen, básicamente, dos tipos de controles que son utilizados como reguladores que ajustan la señal de entrada y permiten, consecuentemente, medir en la pantalla y de esta manera se puede ver la forma de la señal medida por el

instrumento, esto denominado en forma técnica se puede decir que el osciloscopio sirve para observar la señal que quiera medir.

El primer control regula el eje X (horizontal) y aprecia fracciones de tiempo (segundos, milisegundos, microsegundos, etc., según la resolución del aparato). El segundo regula el eje Y (vertical) controlando la tensión de entrada en (Voltios, mili voltios, micro voltios), dependiendo de la resolución del aparato.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

#### 3.1 Diseño del banco

El diseño del banco de pruebas se lo ha realizado tomando en cuenta las normas básicas de estética y funcionalidad, para que tanto el docente como los estudiantes puedan realizar las prácticas de laboratorio de una manera cómoda y segura.

Tomando en cuenta que el simulador de pulsos es semejante a una pizarra, se ha tomado las dimensiones promedio de una persona normal, para que éste pueda ser manipulado de una forma adecuada en cuanto al tamaño del mismo.

Se ha considerado el peso del tablero y sus componentes, para en base a esto construir la estructura metálica, siendo ésta la que soportará el peso del banco didáctico y sus componentes.

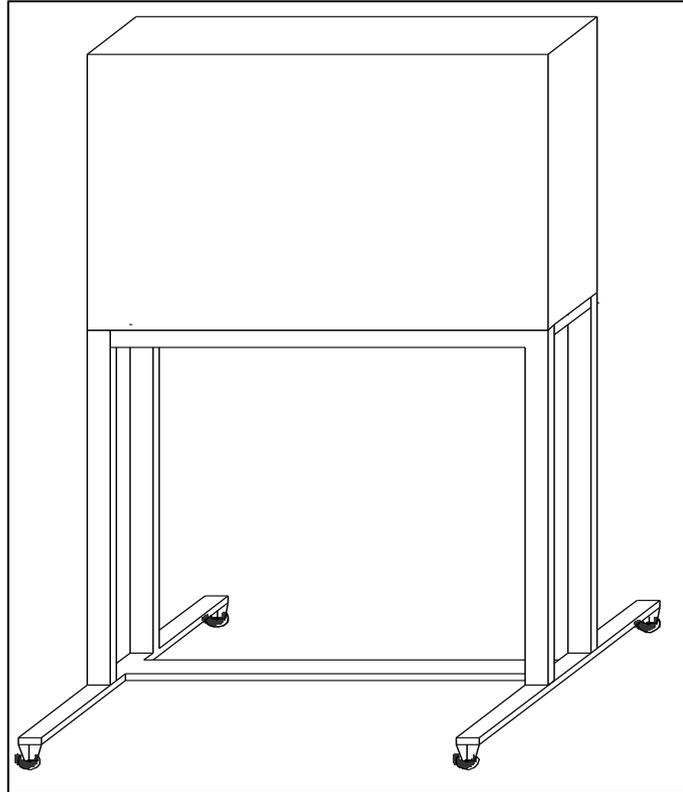
**3.1.1 Cálculo y dimensiones.** Para realizar el cálculo, dimensiones del banco, su estructura y su tablero se han tomado en cuenta factores importantes como son: el peso de los elementos que componen el sistema, los mismos que al ser elementos eléctricos y electrónicos no sobrepasan los 0.05 Kg cada uno, además para su funcionalidad y comodidad en su utilización, la estructura que soportará el peso del banco de pruebas no sobrepasa los 0.98 m. de altura, teniendo en cuenta que al sumar la altura del tablero no sobrepase el 1.70 m. lo cual es una medida estándar de una persona normal (ver Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones

Peso promedio de componentes	10 Kg
Altura máxima	0.98 m.
Ancho	1.00 m.
Profundidad	0.45 m.

Fuente: Autor

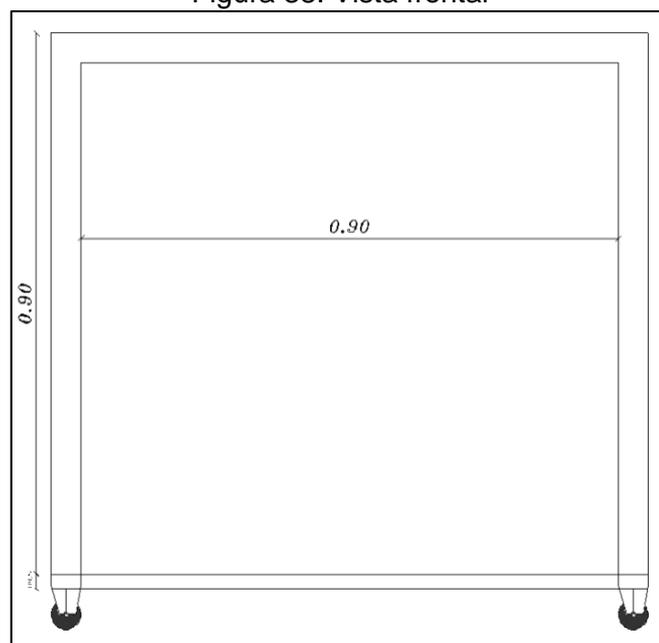
Figura 37. Diseño del banco



Fuente: Autor

Las dimensiones en planta serán de 1.00 m. de ancho por 0.98 m. de alto, obteniendo así un módulo metálico que nos permita obtener un soporte seguro en lugares de alto riesgo para el practicante (ver Figura 38).

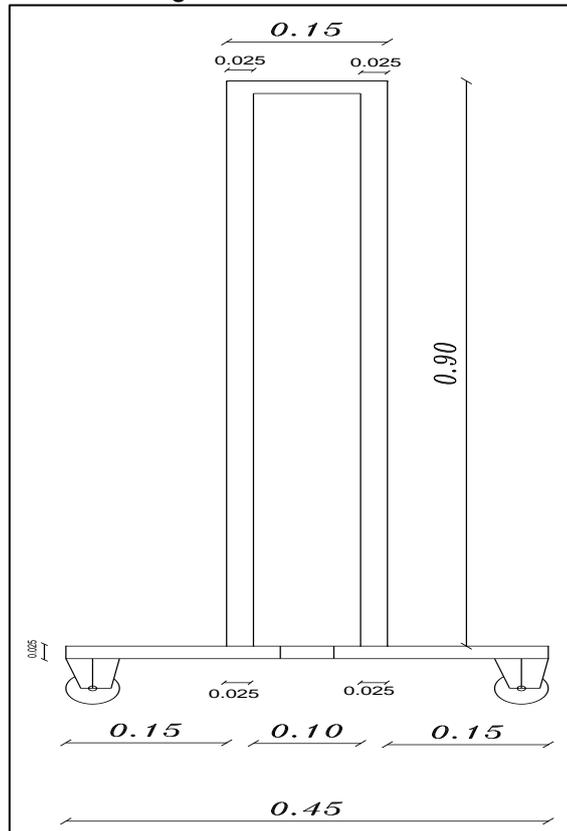
Figura 38. Vista frontal



Fuente: Autor

La estructura metálica esta soportada por dos patas transversales, que se encuentran ancladas en sus bordes inferiores, las mismas que tienen una longitud de 0.45 m. de ancho y están guiadas por un total de cuatro ruedas de una pulgada de diámetro, una en cada extremo (ver Figura 39). De esta manera obtendremos un banco funcional y seguro sin correr de sufrir algún tipo de accidente.

Figura 39. Vista lateral



Fuente: Autor

**3.1.2 Aplicaciones y utilidad.** El banco de pruebas de señales eléctricas del vehículo marca Chevrolet Corsa 1.4, tendrá una aplicación directa en el laboratorio de inyección electrónica, así como también en la sub área de instrumentación, el mismo que servirá para el aprendizaje de los estudiantes.

Este sistema cuenta con un módulo de encendido electrónico DIS (chispa perdida) e incluso con los principales componentes que realizan la función en lo que se refiere al sistema de inyección electrónica del automóvil como son los sensores, actuadores y una unidad de control electrónica ECU. La utilidad del banco de pruebas para simular señales eléctricas se verá determinada por diferentes factores que tienen relación directa con su manejo, las mismas que detallaremos a continuación:

- El tipo de instrumento que se emplee para la medición de las señales, pudiendo ser un multímetro, o a la vez un osciloscopio automotriz.
- Al ser similar a una pizarra, el docente tendrá la facilidad de trabajar al mismo tiempo en la enseñanza teórica y práctica, ya que el tablero está diseñado para su transportación de una manera fácil y sencilla.
- Por la dificultad de realizar prácticas en un sistema real, debido a la incomodidad de la geografía de un motor, este sistema cuenta con conectores o pines para que el estudiante pueda hacer uso del instrumento (osciloscopio) obteniendo así las señales de una manera fácil y directa.

### **3.2 Construcción del banco**

El banco de pruebas es un sistema compuesto principalmente por una ECU, la misma que funcionará en condiciones reales, la cual estará montada en el tablero, construido por un perfil de madera MDF. Los diferentes elementos que componen el banco están constituidos por los siguientes materiales:

#### Estructura base

- Perfil de acero
- Sueda AGA 60-11
- Cuatro ruedas de 1 pulgada de diámetro y pintura color negro

#### Tablero de control

- Madera MDF 15mm
- Elementos eléctricos de control
- Pernos y platinas de acero

**3.2.1 Proceso de ensamble.** La estructura base se ha construido con perfil de acero, de tal manera que exista estabilidad y facilidad en el transporte del banco de pruebas, para de esta manera poder realizar una práctica confiable con los instrumentos necesarios. El mismo consta de piezas de perfil de acero las cuales se encuentran soldadas entre sí con electrodos AGA 60 - 11 en cada una de sus uniones, tiene cuatro puntos de apoyo sobre el piso, con el objeto de trasladar la estructura de un lugar a otro.

