



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO
FUNCIONAL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN TBI**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz**

Autores:

**Claudio Renato González Puertas
Lenin Miguel Burneo Castro**

Director:

José Fernando Muñoz Vizhñay

Cuenca - Ecuador

2013

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad de crecer a lado de las personas que más admiro en el mundo; a mis padres Germán y Carmencita, gracias por impulsarme en los momentos más difíciles de mi carrera, por ustedes puedo hoy ver alcanzada mi meta, gracias por lo que han hecho de mí; a mi compañero de tesis y hermano.

A mis hermanas Diana, Paola y Jessica que son mi vida.

Claudio Renato González Puertas.

A mis padres Lenin Burneo y Lucia Castro, por el apoyo incondicional, el amor y la paciencia que me han entregado a lo largo de este proyecto, a mis hermanos José, Roberth y Guadalupe por siempre estar a mi lado brindándome su cariño y afecto, a mi compañero de tesis y amigos por los consejos y el aguante durante la elaboración de la tesis. Gracias de todo corazón, son parte fundamental de este proyecto y de mi vida.

A Dios por entregarme salud y fuerzas para alcanzar una nueva meta en mi vida. Sin el nada es posible.

Lenin Miguel Burneo Castro.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la Universidad del Azuay, a la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, a nuestros docentes y amigos; de manera especial a nuestro Director de Tesis Ing. Fernando Muñoz y a nuestro colaborador Ing. Fernando Guerrero, por su apoyo en el transcurso de nuestra formación académica y en la realización del presente trabajo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I SISTEMA DE INYECCIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO TBI

Introducción.....	3
1.1 Descripción general.....	4
1.2 Sistema de suministro de aire y combustible	6
1.2.1 Bomba de combustible.....	6
1.2.1.1 Funcionamiento.....	7
1.2.1.2 Diagrama de conexión.....	8
1.2.2 Cuerpo de aceleración.....	8
1.2.2.1 Conexiones de las mangueras en el cuerpo de aceleración.....	9
1.2.3 Inyector de combustible.....	10
1.2.3.1 Funcionamiento.....	10
1.2.3.2 Diagrama de conexión.....	11
1.2.4 Regulador de presión de combustible.....	12
1.2.5 Válvula de control de aire en ralentí IAC (Idle Air Control).....	13
1.2.5.1 Funcionamiento.....	13
1.2.5.2 Diagrama de conexión.....	14
1.2.6 Válvula del filtro de carbón activado (Cánister).....	15
1.2.6.1 Diagrama de Conexión.....	16
1.3 Sistema de control electrónico.....	16
1.3.1 Unidad de control electrónico (ECU).....	18

1.3.1.1	Estructura.....	19
1.3.1.2	Alimentaciones.....	20
1.3.1.3	Señales de entrada.....	20
1.3.1.3.1	Señales analógicas.....	21
1.3.1.3.2	Señales digitales.....	21
1.3.1.3.3	Señales de salida.....	22
1.3.2	Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión MAP (manifold absolute pressure).....	23
1.3.2.1	Diagrama de conexión.....	24
1.3.2.2	Voltaje.....	24
1.3.2.3	Forma de onda.....	25
1.3.3	Sensor de Posición de la Válvula de Aceleración TPS (Throttle Position Sensor).....	25
1.3.3.1	Diagrama de conexión.....	26
1.3.3.2	Voltaje de referencia.....	27
1.3.3.3	Forma de onda.....	27
1.3.4	Sensor de temperatura de aire IAT (intake air temperature).....	27
1.3.4.1	Diagrama de conexión.....	28
1.3.4.2	Voltaje de referencia.....	28
1.3.4.3	Forma de onda.....	29
1.3.5	Sensor de temperatura de refrigerante ECT (engine coolant temperature).....	29
1.3.5.1	Diagrama de conexión.....	31
1.3.5.2	Voltaje de referencia.....	31
1.3.5.3	Forma de Onda.....	32
1.3.6	Sensor de oxígeno con calentador (HEGO).....	32
1.3.6.1	Diagrama de conexión.....	34
1.3.7	Sensor de efecto Hall.....	34
1.3.7.1	Funcionamiento.....	35
1.3.7.2	Diagrama de conexión.....	36
1.3.8	Señales adicionales.....	37
1.3.9	Conector de diagnóstico ALDL (assembly line diagnostic link).....	37
1.3.9.1	Conexión.....	38
1.4	Funciones de la ECU.....	38
1.4.1	Sistema de control de inyección de combustible.....	38

1.4.1.1	Distribución de la inyección.....	38
1.4.1.2	Inyección sincrónica.....	39
1.4.1.3	Inyección asincrónica.....	39
1.4.1.4	Tiempo de inyección (cantidad de inyección)	39
1.4.1.5	Compensaciones del sistema de Inyección.....	40
1.4.2	Sistema de control del calentador de oxígeno.....	43
1.4.3	Sistema de control de válvula de solenoide de IAC.....	44
1.4.3.1	Funcionamiento	44
1.4.4	Sistema de control de la bomba de combustible.....	45
1.4.5	Sistema de avance de chispa electrónico.....	46
1.4.5.1	Control de distribución del encendido en la puesta en marcha del motor	46
1.4.5.2	Control de distribución del encendido después de la puesta en marcha del motor.....	46
1.4.5.3	Control del tiempo de flujo de corriente eléctrica.....	47
1.5	Conclusiones	48

CAPÍTULO II DISEÑO DEL BANCO DIDÁCTICO Y LA TARJETA ELECTRÓNICA

Introducción.....	49
2.1 Características del banco didáctico.....	50
2.1.1 Diseño de la estructura.....	50
2.2 Propósito de la tarjeta electrónica.....	56
2.3 Diseño de la tarjeta electrónica.....	56
a) Señal de temperatura del refrigerante motor	57
b) Señal de temperatura del aire admitido	57
c) Señal de revoluciones del motor.....	58
d) Señal de posición de la válvula de gases	58
e) Señal de depresión en el múltiple de admisión.....	59
f) Señal de cantidad de mezcla en gases de escape.....	59
g) Actuador	59
2.3.1 Selección del microcontrolador.....	59
2.3.2 Descripción del software de control	62
2.3.2.1 Visualización de señales.....	62
2.3.3 Programación del software del microcontrolador y del computador	63

2.3.4	Desarrollo del hardware o tarjeta electrónica.....	65
2.3.4.1	Alimentación.....	67
2.3.4.2	Potencia.....	67
2.3.4.3	Filtrado de Tensión.....	67
2.3.4.4	Acoples de Impedancia.....	68
2.3.4.5	Conexión USB.....	69
2.3.5	Software de Control.....	70
2.4	Conclusiones.....	72

CAPITULO III CONSTRUCCIÓN DEL BANCO Y LA TARJETA ELECTRÓNICA

Introducción.....	73	
3.1	Construcción de la estructura.....	74
3.1.1.	Planos de construcción.....	74
3.1.1.1	Ejecución de la construcción.....	74
3.2	Montaje de los Componentes del Banco.....	76
3.3	Puesta a punto del sistema.....	78
3.4	Fabricación de la tarjeta electrónica.....	78
3.5	Conectividad de la tarjeta electrónica con el sistema de inyección TBI... ..	80
3.6	Conclusiones.....	82

CAPITULO IV PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Introducción.....	83	
4.1	Funcionamiento operativo del banco.....	84
4.1.1	Software de visualización.....	84
4.2	Problemas que presenta en el motor y sus posibles causas.....	87
4.3	Diagnóstico de sensores y actuador.....	89
4.3.2	Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP).....	90
4.3.3	Sensor de temperatura de aire admitido (IAT).....	91
4.3.4	Sensor de posición de la válvula de aceleración (TPS).....	93
4.3.5	Válvula de control de aire en ralentí (IAC).....	94
4.3.6	Inyector.....	95
4.4	Obtención de códigos de falla.....	95
4.4	Conclusiones.....	96

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98
ACRÓNIMOS	98
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sistema de Inyección Electrónica.....	5
Figura 1.2. Vista en corte de la Bomba de Combustible.....	7
Figura 1.3. Diagrama de conexión del relé de bomba de combustible.....	8
Figura 1.4. Relé de la bomba de combustible.....	8
Figura 1.5. Cuerpo de aceleración TBI.....	9
Figura: 1.6. Conexión de mangueras	10
Figura 1.7 Vista en corte del inyector.....	11
Figura 1.8. Diagrama de Conexión del inyector de combustible.....	11
Figura 1.9. Componentes del regulador de presión.....	12
Figura 1.10 Válvula reguladora o regulador de presión.....	12
Figura 1.11. Localización de la válvula IAC en el cuerpo de aceleración.....	13
Figura 1.12. Motor paso a paso (IAC).....	14
Figura 1.13. Pasaje de la mezcla aire-combustible.....	14
Figura 1.14. Diagrama de Conexión del inyector de la válvula IAC.....	14
Figura 1.15. Conexión de mangueras.....	15
Figura 1.16. Diagrama de conexión de la válvula del cánister.....	16
Figura 1.17. Esquema eléctrico del Sistema TBI.....	17
Figura 1.18. Unidad de Control Electrónico.....	19
Figura 1.19. Diagrama de conexión de Alimentación de la ECU.....	20
Figura 1.20. Diagrama de conexión de Alimentación de la ECU.....	20
Figura 1.21. Procesamiento de datos dentro de la ECU.....	21
Figura 1.22. Osciloscopio indicando señal digital.....	22
Figura 1.23. Señales de Salida.....	23
Figura 1.24. Ubicación del Sensor MAP.....	24
Figura 1.25 Diagrama de conexión del sensor MAP.....	24
Figura 1.26 Forma de Onda del sensor MAP.....	25
Figura 1.27 Vista en corte del inyector.....	26
Figura 1.28 Diagrama de conexión del sensor de posición de la válvula de gases...	26
Figura 1.29 Forma de onda del sensor TPS.....	27
Figura 1.30 Sensor de temperatura de aire.....	28
Figura: 1.31. Diagrama de conexión del sensor de temperatura de aire.....	28
Figura 1.32 Forma de onda del sensor de Aire.....	29

Figura 1.33 Sensor de temperatura del líquido refrigerante.....	30
Figura 1.34. Ubicación del Sensor ECT en el motor.	30
Figura 1.35. Diagrama de conexión del sensor de temperatura de agua.....	31
Figura 1.36 Forma de onda del sensor de Aire.	32
Figura 1.37 Vista en corte del sensor de oxígeno.	33
Figura 1.38 Ubicación del la sonda Sonda lambda.....	33
Figura 1.39. Diagrama de conexión del sensor de Oxígeno.	34
Figura 1.40. Despiece del distribuidor efecto Hall.	35
Figura 1.41. Forma de onda del sensor.....	36
Figura 1.42. Diagrama de conexión del sensor de HALL.	36
Figura 1.43. Conector de diagnóstico.	37
Figura 1.44. Terminales del conector de diagnóstico.	38
Figura 1.45. Diagrama de parámetros.....	39
Figura 1.46. Compensación de retroalimentación.	43
Figura 1.47 Circuito del Sistema del calentador de oxígeno.	43
Figura 1.48 Sistema de control de la válvula solenoide IAC.....	45
Figura 1.49 Diagrama del sistema de avance de chispa.....	47
Figura 2.1. Disposición del motor en el Vehículo.....	51
Figura 2.2. Estructura del Banco en ANSYS.....	51
Figura 2.3. Estructura del Banco en ANSYS.....	52
Figura 2.4. Reacciones de las Ruedas.....	52
Figura 2.5. Deformación de la Estructura.....	53
Figura 2.6. Esfuerzo equivalente de Von Mises.	53
Figura 2.7. Factor de Seguridad.....	54
Figura 2.8. Diagrama de Funcionamiento.....	56
Figura 2.9. Estructura de un Microcontrolador.....	60
Figura 2.10. Distribución de pines del Pic 18F2520.....	61
Figura 2.11. Obtención de archivos para la programación.....	63
Figura 2.12. Apertura de archivo para programación del microcontrolador.	64
Figura 2.13. Grabador de Pics.....	64
Figura 2.14. Apertura de archivo para programación en Visual Basic.....	65
Figura 2.15. Circuito de la tarjeta electrónica.....	66
Figura 2.16. Circuito de potencia.....	67

Figura 2.17. Circuito de filtrado de tensión.....	68
Figura 2.18. Circuito de acople de impedancia.....	68
Figura 2.19. Circuito del puerto USB.....	69
Figura 2.20. Comprobación del circuito.....	69
Figura 2.21. Componentes del circuito eléctrico.....	70
Figura 2.22. Ruteo del circuito eléctrico.....	70
Figura 2.23 Software de control.....	71
Figura 3.1. Estructura del Banco.....	74
Figura 3.2. Estructura en proceso y motor acoplado.....	76
Figura 3.3. Estructura terminada y motor acoplado.....	76
Figura 3.4. Montaje de los Componentes del Sistema.....	78
Figura 3.5. Rotulado de la placa.....	79
Figura 3.6. Rotulado de la placa en la baquelita.....	79
Figura 3.7. Ensamble de componentes.....	80
Figura 3.8. Tarjeta armada completamente.....	80
Figura 3.9. Conectividad de tarjeta electrónica.....	81
Figura 4.1. Señal del Sensor Hall.....	84
Figura 4.2. Señal del Sensor MAP.....	85
Figura 4.3. Señal del Sensor IAT.....	85
Figura 4.4. Señal del Sensor ECT.....	85
Figura 4.5. Señal del Sensor TPS.....	86
Figura 4.6. Señal del Sensor de oxígeno.....	86
Figura 4.7. Señal del Inyector.....	86
Figura 4.9. Valores de temperatura.....	87
Figura 4.10. Estado físico de conexiones.....	89
Figura 4.11. Comprobación de las entradas de señal.....	89
Figura 4.12 Diagrama de conexión del sensor MAP.....	90
Figura 4.13 Diagrama de conexión del sensor MAP.....	90
Figura 4.14 Diagrama de conexión del sensor IAT.....	91
Figura 4.15 Diagrama de conexión del sensor ECT.....	92
Figura 4.16 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno.....	93
Figura 4.17 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno.....	93
Figura 4.18. Obtención código de falla.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Voltaje de referencia del sensor MAP	24
Tabla 1.2 Voltajes de referencia del sensor TPS	27
Tabla 1.3 Voltajes de referencia del sensor ACT	29
Tabla 1.4 Voltajes de referencia del sensor ECT.....	31
Tabla 1.5 Especificaciones de velocidad del motor a ralentí.....	45
Tabla 2.1. Valores obtenidos de esfuerzos en el banco.	55
Tabla 2.2. Temperatura vs Voltaje del Sensor ECT.	57
Tabla 2.3. Temperatura vs Voltaje del Sensor ACT.....	58
Tabla 2.4. Posición de válvula de gases vs Voltaje del Sensor TPS.....	58
Tabla 2.5. Características del Pic 18F2520.....	61
Tabla 2.6. Datos a visualizar.....	62
Tabla 3.1. Materiales para la Construcción del Banco.	75
Tabla 3.2. Elementos externos empleados en el Banco.	77
Tabla 3.3. Materiales eléctrico empleado en el Banco.	77
Tabla 4.1. Problemas en el motor y sus posibles causas.....	88
Tabla 4.2. Variación de frecuencia del sensor Hall	90
Tabla 4.3. Variación del MAP.....	91
Tabla 4.4. Variación del IAT	92
Tabla 4.5. Variación del ECT	92
Tabla 4.6. Variación del TPS.....	94
Tabla 4.7. Valores de resistencia válvula IAC.....	94
Tabla 4.8. Archivo códigos de falla.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Líneas de programación del microcontrolador.....	100
Anexo 2: Líneas de programación del software de control del sistema.....	104
Anexo 3: Planos de construcción del banco.....	120

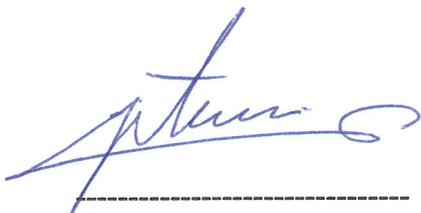
Burneo
27/02/13

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN TBI

RESÚMEN

El presente trabajo de graduación proporcionó información práctica y técnica del sistema de inyección TBI para un motor Volkswagen AP año 1995, lo que permitió identificar y manipular los componentes, su funcionamiento y comprobación por medio de una interfaz electrónica de comunicación, que permite visualizar en tiempo real la actividad y comportamiento de los sensores. También se proporcionó un archivo de códigos de falla del sistema para facilitar el diagnóstico, y la reparación. Finalmente se trató sobre el diseño y construcción de la estructura del banco didáctico que permite una fácil manipulación de los diversos elementos que componen este sistema.

Palabras claves: Sistema, inyección, interfaz electrónica, códigos de falla, banco didáctico



Ing. Hernán Viteri
Presidente de la junta académica



Ing. Fernando Muñoz
Director de tesis



Miguel Burneo



Claudio González

Luis

Handwritten signature and date
130313

ABSTRACT

The present graduation work provided practical and technical information regarding the TBI injection system for a Volkswagen AP engine, year 1995. This allowed us to identify and manipulate its components, its operation and to do testing through an electronic interface communication system that permits visualizing the activity and behavior of the sensors in real time. We also provided a tilt effect code file of the system in order to facilitate diagnosis and repair. Finally, we developed the design and construction of a didactic bank structure that allows simple manipulation of the diverse elements of the system.

Key words: system, injection, electronic interface, tilt effect code, didactic bank.



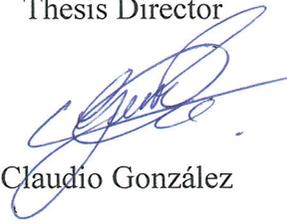
Ing. Hernán Viteri
President of the Academic Board



Ing. Fernando Muñoz
Thesis Director



Miguel Burneo



Claudio González



Translated by,
Diana Leè Rodas

Claudio Renato González Puertas
Lenin Miguel Burneo Castro
Trabajo de Graduación
Ing. José Fernando Muñoz Vizhñay
Marzo del 2013

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN TBI

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo el sistema de alimentación de combustible (mezcla aire/combustible) del motor ha sido un punto importante de estudio dentro del vehículo al ser una parte fundamental para la eficiencia de motor. En vehículos de años anteriores se utilizaba el sistema de alimentación por medio de un carburador, este sistema de tipo mecánico presentaba problemas como:

- Un excesivo consumo de combustible.
- Ralentí inestable.
- Arranques difíciles en frío.

El sistema de inyección monopunto TBI fue la transición del sistema mecánico al electrónico, siendo una solución temporal no se le dio la importancia necesaria al estudio profundizado de su funcionamiento y componentes, al ser remplazado rápidamente por el sistema de inyección electrónica multipunto “MPFI” de vehículos actuales.

El TBI se basa fundamentalmente en la disminución del consumo de combustible, la reducción de emisiones contaminantes y la mejora del rendimiento mecánico del motor a través de la ayuda electrónica que fue incorporada principalmente por las marcas General Motors y Ford.

La implementación de este sistema de inyección implica tener conocimientos técnicos en el área, para realizar las comprobaciones que permitan diagnosticar una posible falla. Para cubrir estas necesidades es pertinente contar con una herramienta capaz de prestar un soporte de enseñanza sobre este tipo de sistema.

El trabajo que se describe a continuación contiene un estudio teórico y técnico del sistema de inyección TBI utilizada por el vehículo Volkswagen Gol 1.800 cc de 1995, el cual es montado en un banco que se realizó un diseño mecánico previo y posterior construcción.

La visualización de los sensores del motor con la que cuenta el banco es desarrollada por una tarjeta electrónica, diseñada según las características de funcionamiento del sistema las cuales serán comprobadas en el capítulo final.

CAPITULO I

SISTEMA DE INYECCIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO TBI

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, utilizando el sistema de inyección monopunto incorporado por el vehículo volkswagen GOL 1995, se realizará un análisis del sistema de suministro aire/combustible, partiendo por la descripción de sus componentes y la función que desempeñan dentro del mismo, para posteriormente referirse al sistema de control electrónico, detallando los elementos que intervienen y los sistemas de control que utiliza. Este estudio servirá para comprender el funcionamiento del sistema de inyección TBI.

1.1 Descripción general

El sistema de inyección electrónica TBI, posee un solo inyector que provee combustible al cuerpo de la válvula de aceleración, suministrando una mezcla de aire/combustible a las cámaras de combustión, en una proporción óptima para la diversidad de condiciones de conducción.

El sistema TBI se divide en 2 subsistemas principales: Suministro de aire/combustible y Control electrónico. Dentro del sistema de suministro de la mezcla se incluye la bomba de combustible, inyector de combustible, cuerpo de la válvula de aceleración, regulador de presión de combustible, válvula IAC. Dentro del sistema de control electrónico se incluye la ECU, los diferentes dispositivos de control y sensores.

Se describe además el sistema relacionado a la inyección de combustible electrónica y las funciones de la ECU que se indican a continuación:

- Sistema de control de inyección de combustible
- Sistema de control del sensor de oxígeno con calentador
- Sistema de control de válvula de solenoide IAC
- Sistema de control de la bomba de combustible
- Sistema de avance de chispa electrónico.

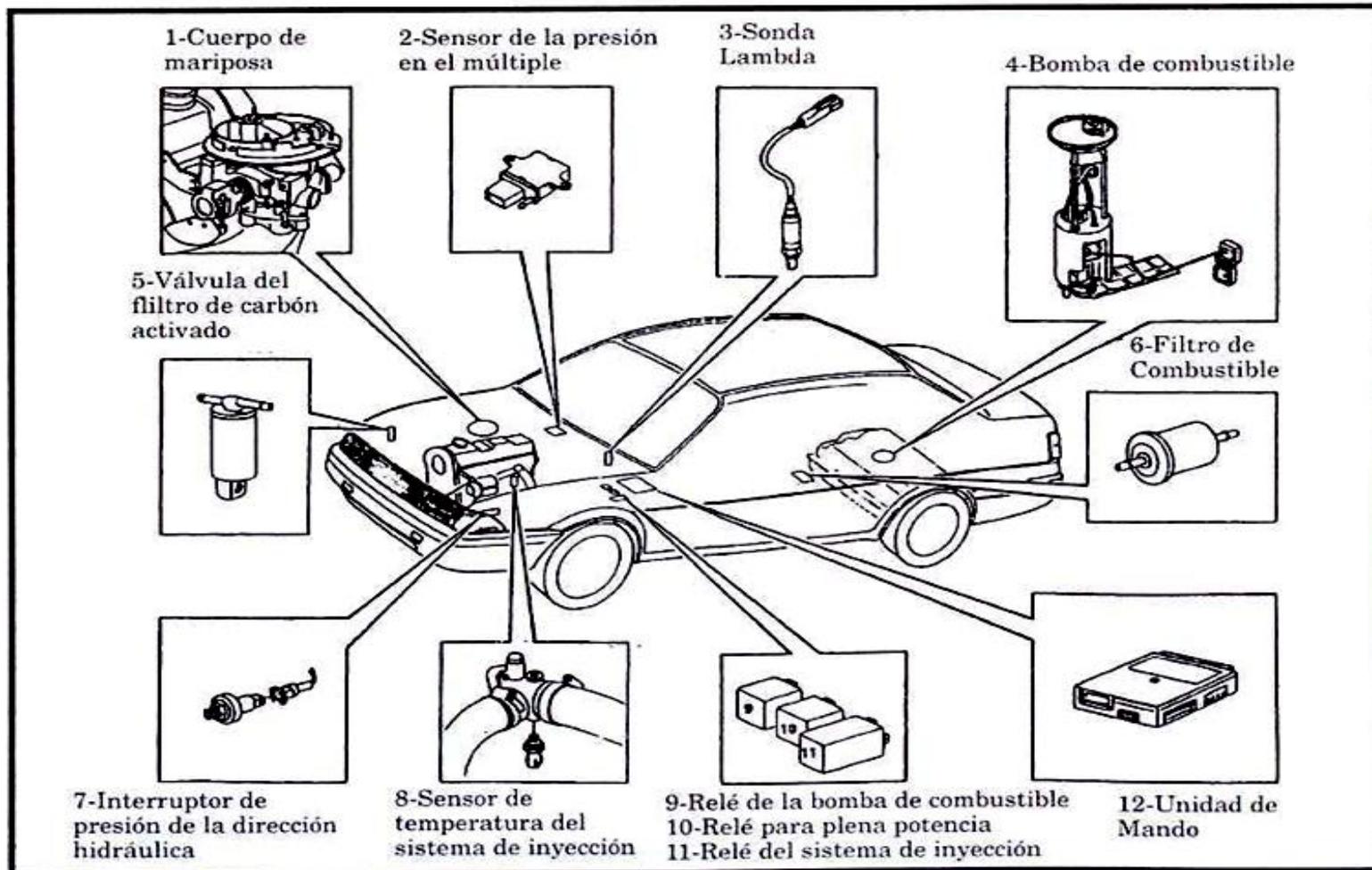


Figura 1.1 Sistema de Inyección Electrónica.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación; 2004

1.2 Sistema de suministro de aire y combustible

Los componentes principales de este sistema son: Filtro de aire, válvula IAC, bomba de combustible, tanque de combustible, filtro de combustible, tubería de alimentación y retorno de combustible, cuerpo de la válvula de aceleración, inyector de combustible, regulador de presión de combustible, múltiple de admisión.

El combustible que se encuentra en el tanque sube por acción de la bomba, pasa por el filtro de combustible y alimenta de presión al inyector en el cuerpo de la válvula de aceleración. Ya que la presión del inyector de combustible siempre se mantiene en un valor mayor a la presión de la válvula de aceleración, por el regulador de presión; el combustible se inyecta con una dispersión cónica, cuando el inyector se abre debido a la señal de inyección enviada desde la ECU. El combustible sobrante pasa por el regulador de presión hacia la tubería de retorno, finalizando en el tanque.

El aire que previamente pasa por el filtro se mezcla con el combustible inyectado en el cuerpo de aceleración, esta mezcla se aspira por la separación de la válvula de aceleración, la pared del cuerpo de aceleración y por el conducto de derivación de la válvula IAC, luego es introducida al múltiple de admisión, el cual distribuye la mezcla de aire/combustible a cada cámara de combustión.