Se construyó la base del caballete en forma de I transversal, con una dimensión de 1.00 m. de ancho, y de 0.45 m. de profundidad. Sobre esta base se montó las estructuras verticales que son un total de cuatro, dos por cada lado, con una distancia entre sí de 0.10 m. que sumados al espesor del material que es de 0.025 m nos da un total de 0.15 m. ancho que coincide con la profundidad del tablero (ver Figura 40).

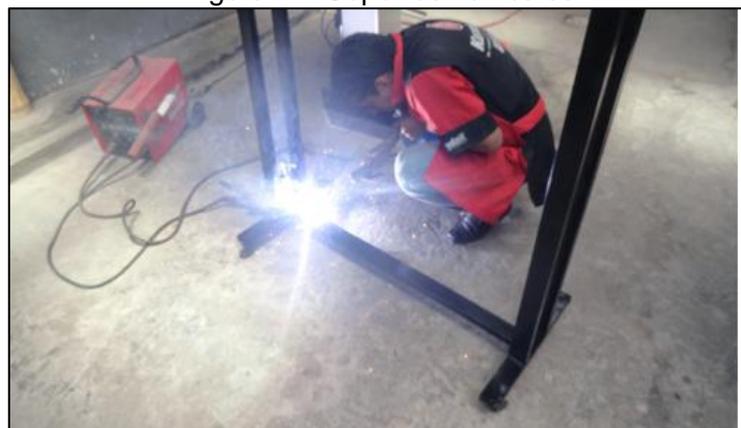
Figura 40. Bases del soporte



Fuente: Autor

Son dos por lado los soportes verticales que se han implementado para la estructura del caballete, los mismos se encuentran a una distancia de 0.9 m. la misma que sumada a las dos dimensiones del material nos da una medida total de 1.00 m. de ancho dimensión que coincide con el tablero que se montará sobre la estructura del material (ver Figura 41).

Figura 41. Soportes verticales



Fuente: Autor

Sobre los soportes verticales están los dos soportes horizontales, los mismos que servirán de punto de apoyo del tablero de MDF (ver Figura 42).

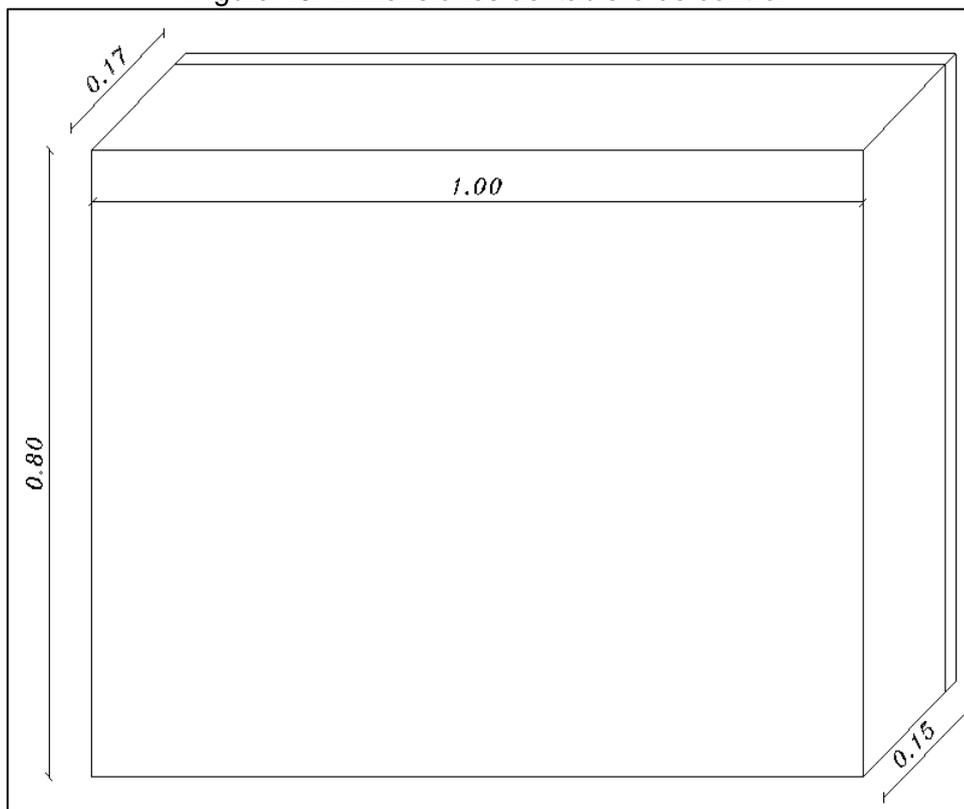
Figura 42. Soportes horizontales



Fuente: Autor

**3.2.1.1 Tablero de control.** Está construido con una estructura de madera MDF en forma de cajón con dos puertas en la parte posterior, donde se encuentran los elementos de control. Las medidas del tablero son: 0.8 m. de alto, 1.00 m. de ancho y 0.17 m. de profundidad. En el interior del tablero está distribuido todo el cableado y las respectivas conexiones eléctricas (ver Figura 43).

Figura 43. Dimensiones del tablero de control



Fuente: Autor

### 3.3 Ubicación de los elementos en el banco didáctico

La ubicación de los componentes en el banco didáctico es importante por consideración de los siguientes aspectos:

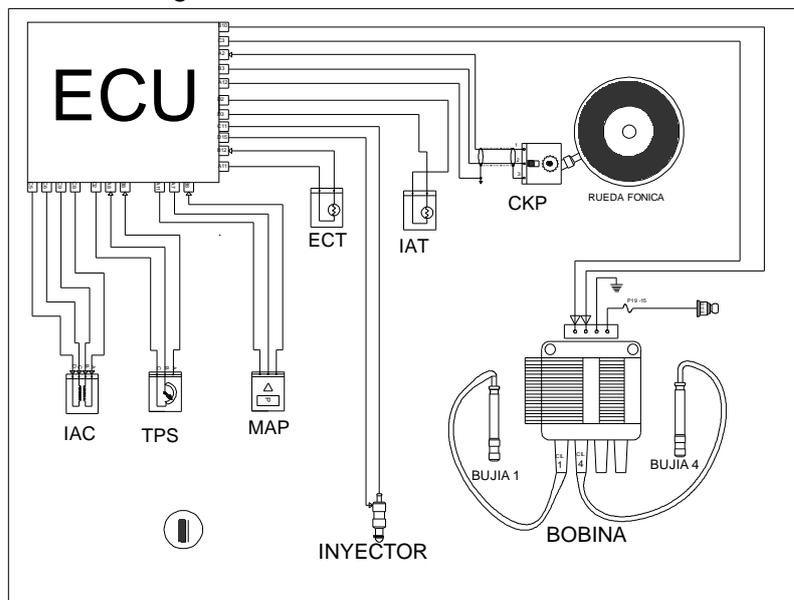
- Operatividad
- Seguridad
- Comodidad
- Funcionabilidad

#### 3.3.1 Disposición de los elementos en el banco didáctico

**3.3.1.1 ECU.** La unidad de control electrónico junto al sistema de encendido, sensores y actuadores forman el conjunto principal de esta banco de pruebas, el cual es el alma central del proyecto de tesis.

Para el efecto, la disposición de este elemento en el tablero simulador de señales debe realizarse de manera que cada uno de los subsistemas se encuentre a una distancia moderada de la unidad de control y también entre sí para garantizar comodidad y seguridad al practicante. En la Figura 44 se ilustra la disposición de la ECU en el tablero junto a sus sistemas complementarios.

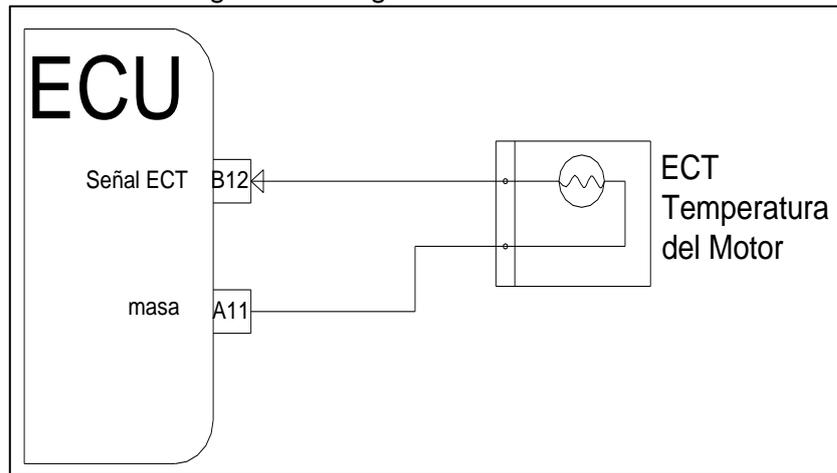
Figura 44. Circuito del tablero de control



Fuente: Autor

**3.3.1.2 Sensor ECT.** El sensor de temperatura del refrigerante está ubicado en la parte superior izquierda del tablero junto a la unidad de control. Es el primero en ser montado en la maqueta por su fácil instalación ya que consta de tan solo dos cables. Este sensor al ser de tipo inductivo no posee polaridad y está conectado a los terminales A11 y B12 de la unidad de control (ver Figura 45).