1.2.1 Bomba de combustible

La bomba de combustible se encuentra ubicada dentro del tanque de combustible, se compone de la válvula de retención, válvula de alivio, escobilla, inducido, imán, impulsor, cubierta de la bomba, orificio de admisión de combustible, caja, orificio de salida de combustible. Todos los elementos se encuentran sumergidos en el combustible lo que garantiza una correcta lubricación y refrigeración de los mismos. La ECU controla su activación y desactivación.

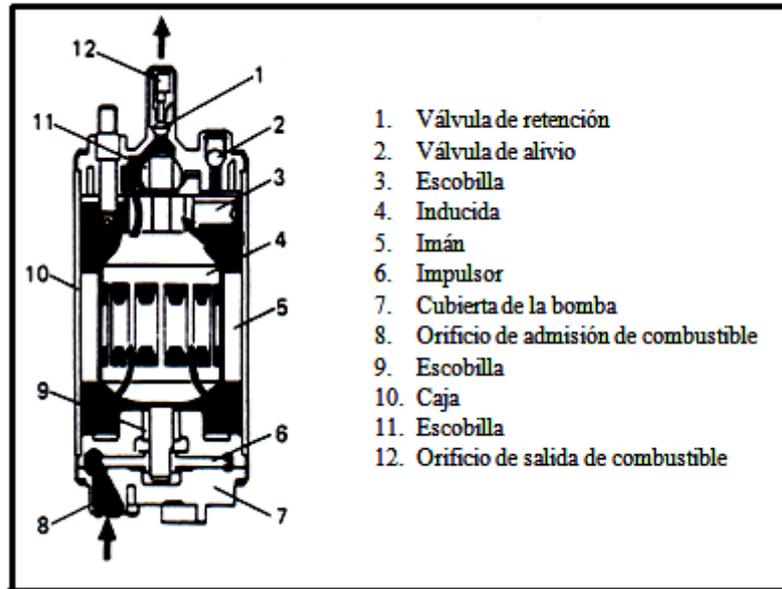


Figura 1.2. Vista en corte de la Bomba de Combustible

Fuente: SUZUKI VITARA, Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.2.1.1 Funcionamiento

“Cuando se suministra corriente a la bomba de combustible, el motor en la bomba empieza a funcionar y también lo hace el impulsor. Esto produce una diferencia en la presión entre ambos lados del impulsor debido a que hay muchas ranuras en su superficie. El combustible es aspirado por el orificio de admisión y a medida que aumenta la presión se descarga por el orificio de salida”¹

La bomba de combustible para evitar una presión excesiva de descarga, posee una válvula de alivio; y una válvula de retención (figura 1.2), la misma que tiene una presión máxima de aproximadamente $6 \pm 0,5$ bar con un caudal de 1.3 a 2.2 litros por minuto.

¹ SUZUKI VITARA, Manual de servicio, Sistema de inyección de combustible electrónica del motor; 2004

1.2.1.2 Diagrama de conexión

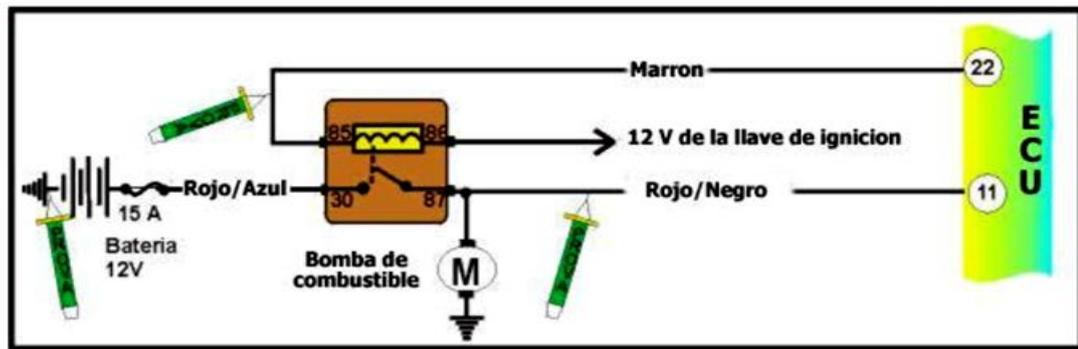


Figura 1.3. Diagrama de conexión del relé de bomba de combustible.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

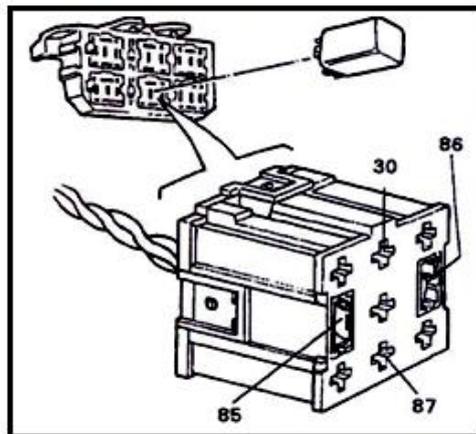


Figura 1.4. Relé de la bomba de combustible

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.2.2 Cuerpo de aceleración

Sobre el múltiple de admisión se ubica el cuerpo de aceleración; en la parte superior de este se encuentra el inyector, cuya función es dosificar y pulverizar el combustible bajo presión, hacia los conductos de admisión.

Se encarga de medir a través de sus componentes la temperatura y cantidad de aire que admite el motor, además controla la presión de combustible del sistema mediante el regulador de presión y por último el régimen de marcha lenta por medio de la válvula IAC.

Se compone de las siguientes partes:

- 1.- Inyector
- 2.- Regulador de presión,

- 3.- Válvula de control de aire en ralentí IAC (Idle Air Control)
- 4.- Sensor de temperatura de aire IAT (Intake Air Temperature)
- 5.- Sensor de posición de la válvula de gases TPS (Throttle Position Sensor)

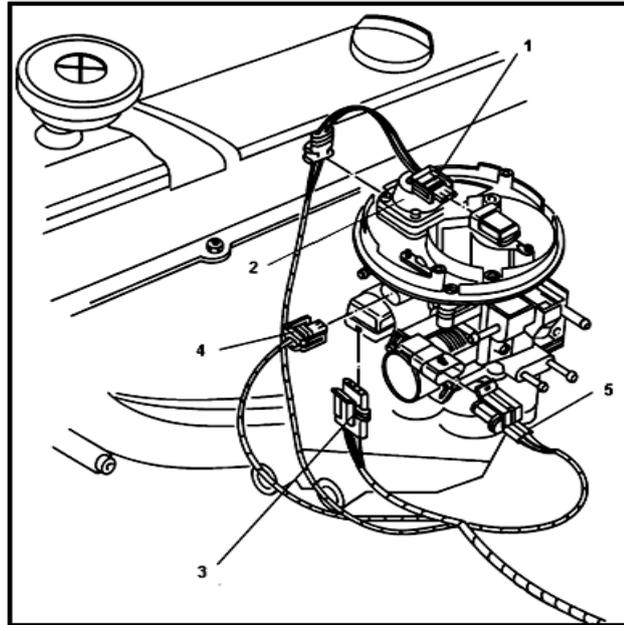


Figura 1.5. Cuerpo de aceleración TBI

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación; 2004

1.2.2.1 Conexiones de las mangueras en el cuerpo de aceleración

Consta de 5 conexiones las cuales son:

- Alimentación de combustible (desde la bomba de combustible)
- Retorno de combustible (hacia el tanque de combustible)
- Conducto de la toma de vacío (sensor MAP)
- Conducto de la válvula del filtro de carbón activado (cánister)
- Conducto de la válvula termoneumática (desde el depurador)

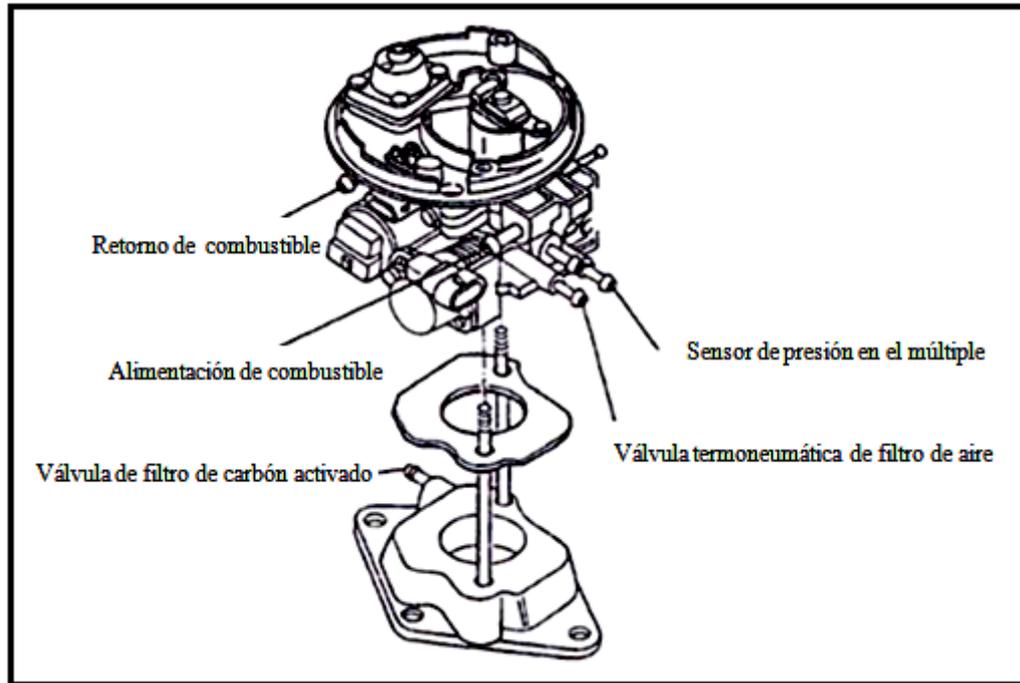


Figura: 1.6. Conexión de mangueras

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.2.3 Inyector de combustible

“En los vehículos monopunto el inyector se encuentra en el centro de la tapa del cuerpo mariposa. Posee dos telas filtrantes y es de tipo Bottom Feed, es decir, la alimentación de combustible es por debajo para evitar la acumulación de burbujas de vapor en su interior”²

Es un inyector de tipo electromagnético, que posee una tobera de inyección (figura 1.7), que de acuerdo a la señal que recibe de la ECU, suministra combustible en el calibre del cuerpo de aceleración.

1.2.3.1 Funcionamiento

Cuando la ECU envía la señal y activa la válvula solenoide del inyector se convierte en un electroimán, que atrae al embolo, lo cual provoca la apertura de la válvula de

²JESÚS SANTANDER, Inyección electrónica, Sistema Multec 700 y Multec TBI, Manual Técnico Fuel Injection, 2005

aguja, inyectándose el combustible que está bajo presión. El periodo de inyección está determinado por; la carrera de elevación de la válvula de aguja, que está a un valor constante y la cantidad de combustible inyectado, el cual se determina por la longitud del tiempo que se demora en pasar la corriente en la bobina solenoide.

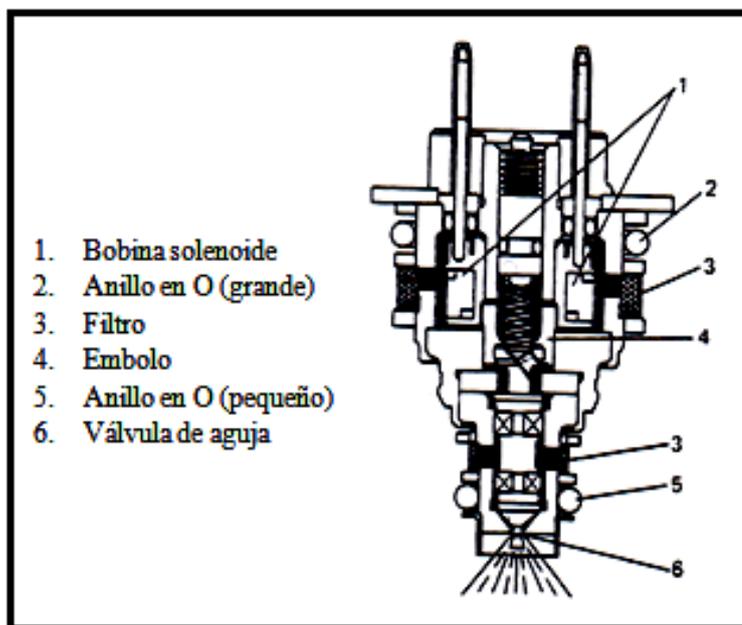
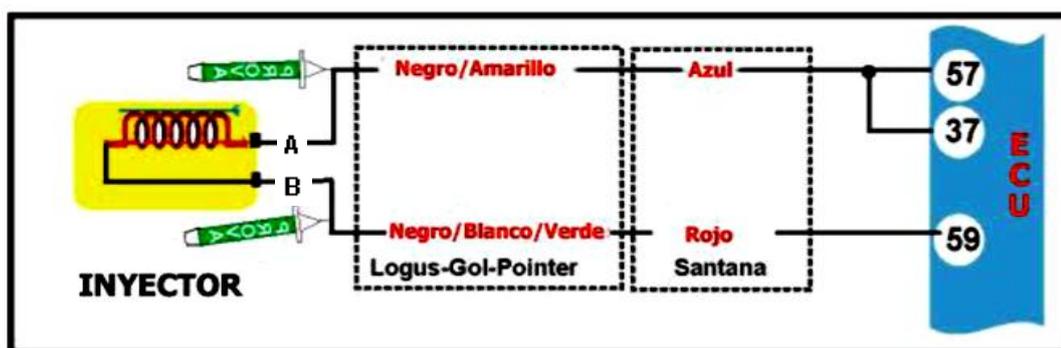


Figura 1.7 Vista en corte del inyector

Fuente: SUZUKI VITARA; Sistema de inyección de combustible electrónico del motor, 2004

1.2.3.2 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (37) y pin (57)	12v + a través del relé principal
B	ECU pin (59)	Impulso desde la ECU, tiempo de inyección

Figura 1.8. Diagrama de Conexión del inyector de combustible.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

1.2.4 Regulador de presión de combustible

Se encuentra ubicado en el cuerpo de aceleración, junto al inyector; se constituye por un resorte y un diafragma (figura 1.9). Es el encargado de controlar la presión de combustible que alimenta al inyector a $1 \pm 0,2$ bar en todo momento. El regulador garantiza una presión uniforme en el circuito de combustible, lo que permite que el motor tenga un funcionamiento perfecto en todos los regímenes de revolución. Cuando se sobrepasa la presión, ocurre una liberación en el circuito de retorno. El combustible retorna al tanque sin presión.

Los componentes que la constituyen son: 1. Tornillo de regulación, 2. cuerpo del regulador, 3. Platillo, 4. Resorte, 5. Diafragma, 6. Válvula.

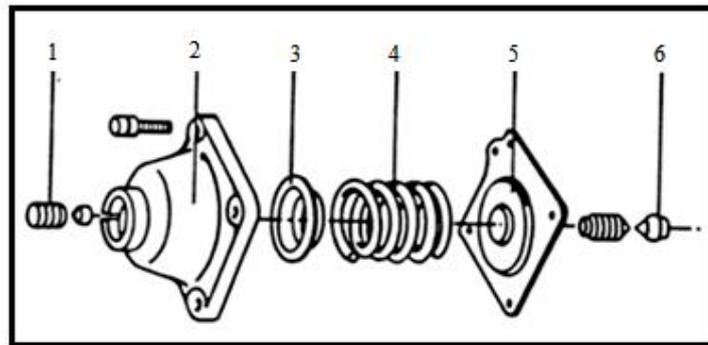


Figura 1.9. Componentes del regulador de presión.

Fuente: www.es.scribd.com/doc/51391244/19/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-TFI-CON-SENSOR-HALL; Julio 2004

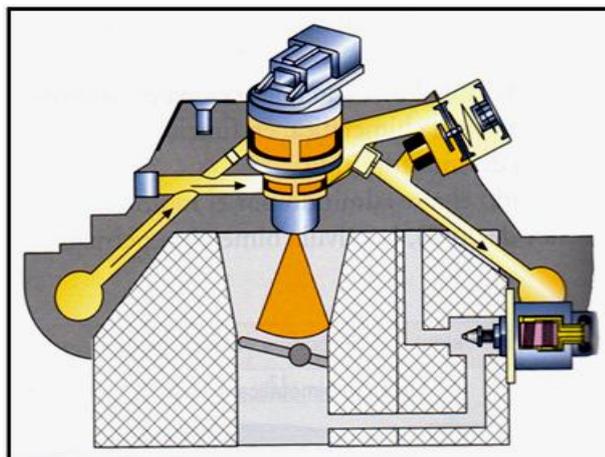


Figura 1.10 Válvula reguladora o regulador de presión

Fuente: JESÚS RUEDA SANTANDER, Inyección electrónica, Sistema Multec 700 y Multec TBI, Manual Técnico Fuel Injection, 2005

1.2.5 Válvula de control de aire en ralentí IAC (Idle Air Control)

Es un dispositivo que controla la derivación de aire, está montado en el cuerpo de aceleración (figura 1.11), la cual posee un motor paso a paso que recibe las señales eléctricas de la ECU a través de cuatro conductores que comandan 2 bobinas electromagnéticas y una válvula cónica (figura 1.13). La ECU controla esta válvula en respuesta de la señal de los diversos sensores, en diferentes cargas y temperaturas del motor.

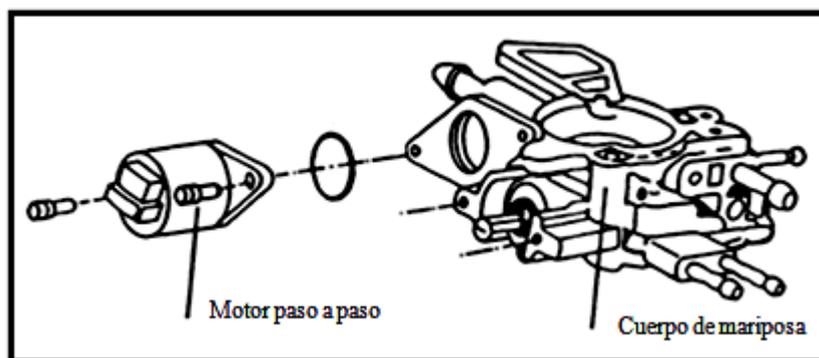


Figura 1.11. Localización de la válvula IAC en el cuerpo de aceleración.

Fuente: www.es.scribd.com/doc/51391244/19/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-TFI-CON-SENSOR-HALL, Julio 2012

1.2.5.1 Funcionamiento

El motor paso a paso posee un imán permanente que gira “1 paso” (15 °) cada vez que el circuito de control del motor entrega un pulso de activación. *“La válvula de émbolo cónico se retrae para aumentar el flujo de aire o se extiende para reducirlo”*³

En la IAC el movimiento rotativo del motor paso a paso, se transforma en movimiento lineal con ayuda de un engranaje sin-fin, para desplazar la válvula cónica en su interior aproximadamente 9 mm.

En el motor, la válvula cónica se cierra cuando se quita la ignición, luego de que el motor estuvo en marcha.

³ JESÚS SANTANDER, Inyección electrónica, Sistema Multec 700 y Multec TBI, Manual Técnico Fuel Injection, 2005

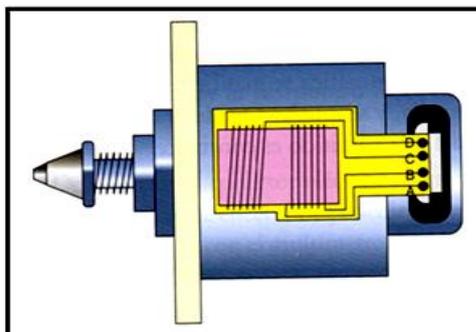


Figura 1.12. Motor paso a paso (IAC).

Fuente: JESUS RUEDA SANTANDER, Inyección electrónica, Sistema Multec 700 y Multec TBI, Manual Técnico Fuel Injection, 2005

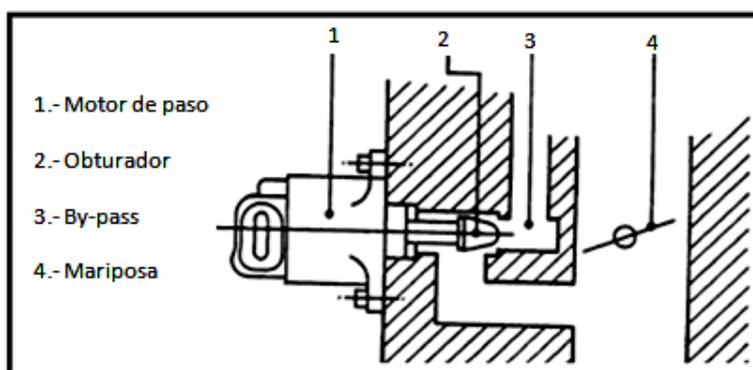
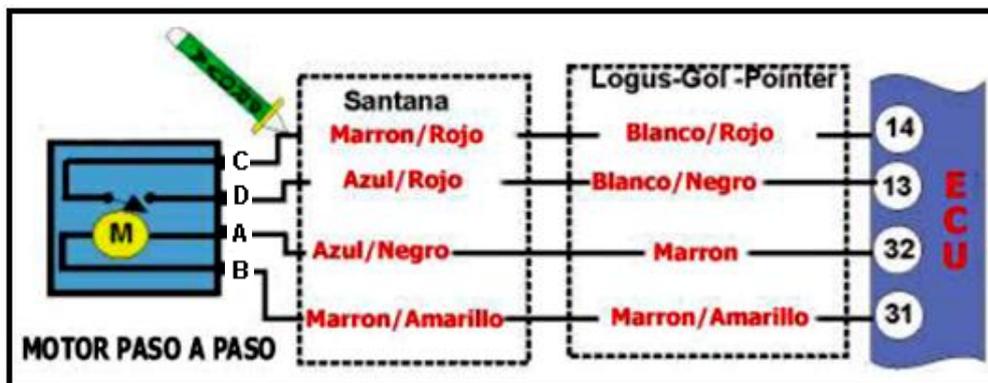


Figura 1.13. Pasaje de la mezcla aire-combustible.

Fuente: www.es.scribd.com/doc/51391244/19/SISTEMA-DE-ENCENDIDO-TFI-CON-SENSOR-HALL; Julio 2012

1.2.5.2 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (32)	Bobina IAC alta (+)(-)
B	ECU pin (31)	Bobina IAC baja (-)(+)
C	ECU pin (14)	Bobina IAC alta (+)(-)
D	ECU pin (13)	Bobina IAC baja (-)(+)

Figura 1.14. Diagrama de Conexión del inyector de la válvula IAC.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

1.2.6 Válvula del filtro de carbón activado (Cánister)

Es una válvula solenoide normalmente cerrada, se ubica entre la línea de conexión del cuerpo de aceleración (debajo de la válvula de gases) y la línea del cánister (figura 1.15). Cuando la ECU energiza la válvula, el solenoide se abre y permite a través del vacío que se forma bajo la válvula de aceleración, la aspiración de los vapores de combustible del cánister; para ser quemados junto con el combustible inyectado, dentro de los cilindros. Al cortar la ECU la energía del solenoide, la válvula se cierra y genera que los vapores de combustible se almacenen dentro del cánister. Esta válvula se activa, en base a la carga del motor y la información de los sensores, para enriquecer la mezcla.

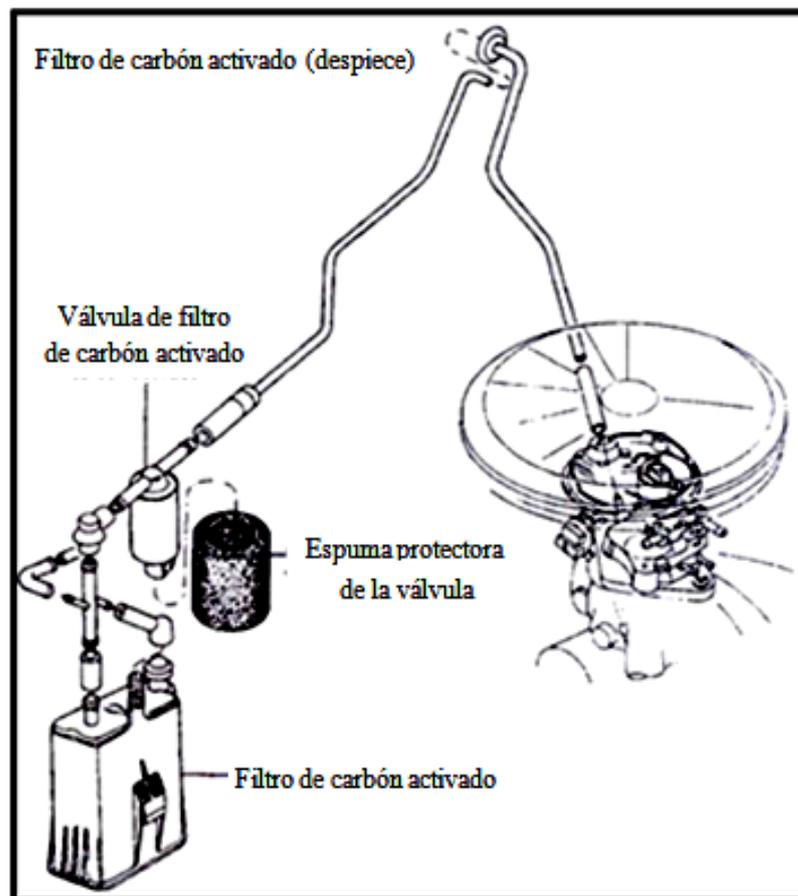


Figura 1.15. Conexión de mangueras

Fuente: VOLKSWAGEN, Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación. 2004

1.2.6.1 Diagrama de Conexión

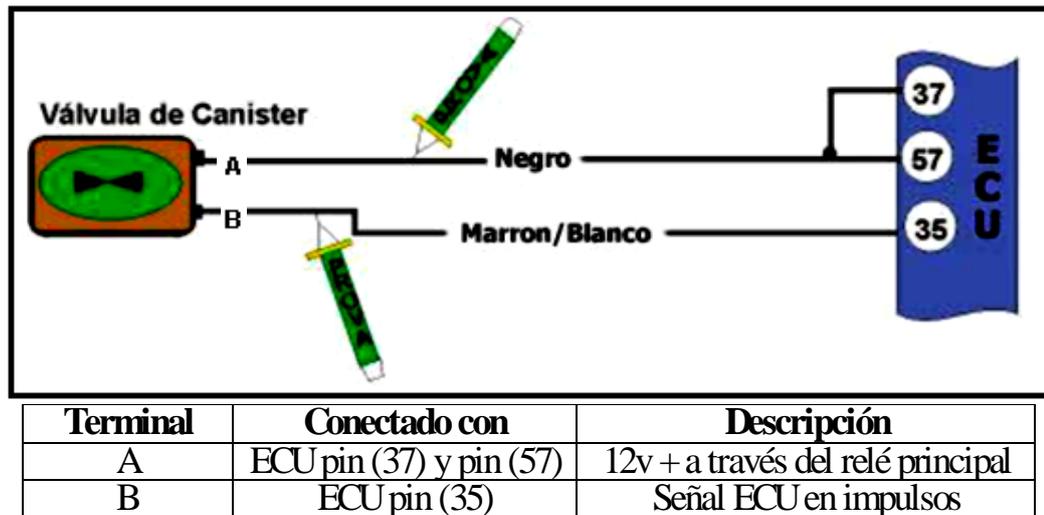


Figura 1.16. Diagrama de conexión de la válvula del canister.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

1.3 Sistema de control electrónico

Este sistema se compone por:

- Diversos sensores que detectan el estado del motor y las condiciones de conducción.
- La ECU, que controla los distintos dispositivos, de acuerdo a las señales que envían los sensores.
- Varios dispositivos controlados (actuadores).