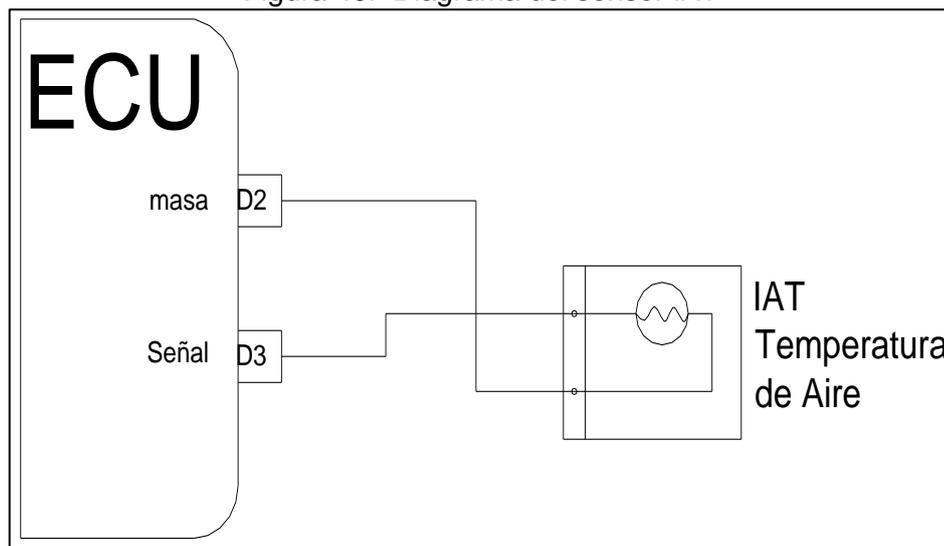
Figura 45. Diagrama del sensor ECT



Fuente: Autor

**3.3.1.3 Sensor IAT.** El sensor de temperatura de aire de admisión al igual que el ECT, se encuentra ubicado en la parte superior del tablero. Al igual que el anterior, éstos poseen dos cables y no tienen polaridad. Está conectado a los terminales D3 y D2 de la unidad de control.

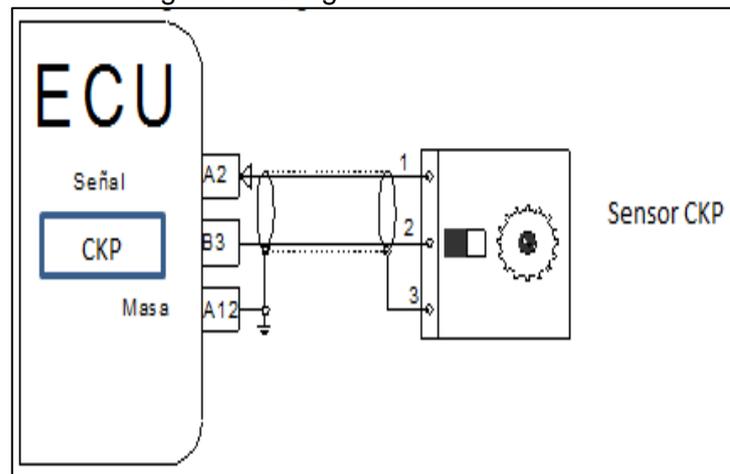
Figura 46. Diagrama del sensor IAT



Fuente: Autor

**3.3.1.4 Sensor CKP.** La disposición del sensor ilustrado en la Figura 47, fue premeditada, debido a la proximidad que este debe tener con relación a la rueda fónica, de tal manera que la distancia entre estos dos elementos no debe ser mayor a 3mm., ya que de esto depende una lectura correcta del sensor, el mismo que tiene mayor importancia que todos los demás componentes del sistema, ya que gracias a este sensor la computadora recibe la orden de encendido del automóvil. Está conectado a los terminales: A2, B3 y A12.

Figura 47. Diagrama del sensor CKP

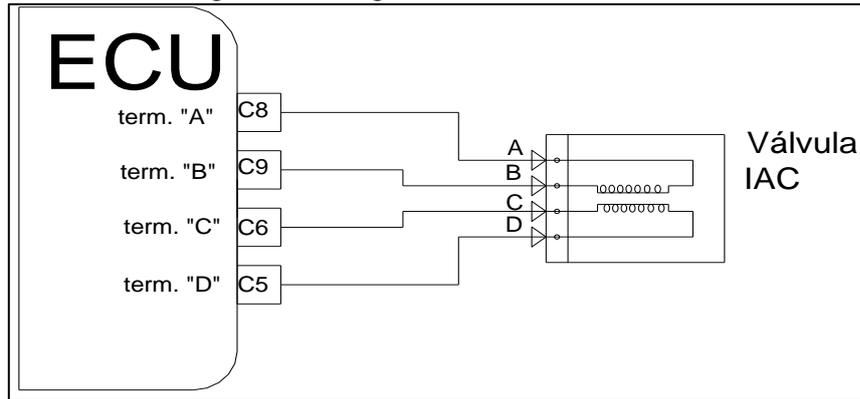


Fuente: Autor

**3.3.1.5 Rueda fónica o dentada.** Este elemento se encuentra ubicado junto al sensor CKP. Su función en el ámbito electrónico es generar un campo magnético, el mismo que es receptado por el sensor, de esta manera obtenemos una señal de tipo inductivo la misma que es enviada por el sensor y analizada por la unidad de control, de esta manera se obtiene la posición y el punto muerto superior del cilindro uno. Originalmente en el automóvil se encuentra acoplada al cigüeñal del motor siendo este elemento el que le hace girar, en nuestro tablero la rotación de la polea lo hace un motor de corriente continua el mismo que está adaptado de una forma segura por la parte interior del tablero.

**3.3.1.6 Válvula IAC.** Esta válvula es la encargada de controlar la marcha mínima del motor. La principal característica que se ha tomado para su instalación es la de tener en cuenta que posee un vástago, el mismo que hace las veces de llaves de paso de aire cuando el motor se encuentra en ralentí. Al no estar instalada en un cuerpo de aceleración como es el caso real, ha sido necesario la implementación de una platina en el borde inferior del vástago para que el mismo no se desprenda de la carcasa propia del actuador. Está conectado a los terminales C8, C9, C6 y C5 (ver Figura 48).

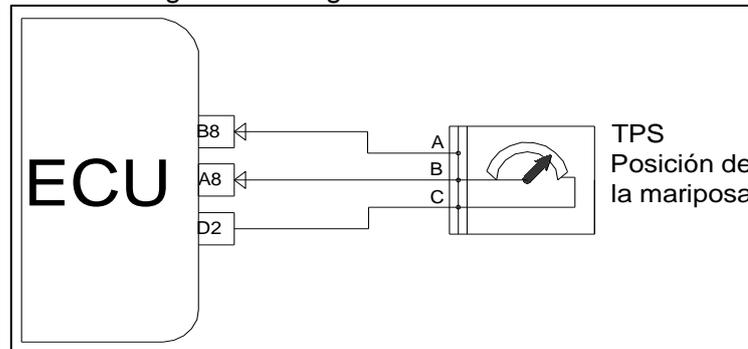
Figura 48. Diagrama de la Válvula IAC



Fuente: Autor

**3.3.1.7 Sensor TPS.** Este sensor está montado al igual que los anteriores en una platina metálica, la misma que sirve de soporte y está anclada al tablero de instrumentos por medio de dos pernos para MDF. Para poder darle su respectiva funcionalidad al no ser más que una resistencia que varía en función del movimiento del acelerador, se ha incorporado en el sensor una mariposa que hará las veces del pedal de aceleración, para de esta manera hacer variar su resistencia, y poder tomar los diferentes tipos de parámetros que éste nos brinda. Está conectado a los terminales B8, A8 y D2 de la unidad de control (ver Figura 49).

Figura 49. Diagrama del sensor TPS

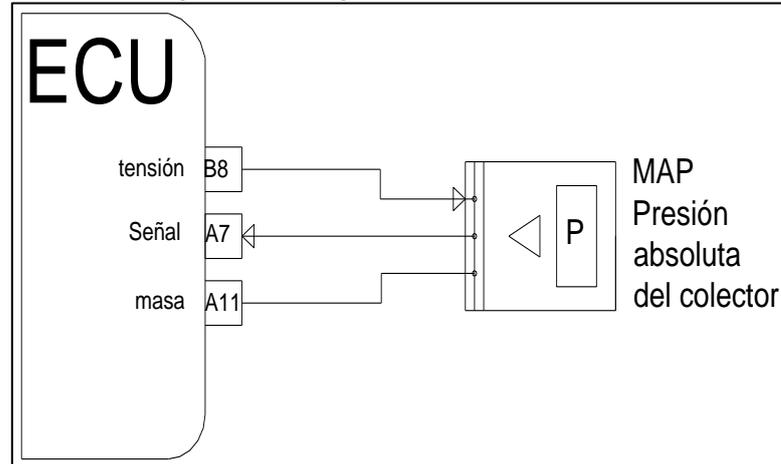


Fuente: Autor

**3.3.1.8 Sensor MAP.** Para poder obtener una correcta información de este elemento aparte de su montaje, fue necesario adaptarle una jeringuilla la cual hará las veces del motor ayudándonos a succionar y de esta manera obtener una diferencia de presiones. La PCM necesita conocer la presión del múltiple de admisión para calcular la cantidad de cuanto combustible inyectar, cuando encender la chispa de un cilindro y otras funciones.