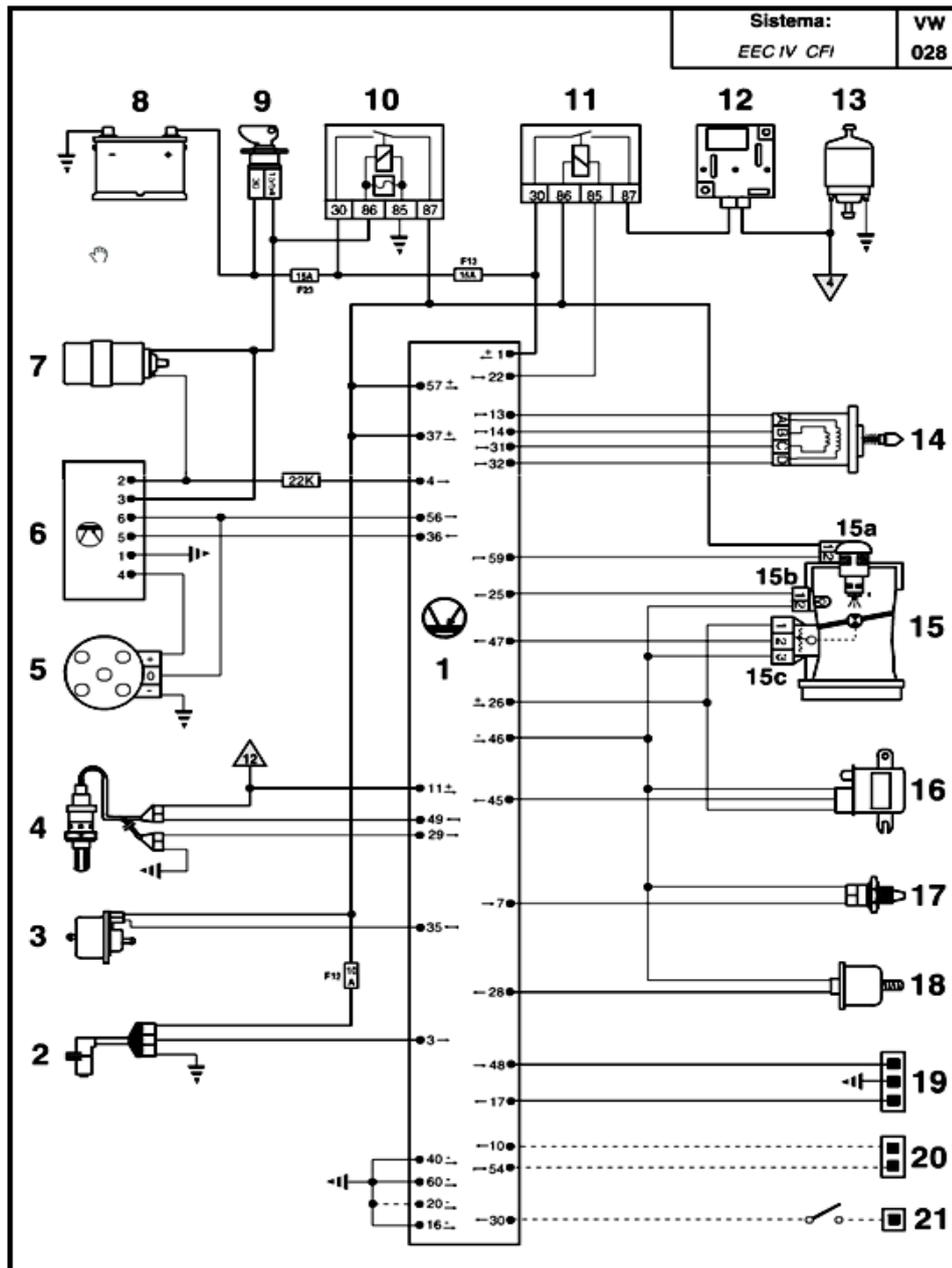


Figura 1.17. Esquema eléctrico del Sistema TBI
 Fuente: www.vw-pointer.com.ar/files/VWCFL.swf; Julio 2012

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. ECU 2. Sensor de velocidad del vehículo 3. Electroválvula de vapores cánister. 4. Sonda lambda. 5. Sensor de revoluciones tipo Hall. 6. Encendido TFI. 7. Bobina de encendido. 8. Batería. 9. Interruptor de encendido /arranque. 10. Relé principal. 11. Relé de bomba de combustible. 12. Interruptor. 13. Bomba de combustible. | <ul style="list-style-type: none"> 14. Válvula IAC 15. Cuerpo de Inyección 15 a) Inyector. 15 b) Sensor IAT. 15 c) Sensor TPS. 16. Sensor MAP. 17. Sensor ECT. 18. Interruptor Presión dirección Hidráulica. 19. Conector de diagnostico ALDL. 20. Conexión Aire acondicionado. 21. Conexión Caja automática. |
|---|--|

1.3.1 Unidad de control electrónico (ECU)

La ECU se encarga de recibir las señales enviadas por los sensores, luego las interpreta y por último calcula una respuesta que no es más que enviar una señal de activación a los actuadores. Este proceso se da mediante un programa de control (software), que está internamente almacenado en una memoria, el cual se ejecuta por un micro controlador. También se compone de un hardware, entre cuyos elementos están condensadores, resistencias, diodos, etc.

El micro controlador posee varios tipos de memorias, entre ellas constan:

- Memoria ROM, llamada también memoria de solo lectura, se caracteriza porque en ella se almacenan datos específicos; que no pueden ser cambiados por la memoria central (CPU), si se desconecta la batería no se borra su contenido.
- Memoria RAM, también llamada temporal, se caracteriza porque la computadora puede leer la información allí contenida y escribir información a través de los programas de la computadora. Esta memoria RAM almacena los códigos de fallas del vehículo; una vez utilizada esta información se borra o descartan, se la conoce como el borrador de la computadora; si se desconecta la batería se borra su contenido.

En esta memoria también se incluye una memoria, su función es la de ir cambiando los valores a medida que los sensores, cables y conectores envejecen. La computadora puede reprogramar o cambiar los valores o códigos binarios digitales originales, para que el sistema se actualice; al desconectar la batería la memoria adaptable se borra.

- Memoria PROM, también llamada permanente, viene programada de fábrica, en ella está contenida toda la información general, incluyendo el tipo de motor, modelo, transmisión, etc. Esta memoria no se pierde si se desconecta la batería.

La ECU está diseñada dependiendo del medio en donde va a trabajar, para la cual considera los siguientes aspectos:

- Resistencia a elementos como polvo, humedad, etc.

- Temperatura del entorno en condiciones de funcionamiento de -40°C + 60°C ... + 125°C .
- Esfuerzos mecánicos, vibraciones.



Figura 1.18. Unidad de Control Electrónico.

1.3.1.1 Estructura

Dentro de una caja metálica se encuentra una placa de circuitos, en donde todos los componentes electrónicos que conforman el hardware se encuentran impresos; costa además de un conector múltiple, el cual se enlazada directamente con la ECU y recibe las alimentaciones de los sensores y actuadores. Posee un disipador de calor interno para los circuitos que manejan mayor potencia.

1.3.1.2 Alimentaciones

La alimentación de entrada está controlada por un relé principal (figura 1.20), el cual se activa al encender el interruptor de encendido, dando paso a la corriente de alimentación en los pin 37 y 57 de la ECU.

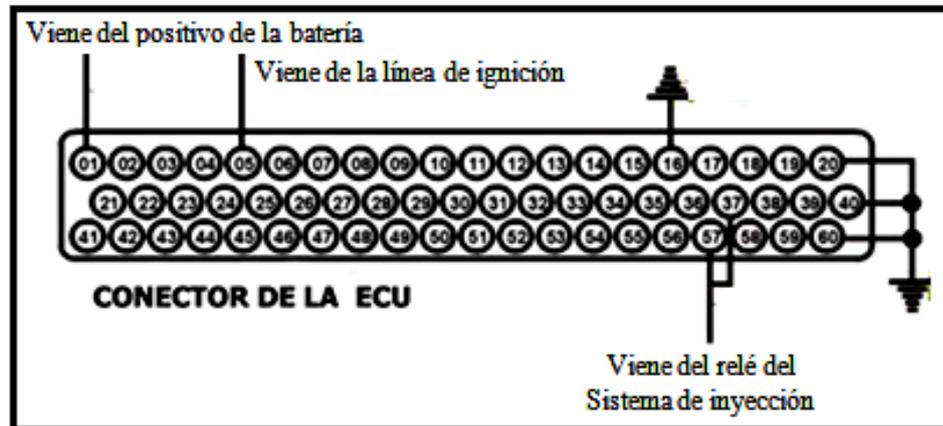


Figura 1.19. Diagrama de conexión de Alimentación de la ECU.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; julio 2012

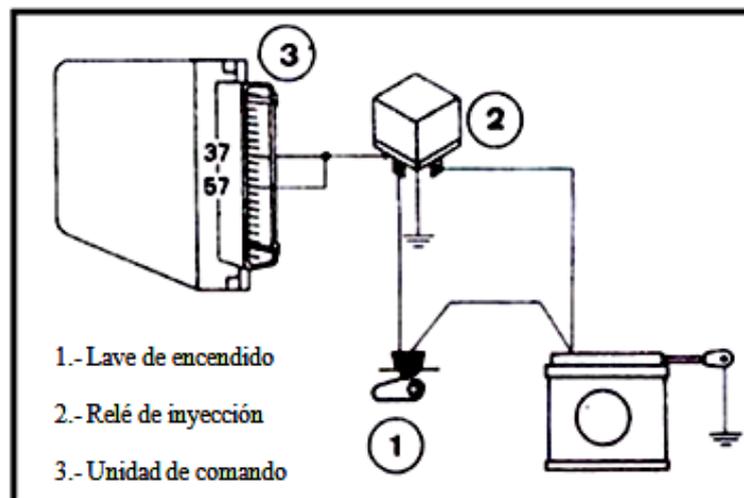


Figura 1.20. Diagrama de conexión de Alimentación de la ECU.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Unidad de Comando, 2004

1.3.1.3 Señales de entrada

El medio de comunicación entre el vehículo y la ECU, son los sensores y actuadores; a través del cableado y el conector. Las señales que emiten los sensores pueden tener diferentes formas.

1.3.1.3.1 Señales analógicas

Las señales analógicas son las que representan un valor de tensión variable, dentro de un rango de tiempo; señales generadas por:

- El sensor de posición de la Válvula de Gases (TPS).
- El sensor de temperatura de aire que ingresa al motor (ACT).
- El sensor de temperatura del refrigerante (ECT).
- El sensor de Oxígeno.
- La tensión de la batería.

El microprocesador dentro de la ECU para poder operar, necesita de valores digitales; y para ello consta de convertidores, que las transforma de señales analógicas a digitales para que la ECU pueda interpretarlas (figura 1.21).

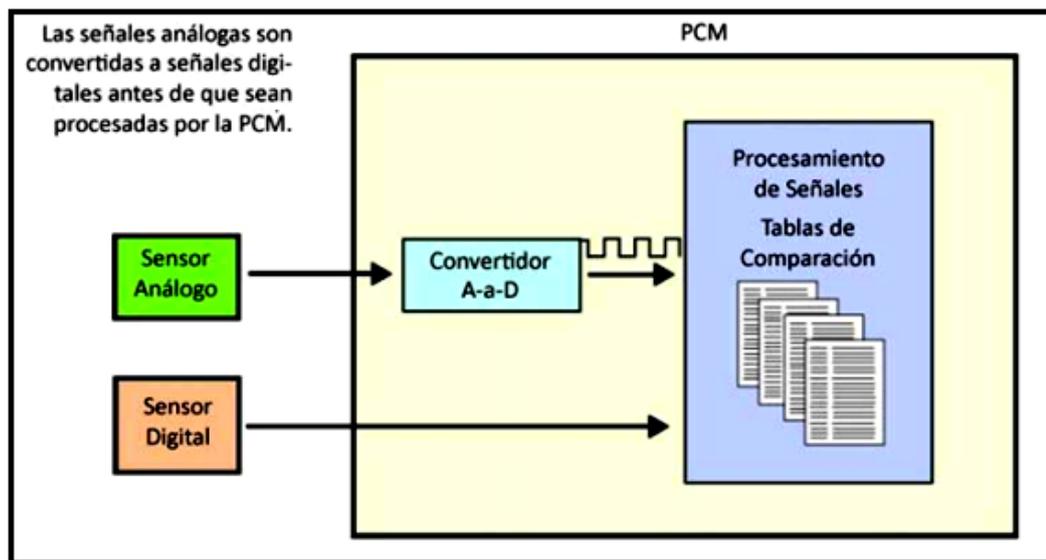


Figura 1.21. Procesamiento de datos dentro de la ECU
Fuente: www.automecanico.com/auto2027/bbooster14.pdf; Julio 2012

1.3.1.3.2 Señales digitales

Las señales digitales solo pueden tener dos estados, conocidos como lógico “1” o alto y lógico “0” o bajo. Estas son generadas por:

- El sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP).

- El sensor de velocidad del vehículo (VSS).
- El sensor Hall.

Estas señales son directamente procesadas por el micro controlador.

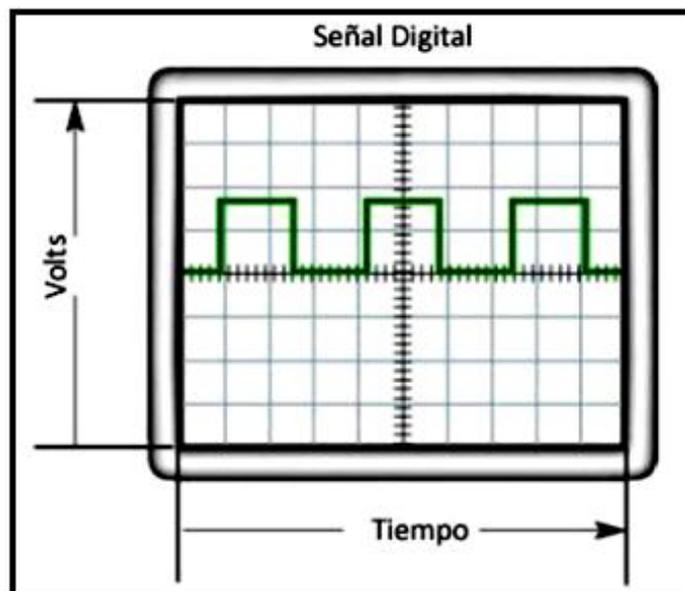


Figura 1.22. Osciloscopio indicando señal digital
Fuente: www.automecanico.com/auto2027/bbooster14.pdf; Julio 2012

1.3.1.3.3 Señales de salida

Luego de procesar las señales de entrada, la ECU a través de las señales de salida comanda la activación o desactivación de los diferentes actuadores del motor, que son dos: las señales de conmutación y las señales MID; estas están protegidas contra cortocircuitos a masa o a tensión de la batería.

Entre las señales de salida que comanda la ECU están:

- Inyector
- Válvula IAC
- Electroválvula del cánister.
- Calentador del sensor de oxígeno.
- Bobina de encendido.

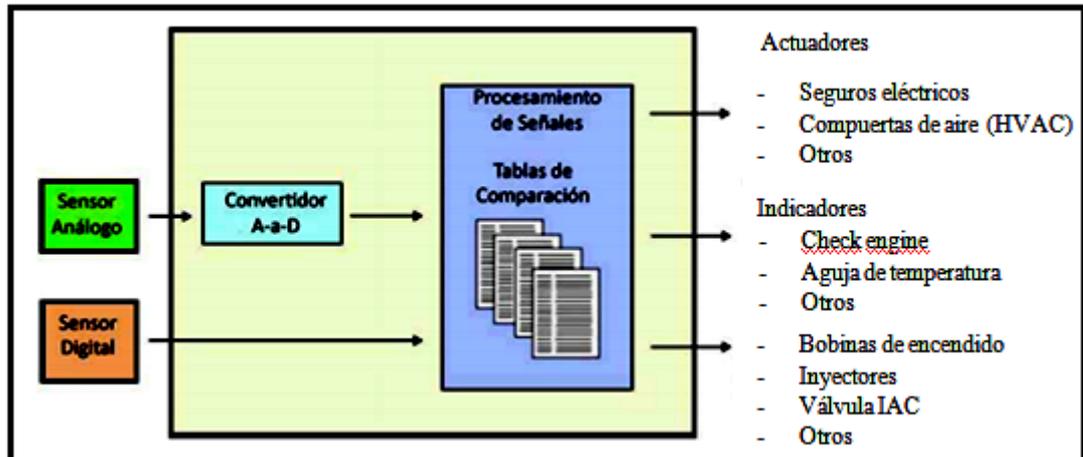


Figura 1.23. Señales de Salida

Fuente: www.automecanico.com/auto2027/bbooster14.pdf; Julio 2012

1.3.2 Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión MAP (manifold absolute pressure)

Este sensor se conecta a través de un conducto desde el cuerpo de aceleración como se muestra en la figura 1.24. Es de tipo capacitivo, transformando la diferencia de la presión atmosférica y la presión en el colector, en una señal de frecuencia; es decir, a mayor sea la presión de vacío en el colector, mayor será la frecuencia de impulsos emitidos por el sensor. La ECU transmite un voltaje de referencia de 5V hacia el MAP, ésta genera; según como trabaje, una serie de pulsos de 5 y 0 V.

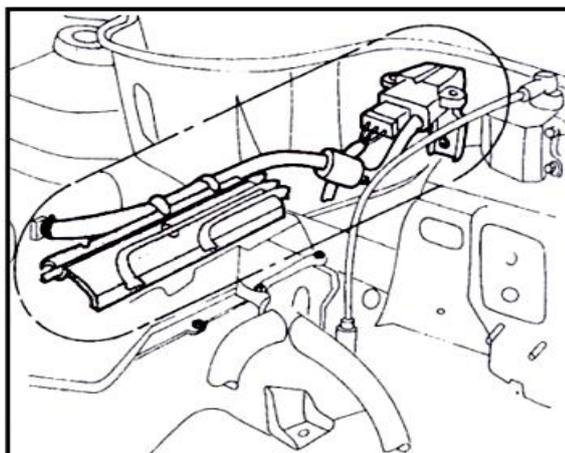
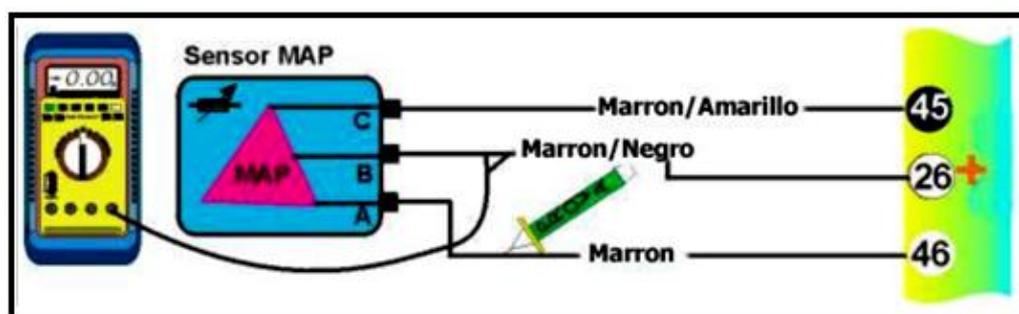


Figura 1.24. Ubicación del Sensor MAP.

Fuente: VOLKSWAGEN, Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación; 2004

1.3.2.1 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (46)	Masa
B	ECU pin (26)	V.Ref. 5+
C	ECU pin (45)	Señal

Figura 1.25 Diagrama de conexión del sensor MAP.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

1.3.2.2 Voltaje

Con la ayuda del voltímetro entre el pin A y B del sensor se mide el siguiente voltaje constante en ralentí, media carga y plena carga:

Motor	Vacio Generado	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)
Ralentí	alto	2.4-2.6	100-113
Media carga	medio	2.4-2.6	115-125
Plena carga	bajo	2.4-2.6	130-145

Tabla 1.1 Voltaje de referencia del sensor MAP.

1.3.2.3 Forma de onda

Con el motor en ralentí, media carga y plena carga, se va a generar un vacío en el colector de admisión, lo cual nos proporciona varios impulsos de frecuencia emitidos por el sensor que se indican en la Tabla 1.1

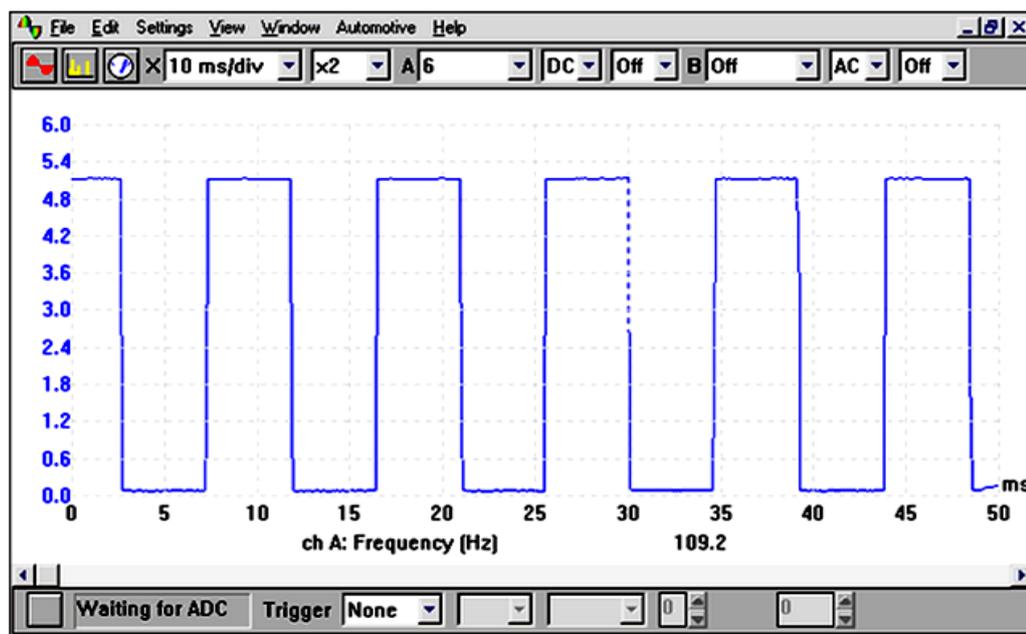


Figura 1.26 Forma de Onda del sensor MAP.

Fuente: www.miac.es/marcas/pico/develop/hta/dig_map.tjk; Julio2012

1.3.3 Sensor de Posición de la Válvula de Aceleración TPS (Throttle Position Sensor)

Este sensor se ubica en el cuerpo de aceleración, se compone de un punto de contacto o interruptor de ralentí y un potenciómetro de tres polos, el mismo que se encuentra en el eje de la válvula de aceleración (figura 1.27), su función es traducir el ángulo de la posición de la válvula en una señal eléctrica que es enviada a la ECU. *“Por intermedio del TPS, la ECU obtiene información de aceleraciones o desaceleraciones deseadas por el conductor. Esta información es utilizada como factor de cálculo de la cantidad de combustible requerida por el motor. La ECU identifica las condiciones de marcha mínima, aceleraciones rápidas, cargas parciales y plena carga”⁴.*

⁴ JESUS RUEDA SANTANDER Inyección electrónica, Sistema Multec 700 y Multec TBI, Manual Técnico Fuel Injection, 2004

La ECU transmite un voltaje de referencia de 5V hacia el sensor. A medida que cambia la posición de la válvula de aceleración varía también el voltaje.

En caso de que el sensor TPS se encuentre en cortocircuito, esta falla es detectada por la ECU, la cual sustituye el valor erróneo de la señal del TPS, por una señal basada en la rotación del motor, adicionalmente en esta condición la ECU graba en la memoria un código de falla.

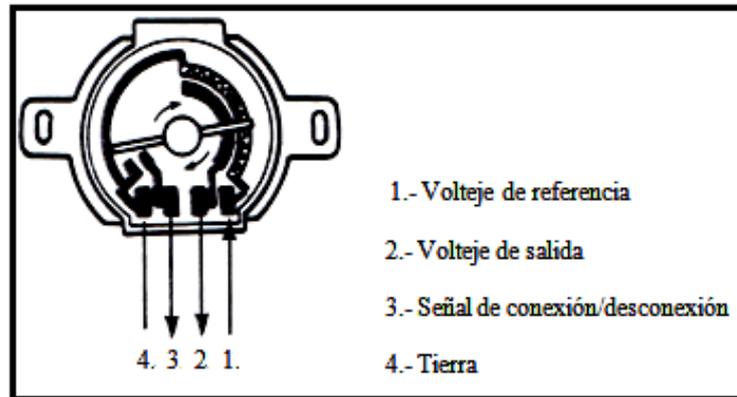
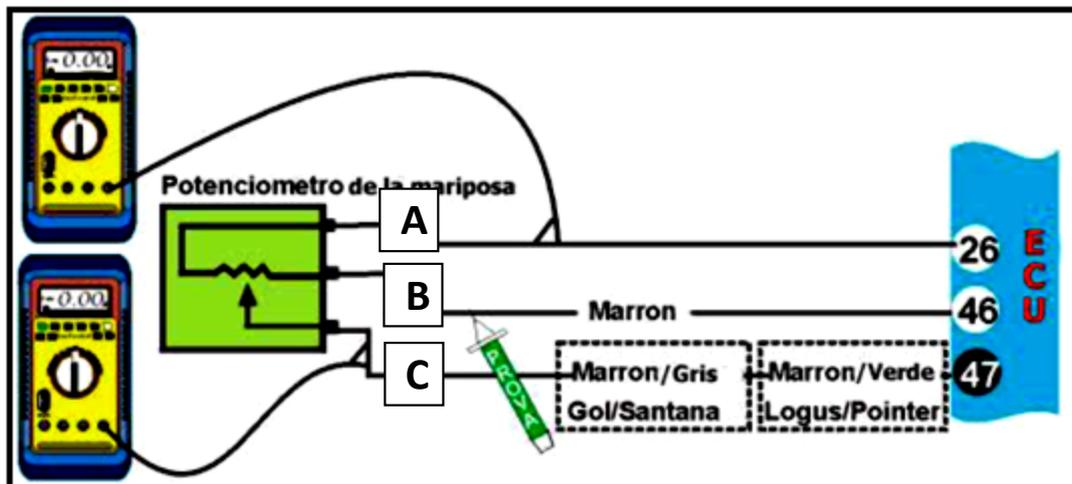


Figura 1.27 Vista en corte del inyector

Fuente: VOLKSWAGEN; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.3.3.1 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (26)	V.Ref. 5+
B	ECU pin (46)	Masa
C	ECU pin (47)	Señal

Figura 1.28 Diagrama de conexión del sensor de posición de la válvula de gases.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

1.3.3.2 Voltaje de referencia

Con la ayuda del voltímetro entre el pin B y C del sensor, se miden los siguientes voltajes de referencia, con la válvula de aceleración cerrada, en medio recorrido y completamente abierta:

Posición de la Válvula de aceleración	Voltaje (V)
Válvula Cerrada	0.5-8
1/2 recorrido válvula	2-3
Válvula completamente abierta	4.5-4.8

Tabla 1.2 Voltajes de referencia del sensor TPS

1.3.3.3 Forma de onda

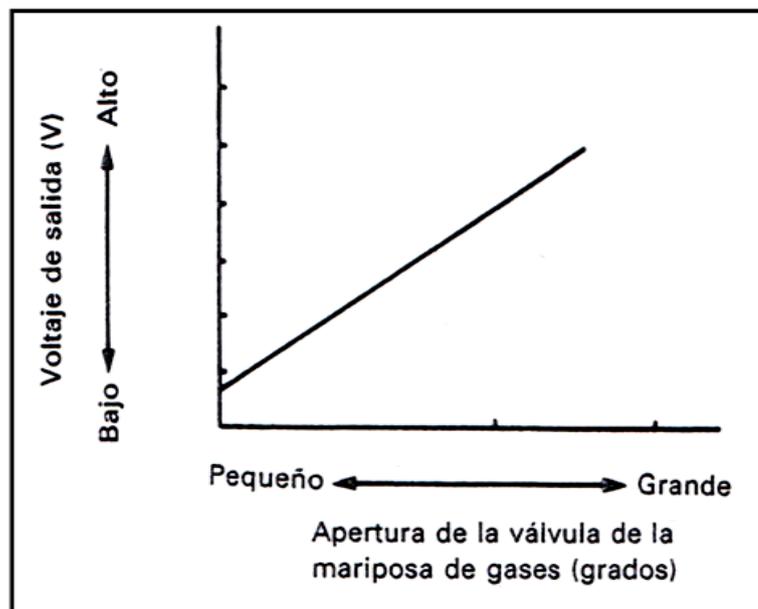


Figura 1.29 Forma de onda del sensor TPS.

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.3.4 Sensor de temperatura de aire IAT (intake air temperature)

Este sensor se ubica en el cuerpo de aceleración, es un resistor del tipo NTC (figura 1.30), que disminuye su resistencia conforme aumenta la temperatura. La ECU envía

una corriente de 5V a este sensor y mide la variación de voltaje conforme a los cambios de temperatura, que generan diferencias en la densidad del aire y ajusta la inyección de combustible; está compuesto por: 1 conexión eléctrica, 2 carcasa, 3 resistor NTC.

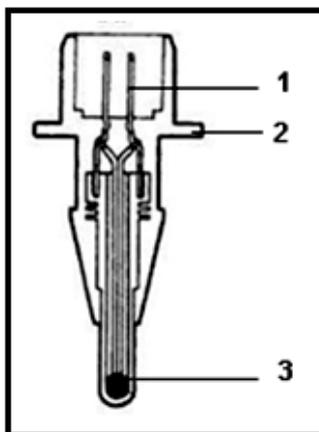
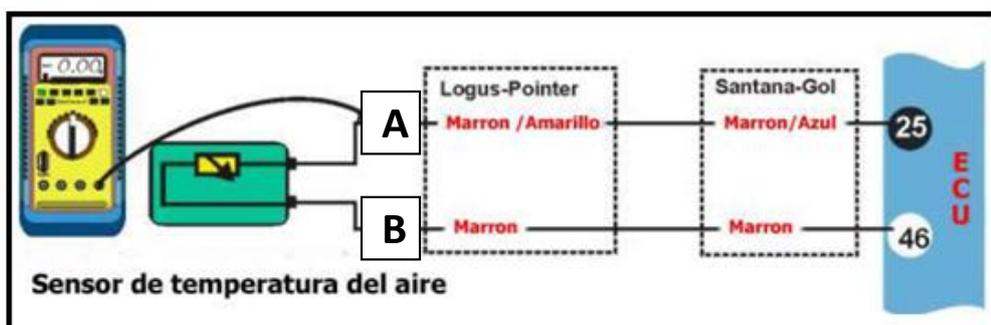


Figura 1.30 Sensor de temperatura de aire.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.3.4.1 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (25)	V.Ref. 5+ y Señal
B	ECU pin (46)	Masa

Figura: 1.31. Diagrama de conexión del sensor de temperatura de aire.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2012

1.3.4.2 Voltaje de referencia

Con la ayuda del voltímetro entre el pin A del sensor y masa (-), se miden los siguientes voltajes de referencia, con los cambios de temperatura de aire indicados:

Temperatura °C	Voltaje (V)
10	3.5
20	3.1
30	2.6
40	2.1
50	1.7
60	1.3
70	1
80	0.8
90	0.6
100	0.5

Tabla 1.3 Voltajes de referencia del sensor ACT

1.3.4.3 Forma de onda

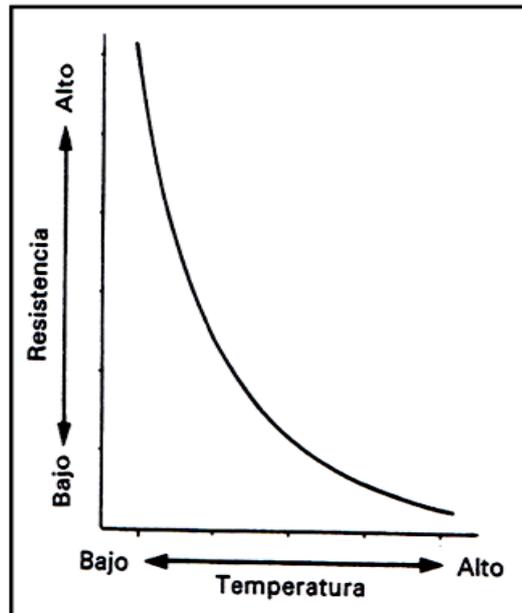


Figura 1.32 Forma de onda del sensor de Aire.

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.3.5 Sensor de temperatura de refrigerante ECT (engine coolant temperature)

Este sensor se ubica cerca del alojamiento del termostato; es un termistor de tipo NTC (figura 1.33); igual que el sensor de aire, es sensible a la temperatura y disminuye su resistencia eléctrica conforme aumenta la temperatura del agua de

refrigeración del motor. La ECU envía una corriente de 5V al sensor y mide la variación de voltaje según los cambios de temperatura que se generen, influyendo en los sistemas que controla la misma; está compuesto por: 1 conexión eléctrica, 2 carcasa, 3 resistor NTC.

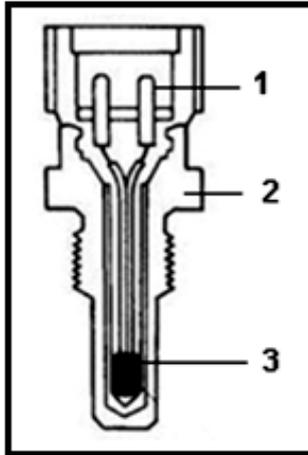


Figura 1.33 Sensor de temperatura del líquido refrigerante.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

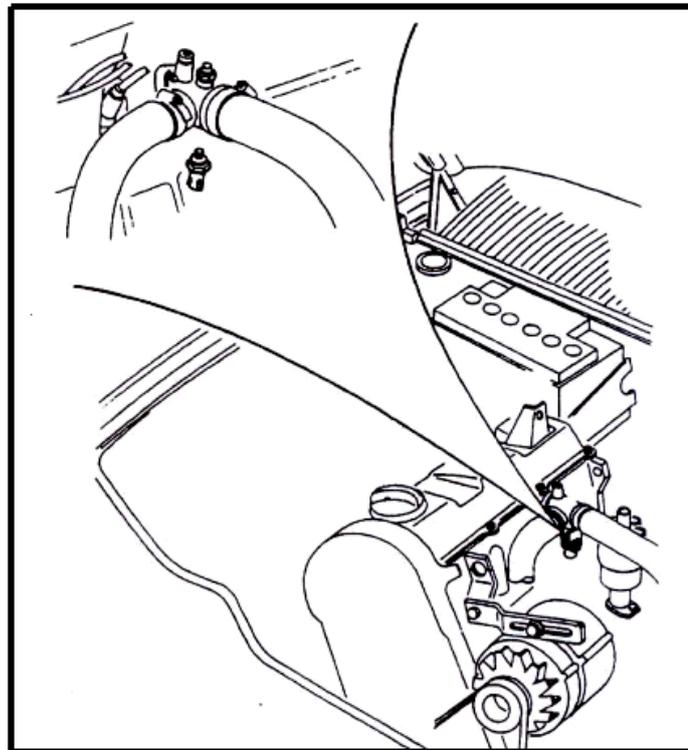
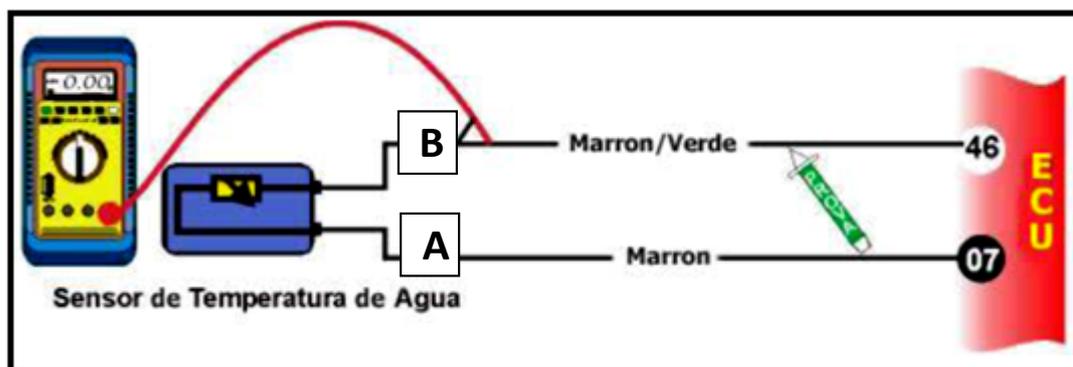


Figura 1.34. Ubicación del Sensor ECT en el motor.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.3.5.1 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (7)	V.Ref. 5+ y Señal
B	ECU pin (46)	Masa

Figura 1.35. Diagrama de conexión del sensor de temperatura de agua.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

1.3.5.2 Voltaje de referencia

Con la ayuda del voltímetro entre el pin A del sensor y masa (-), se miden los siguientes voltajes de referencia, con los cambios de temperatura de agua indicados:

Temperatura °C	Voltaje (V)
10	3.5
20	3.1
30	2.6
40	2.1
50	1.7
60	1.3
70	1
80	0.8
90	0.6
100	0.5

Tabla 1.4 Voltajes de referencia del sensor ECT.

1.3.5.3 Forma de Onda

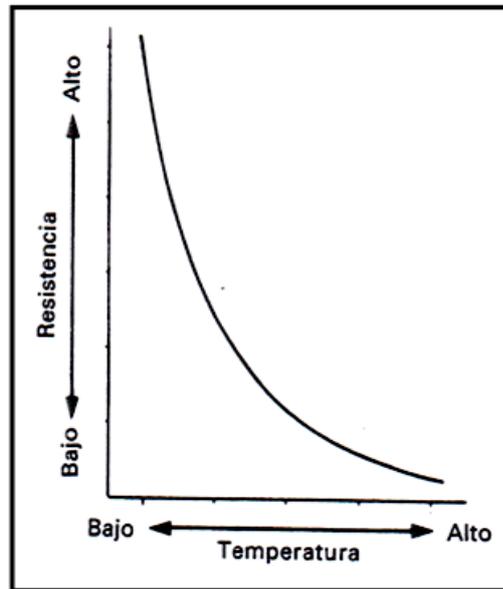


Figura 1.36 Forma de onda del sensor de Aire.

Fuente: SUZUKI VITARA, Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.3.6 Sensor de oxígeno con calentador (HEGO)

Este sensor se ubica en el escape (figura 1.38), es un generador único de voltaje, que mide el contenido de oxígeno en el escape, generando señales analógicas de 0 a 1 Volt, comparando la diferencia entre oxígeno en el escape y oxígeno en el ambiente.

El detector de HEGO se basa en el concepto lambda, que indica la proporción de mezcla de aproximadamente 14.7:1 (relación estequiométrica); es decir, 14.7 kg de aire y 1 kg de gasolina por tanto lambda es igual a 1. Cuando existe una mezcla pobre, con un valor mayor a 14.7:1 indicará que existe aire en exceso después de la combustión. Con una mezcla rica menor a la proporción 14.7:1, indicará que existe falta de aire.

La gama efectiva de señales del sensor va de 0.1 hasta 0.9 volts. Cuando el contenido de oxígeno en el escape es bajo (mezcla rica), el voltaje del sensor es alto de 0.45 hasta 0.9 volts. En cambio si el contenido de oxígeno en el escape es elevado (mezcla pobre), el voltaje del sensor es bajo (0.1 a 0.45 V).

El sensor debe calentarse al menos hasta unos 300°C aproximadamente. Independientemente de la temperatura de los gases de escape, el sensor se mantendrá sobre el límite de funcionamiento de 350° C ya que el cuerpo cerámico activo es calentado desde el interior con un elemento calefactor cerámico.

Según la señal enviada por el sensor HEGO, la ECU controla la mezcla aire-combustible, que varía continuamente en su composición, entre rica y pobre. Si la mezcla es rica, la tensión del sensor HEGO es mayor que la tensión requerida por la ECU, en este caso, se reduce el tiempo de inyección.

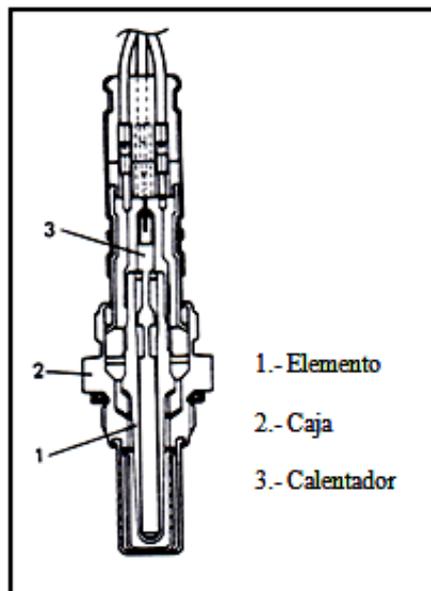


Figura 1.37 Vista en corte del sensor de oxígeno.

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

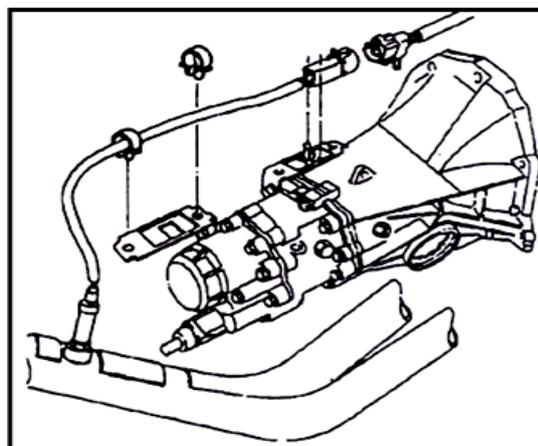
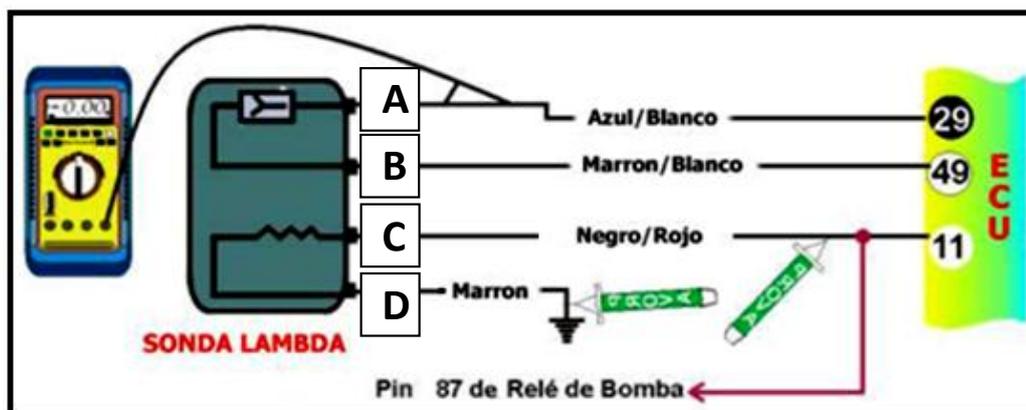


Figura 1.38 Ubicación de la sonda Sonda lambda.

Fuente: Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación.

1.3.6.1 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
A	ECU pin (29)	Señal
B	ECU pin (49)	Toma de masa a través de la ECU
C	ECU pin (11)	+12v del relé de bomba
D	Masa pin (60)	Calentador conectado a masa

Figura 1.39. Diagrama de conexión del sensor de Oxígeno.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2004

1.3.7 Sensor de efecto Hall

Este sensor se ubica dentro del distribuidor, se compone de un generador de señales (elemento Hall e imán) y un rotor de señales (figura 1.42); este sensor cumple dos funciones; informar las revoluciones del motor y informar un punto de referencia del pistón número 1, de 9 grados antes del punto muerto superior (posición del árbol de levas) y demás cilindros a la ECU; para el suministro de inyección, de acuerdo al régimen del motor.

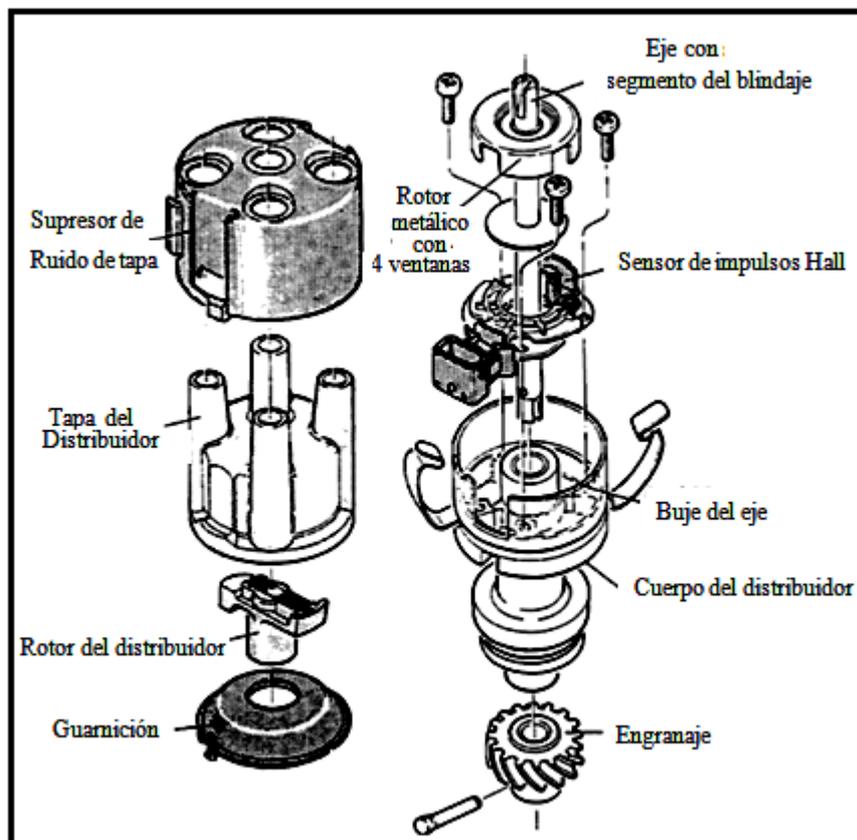


Figura 1.40. Despiece del distribuidor efecto Hall.
Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.3.7.1 Funcionamiento

Al girar el rotor del distribuidor, se produce un flujo magnético del imán que se aplica intermitentemente al elemento Hall (figura 1.43). El elemento Hall genera un voltaje en proporción al flujo magnético. Este voltaje tiene una forma de onda cuadrada y sirve como señal de pulsaciones (señal del sensor).

La ECU recibe la señal de pulsaciones, utiliza esta señal para calcular la velocidad del motor, también como una de las señales para controlar el inyector de combustible y la distribución del encendido.

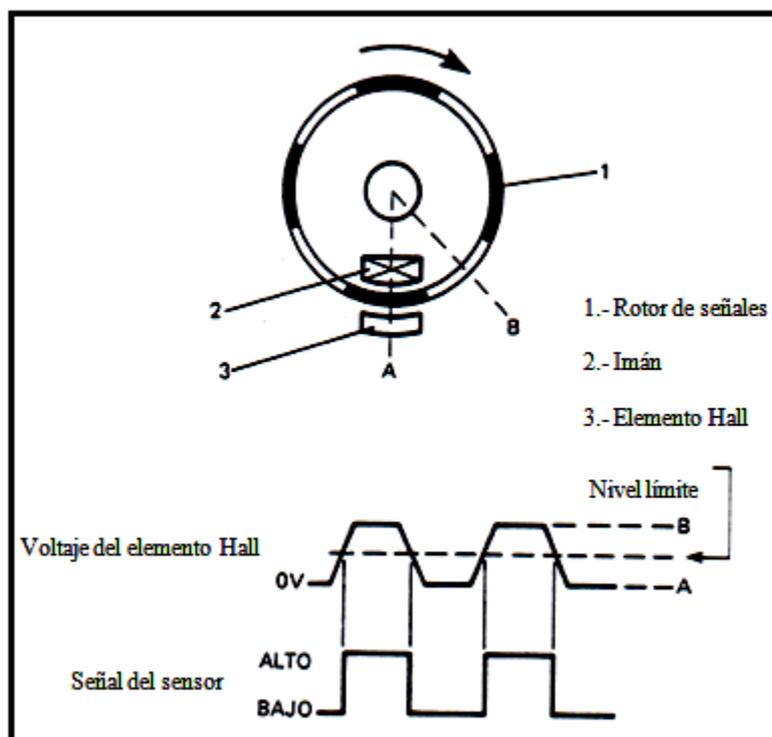
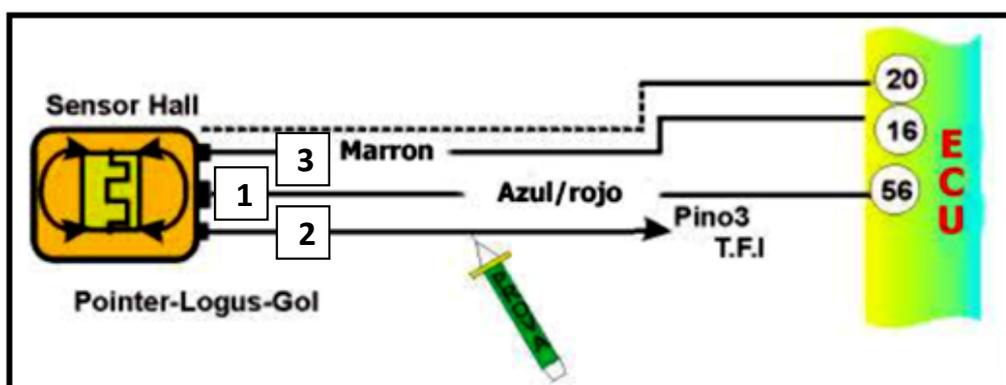


Figura 1.41. Forma de onda del sensor

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.3.7.2 Diagrama de conexión



Terminal	Conectado con	Descripción
1	ECU pin (56)	Señal
2	Módulo de encendido TFI	12v + del módulo de encendido TFI
3	ECU pin (16) y pin (20)	Masa

Figura 1.42. Diagrama de conexión del sensor de HALL.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm; Julio 2004

1.3.8 Señales adicionales

La ECU también recibe señales adicionales, que toma como parámetros para controlar la inyección, dentro de estas señales se encuentra:

- Señal de encendido
- Señal de arranque del motor
- Voltaje de la batería

1.3.9 Conector de diagnóstico ALDL (assembly line diagnostic link)

El conector de diagnóstico ALDL (figura 1.45), está compuesto de 6 terminales, es una interface por la cual se puede acceder a los códigos de falla almacenados en la memoria RAM de la ECU

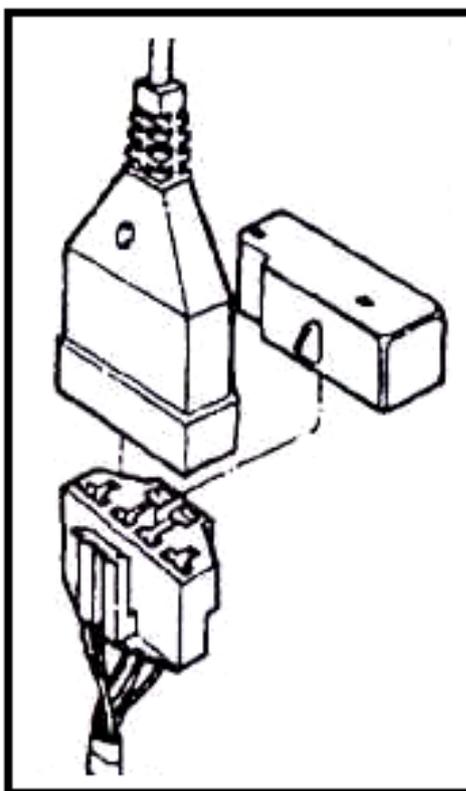


Figura 1.43. Conector de diagnóstico.