El sensor MAP siempre estará ubicado ya sea directamente sobre el múltiple de admisión o está conectado a una manguerita de caucho que a su vez esta va conectada a un puerto de vacío sobre el múltiple de admisión. Es crítico que la manguerita de vacío no tenga dobleces, roturas o daños para que el sensor funcione bien. Está conectado a los terminales B8, A7 y A11 (ver Figura 50).

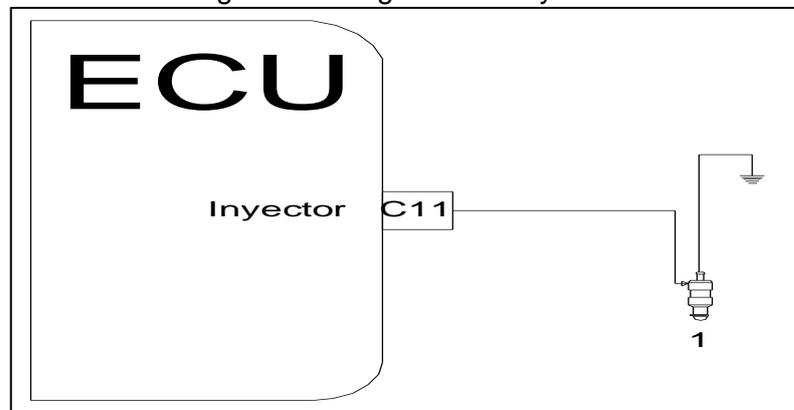
Figura 50. Diagrama del sensor MAP



Fuente: Autor

**3.3.1.9 Inyector.** Un aspecto importante del sistema de inyección es el inyector, debido a que éste se encarga de pulverizar el combustible en la cámara de combustión, una manera de comprobar este elemento es por medio de un banco de pruebas para inyectores, donde se puede verificar su caudal, presión y estanqueidad. Sin embargo es muy necesario verificar si la señal que envía la ECU es la correcta para que éste cambie de posición de off a on. En el tablero se encuentra anclado a una platina y está conectado al terminal C11 de la unidad de control y directamente a una tensión de 12 voltios (ver Figura 51).

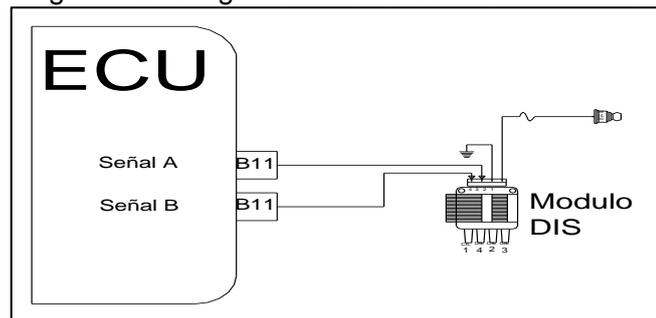
Figura 51. Diagrama del inyector



Fuente: Autor

**3.3.1.10 Bobina de encendido.** En nuestro banco de pruebas estamos utilizando el sistema de encendido DIS (chispa perdida), la bobina implementada en el tablero consta de 4 pines; alimentación directa, masa, y dos señales que provienen de la ECU, las mismas que se alternan para que la bobina trabaje con dos bujías a la vez. Sin embargo, la bobina se encuentra conectada a tan solo tres pines; alimentación, masa y una sola señal que proviene de la ECU, esto con el fin de que la bobina trabaje solo con un par de bujías, que se encuentran implementadas en el tablero. El pin que recibe la señal está conectado al terminal C3 de la unidad de control (ver Figura 52).

Figura 52. Diagrama de la bobina de encendido



Fuente: Autor

**3.3.1.11 Bujías.** Se implementaron dos bujías en el banco de pruebas, debido a que el sistema de encendido que estamos utilizando es de chispa perdida, esto quiere decir que la bobina de encendido trabaja con dos bobinas internas, las mismas que reciben la orden de la unidad de control independientemente desde los pines C3 y D10 de la ECU. En este caso se utiliza una sola señal de la unidad de control ya sea la que proviene del terminal C3 o D10 para que la bobina trabaje en un 50 % y de esta manera no desperdiciar la chispa que se genera para las dos bujías restantes. Las bujías se encuentran conectadas a la bobina por medio de cables de alta tensión los mismos que se encargan de transmitir la corriente desde la bobina hacia las bujías.

**3.3.1.12 Motor de corriente continua.** La implementación del motor de corriente continua es de vital importancia, ya que éste hace las veces del cigüeñal para poder hacer girar a la rueda fónica. Se encuentra instalado en la parte interior del tablero de instrumentos anclado con cuatro pernos para PDF. La adaptación del motor y la rueda fónica se realizó con la ayuda del torno, para convertir estos dos elementos en uno solo, el motor empieza a girar automáticamente una vez que se acciona las llaves de encendido.

**3.3.1.13 Pines o conectores.** Se han instalado conectores junto a cada uno de los componentes dependiendo del número de cables que poseen los mismos, éstos son de color rojo y negro. Cada pin se encuentra conectado por la parte interna del tablero a cada uno de los cables de los sensores y actuadores, para poder obtener una lectura con el osciloscopio y de esta manera no tener que pinchar los cables de los instrumentos.

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES Y ACTUADORES CON EL OSCILOSCOPIO

#### 4.1 Pruebas de las señales eléctricas de los sensores con el osciloscopio

##### 4.1.1 Sensor de temperatura (ECT)

**4.1.1.1 Principio de funcionamiento.** El sensor de temperatura contiene un termistor dentro de una carcasa, la cual es diseñada para ser insertada dentro del circuito de refrigeración del motor. El sensor está encapsulado en un cuerpo de bronce, para que pueda resistir los agentes químicos del refrigerante y tenga además una buena conductividad térmica. En el extremo opuesto tiene un conector con dos pines eléctricos, aislados del cuerpo metálico.

**4.1.1.2 Datos reales medidos en el sensor.** En la siguiente tabla se indica los valores medidos con el osciloscopio, los mismos que están dados en función de la resistencia y la tensión (ver Tabla 2).

Tabla 2. Valores del sensor ECT

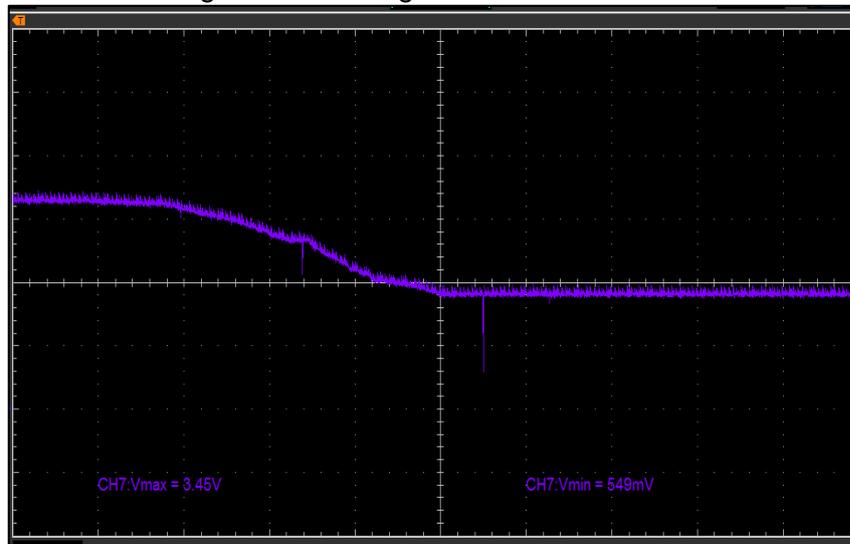
Temperatura (°C)	Voltaje (V)	Resistencia (Ohmios)
20-40	3-4	1667
40-60	2-3	1190
60-80	1-2	714
80-100	0.5-1	380

Fuente: Autor

El osciloscopio se conecta directamente a los dos pines del sensor, los cuales se encuentran adaptados en el tablero de instrumentos, los valores que se muestran son los datos reales que genera el banco de pruebas. La variación de tensión se logra gracias a la implementación de un potenciómetro, el mismo que hace que la resistencia

del sensor varíe, de esta manera podemos obtener una variación de tensión como se da en un caso real (ver Figura 53).

Figura 53. Oscilograma del sensor ECT



Fuente: Autor

**4.1.1.3 Análisis de la gráfica del sensor ECT.** Una vez que se entiende el principio de funcionamiento del sensor y los parámetros bajo los cuales trabaja, podemos dar un análisis mediante la gráfica obtenida con el Osciloscopio. Cuando el valor máximo de la curva llega a los 3.5 voltios aproximadamente, se deduce que la señal que envía el sensor a la ECU es la de un motor frío el cual se encuentra a unos 20 °C aproximadamente, de lo contrario si la curva propia del elemento a medir cae hasta los 0.5 voltios como se muestra la parte inferior de la figura, deducimos que el motor se encuentra a temperatura normal de funcionamiento, es decir aproximadamente entre 85 y 95 °C. Esto quiere decir que si la curva que se genera en el osciloscopio está dentro de estos parámetros, el sensor se encuentra funcionando correctamente y de esta manera descartamos un mal funcionamiento del mismo.

#### 4.1.2 Sensor IAT

**4.1.2.1 Principio de funcionamiento.** En el interior del sensor existe una resistencia termosensible de material semiconductor del coeficiente de temperatura negativo (NTC) es decir que su resistencia disminuye a medida que la temperatura sube. Esta resistencia variable forma parte de un circuito divisor de tensión alimentado con 5 voltios, así la señal de voltaje dependerá de la variación de la resistencia del sensor. Esta señal de voltaje es leída por un convertidor analógico-digital y comparado con los

valores de la curva característica almacenada en el módulo de control, asignando así la ECU cada valor de voltaje a una temperatura determinada.