Fuente: VOLKSWAGEN; Reparación y ajuste de Automóviles GOL Volkswagen, Sistema de Alimentación, 2004

1.3.9.1 Conexión

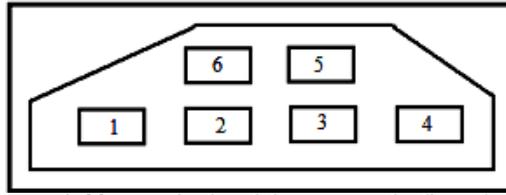


Figura 1.44. Terminales del conector de diagnóstico.

- **Terminal 1:** No utilizado.
- **Terminal 2:** Terminal de conexión, se conecta al pin 17 de la ECU.
- **Terminal 3:** Terminal de prueba, se conecta al pin 48 de la ECU.
- **Terminal 4:** Terminal de la bomba, se conecta al pin 22 (-) de la ECU.
- **Terminal 5:** Señal de regreso a la ECU (Energiza todos los terminales), se conecta al pin 46 (-).
- **Terminal 6:** No utilizado.

1.4 Funciones de la ECU

La ECU controla diferentes sistemas, para el correcto suministro de la inyección de combustible, a partir de la información de los sensores y activación de los actuadores.

1.4.1 Sistema de control de inyección de combustible

La ECU en este sistema, controla el tiempo (cantidad) y la sincronización de la inyección de combustible, efectuada por el inyector dentro del cuerpo de aceleración, conforme a las señales enviadas desde los diferentes sensores; de tal manera, que se suministra al motor la mezcla aire/combustible más apropiada para cada condición de conducción.

1.4.1.1 Distribución de la inyección

Encontramos dos tipos de distribución de la inyección:

- Inyección sincrónica, en donde la inyección se efectúa en forma sincrónica con la señal del sensor Hall.
- Inyección asincrónica en la cual la inyección se hace independientemente de la señal del sensor Hall.

1.4.1.2 Inyección sincrónica

Se produce cuando la apertura del inyector esta sincronizada con el salto de chispa en la bujías; en un motor de cuatro cilindros se obtiene un salto de chispa cada media vuelta del cigüeñal; ésta se genera con el motor a carga parcial.

1.4.1.3 Inyección asincrónica

Se produce cuando la apertura del inyector no está sincronizada con el salto de chispa en las bujías, generándose con mayor o menor frecuencia, ésta se genera en ralentí o en las aceleraciones.

1.4.1.4 Tiempo de inyección (cantidad de inyección)

El tiempo de inyección básico que se calcula sobre la base de la velocidad del motor y la presión del múltiple de admisión (cantidad de aire de admisión), son los factores que determinan el tiempo de inyección; además, existen diversas compensaciones que se determinan en base a las señales de los sensores que detectan el estado del motor y las condiciones de conducción.

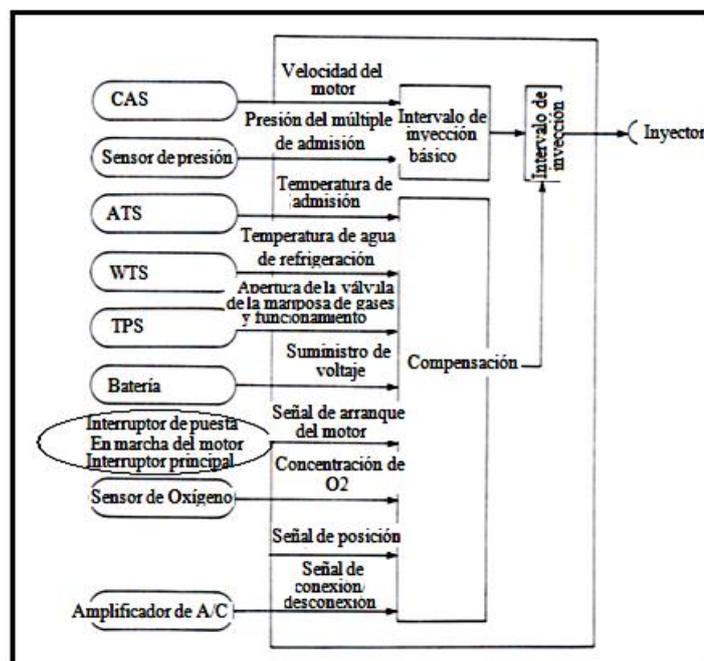


Figura 1.45. Diagrama de parámetros.

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor; 2004

1.4.1.5 Compensaciones del sistema de Inyección⁵

- “Compensación de la temperatura del aire admitido.- Debido a que el volumen de aire admitido cambia de acuerdo a su temperatura, se hace la compensación de la temperatura.
- Compensación del enriquecimiento durante el calentamiento.- Para mejorar el arranque con el motor frío, se realiza una compensación de enriquecimiento hasta que la temperatura del agua de refrigeración llegue hasta un nivel predeterminado. La mezcla de aire/combustible disminuye a medida que va aumentando la temperatura.
- Compensación del enriquecimiento después de la puesta en marcha del motor.- Durante un cierto tiempo después de poner en marcha el motor, se realiza una compensación de enriquecimiento de la mezcla de aire/combustible para estabilizar la velocidad del motor. La compensación varía de acuerdo a la temperatura del agua de refrigeración y es mayor inmediatamente después de poner en marcha el motor y, después de esto, se va reduciendo gradualmente.
- Compensación del enriquecimiento cuando hay una gran carga.- Se produce una compensación del enriquecimiento para que la mezcla de aire/combustible se vuelva más rica que la mezcla teórica, para conducir el vehículo sin problemas cuando hay una gran carga.
- Compensación del enriquecimiento durante la aceleración.- Cuando se piza el pedal del acelerador, la compensación del enriquecimiento se produce durante un cierto tiempo para que haya una aceleración más suave a cada nivel de aceleración. La cantidad en la que aumente para la compensación se determina de acuerdo a la señal del sensor de presión (variaciones en la presión del múltiple de admisión).
- Compensación del enriquecimiento cuando se desacelera.- Para que la mezcla de aire/combustible sea la adecuada en la desaceleración moderada, se produce una compensación, durante un cierto tiempo, para que la mezcla

⁵ SUZUKI VITARA; Manual de servicio, Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

de aire/combustible se empobrezca al nivel apropiado para cada nivel de desaceleración; de acuerdo a las señales del sensor de posición de la válvula de gases (que indican las variaciones en la apertura de la válvula de gases).

- *Compensación del voltaje de la batería.- La caída en el voltaje produce un retardo en el funcionamiento mecánico del inyector. El tiempo de la inyección real se vuelve más corto durante el tiempo que se suministra electricidad al inyector. Para compensar esto, se alarga el tiempo de suministro de electricidad cuando hay poco voltaje.*
- *Compensación básica de la proporción de aire combustible.- La proporción de aire/combustible puede variar debido a factores tales como las características de comportamiento particular de cada motor o por el paso del tiempo. Para compensar estas variaciones, se utiliza una compensación con*
- *retroalimentación, ajustando la proporción de aire/combustible básica a un nivel apropiado para la compensación por retroalimentación.*
- *Corte de combustible.- La inyección de combustible se detiene (se evita el funcionamiento del inyector) cuando se desacelera, de tal forma que no se produce un escape de los gases sin quemar, y el intervalo de funcionamiento del inyector se vuelve el intervalo de inyección inefectivo.*

La inyección de combustible también se corta cuando la velocidad del motor supera las 6.800 r/min para proteger el motor, y el intervalo de funcionamiento del inyector se vuelve el intervalo de inyección inefectivo. La inyección vuelve a la normalidad cuando la velocidad del motor baja nuevamente a menos de 6500 r/min.

- *Compensación de la retroalimentación de combustible (compensación de la proporción aire/combustible).- Será necesario mantener una mezcla de aire/combustible cerca de la proporción de aire/combustible teórica (14,7) para obtener un rendimiento eficiente del catalizador de tres vías y una proporción de clarificación muy alta del CO, HC y NOx en los gases del escape. Para este propósito, la ECU funciona de la siguiente forma. Compara en primer lugar la señal del sensor de oxígeno con el voltaje de*

referencia especificado y, si la señal es más alta, determina que la proporción de aire/combustible es más rica que la proporción de aire/combustible teórica y se reduce el combustible. Por el contrario si la señal es más baja, se determina que la proporción de aire/combustible es más pobre y aumenta el combustible. La repetición de estas operaciones permite ajustar la proporción de aire/combustible a un nivel más cercano a la proporción teórica.

1. Cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape es muy baja, es decir, cuando la proporción de aire/combustible está por debajo de la proporción teórica (el combustible es más rico), la fuerza electromotriz del sensor de oxígeno sube y se transmite una señal rica a la ECU.
2. Cuando se recibe una señal rica, la ECU disminuye la inyección de combustible y esto hace que la concentración de oxígeno en los gases
3. del escape aumente y la fuerza electromotriz del sensor de oxígeno disminuya. Se transmite una señal pobre a la ECU.
4. A medida que la ECU aumenta la inyección del combustible de acuerdo a la señal pobre, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye y la situación vuelve al punto 1. anterior.

Sin embargo, este proceso de control no se produce en los siguientes casos.

- *Cuando se pone en marcha el motor y se aumenta la inyección de combustible en el momento de arranque.*
- *Cuando la temperatura del agua refrigeración del motor está baja.*
- *Cuando hay una gran carga y se aumenta la inyección de combustible.*
- *Cuando se produce un corte de combustible.*
- *Cuando el sensor de oxígeno esta frio”.*

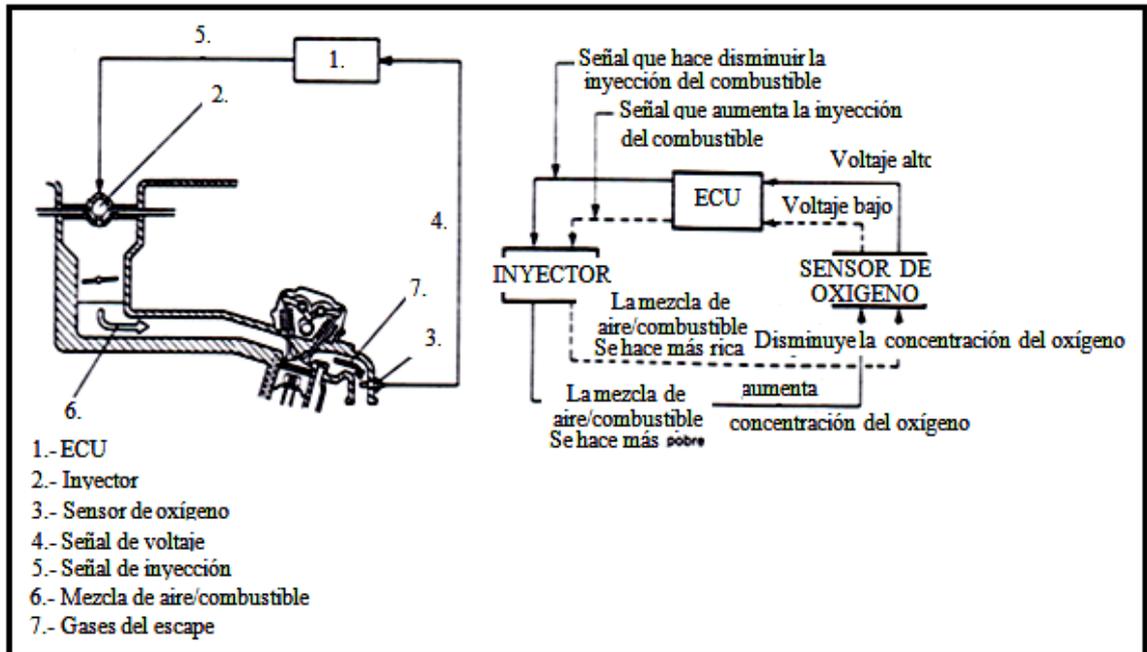


Figura 1.46. Compensación de retroalimentación.

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.4.2 Sistema de control del calentador de oxígeno

Dentro del sensor de oxígeno se encuentra ubicado el calentador, La ECU activa el calentador cuando el motor gira a bajas revoluciones y sin grandes cargas, para activar el sensor de oxígeno.

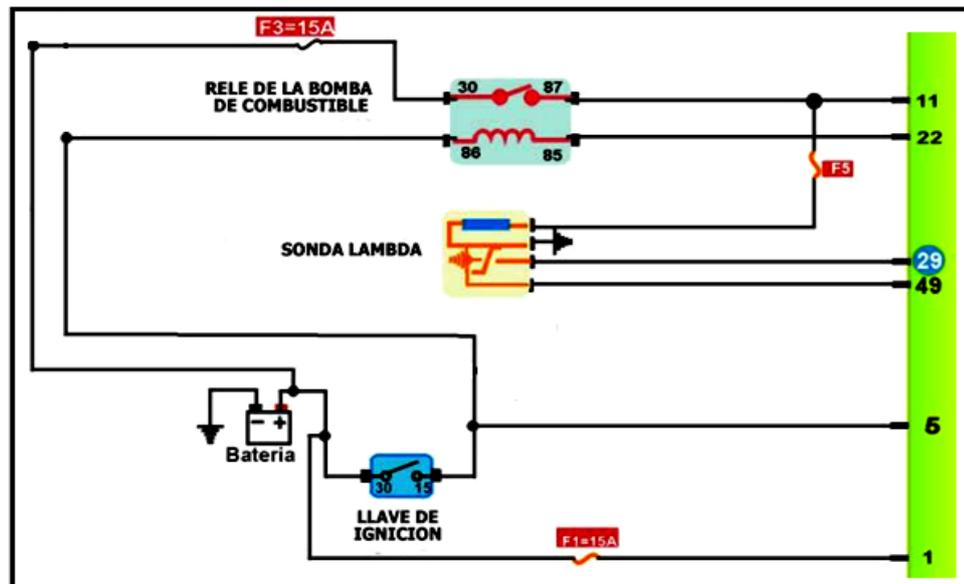


Figura 1.47 Circuito del Sistema del calentador de oxígeno.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

1.4.3 Sistema de control de válvula de solenoide de IAC

Este sistema controla por medio de la válvula IAC y la ECU, el flujo de aire en derivación con 3 propósitos:

- Mejorar el arranque del motor.
- Compensar la proporción de mezcla aire/combustible cuando se desacelera.
- Mantener las revoluciones del motor especificadas en ralentí, durante todo el tiempo. El ralentí puede variar debido a las siguientes razones:
 1. Al aplicar carga al motor (carga eléctrica).
 2. Cambios en la presión absoluta (MAP).
 3. Cambios en el motor debido al paso del tiempo (desgaste).
 4. Otros factores que hacen que cambie las revoluciones del motor.

1.4.3.1 Funcionamiento

En base a la información de los distintos sensores, la ECU detecta el estado del motor y controla el flujo de aire en derivación, aumentando y disminuyendo el paso de corriente eléctrica en la válvula IAC.

Al dar arranque el motor, la ECU abre la válvula IAC (corriente eléctrica máxima) para que el motor pueda ponerse en marcha con más facilidad.

Al pisar el pedal del acelerador con el motor en marcha (el interruptor de la marcha en vacío está desconectado y la válvula de la mariposa de gases no está en la posición para la marcha en vacío), la ECU transmite corriente eléctrica en la válvula IAC a una intensidad que depende de las condiciones del motor (controlando el flujo de aire derivado) para obtener el efecto de amortiguación.

Al desacelerar, la ECU reduce gradualmente la corriente eléctrica de la válvula IAC; es decir, se reduce gradualmente el flujo de aire derivado, para obtener un efecto de amortiguación.

En ralentí, la ECU controla el flujo de aire derivado aumentando y disminuyendo la corriente eléctrica a la IAC para que las revoluciones del motor se mantenga, en un rango específico.

Vehículo con transmisión manual	Sin carga eléctrica	Con carga eléctrica
Especificaciones de velocidad con motor a ralentí	900 ± 50 r/min	1000 ± 50 r/min

Tabla 1.5 Especificaciones de velocidad del motor a ralentí

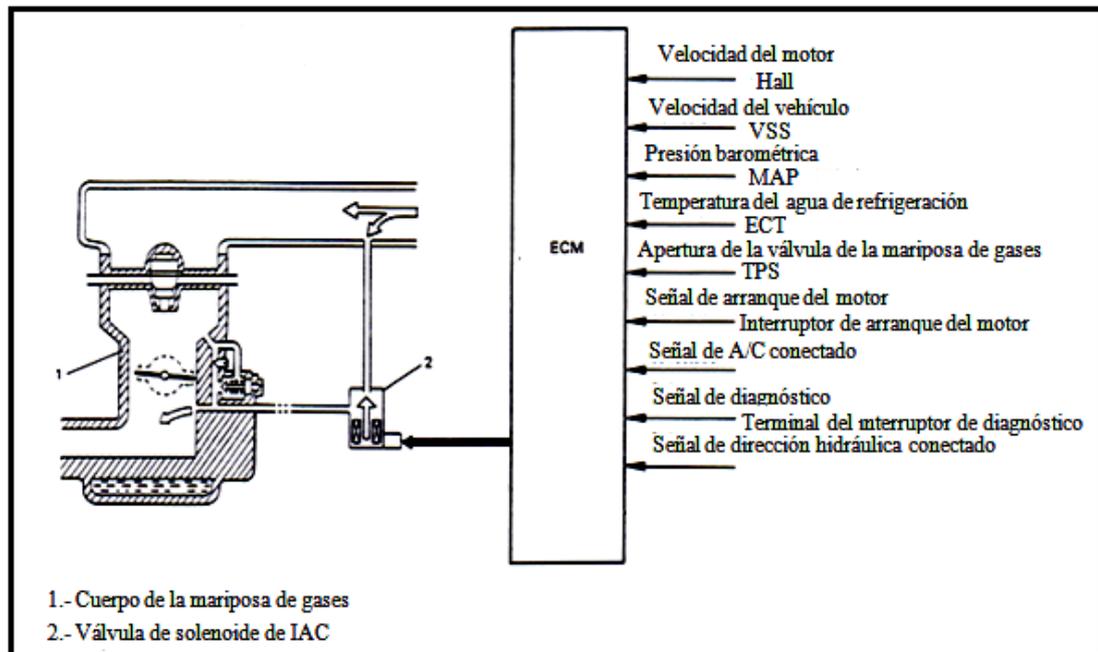


Figura 1.48 Sistema de control de la válvula solenoide IAC

Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor; 2004

1.4.4 Sistema de control de la bomba de combustible

La ECU controla el funcionamiento de la conexión/desconexión de la bomba de combustible a través del relé de la bomba de combustible, cuando se produce una de las siguientes condiciones.

- Durante 3 segundos después de girar la interruptor de encendido a la posición “ON”.
- Cuando se pone en marcha el motor (Al transmitirse la señal de arranque del motor a la ECU).
- Cuando se transmite la señal del sensor Hall a la ECU.

1.4.5 Sistema de avance de chispa electrónico

Este sistema controla electrónicamente el tiempo durante el cual pasa corriente a la bobina primaria del encendido y la distribución del encendido.

Utilizando las señales de los diferentes sensores; la ECU, determina el estado del motor, selecciona el tiempo de flujo de corriente eléctrica más apropiado y la distribución del encendido para dicho estado del motor, de entre los almacenados en la memoria PROM y transmite una señal de encendido al módulo de encendido TFI.

El módulo TFI amplifica la tensión para activar y desactivar la corriente primaria de la bobina de encendido de acuerdo a la señal de la ECU.

Este sistema incluye tres diferentes tipos de control, estos son:

- Control de distribución del encendido en la puesta en marcha del motor.
- Control de distribución del encendido después de la puesta en marcha del motor.
- Control del tiempo de flujo de corriente eléctrica.

1.4.5.1 Control de distribución del encendido en la puesta en marcha del motor

Al conectar el interruptor de arranque, el motor gira a menos de 400 r/min y para conseguir que la puesta en marcha del motor sea la mejor posible, el sistema pone la distribución del encendido a la distribución de encendido inicial de 9° antes del punto muerto superior.

1.4.5.2 Control de distribución del encendido después de la puesta en marcha del motor

En todos los demás casos que no sea la puesta en marcha del motor, la distribución del encendido se determina de acuerdo a la presión del múltiple de admisión y a la velocidad del motor.

1.4.5.3 Control del tiempo de flujo de corriente eléctrica

Para estabilizar el voltaje secundario, generado en la bobina de encendido a un nivel apropiado, el sistema de avance de chispa electrónico controla el tiempo del flujo de corriente primaria a la bobina de encendido.

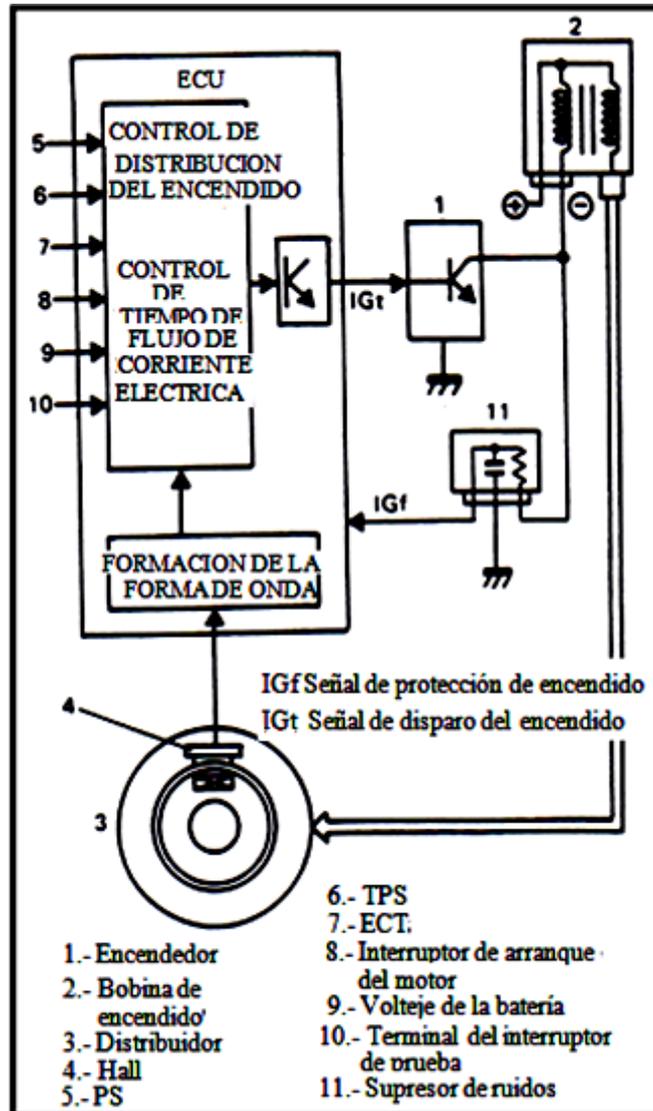


Figura 1.49 Diagrama del sistema de avance de chispa
 Fuente: SUZUKI VITARA; Manual de servicio; Sistema de inyección de combustible electrónica del motor, 2004

1.5 Conclusiones

Toda la información recopilada sobre sistema de inyección TBI ayudará a comprender de mejor manera el funcionamiento de los componentes que la integran.

El inyector es uno de los elementos más importantes en este sistema, debido a que incide primordialmente en su funcionamiento

La presión de la bomba de combustible y el accionamiento de inyector del sistema TBI es distinta a la de un sistema de inyección multipunto convencional

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL BANCO DIDÁCTICO Y LA TARJETA ELECTRÓNICA

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo contiene la descripción del diseño de la estructura del banco y de la tarjeta electrónica; esto, mediante cálculos matemáticos y utilización de un software de elementos finitos con el objeto de encontrar las dimensiones y materiales adecuados conforme a las exigencias de funcionamiento; y en cuanto a la referida tarjeta electrónica, realizando un estudio de las características eléctricas con las que funciona el sistema de inyección electrónica “TBI” para luego seleccionar los elementos electrónicos acorde a las necesidades y programar un software para el control del funcionamiento del sistema.

2.1 Características del banco didáctico

Para el diseño del banco se considera una estructura que guarde relación directa de semejanza a la disposición real del vehículo, capaz de soportar los esfuerzos a los que está sometido por los diferentes elementos del motor, de tal forma que el operador pueda acceder fácilmente a los componentes del sistema de inyección, para la manipulación y comprobación de las respectivas pruebas de funcionamiento.

La estructura del banco va a soportar un motor Volkswagen AP 1800cc con sistema de inyección monopunto “TBI”, así como el radiador y depósito de refrigerante, sistema de escape y silenciador, depósito de combustible, tarjeta electrónica, tablero de instrumentos y batería.