**4.1.2.2 Datos reales medidos en el sensor.** Los valores de resistencia entregados por el sensor IAT fueron obtenidos con el osciloscopio (ver Tabla 3).

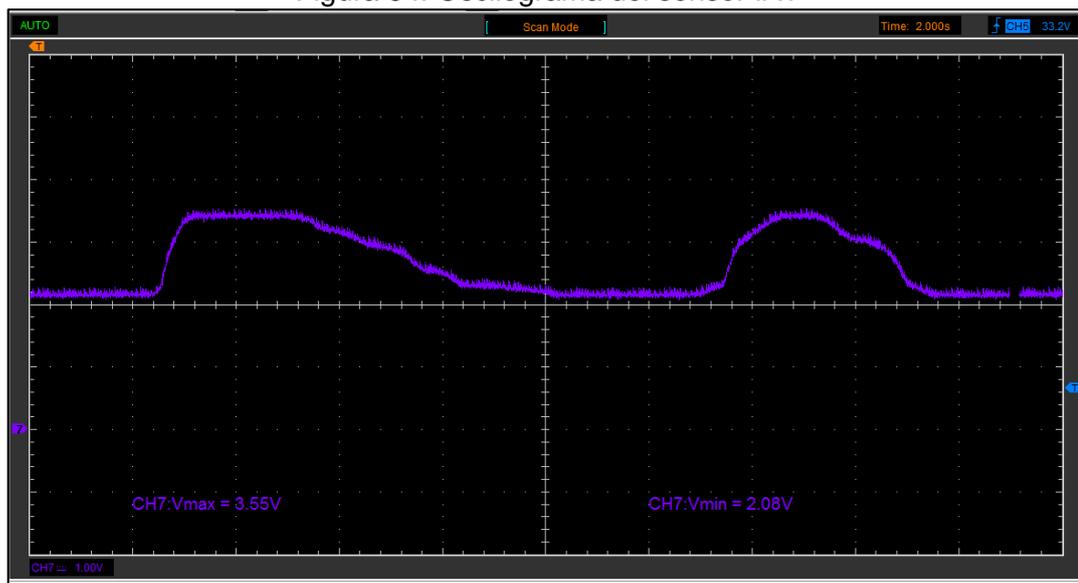
Tabla 3. Valores del sensor IAT

Temperatura (°C)	Voltaje (V)	Resistencia (Ohmios)
30-40	3-3.5	1509
40-50	2-3	670
60-70	0.5-1.5	329

Fuente: Autor

El instrumento de medida se conecta a los pines correspondientes del elemento, los mismos que están incorporados en el tablero, y con la ayuda de un potenciómetro variamos la resistencia del sensor, simulando una diferencia de temperaturas. Para simular un aumento de temperatura tenemos que disminuir la resistencia; la lectura del osciloscopio nos arroja una disminución de voltaje. Por lo contrario para simular una disminución de temperatura tenemos que aumentar la resistencia, la lectura del osciloscopio nos dará un aumento de voltaje (ver Figura 54).

Figura 54. Oscilograma del sensor IAT



Fuente: Autor

**4.1.2.3 Análisis de la gráfica del sensor IAT.** Este sensor es de iguales características que el anterior, por lo tanto su funcionamiento es el mismo y las gráficas resultantes son similares, con la diferencia que este sensor trabaja con diferentes rangos de temperatura debido a que sensa la temperatura del aire de admisión, en diferencia del ECT que sensa la temperatura del refrigerante del motor. Sin embargo el oscilograma de este sensor nos da un análisis similar al anterior, demostrándonos que cuando la temperatura aumenta la resistencia del sensor disminuye, disminuyendo también la señal de tensión que recibe la ECU hasta un valor aproximado de 0,5 voltios.

Cuando la temperatura del aire de admisión disminuye por cuestiones climáticas, la resistencia del sensor aumenta, haciendo también que la señal de tensión aumente hasta un valor aproximado de 3.5 voltios.

Es así que en el oscilograma interpretamos como un aumento de temperatura cuando la tensión disminuye como podemos observar en la figura 54 el valor mínimo es de 2.05 voltios.

Cuando la gráfica tiende a aumentar en el eje de las y, nos indica que existe un aumento de tensión lo cual quiere decir que la temperatura disminuye, en este caso dándonos un valor de 3.55 voltios.

### **4.1.3 Sensor MAP**

**4.1.3.1 Principio de funcionamiento.** El sensor MAP es un sensor que mide la presión absoluta en el colector de admisión. Este sensor está constituido de un elemento de cerámica o bien de silicio sensible a la presión que conectado a un circuito electrónico (dentro del sensor) genera una señal de tensión que bien puede variar en voltaje o en frecuencia. Este sensor se encarga de informar a la unidad de control el estado de carga del motor y con esta información, la computadora se encarga de ajustar el avance del encendido y enriquecimiento de la mezcla de combustible.

Este sensor se encarga de proporcionar una señal proporcional a la presión existente en el colector de admisión con respecto a la presión atmosférica, midiendo la presión absoluta existente en el colector de admisión. Para esto genera una señal que puede ser analógica o digital entregando la diferencia entre la presión atmosférica y la del interior del múltiple de admisión. Podemos encontrar dos tipos de sensores: por

variación de presión y por variación de frecuencia. Para simular el vacío y obtener una diferencia de tensiones, se ha implementado una jeringuilla en la embocadura del sensor, de esta manera al accionar la jeringuilla obtendremos una simulación de diferencia de presiones y así una lectura similar a la de un caso real, la misma que será obtenida con el osciloscopio (ver Figura 55).

Este sensor consta de tres cables, cada uno de ellos se encuentra conectado a un pin, para poder conectar de una manera fácil y sencilla el instrumento de lectura, el primero nos da una entrada de corriente proveniente de la ECU, el segundo está conectado a masa y el tercero nos brinda la señal de salida o retorno.

**4.1.3.2 Datos reales medidos en el sensor.** Los valores que se muestran en la Figura 55 están en función del voltaje de salida y de la variación de presión en el colector de admisión. Con estos datos podemos comparar analizando la señal de tensión con el osciloscopio si existe una diferencia de presiones (ver Tabla 4).

Tabla 4. Valores del sensor MAP

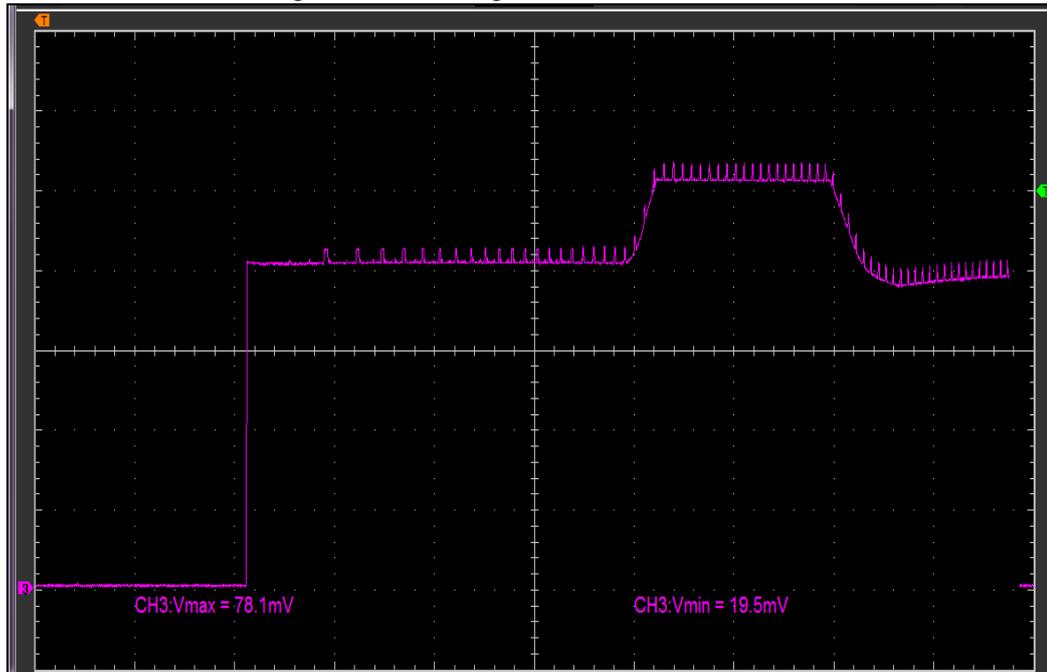
Presión (KPa)	Voltaje (Voltios)
13.3	0.3-0.5
26.7	0.7-0.9
40	1.1-1.3
53.5	1.5-1.7
66.7	1.9-2.1

Fuente: Autor

Al simular una variación de presión con la ayuda de la jeringuilla, el osciloscopio nos brinda un oscilograma como el que se muestra en la Figura 55.

**4.1.3.3 Análisis de la gráfica del sensor MAP.** Cuando la presión en el colector de admisión se acerca a la presión atmosférica tenemos un valor máximo de voltaje, cuando existe una depresión o caída de presión disminuye el volteje, esto se interpreta como una aceleración, ya que el aire que se encuentra en el colector de admisión es aspirado por los pistones, produciéndose una depresión en el múltiple de admisión.

Figura 55. Oscilograma del sensor MAP



Fuente: Autor

#### 4.1.4 Sensor TPS

**4.1.4.1 Principio de funcionamiento.** Dentro del sensor TPS existe un brazo giratorio y una resistencia que es un potenciómetro. A medida que el brazo giratorio se desplaza sobre el resistor, la señal de voltaje del terminal de salida se ve afectada por la variación de la resistencia.

Al igual que muchos sensores, la resistencia variable es parte de un circuito partidor de tensión, el cual transforma la variación de resistencia, generada por el desplazamiento del brazo giratorio, en una señal de salida.

**4.1.4.2 Datos reales medidos con el sensor.** Como el objetivo primordial es conocer a fondo como se utiliza el osciloscopio, procedemos a obtener los valores característicos y la curva del Sensor de Posición de la Mariposa (ver Tabla 5).

Para obtener estos parámetros tenemos que girar la mariposa de aceleración incorporada en el sensor. La misma que varía desde una posición de 0 por ciento hasta el 100 por ciento de esta manera obtendremos los datos en el display del osciloscopio (ver Figura 56).

Tabla 5. Valores del sensor TPS

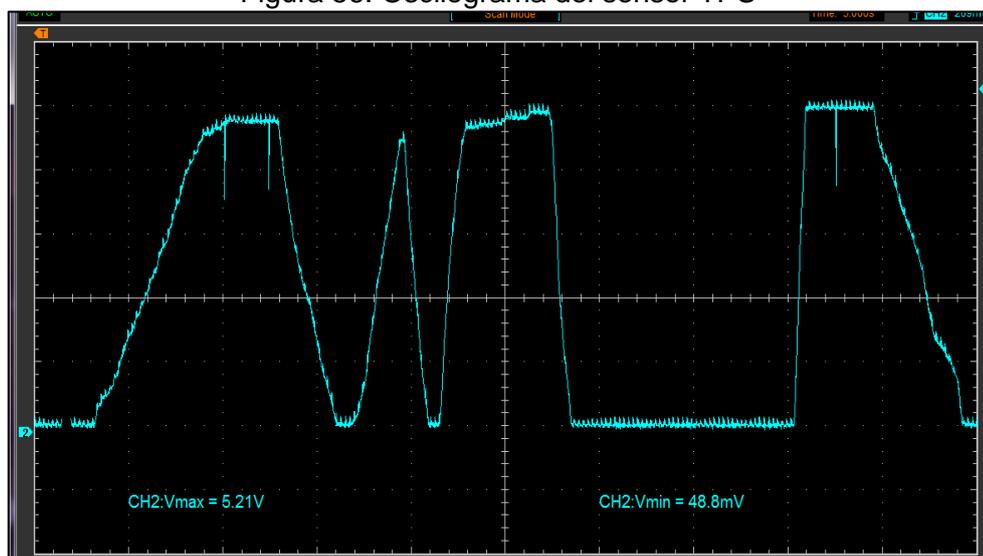
Carga	Voltaje (V)
Mínima o Ralentí	0.48
Media	2.5
Máxima Carga	4.5

Fuente: Autor

**4.1.4.3 Análisis de la gráfica del sensor TPS.** Al girar la mariposa del sensor, la resistencia interna del mismo varía, haciendo que varíe la tensión de salida, la misma recibe la ECU para sus respectivos cálculos.

Al igual que la mayoría de sensores, trabaja con una alimentación de cinco voltios, es así que la señal de retorno está entre los rangos de 0.5 como mínimo y 4.5 voltios como máximo.

Figura 56. Oscilograma del sensor TPS



Fuente: Autor

Cuando el motor funciona en ralentí, la mariposa de aceleración se encuentra completamente cerrada y la señal de tensión de salida es mínima, asumiendo de esta manera la unidad de control que no existe una variación de posición en el pedal de aceleración. Cuando el oscilograma nos da una lectura como se muestra en la figura 4.8 de un valor mínimo de 0.48 voltios, sabemos que en ese instante el motor se encuentra en ralentí, si variamos la posición del pedal haciendo que varié la posición

de la mariposa hasta en un 50 % , el oscilograma tiende a variar hasta llegar a una tensión de 2.5 voltios, interpretando así que el motor de combustión interna trabaja a media carga en ese instante, y por último si variamos el pedal en un 100% la lectura del oscilograma nos da un valor de tensión de 4.5 voltios, asumiendo tanto la unidad de control como el diagnosticador que la carga del motor de combustión interna en ese instante es máxima.

#### **4.1.5**    *Sensor CKP*

**4.1.5.1**    *Principio de funcionamiento.* El sensor de régimen de giro y posición de cigüeñal que se usa en el banco didáctico es de tipo inductivo, con lo que está compuesto de un anillo dentado (o rueda fónica) giratorio, un imán permanente y una bobina, estos dos últimos fijos.

El movimiento de la rueda produce una variación de las líneas de fuerza que atraviesan la bobina, induciendo una corriente alterna, cuya frecuencia aumenta con la velocidad del anillo.

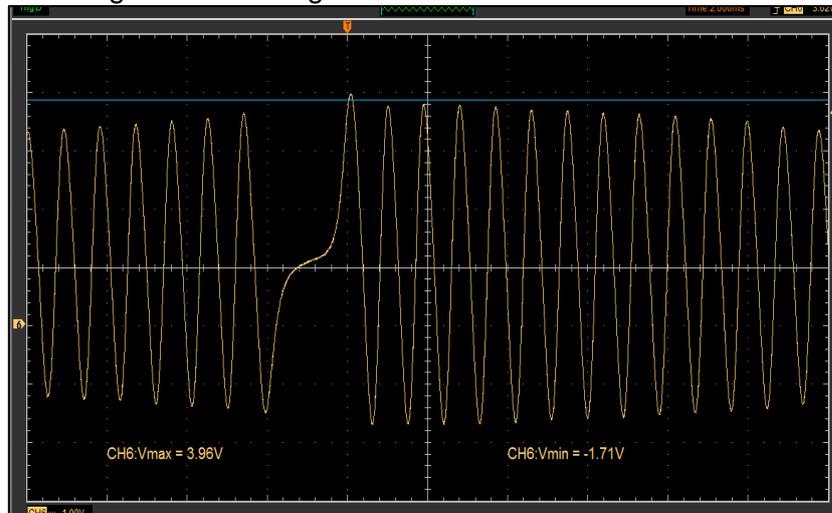
**4.1.5.2**    *Datos reales medidos con el sensor.* Al ser un sensor con mucha importancia dentro del sistema de inyección electrónica, se debe tener mucha prolijidad el momento de tomar los datos con el instrumento.

Es importante recalcar que al ser un sensor generador de frecuencia, se genera demasiada interferencia por lo que hay que tener mucho cuidado el momento de realizar las pruebas. Cuando se mide los valores en el banco de pruebas la obtención de la gráfica es más exacta a la de un caso real ya que se evita el ruido del motor y sus componentes.

Los datos del sensor CKP que se han obtenido en el banco de pruebas, se los ha tomado a un régimen de 900 RPM aproximadamente (ver Figura 57), esto con el objetivo de realizar el análisis cuando el motor se encuentra en ralentí.

El sensor genera una curva característica cuyo patrón es una onda senoidal, la cual tiene periodos pequeños que varían en escalas de nano segundos hasta mili segundos y frecuencias variables en función del periodo calculado.

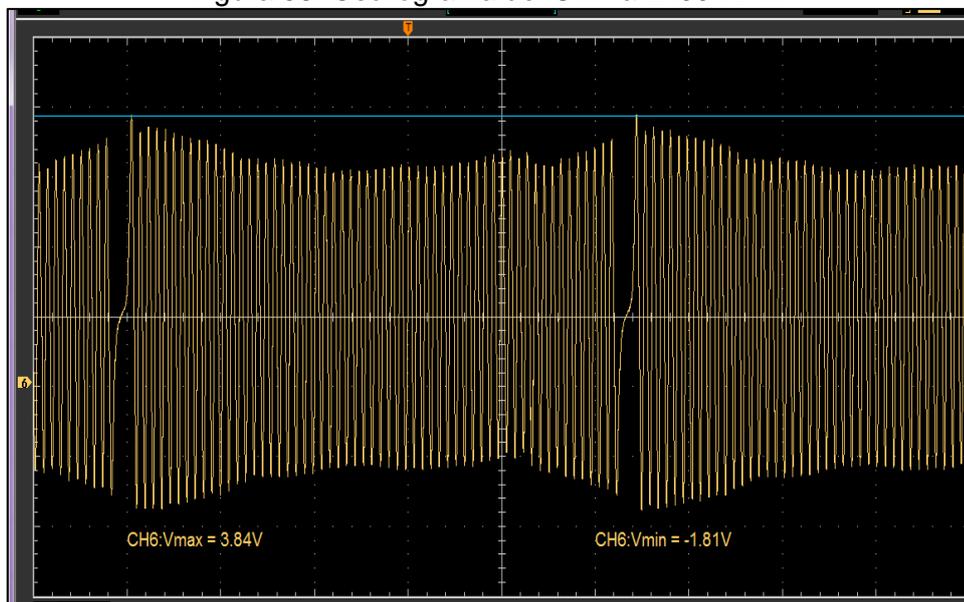
Figura 57. Oscilograma del sensor CKP a 900 RPM



Fuente: Autor

También se ha realizado pruebas aumentando la velocidad del motor de corriente continua, de esta manera aumentamos las RPM de la rueda fónica a unas 2400 revoluciones aproximadamente, obteniendo así la siguiente gráfica (ver Figura 58).