2.1.1 Diseño de la estructura

Para la ubicación correcta de los componentes en el banco didáctico, se tomó como parámetros de diseño la disposición y medidas del cofre del motor del vehículo Volkswagen Gol 1.8 monopunto, lo más semejante posible, para acercarse a las condiciones reales de funcionamiento.

El diseño del banco está dado para que el operario lo manipule de pie, permitiendo una correcta visibilidad y acceso a los elementos del sistema.

En la estructura del banco, el motor se encuentra dispuesto de forma longitudinal, semejante a la del vehículo; sujeto al banco por un total de 4 bases, las mismas que además de sujetar absorben las vibraciones que este genera.



Figura 2.1. Disposición del motor en el Vehículo

Fuente: www.taringa.net/posts/autos-motos/15110354/Historia-del-Volkswagen-Gol-_un-grande_.html, Julio 2012

Existen actualmente en el diseño mecánico software de elementos finitos, los mismos que simulan y facilitan el diseño para el análisis de esfuerzos en componentes mecánicos, optimizando procesos y tiempos. ANSYS es un software que brinda estas características, permitiendo hacer uso de ella, en este estudio estructural.

Para el manejo de ANSYS, se carga el dibujo de la estructura dibujado en el programa INVENTOR⁶ con el formato .sat para ser interpretado, en la figura 2.2 se muestra el banco en su estructura cargado en el software.

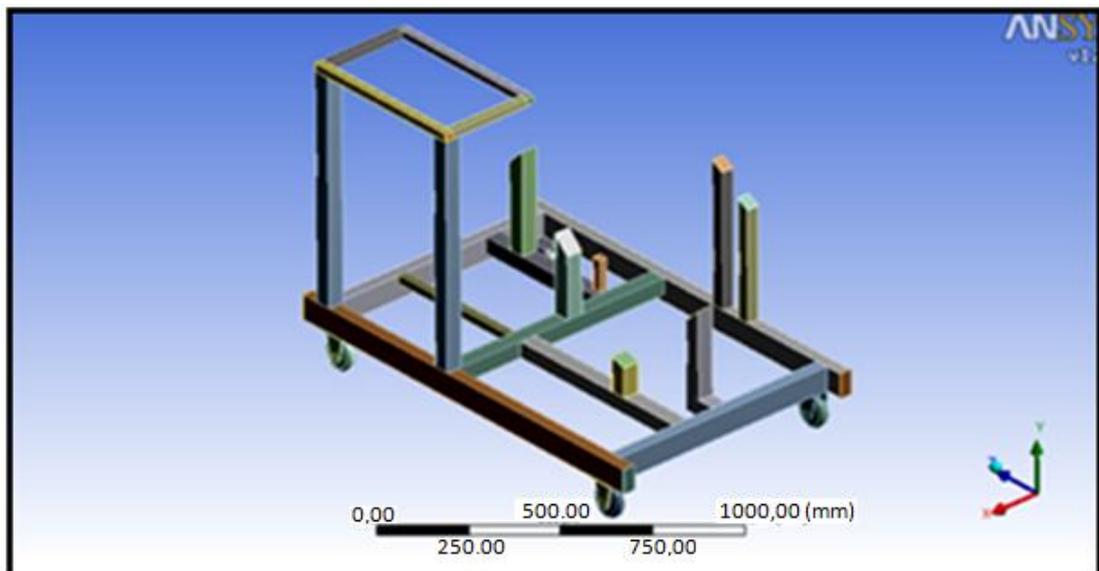


Figura 2.2. Estructura del Banco en ANSYS.

⁶ Autodesk Inventor.

Luego se cargan las fuerzas a las que va a estar expuesta la estructura del banco.

- El peso del motor es $F_{\text{total}} = 165\text{kg}$ (1617 N); el mismo, que se distribuye hacia las apoyos de la estructura como se indica en la figura 2.3; en los siguientes porcentajes: A= 485.1 N (30%), B= 648.8 N (40%), C= 323.4 N (20%), D= 80.85N (5%), E= 80.85N (5%).

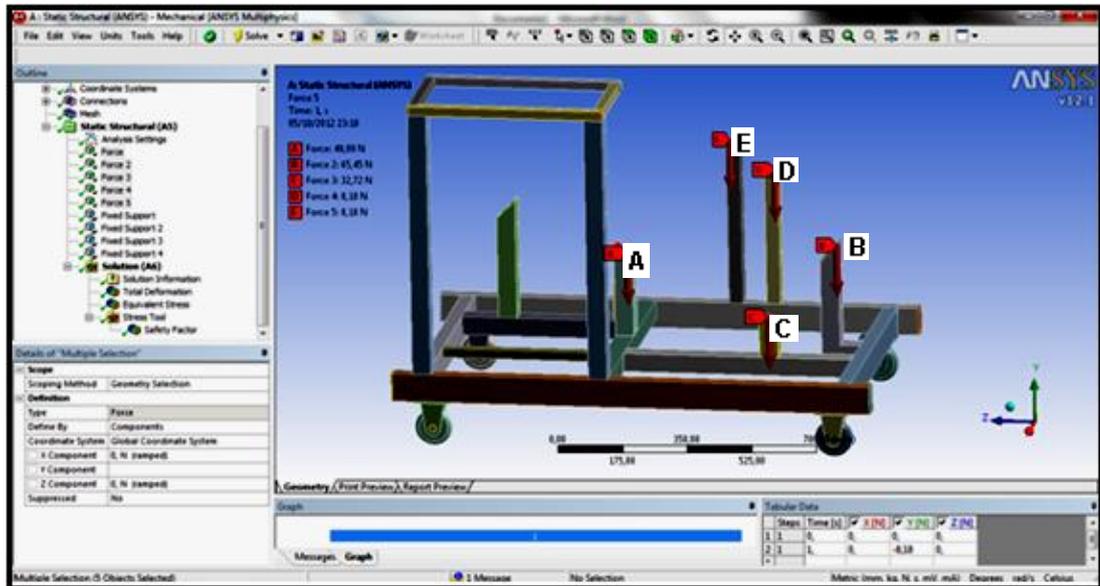


Figura 2.3. Estructura del Banco en ANSYS.

- En la estructura existen 4 ruedas, las mismas generan 4 reacciones con el piso indicadas en la figura 2.4.

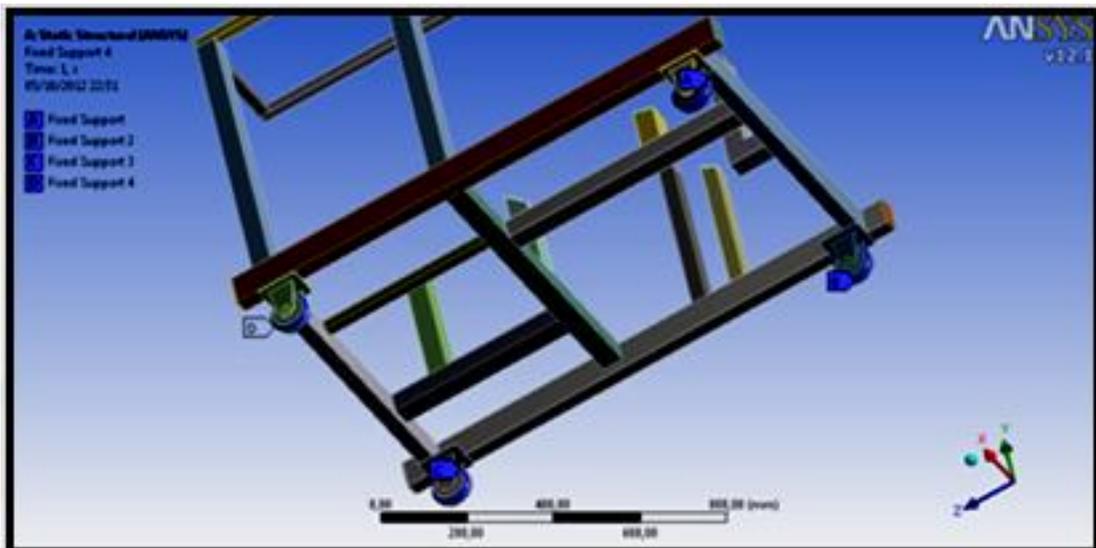


Figura 2.4. Reacciones de las Ruedas.

Mediante opciones del programa se pide el requerimiento de las soluciones de deformación, esfuerzo equivalente de Von Mises y factor de seguridad; al enviar a solucionar se obtiene lo siguiente.

- Deformación: El software al resolver, indica como resultado una deformación máxima de 0,034mm, indicado con rojo en la figura 2.4.

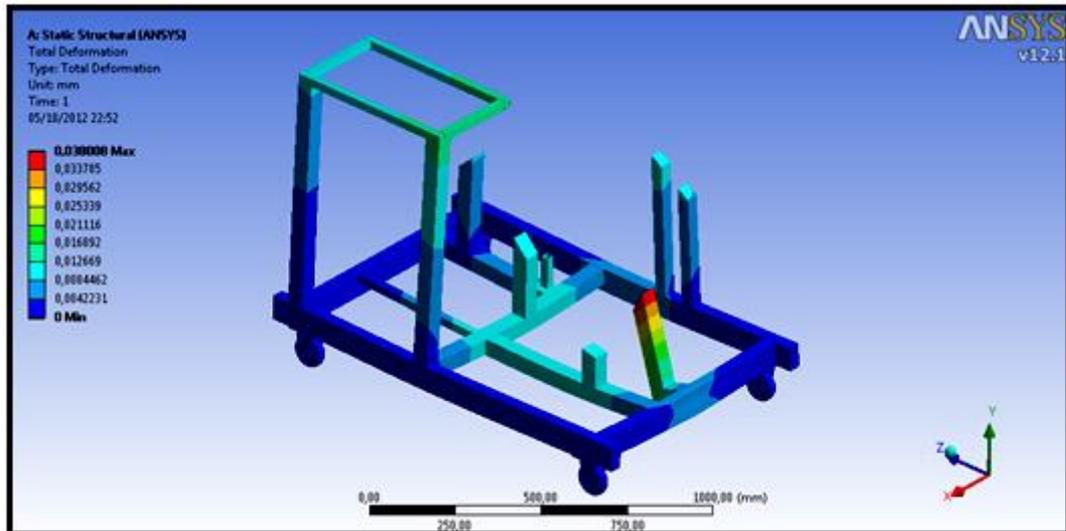


Figura 2.5. Deformación de la Estructura.

- Esfuerzo equivalente de Von Mises: Al resolver el software indica como resultado un esfuerzo máximo de 5,26 MPa, indicado en la figura 2.5.

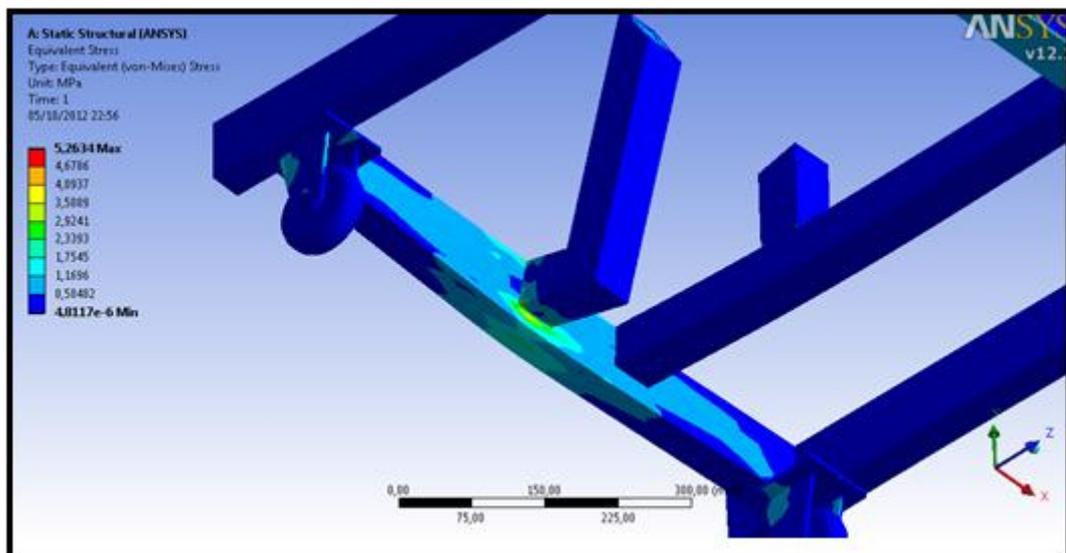


Figura 2.6. Esfuerzo equivalente de Von Mises.

- Factor de Seguridad: Al resolver, entrega como resultado un factor de seguridad de 15, que se encuentra distribuido en toda la estructura como se indica en la figura 2.6.

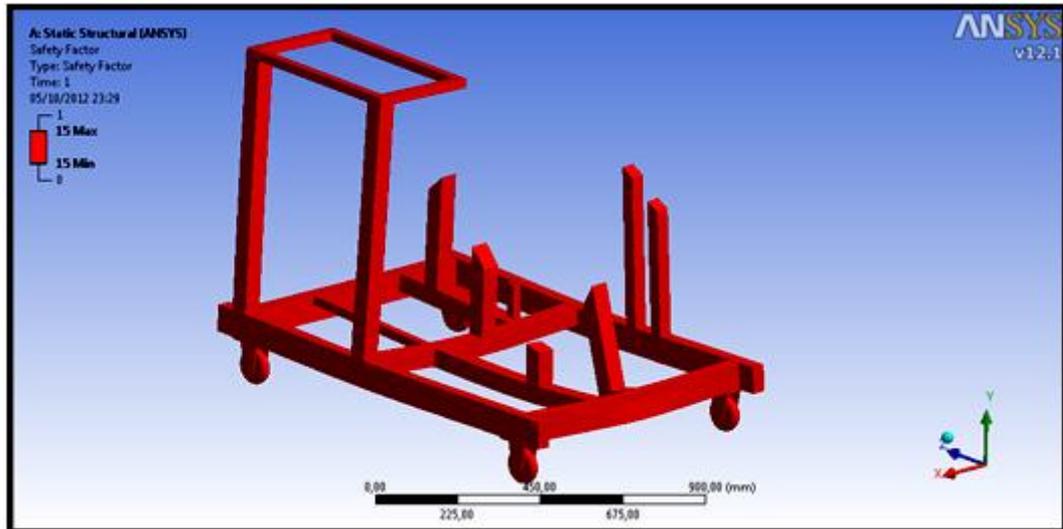


Figura 2.7. Factor de Seguridad.

Al analizar los resultados se indica por el software una deformación máxima de 0,034mm, resultado que es punto de partida para el siguiente análisis.

“Deflexión debido a flexión.

- *Partes de maquinas en general: 0,0005 a 0,003 pulgada/pulgada de longitud de viga.*
- *Presión moderada: 0,00001 a 0,0005 pulgada/pulgada de longitud de viga.*
- *Alta precisión 0,000001 a 0,00001 pulgada/pulgada de longitud de viga⁷.*

Para este diseño se escoge máquinas de presión moderada, la misma que debe satisfacer la ecuación 1.

$$0.00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq \frac{y}{L} \leq 0.0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde las variables:

⁷MOTT, ROBERT L., Diseño de Elementos de Maquina, Editorial Pearson Educación, México 2006, Pag 777.

L = Longitud de la base donde se genera la máxima deformación en el punto

$B=650\text{mm} = 25,58$ pulgadas.

y = Deformación máxima de la estructura indicada en la figura 2.4 = 0.034 mm
= 0,0013 pulgadas.

$$0.00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq \frac{0,0013}{25,58} \leq 0.0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}}$$

$$0.00001 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}} \leq 0,00005 \leq 0.0005 \frac{\text{pulgada}}{\text{pulgada}}$$

- Conforme al resultado obtenido se comprueba analíticamente que la deformación calculada por el software esta dentro de los parámetros permisibles.

Al analizar el resultado del esfuerzo de von mises se puede establecer q esta dentro de la tolerancia admisible ya que el límite de fluencia de los materiales es $S_y = 250$ MPa. El factor de seguridad encontrado por el software es un poco elevado pero teniendo en cuenta que va a ser utilizado y manipulado de forma didáctica por los estudiantes resulta conveniente.

Por último se indica los resultados en la tabla 2.1 de los esfuerzos a los que está sometido el banco didáctico

Resultados de Cálculos	
Deformación Máxima	0,034 mm
Esfuerzo equivalente de Von Mises	5,26 MPa
Factor de Seguridad	15

Tabla 2.1. Valores obtenidos de esfuerzos en el banco.

2.2 Propósito de la tarjeta electrónica

Mediante la conexión de la tarjeta electrónica entre los sensores del motor y un computador, se obtendrá los datos de los principales sensores que intervienen en el sistema de inyección TBI, que permitirán visualizar formas de onda, voltajes y temperatura según el tipo de sensor. La función de la interface es la de tomar datos y presentarlos en forma grafica, además de comandar 1 actuador (Inyector). Esto se tratará a profundidad en la descripción del software.

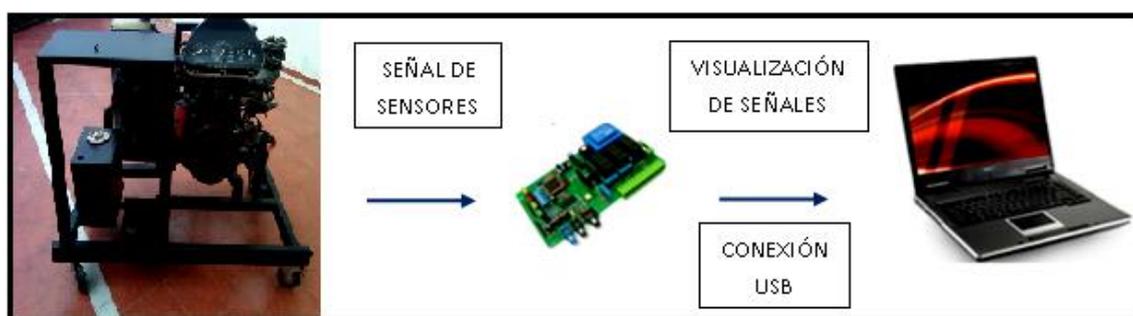


Figura 2.8. Diagrama de Funcionamiento.

2.3 Diseño de la tarjeta electrónica

Existen varias herramientas informáticas que prestan facilidades para el diseño electrónico, siendo el software Proteus una opción idónea para el diseño de la tarjeta electrónica.

“Proteus” captura y permite la esquematización, simulación e impresión de circuitos electrónicos, trabajando con los siguientes módulos básicos:

- ISIS (Intelligent Schematic Input System), módulo de captura de esquemas.
- VSM (Virtual System Modelling), módulo de simulación, incluyendo PROSPICE.
- ARES (Advanced Routing Modelling), módulo para realización de circuitos impresos (PCB).

Para el diseño, se debe conocer las características de tensión, corriente y frecuencia con las que trabaja el sistema de inyección TBI que están incorporadas en el vehículo Volkswagen Gol 1.8, para luego determinar los componentes a utilizar en la tarjeta electrónica. Se describe a continuación las características de las señales eléctricas del sistema que se va a utilizar.

a) Señal de temperatura del refrigerante motor

Mediante un multímetro, se mide en la entrada de la ECU al pin 7 del conector principal. Con esta medición se obtiene los voltajes que el sensor ECT emite, conforme varía la temperatura del refrigerante motor, indicada en la tabla 2.2.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
10	3.5
20	3.1
30	2.6
40	2.1
50	1.7
60	1.3
70	1
80	0.8
90	0.6
100	0.5

Tabla 2.2. Temperatura vs Voltaje del Sensor ECT.

b) Señal de temperatura del aire admitido

Mediante un multímetro, se mide en la entrada de la ECU al pin 25 del conector principal. Con esta medición se obtiene los voltajes que el sensor ACT emite, conforme varía la temperatura del aire admitido, indicada en la tabla 2.3.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
10	3.5
20	3.1
30	2.6
40	2.1
50	1.7
60	1.3
70	1
80	0.8
90	0.6
100	0.5

Tabla 2.3. Temperatura vs Voltaje del Sensor ACT.

c) Señal de revoluciones del motor

Mediante un osciloscopio, se mide a la entrada de la ECU al pin 56 del conector principal; con esta medición se obtiene la frecuencia que el sensor HALL emite, conforme varía las revoluciones del motor; que va de 28 a 150 Hz en ralentí y a plena carga respectivamente. Esta señal es cuadrada con un rango de voltaje entre 0 y 12V

d) Señal de posición de la válvula de gases

A través de un multímetro, se mide a la entrada de la ECU al pin 47 del conector principal; con esta medición se obtiene los voltajes que el sensor TPS emite, conforme varía la posición de la válvula de gases, indicada en la tabla 2.4

Posición de Válvula de Gases	Voltaje (V)
Válvula Cerrada	0.5-8
1/2 recorrido válvula	2-3
Válvula completamente abierta	4.5-4.8

Tabla 2.4. Posición de válvula de gases vs Voltaje del Sensor TPS.

e) Señal de depresión en el múltiple de admisión

Mediante un osciloscopio, se mide a la entrada de la ECU al pin 45 del conector principal; con esta medición se obtiene la frecuencia que el sensor MAP emite, conforme varía las revoluciones del motor; que va de 100 a 145 Hz en ralentí y a plena carga respectivamente.

f) Señal de cantidad de mezcla en gases de escape

A través de un multímetro, se mide a la entrada de la ECU al pin 29 del conector principal; con esta medición se obtiene los voltajes que el sensor de oxígeno “HEGO” emite, conforme varía las revoluciones del motor, que va en el rango de 0 a 1 V.

g) Actuador

A través de un osciloscopio, se mide a la salida de la ECU al pin 59 del conector principal; con esta medición se obtiene el voltaje que se emite hacia el inyector, conforme varía las revoluciones del motor; este valor es de 12 V.

2.3.1 Selección del microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que ofrece las posibilidades de un pequeño computador en un solo chip; en el interior se encuentra un procesador, memoria y varios periféricos (figura 2.8), que permite economizar costos, tiempo, espacio y materiales. El microcontrolador es el “cerebro” de la tarjeta electrónica ya que en él se graba el programa que permite funcionar a la misma.

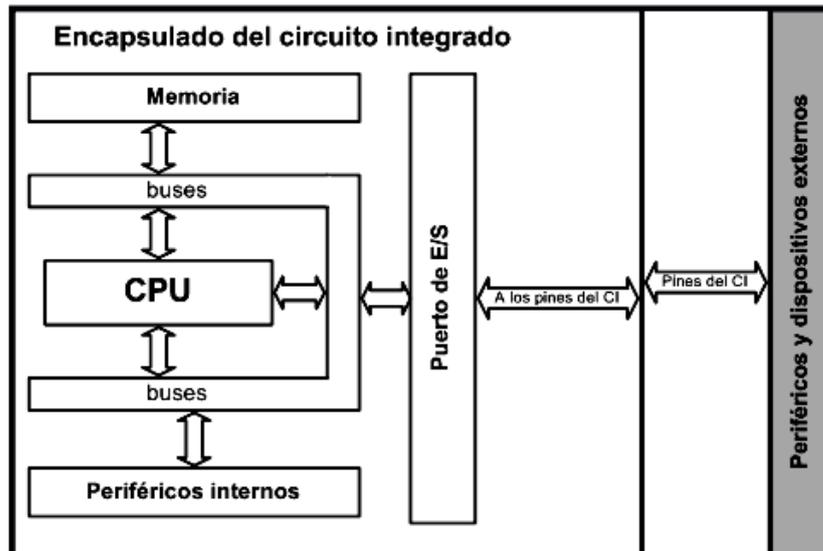


Figura 2.9. Estructura de un Microcontrolador.

Fuente: Torres Labrada, Reinier, El microcontrolador, www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El_microcontrolador; Julio 2012

Para la selección del microcontrolador se debe conocer las características de funcionamiento del mismo y las necesidades para el diseño requerido, en funciones como la velocidad de procesamiento de datos, el tipo de conectividad, el número de entradas y salidas necesarias, entre otras.

Existen varios fabricantes de microcontroladores como Microchip Technology Inc., el mismo que produce microcontroladores Pic de 32 bits de arquitectura interna de fácil comprensión, brindando beneficios en costos, además de ser favorable para la aplicación en la programación de las funciones del proyecto. Los siguientes aspectos fueron analizados para la selección del Pic.

- **Número de entradas a manejar.-** Para las funciones del proyecto se debe manejar 7 entradas; que están en función de los sensores de los cuales se va a obtener los datos, además de manejar 1 salida para operar el inyector.
- **Voltaje de operación.-** Las señales a visualizar se manejan en un voltaje que varía entre 0 y 5 voltios q no supera los 0.5 amperios de consumo; y 12 voltios para el inyector.
- **Tipo de entradas.-** Las entradas de señal del sensor HALL y MAP son digitales y las de la IAT, ECT, TPS y sensor de oxígeno “HEGO” son analógicas.

- **Frecuencia de trabajo.-** Frecuencia del sensor MAP va desde 100 a 145 Hz y la del sensor HALL de 28 a 150 Hz.
- **Conectividad.-** Se debe realizar por un conector USB, debido a que se pretende que la alimentación sea directa del puerto de la computadora, para reducir el uso de componentes.

Luego de analizar los requerimientos del proyecto el Pic 18F2550 cumple con los aspectos para ser aplicado (tabla 2.5 y figura 2.9).

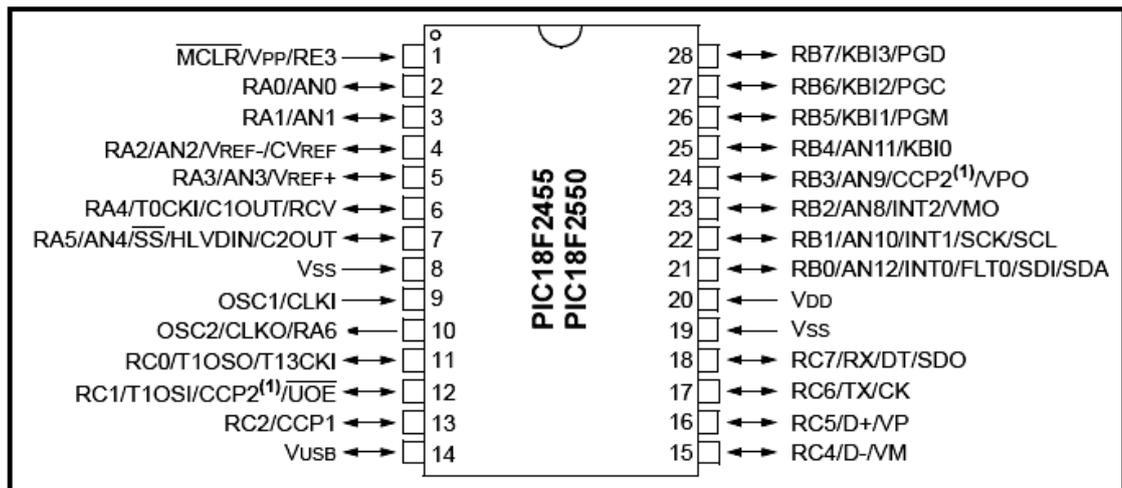


Figura 2.10. Distribución de pines del Pic 18F2520.

Fuente: MICROCHIP Technology Incorporate,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>; julio 2012

CARACTERISTICAS	PIC 18F2550
Frecuencia de operación	48MHz-DC
Interface USB de alta velocidad	12 Mbits
10-Bit analógico-digital	10 canales de entrada
Memoria de programa	32 Kb
Memoria RAM	2048 bytes
EEPROM	256 bytes
Voltaje de operación	2 a 5.5 V
Total de pines	28

Tabla 2.5. Características del Pic 18F2520.

Fuente: MICROCHIP Technology Incorporate,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>; Diciembre 2011

2.3.2 Descripción del software de control

El software debe cumplir con las funciones necesarias para poder visualizar la forma de onda y el valor de voltaje de los sensores de características antes mencionas; así como la capacidad de controlar la señal del inyector, a más de visualizar los pulsos de la misma, generando un fallo en el sistema de inyección TBI. El microcontrolador además debe crear la comunicación vía USB con el computador para que los datos sean enviados entre sí.

2.3.2.1 Visualización de señales

El funcionamiento del sistema de inyección TBI, se indica mediante formas de onda y valores en la pantalla del computador tomando las siguientes señales del sistema que se indica en la tabla 2.6.

SENALES	DATOS A VISUALIZAR
IAT (Temperatura del aire de entrada)	Forma de onda
	Voltaje (V)
ECT (Temperatura del refrigerante del motor)	Forma de onda
	Voltaje (V)
	Temperatura del refrigerante en °C
MAP (Presión en el múltiple de admisión)	Forma de onda
	Voltaje (V)
TPS (Sensor de posición del acelerador)	Forma de onda
	Voltaje (V)
Hall (Sensor de posición del cigüeñal)	Forma de onda
	Voltaje (V)
INYECTOR (Actuador)	Forma de onda
	Voltaje (V)
HEGO (Sensor de oxígeno)	Forma de onda
	Voltaje (V)

Tabla 2.6. Datos a visualizar.

2.3.3 Programación del software del microcontrolador y del computador

Se ocupan dos programas como son el Micro Code Studio Plus, necesario para la programación del microcontrolador y el Visual Basic 6.0 necesario para la visualización del funcionamiento de los sensores del sistema de inyección en la computadora. Se inicia con el programa Micro Code Studio Plus que tiene en la pestaña (view) la opción (Easy HID USB Wizard) en donde se crea dos archivos, el primero para la programación del microcontrolador y el segundo para la programación del Visual Basic, generando automáticamente una comunicación USB entre los programas para que se reconozcan (figura 2.10).

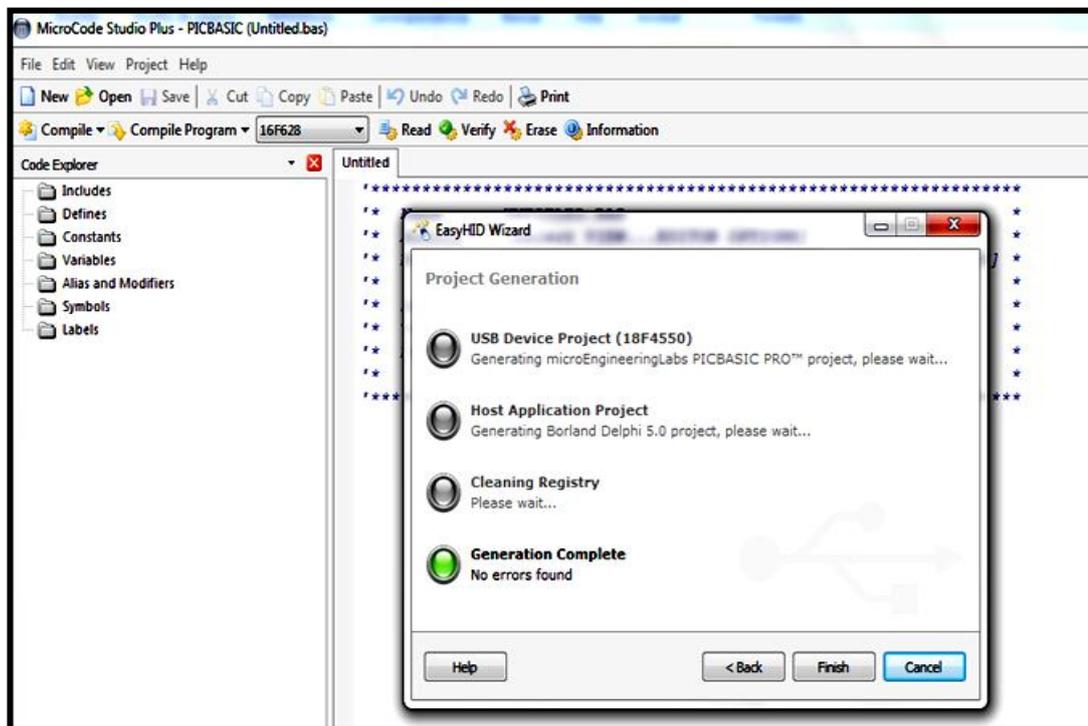


Figura 2.11. Obtención de archivos para la programación.

La programación del microcontrolador se la desarrolla mediante el lenguaje Pic Basic Pro (PBP), debido a que es un compilador de lenguaje de alto nivel que hace más fácil y rápida la programación.

Para iniciar con la programación se abre el archivo creado en el Micro Code Studio (figura 2.11), para en esta digitar las líneas de programación según lo requerido en la descripción del software, plasmándolas en el Anexo1.

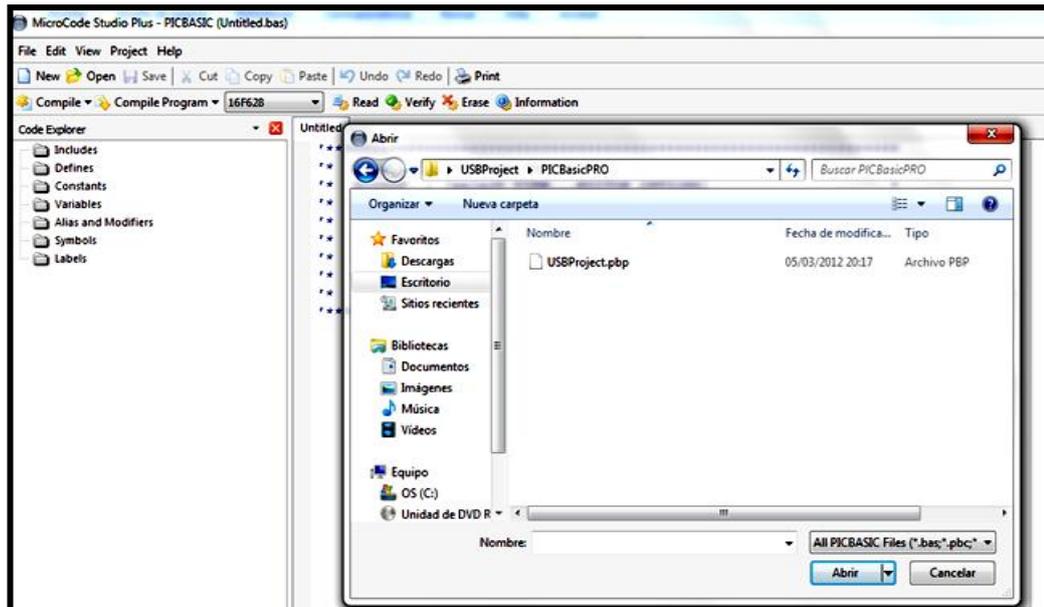


Figura 2.12. Apertura de archivo para programación del microcontrolador.

Realizada la programación, se necesita grabarla en el Pic; esto, con la ayuda de un grabador y el programa Eclipse (figura 2.12). Eclipse traduce la programación implantada en Pic Basic en un lenguaje entendible para el microcontrolador, creando un archivo Pic Basic con extensión (.HEX), compilando de esta manera la programación transformada a un lenguaje hexadecimal



Figura 2.13. Grabador de PICS.

Luego para la programación del software del computador, se abre el archivo que fue creado por el Micro Code Studio (figura 2.13) con el Visual Basic 6.0 el que ya

posee códigos que son cargados por el dispositivo al conectar la tarjeta con el computador.

Luego se programa en el archivo abierto en un lenguaje parecido al del microcontrolador, las líneas de la programación se plasman en el Anexo 2.

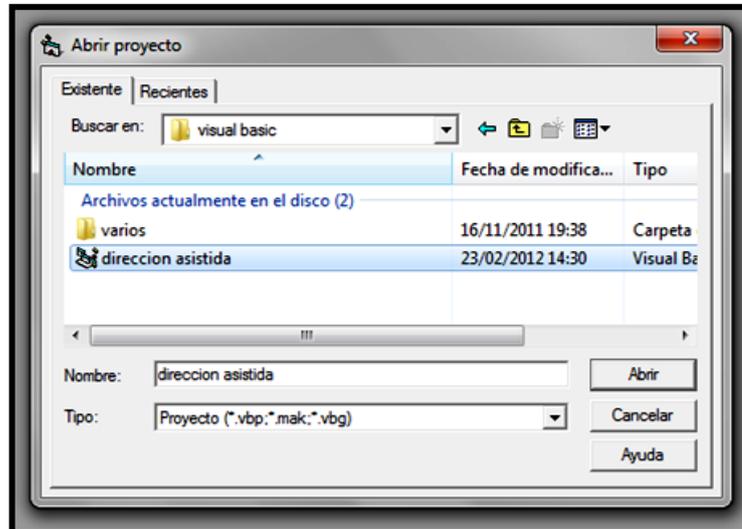


Figura 2.14. Apertura de archivo para programación en Visual Basic.

2.3.4 Desarrollo del hardware o tarjeta electrónica

Realizado el análisis que cumplirá la tarjeta electrónica, se procede a la configuración que va a tener el circuito eléctrico y los componentes electrónicos con las que contará la interfaz; esto, con el uso del módulo ISIS Proteus, utilizando las herramientas con las que cuenta para el idóneo funcionamiento de la misma (figura 2.14).

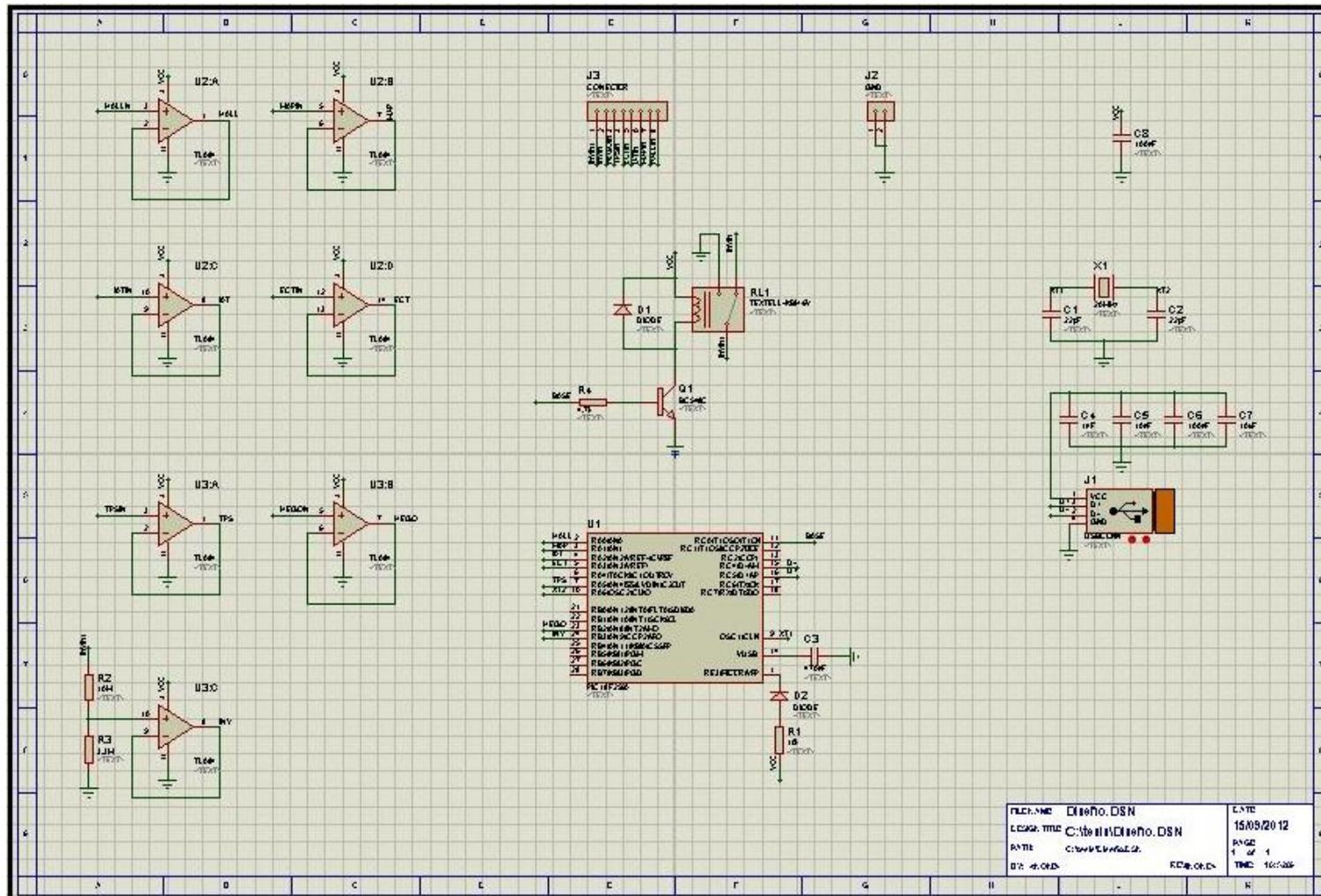


Figura 2.15. Circuito de la tarjeta electrónica.

Dentro de la configuración se diferencian varios circuitos para las distintas funciones comandadas por el microcontrolador dentro de la tarjeta electrónica que se dividen en: Alimentación, Potencia, Filtrado de tensión, Acople de impedancias, Conexión USB.

2.3.4.1 Alimentación

La tensión para los circuitos de la tarjeta es de 12 V para el relé y de 5 V para el microcontrolador, que se toman desde el puerto USB del computador.

2.3.4.2 Potencia

Para generar la interrupción de la corriente del inyector, se utiliza un relé, el que va a ser activado por el microcontrolador; al ser insuficiente la corriente para su activación se utiliza un transistor. Luego para eliminar los picos de tensión que inducen los relés se coloca un diodo entre el bobinado, para que de esta forma se eviten posibles fallos al transistor (figura 2.15)

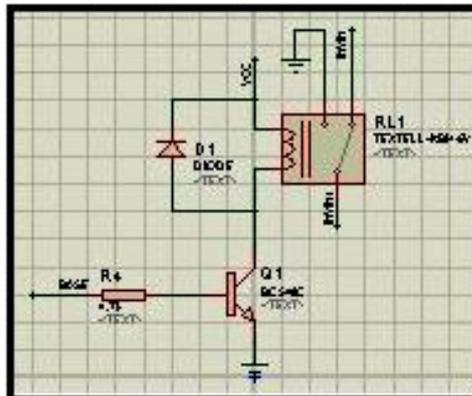


Figura 2.16. Circuito de potencia.

2.3.4.3 Filtrado de Tensión

Para estabilizar la tensión en la placa electrónica es necesario colocar condensadores electrónicos y cerámicos con el fin de filtrar la tensión de baja y alta frecuencia (figura 2.16)

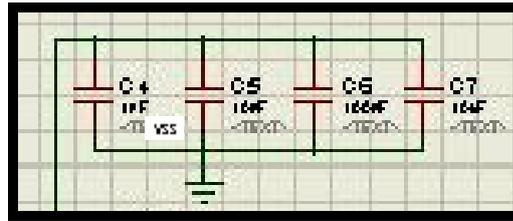


Figura 2.17. Circuito de filtrado de tensión.

2.3.4.4 Acoples de Impedancia

Debido a la precisión de las señales de los sensores, es necesario interponer un amplificador operacional en modo seguidor de tensión, que proporciona a la salida la misma tensión que a la entrada sin tener en cuenta la carga que se le acople o de la intensidad que demanda, para evitar producir un error en la señal que lee el microcontrolador (figura 2.17).

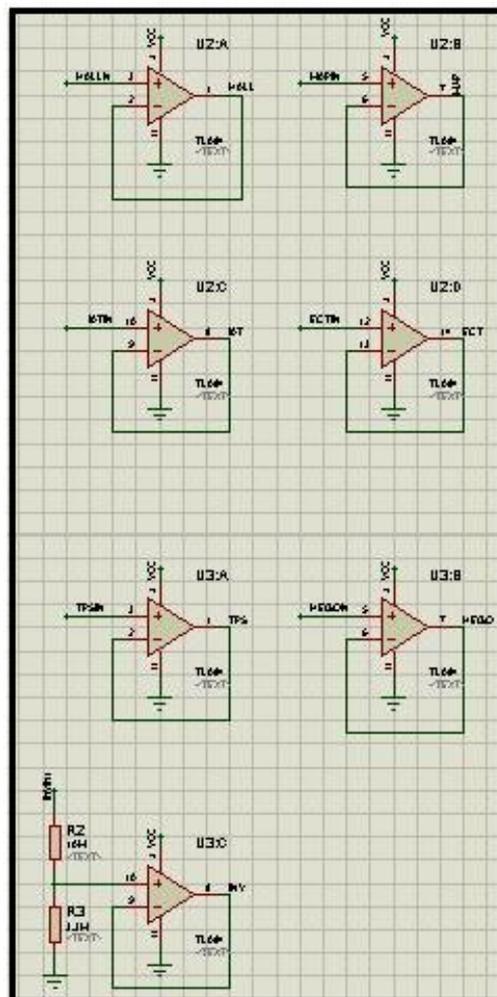


Figura 2.18. Circuito de acople de impedancia.

2.3.4.5 Conexión USB

Por medio del puerto USB se realiza la comunicación entre la tarjeta electrónica y el computador; este circuito se encuentra en el datasheet⁸ del microcontrolador (figura 2.18).

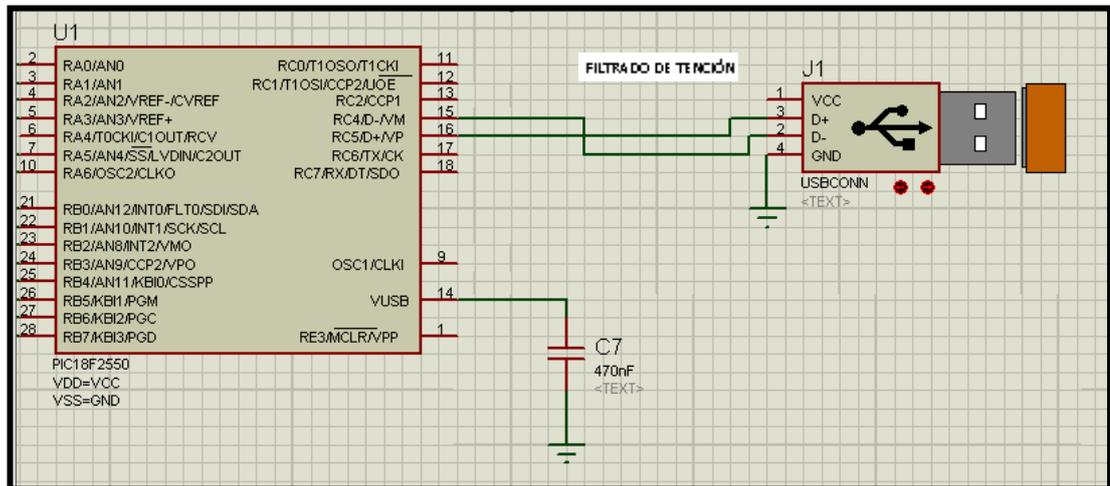


Figura 2.19. Circuito del puerto USB.

Luego se procede a comprobar el correcto funcionamiento de la misma a través del módulo VSM Proteus mediante la selección de la opción (Electrical Rule Check) en la barra (tools), en donde se genera una pantalla en la cual se reportan los errores (figura 2.19).

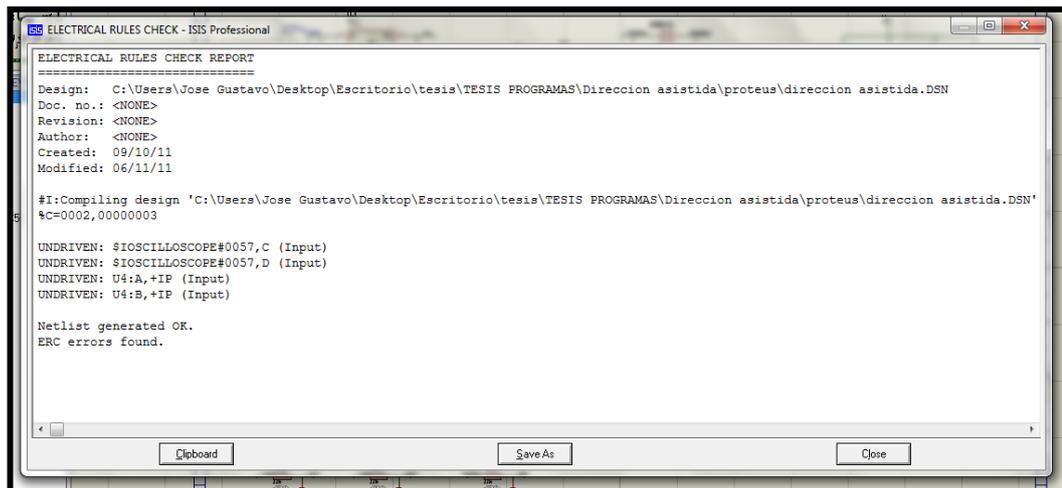


Figura 2.20. Comprobación del circuito.

⁸Datasheet microcontrolador PIC 18F2550, pag 167.

En ARES Proteus se ejecuta el circuito impreso para la posterior fabricación de la placa; el mismo, ordena los componentes en la mejor distribución posible (figura 2.20), para luego usar la opción de ruteo automático (figura 2.21)

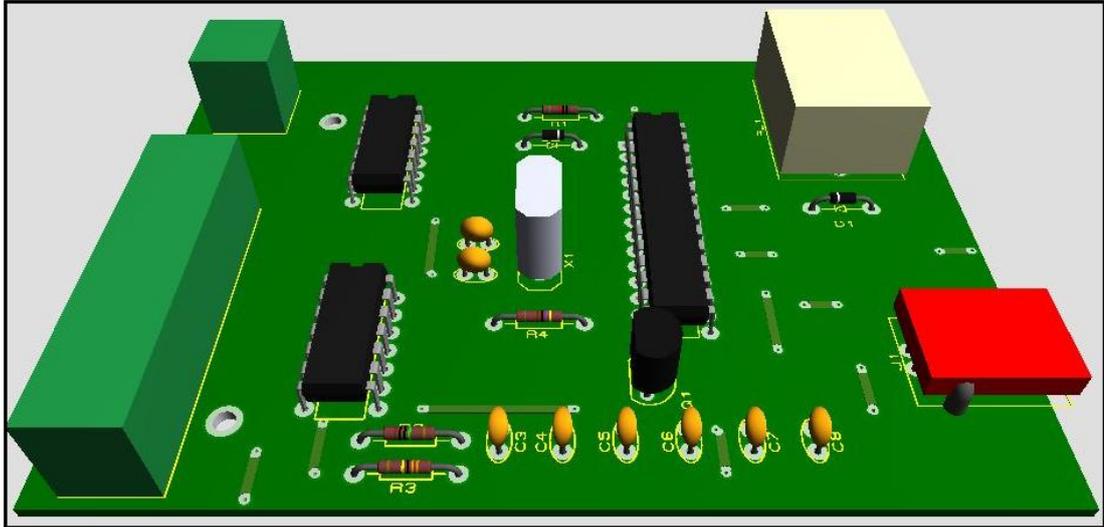


Figura 2.21. Componentes del circuito eléctrico.

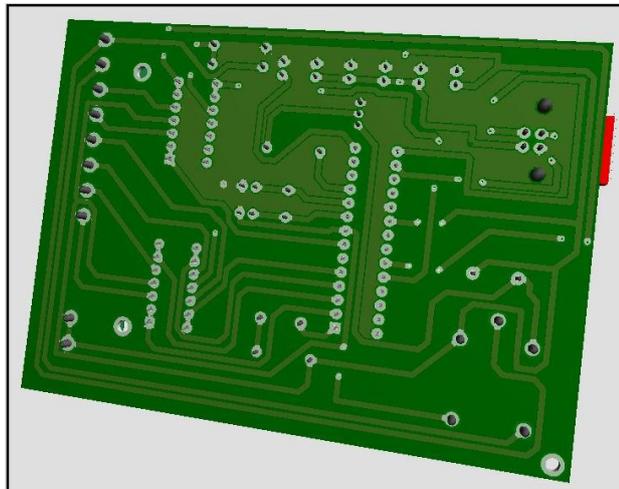


Figura 2.22. Ruteo del circuito eléctrico.