Figura 58. Oscilograma del CKP a 2400 RPM



Fuente: Autor

**4.1.5.3 Análisis de la gráfica del sensor CKP.** Al ser un sensor de tipo inductivo, la señal que se genera nos indica el número de dientes que tiene la rueda dentada, en el momento que se genera el corte de la señal aumentado el periodo de la gráfica, se

establece que el punto de referencia de la rueda dentada pasó por el sensor y la ECU lo recibe como un giro de 360 ° del cigüeñal. Con este parámetro la unidad de control calcula el punto muerto superior del primer cilindro, y el avance de inyección para realizar las correcciones correspondientes y también poder encender el motor cuando éste se encuentra en off.

La diferencia de las dos gráficas es la frecuencia, ésta es directamente proporcional con las RPM del motor, no así el periodo que es inverso a la frecuencia y por lo tanto inverso a las RPM del cigüeñal.

## **4.2 Pruebas de las señales eléctricas de los actuadores con el osciloscopio**

### **4.2.1 Válvula IAC**

**4.2.1.1 Principio de funcionamiento.** La válvula de control de aire es bidireccional, es decir actúa en dos direcciones ya sea contrayéndose para dejar pasar más cantidad de aire o al contrario expandiéndose para bloquear el paso de aire. Posee dos bobinas internas las mismas que son controladas por la ECU, la aguja de la válvula IAC se mueve para regular la marcha mínima del motor.

La válvula de control del paso de aire actúa en pequeños pasos llamados cuentas y es capaz de posicionarse hasta en 250 posiciones, dependiendo de las condiciones que el motor requiera para mantenerse en ralentí; esto depende de las condiciones climáticas, carga del motor, temperatura del refrigerante y otros factores más, los mismos que son calculados por la PCM para mantener el motor en marcha mínima cuando la posición de la mariposa se encuentra totalmente cerrada, es decir no existe una aceleración.

De esta manera la ECU, controla la válvula abriéndola cuando el motor necesita menos cantidad de aire y cerrándola cuando se requiere un mayor flujo de aire.

**4.2.1.2 Datos reales medidos en la válvula IAC.** Cuando realizamos las mediciones respectivas con el osciloscopio en el actuador, se puede observar que funciona con señales de onda cuadrada, dando pulsos positivos y negativos a cada uno de los pines, intercambiando la polaridad de éstos de acuerdo a las condiciones que el motor requiera (ver Tabla 6).

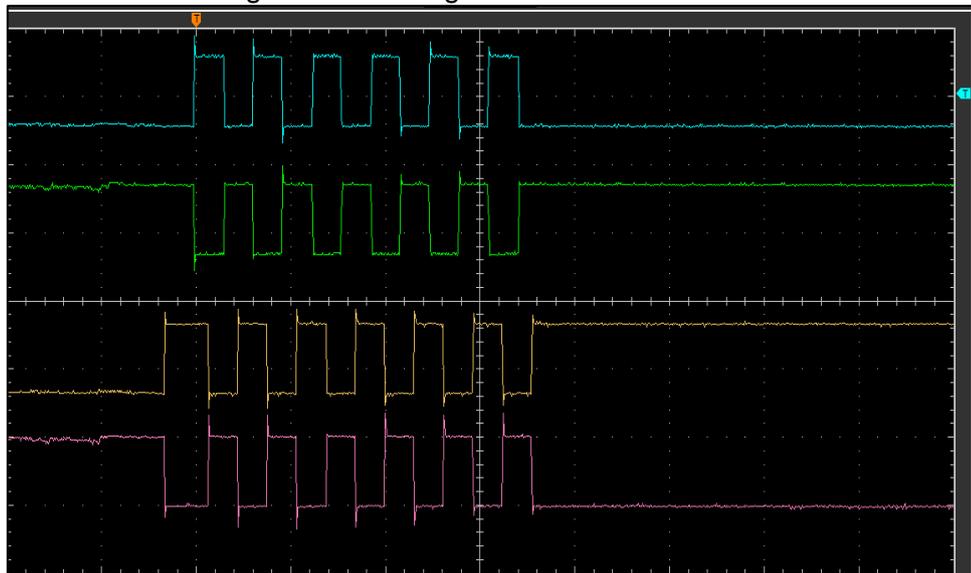
Tabla 6. Valores de la válvula IAC

Paso	A	B	C	D
1	V+	V-	V+	V-
2	V+	V-	V-	V+
3	V-	V+	V-	V+
4	V-	V+	V+	V-

Fuente: Autor

El momento de poner en funcionamiento el banco de pruebas se obtiene los siguientes resultados con el osciloscopio (ver Figura 59).

Figura 59. Oscilograma de la válvula IAC



Fuente: Autor

**4.2.1.3 Análisis de la gráfica de la válvula IAC.** Como podemos observar tenemos cuatro tipos de gráficas, están corresponden cada par a una bobina, o cada una a un devanado. Para poder interpretar el oscilograma se conectó en forma ordenada el instrumento (osciloscopio), como podemos observar tenemos activados los canales 2, 4, 6 y 8 en forma descendente, cada uno de estos corresponden a los conectores A, B, C y D de la válvula respectivamente.

Cuando el terminal A y C de la válvula reciben una señal positiva y el terminal B y D una señal negativa la misma que es enviada desde la unidad de control como se

observa en el oscilograma, la gráfica nos indica que la válvula se cierra limitando el paso de aire por el bypass del cuerpo de aceleración.

Cuando el terminal A y C reciben una señal negativa y el terminal B y D una señal positiva, el oscilograma nos indica que la válvula se está abriendo, para de esta manera permitir el paso de aire por el bypass y mantener el motor en ralentí.

#### **4.2.2 Inyector**

**4.2.2.1 Principio de funcionamiento.** Existen tres métodos usados para la operación de los inyectores de combustible, todos estos con el objetivo de mantener el devanado del solenoide tan frío como sea posible para evitar que el inyector se queme y obtener un mejor rendimiento del mismo.

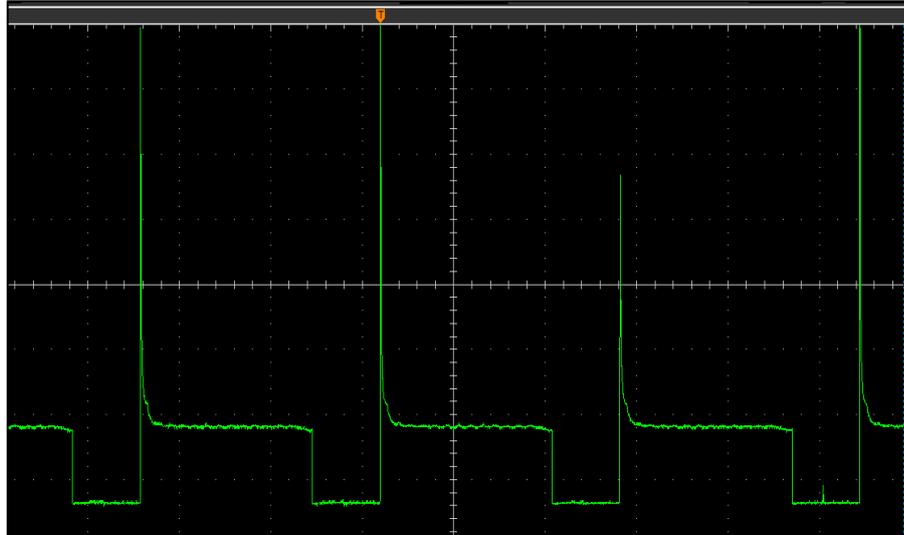
- Conexión a tierra convencional
- Pico de retención de corriente
- Modulación de ancho de pulso

En nuestro caso el sistema se basa en el método de conexión a tierra convencional, el cual no es más que un transistor a tierra el mismo que comanda la unidad de control. La ECU se encarga de activar y desactivar el inyector por medio de una señal de masa; la señal de alimentación que recibe el inyector proviene directamente desde la llave de ignición, trabajando el inyector con una tensión de 12 voltios.

**4.2.2.2 Datos reales medidos en el inyector.** Las resistencias que proporcionan los inyectores varían de acuerdo al fabricante, el tiempo de pulso de apertura varía entre 3 y 5 ms.

En la Figura 60 podemos observar el oscilograma del inyector, la gráfica nos indica que la tensión de alimentación es de 14,8 voltios aproximadamente, cuando el transistor mano se polariza la tensión es de 0 voltios debido a que el transistor está en conmutación. Cuando la ECU deja de alimentar al transistor, éste se desactiva y observamos que el pico de voltaje debido a la inducción generada por la bobina del inyector continúa con una línea constante de 12 voltios. La razón de la inducción de la bobina es porque existen corrientes parásitas las cuales generan campos magnéticos parásitos.

Figura 60. Oscilograma del inyector



Fuente: Autor

**4.2.2.3** *Análisis de la gráfica del inyector.* Para poder interpretar esta gráfica se debe saber que el inyector está conectado todo el tiempo a una señal de voltaje la misma que debe superar los 13.5 voltios y es accionado por medio de una masa la misma que envía la unidad de control.

Al inicio de la gráfica podemos observar que el sensor recibe una alimentación de 14.8 voltios durante un tiempo aproximado de 17 ms., cuando recibe la señal de masa de la ECU el circuito se cierra, en este instante la gráfica del oscilograma nos indica que la bobina del inyector se carga y el devanado del mismo deja pasar combustible en un tiempo de 3.5 ms. aproximadamente. Cuando la unidad de control quita la señal de masa del inyector, se genera un pico de tensión como podemos observar en el display del osciloscopio. Cuando esto termina el procedimiento vuelve a repetirse la veces que sea necesario.

### **4.2.3** *Bobina de encendido*

**4.2.3.1** *Principio de funcionamiento.* En el sistema instalado en el banco de pruebas, contamos con una bobina DIS transistorizada, esta consta de dos bobinas internas, formada por dos devanados primarios, gobernados de forma alternativa cada una por una etapa de potencia y dos secundarios unido cada uno de ellos en sus extremos a las bujías. Por lo tanto existen dos circuitos de encendido 1-4 y 2-3.

El tipo de bobina que usamos en el banco de pruebas es totalmente electrónico, la

unidad de control genera una señal pulsante que puede ser cero o cinco voltios, esto para activar el primario de la bobina, como en nuestro caso son dos bobinas internas, la bobina recibe independientemente dos señales de la ECU que provienen de los terminales C3 y D10, al estar alimentada por 12 voltios y una masa, la bobina se activa cuando recibe una de estas señales.

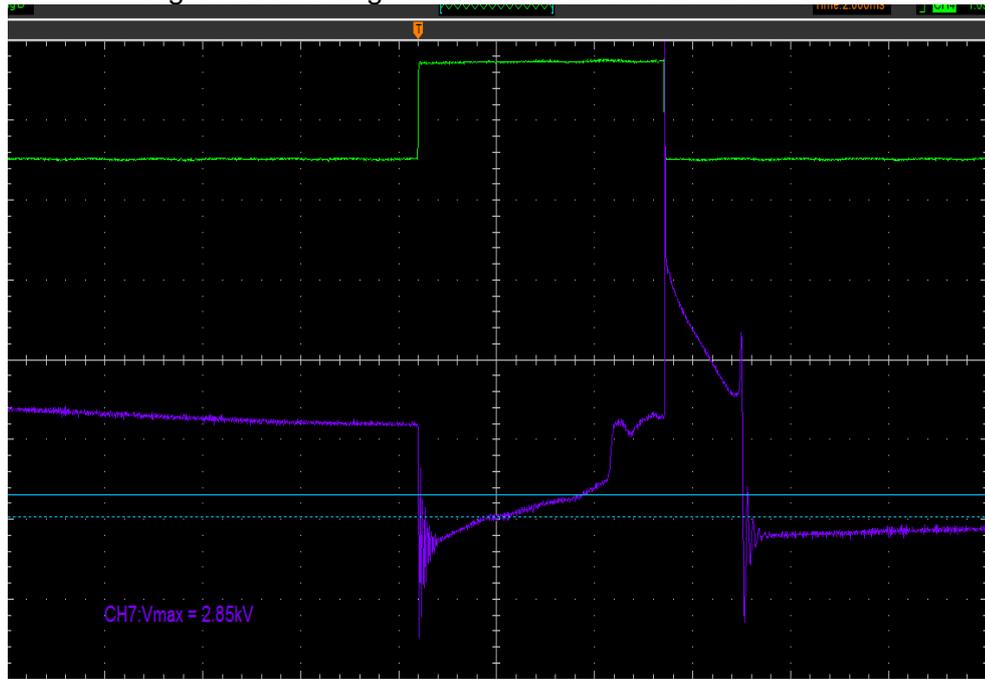
La alta tensión inducida en los secundarios de forma alternativa hace que, en ambas bujías conectadas en serie con el secundario en cuestión, se genere un salto de chispa. Las bujías están ordenadas de tal manera que una de las bujías encienda en el tiempo de trabajo del cilindro, mientras la otra en el tiempo de escape desfasado 360°; es decir si la bujía del cilindro 1 enciende finalizando la compresión, la bujía 4 encenderá finalizando el escape. Este procedimiento se repite después de 360° pero intercambiando los papeles en los cilindros.

**4.2.3.2 Datos reales medidos en la bobina.** Al ser una bobina transistorizada, se ha obtenido dos tipos de gráficas en nuestro tablero electrónico; la primera que se encuentra en la parte superior es de color verde y nos da una lectura de la señal que envía la unidad de control. La segunda que se obtiene en la parte inferior de color fucsia nos brinda una lectura del secundario de la bobina como se puede mostrar en la Figura 61.

**4.2.3.3 Análisis de la gráfica del encendido transistorizado.** La gráfica de color verde nos indica el momento en el cual la unidad de control activa el primario de la bobina por medio de un transistor para inducir al secundario. Como se observa en el oscilograma el tipo de onda es cuadrática, de esta manera al mandar una señal pulsante se genera una onda cuadrada, esto quiere decir que en ese instante la bobina se carga y en el momento que la unidad de control desactiva el pulso se genera la chispa de la bujía.

La autoinducción producida en el momento del salto de la chispa se produce por las corrientes parásitas existentes, cuyo proceso comienza desde que la unidad de control electrónica envía la señal al Transistor IGBT el cual proviene de la familia FET y bipolar, éste ofrece un control tanto de la corriente como de voltaje. Todo este proceso de autoinducción se observa en la Figura 61, donde las curvas patrón se muestra con color morado y la curva tomada en tiempo real se muestra con color verde.

Figura 61. Oscilograma del sistema de encendido DIS



Fuente: Autor

La onda generada por el secundario se puede visualizar en la parte inferior del display. En el momento que la gráfica de color verde nos da una lectura de 0 voltios, la gráfica de color morado se mantiene en línea recta, deduciendo así que la bobina se encuentra en estado pasivo.

Cuando la gráfica de color verde pasa de cero a cinco voltios podemos observar que el secundario de la bobina empieza a cargar en un tiempo de 4 ms. aproximadamente y una vez que vuelve a caer la señal de la ECU a cero voltios se produce el salto de chispa durante un tiempo de 1.7 ms aproximadamente.

En la escala vertical se puede observar que el valor máximo de la gráfica inferior es de 2.85 kV, este es el valor de la tensión producida por el secundario de la bobina.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Una vez concluido este proyecto de tesis se ha llegado a la conclusión de haber logrado plasmar en el mismo las enseñanzas impartidas por los docentes, durante el periodo de formación académica en nuestra querida y respetada institución. Gracias a esto y al esfuerzo y entrega del autor se ha concluido con total satisfacción el trabajo realizado durante estos últimos meses.

Se implementó el banco de pruebas con la satisfacción de que su uso será de mucha funcionalidad para el manejo de un instrumento muy importante como es el osciloscopio.

Se logró configurar cada uno de los sistemas implementados en el banco, para que éstos funcionen de forma similar a los de un caso real.

Las señales emitidas por el banco de pruebas y analizadas por el osciloscopio respectivamente, son iguales y en algunos casos más precisas que las de un sistema real debido a las bajas emisiones de ruido y vibraciones que genera el simulador en comparación a las de un motor de combustión interna.

Con la ayuda del manual de procedimientos, el aprendiz puede hacer uso de este banco de pruebas y del instrumento de medida (osciloscopio), de una forma segura y eficiente.

#### **5.2 Recomendaciones**

Realizar el montaje del banco didáctico sobre la estructura base al finalizar la implementación de los sistemas eléctricos y electrónicos, de esta manera se podrá trabajar de una manera más cómoda y segura en el tablero de instrumentos.

Tomar en cuenta al momento de realizar las conexiones eléctricas entre los sensores, actuadores y la unidad de control, el color de cables a utilizar para cada uno de los componentes y más aún para cada señal ya sea esta de entrada o salida.

Tener en cuenta el voltaje de alimentación del banco de pruebas, ya que si éste no es el correcto, los sistemas implementados en el mismo pueden sufrir averías.

Tener precaución, en el momento de realizar las prácticas de laboratorio con la chispa generada por las bujías, ya que esta puede causar lesiones en el practicante.

Leer el manual del usuario antes de instalar el osciloscopio, para evitar que el instrumento de medida no sufra daño alguno.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALONSO, José. 2002.** *Inyección de Gasolina y Dispositivos Anticontaminación*. Madrid : Paraninfo, 2002.

**CANDIANO, Gabriel. 2012.** *Principios de Electrónica Sensores y Actuadores*. [En línea] 2012. [Citado el: 23 de 08 de 2013.] <http://www.manualesdemecanica.com/manuales/func-startdown/2811/>.

**GIL, Hermogenes. 2002.** *Sistemas de Inyección de Gasolina* . Barcelona : Grupo Editorial CEAC, 2002.

**OROZCO, José. 2006.** *Diagnóstico y Servicio de Inyección Electrónica*. México : Digital Comunicación, 2006.

**RUEDA, Jesús. 2006.** *Manual Técnico Fuel Injection*. Guayaquil : Diseli, 2006.

**BOOSTER, Beto.** Encendido electronico. [En línea] [Citado el: 05 de Septiembre de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos-pdf3/sistemas-egr-ford-sensores-dpfe/sistemas-egr-ford-sensores-dpfe.pdf>.

**DÍAZ, Rodrigo. 2010.** *Termodinámica Automotriz*. Riobamba : ECOPYCENTER, 2010.

**CRUZ, A. 2013.** automotriz.net. [En línea] 08 de 05 de 2013. [Citado el: 23 de 08 de 2013.] [http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/26/config-sist-admision\\_2.gif](http://www.automotriz.net/tecnica/images/conocimientos-basicos/26/config-sist-admision_2.gif).

**MAHA, Company. 2003.** *Manual de usuario MGT5 analizador de gases*. Haldenwang/Allgäu : Aignaviva-Girona, 2003.

**GALLEGOS, M. 2010.** Estiquimetría de motores a gasolina. [En línea] Enero de 2010. [Citado el: 03 de Septiembre de 2013.] <http://mgallegosantos.files.wordpress.com/2010/01/emisiones-contaminantes.pdf>.