2.3.5 Software de Control

Al programar el software se genera un archivo llamado dirección.exe, el mismo debe ser cargado en el computador donde se va a visualizar las señales de los sensores y comandar el inyector. Al conectarse la tarjeta electrónica por vía USB se ejecuta el archivo automáticamente habilitado el software para iniciar con el funcionamiento del sistema. En la figura 2.22 se visualiza las opciones con que cuenta

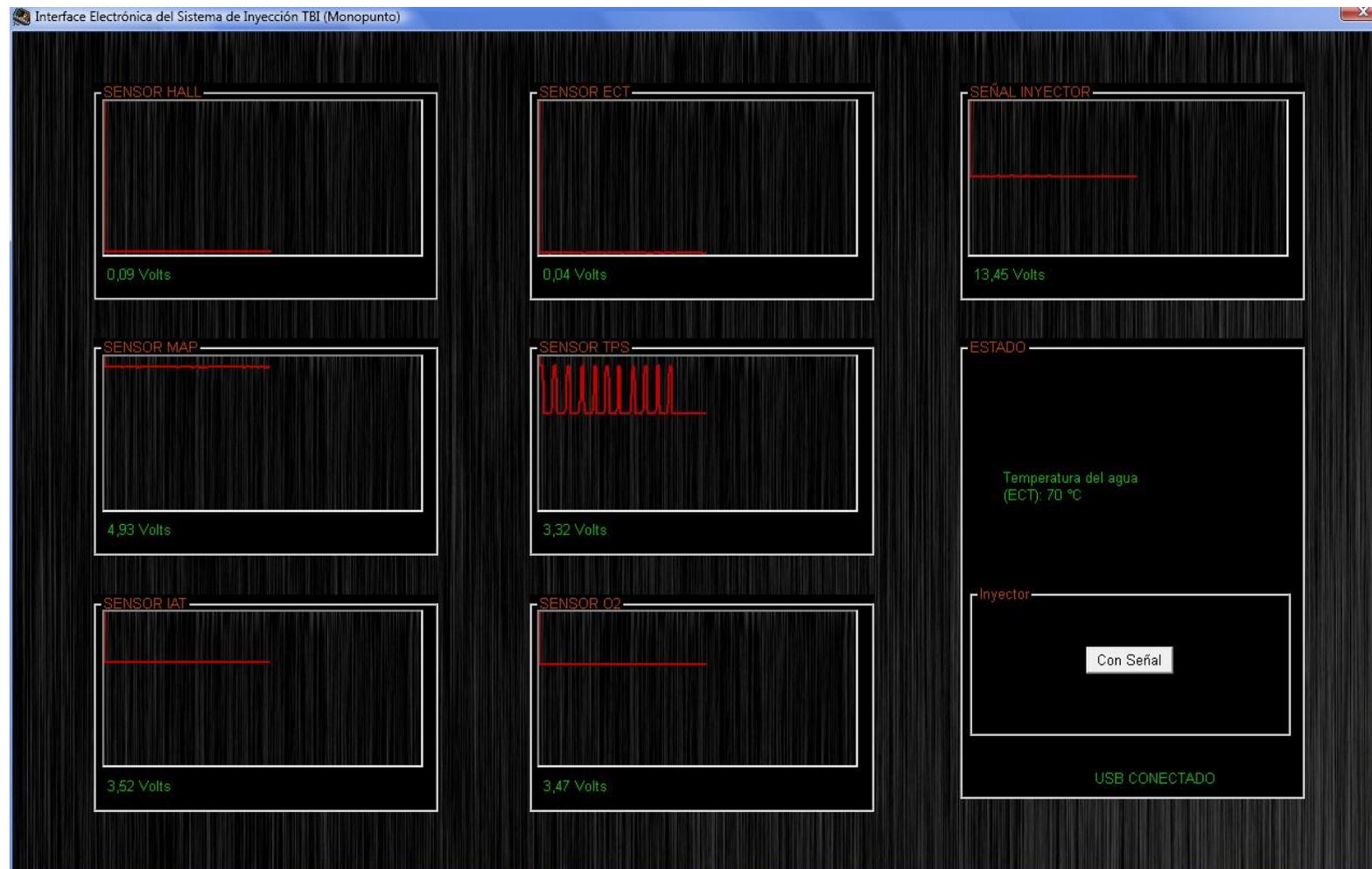


Figura 2.23 Software de control

2.4 Conclusiones

El software ANSYS de elementos finitos facilita los cálculos para la obtención de la deformación y factor de seguridad que son necesarios para determinar si la estructura del banco soportará las cargas a las cuales va a estar sometido.

El diseño de la tarjeta electrónica mediante el uso del software Proteus economizó recursos, la permitir mediante sus módulos la creación, comprobación e impresión del circuito en un solo programa.

Analizando el sistema de inyección TBI y las necesidades para lograr la visualización del funcionamiento de sus sensores se seleccionó el microcontrolador Pic 18F2550 que facilito la programación para las funciones que va a realizar dentro de la tarjeta electrónica.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO Y LA TARJETA ELECTRÓNICA

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrolla la construcción del banco didáctico y la tarjeta electrónica, en base a los planos diseñados en el capítulo II; los mismos, que sirven como guía, para la selección idónea de elementos y materiales que satisfacen las necesidades del sistema.

3.1 Construcción de la estructura

Satisfecha las necesidades de funcionamiento idóneas, mediante el análisis estructural del diseño; dando como resultado una deformación, límite de resistencia y factor de seguridad adecuado; a través de la selección de materiales y distribución ergonómica de los componentes, se procede a la construcción del banco.

3.1.1. Planos de construcción

Se plantea en el Anexo 3 los planos de la estructura del banco a escala, que se realizaron en el programa INVENTOR⁹, que sirve como pauta para efectuar la construcción; en la figura 2.1 se indica la gráfica del banco.

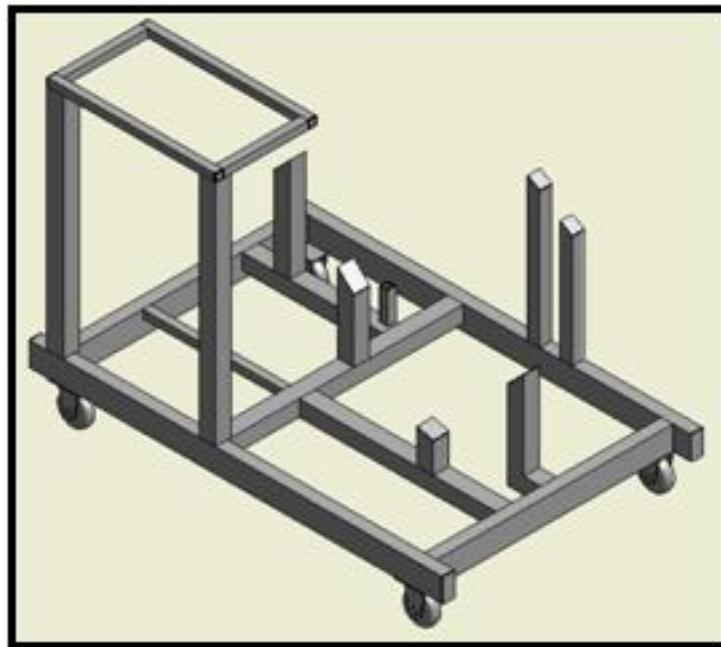


Figura 3.1. Estructura del Banco.

3.1.1.1 Ejecución de la construcción

Valiéndose de guía los planos creados para la construcción de la estructura, se considera los siguientes materiales que se utiliza (tabla 3.1):

⁹ WALKER, John, *Autodesk Inventor Profesional programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*; 2011.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Tubo rectangular de 4"x2" de 2 mm de espesor	2.5 metros
Tubo cuadrado de 3" con espesor de 2 mm	2.5 metros
Tubo cuadrado de 2" con espesor de 2mm	3 metros
Plancha de tol 1/8" (base del tanque de combustible)	
Plancha de tol 1/8" (soporte de batería)	
Perfil de aluminio (soporte de PC portátil)	
Platina de 2"x1/4"	80 cm
Platina de aluminio 2"x1/8 (sujeción del tanque de combustible)	
Formica (tablero de control)	67x30 cm
Electrodos 6011	3 libras
Lija de hierro #100	5
Lija de agua # 400	8
Masillaplástica	1/4 de galón
Fondoanticorrosivo	2 litros
Pintura color negro mate	1/4 galón
Bases de caucho	4
Broca de metal 3/16	1
Broca de madera 1/4	1
Pernos auto perforantes de metal	18
Bridasplásticas	25

Tabla 3.1. Materiales para la Construcción del Banco.

Según las dimensiones plateadas, se analiza el material y se procede al aserrado de perfiles, para ser acoplados mediante unión por soldadura eléctrica (figura 2.2). Por último se limpia la estructura íntegramente para el fondeado y pintado final (figura 2.3).



Figura 3.2. Estructura en proceso y motor acoplado.



Figura 3.3. Estructura terminada y motor acoplado.

3.2 Montaje de los Componentes del Banco

Para el montaje de los componentes es necesario basarse en el diseño previo, con el fin de complementar la construcción del banco (fig. 3.4), los elementos externos y material eléctrico para la sujeción y acople a la estructura son los siguientes (tabla 2.2, 2.3):

DESCRIPCION	CANTIDAD
Tablero de instrumentos original	1
Radiador de aire original	1
Interface de comunicación	1
ECU	1
Interruptor de encendido	1
Depósito del refrigerante	1
Filtro de combustible	1
Depósito de combustible	1
Batería 12v 45 ^a	1

Tabla 3.2. Elementos externos empleados en el Banco.

DESCRIPCION	CANTIDAD
Manguera aislante anillada de $\frac{3}{4}$	4 m
Manguera aislante anillada de $\frac{1}{2}$	2 m
Manguera aislante anillada de $\frac{1}{4}$	2 m
Manguera aislante anillada de $\frac{1}{8}$	1m
Cable flexible #16	15m
Cinta aislante	12 rollos
Terminales hembras	5
Cable con puerto UBS	1
Estaño	1 rollo
Pasta de soldar	1
Fusibles	
Relés	

Tabla 3.3. Materiales eléctrico empleado en el Banco.



Figura 3.4. Montaje de los Componentes del Sistema.

3.3 Puesta a punto del sistema

Realizado el montaje de todos los elementos y componentes que conforman el banco didáctico, se procede a probar el funcionamiento eléctrico y mecánico del sistema, para ello se verifica alimentación de 5V de todos los sensores y 12V para los actuadores del sistema. Por último se enciende el motor y comprueba que el sistema de inyección este funcionando correctamente, conforme a los valores de resistencia, señal y voltaje de los sensores, actuadores establecidos en el Anexo 3, de esta forma se pone a punto el sistema.

3.4 Fabricación de la tarjeta electrónica

En base al diseño realizado, se realiza la impresión del rotulado de la placa generada en el programa Proteus, sobre una baquelita con recubrimiento de cobre; la misma, debe ser del mismo tamaño que la baquelita donde se va a crear el circuito impreso.

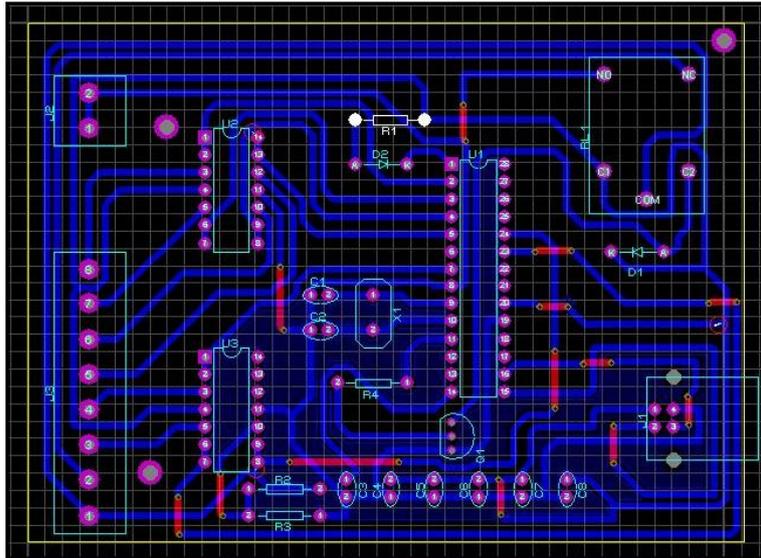


Figura 3.5. Rotulado de la placa.

La impresión del rotulado se la realiza sobre papel calco y se la lleva a la baquelita de cobre para que con la aplicación de calor se pase el rotulado a la misma y de esta manera quede dibujado sobre las partes de cobre, luego con marcador permanente repasar dicho rotulado. Por último se sumerge la placa sobre percloruro de hierro de modo que el cobre que no ha sido aislado se desprenda de la misma, quedando finalizada la construcción de la placa.

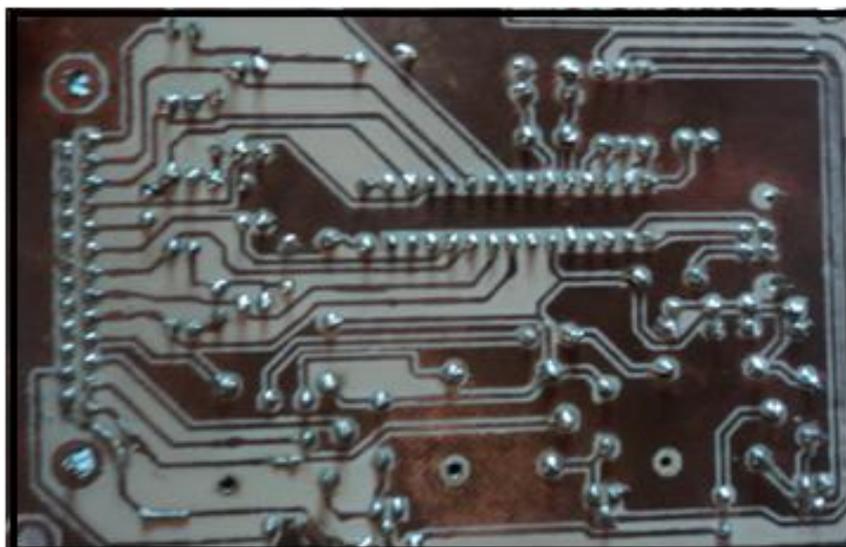


Figura 3.6. Rotulado de la placa en la baquelita.

Luego se taladra los huecos donde se alojarian los pines de los componentes para posteriormente soldarlos (figuras 3.7 y 3.8).

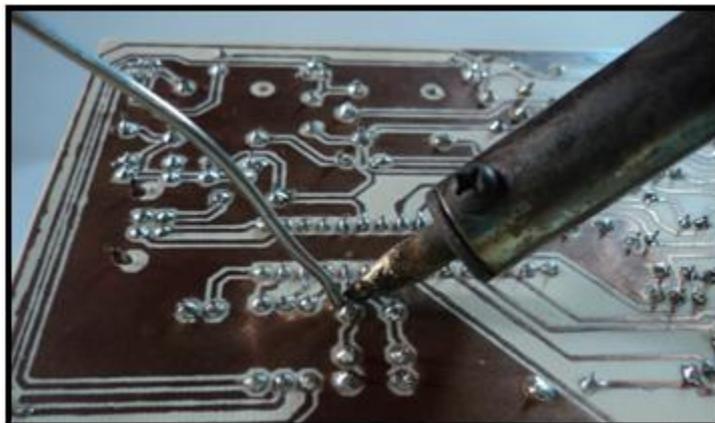


Figura 3.7. Ensamble de componentes.

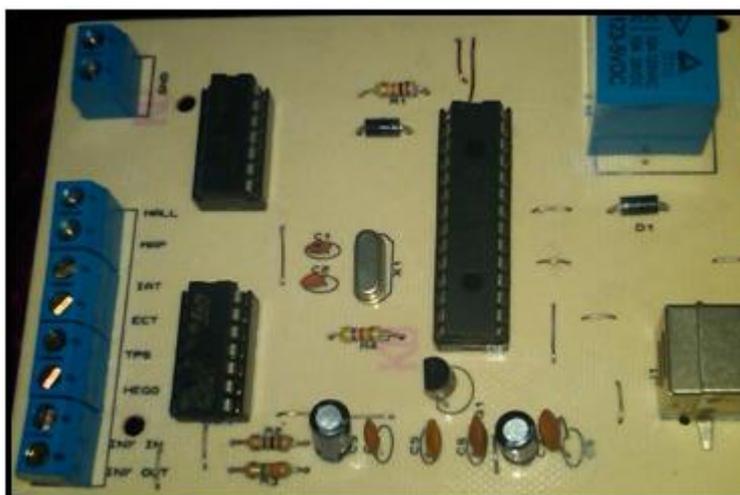


Figura 3.8. Tarjeta armada completamente.

3.5 Conectividad eléctrica de la tarjeta electrónica con el sistema de inyección TBI

Su conectividad es esencial para el intercambio de información entre los sensores del sistema de inyección, la tarjeta electrónica y el software del computador, resultando fundamental una comunicación sin interrupciones y con valores exactos de tensión y corriente para no interferir en el funcionamiento normal del sistema; esto, con el uso

de uniones soldadas y cables acordes a la función que cumplen con el fin de evitar deterioros y desconexiones en el futuro.

Para la conectividad de la tarjeta se ha montado cuatro borneras (figura 3.9):

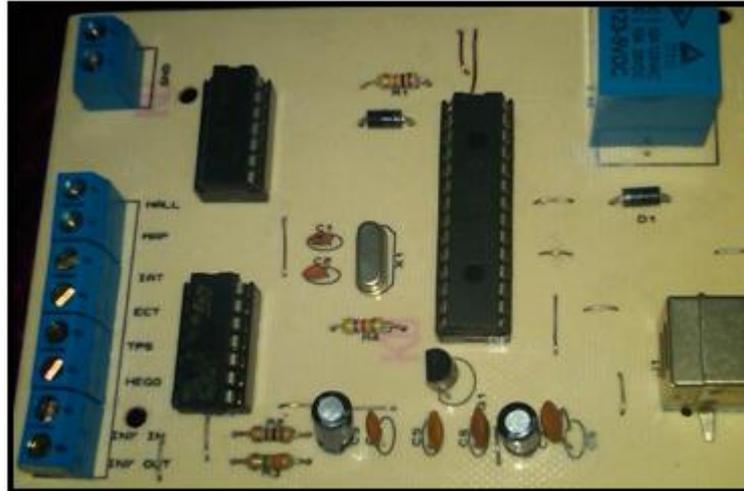


Figura 3.9. Conectividad de tarjeta electrónica.

- Bornera 1.- En esta se realiza la conexión a masa de la tarjeta electrónica.
- Bornera 2.- Se realiza la conexión de la señal de los sensores del motor a visualizar entre los cuales están los sensores IAT, MAP, HALL, ECT, IAT, TPS, sonda lambda y la señal del inyector.
- Bornera 3.- Esta bornera es la conexión de puerto USB necesaria para su comunicación con el computador.

3.6 Conclusiones

La disposición de las partes y componentes del banco brindan comodidad para que el usuario pueda acceder de manera más fácil y rápida, permitiendo al estudiante conocer de manera más real el funcionamiento del sistema de inyección TBI.

La conectividad eléctrica realizada entre la tarjeta electrónica, los sensores del sistema de inyección TBI y el computador proporcionó el resultado esperado ya que al poner el banco en funcionamiento se visualizó las formas de onda y valores de voltaje de los sensores programadas para el caso; además del correcto control del inyector.

CAPITULO IV

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se indica el funcionamiento del software de visualización. Adicionalmente se muestra las comprobaciones que se realiza en los sensores y el fallo que se genera en el sistema; para finalmente indicar los problemas más frecuentes que se pueden presentar en un motor dotado con este sistema de inyección, sirviendo de guía para un mejor diagnóstico.

4.1 Funcionamiento operativo del banco

Se debe conocer la operación de los componentes del banco, tanto en su función como en su manipulación, con el fin de evitar daños en el motor, sistema de inyección TBI, tarjeta electrónica y estructura.

Los componentes básicos del banco son: Motor Otto de cuatro tiempos dotado con sistema de inyección TBI, tarjeta electrónica y software de visualización del funcionamiento de los sensores del sistema.

Las pruebas de funcionamiento que se efectúan en el banco tienen como objetivo la reducción de tiempos en el mantenimiento que se puedan realizar a vehículos que posean este tipo sistema de inyección y el aumento en la eficiencia, al establecer un orden lógico para encontrar de la manera más técnica un daño o avería.

4.1.1 Software de visualización

En la pantalla que se ejecuta al momento de iniciar el software; y con el motor en marcha, se puede diferenciar las siguientes secciones:

- Señal del sensor de Hall.- En esta sección se muestra el gráfico donde se visualiza la forma de onda de la señal de este sensor, y en la parte baja, su valor correspondiente (figura 4.1).

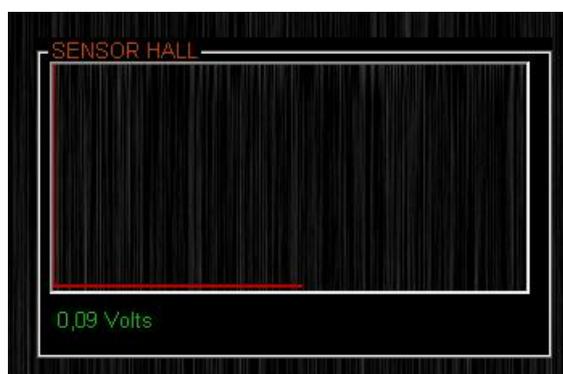


Figura 4.1. Señal del Sensor Hall.

- Señal del sensor MAP.- Se indica en el gráfico la visualización de la forma de onda de este sensor y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.2).



Figura 4.2. Señal del Sensor MAP.

- Señal del sensor IAT.- Se muestra en el gráfico la visualización de la forma de onda de este sensor y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.3).

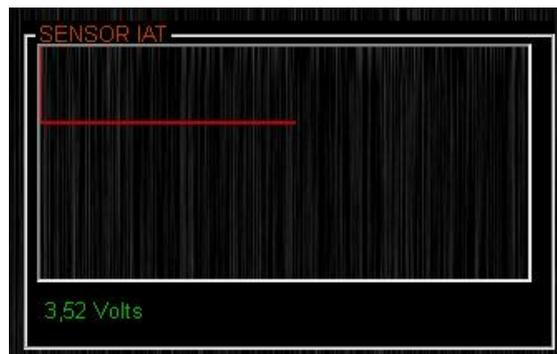


Figura 4.3. Señal del Sensor IAT.

- Señal del sensor ECT.- Se indica en el gráfico la visualización de la forma de onda de este sensor y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.4).

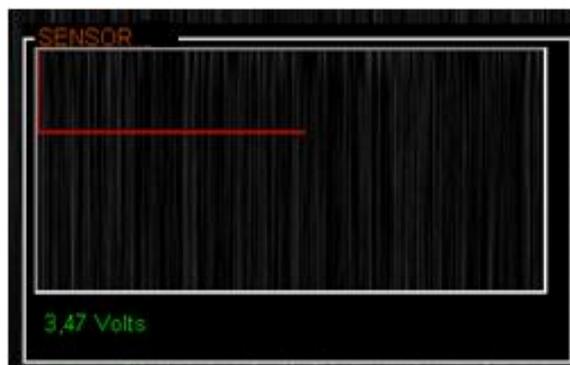


Figura 4.4. Señal del Sensor ECT.

- Señal del sensor TPS.- Se muestra en el gráfico la visualización de la forma de onda de este sensor y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.5).

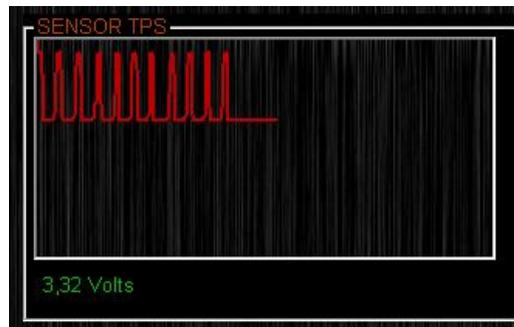


Figura 4.5. Señal del Sensor TPS.

- Señal del sensor de Oxígeno “HEGO”.- Se indica en el gráfico la visualización de la forma de onda de este sensor y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.6).



Figura 4.6. Señal del Sensor de oxígeno.

- Señal del Inyector.- Se indica en el gráfico la visualización de la forma de onda de este actuador y en la parte baja el valor del voltaje correspondiente (figura 4.7).

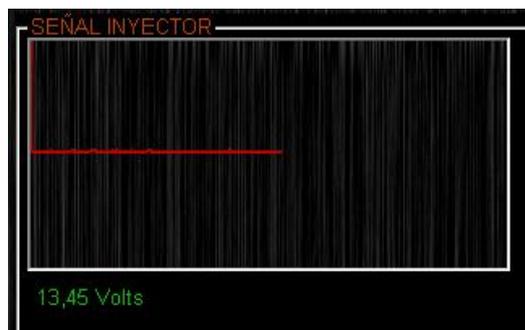


Figura 4.7. Señal del Inyector.

- Control de la señal del Inyector.- Se indica en el gráfico el control de la señal del inyector el mismo que tiene dos estados, con señal y sin señal. Se comanda con el cursor del computador (figura 4.9).



Figura 4.9. Valores de temperatura.

4.2 Problemas que presenta en el motor y sus posibles causas

En la tabla 4.1 se indica los problemas frecuentes que se pueden generar en el motor y sus posibles causas, que sirve de guía para un mejor diagnóstico orientando a una solución.

PROBLEMA	POSIBLE CAUSA
Motor de arranque gira pero no arranca	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar batería • Alimentación de la ECU • Escape tapado • Filtro de aire y su tubería tapados • Transformador, bobina, sistema de inyección y bomba de combustible • Verificar bomba de combustible, mangueras, filtro.
Marcha lenta (ralentí) acelerado	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar ignición • Ver carga de batería • Válvula inyectora • Verificar bomba de combustible, mangueras, filtro

Marcha lenta irregular	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar en sensor de presión en el colector • Actuador IAC • Verificar bomba de combustible, mangueras, filtro • Sonda lambda • Sensor de temperatura del agua • Estanqueidad (entrada de aire en el colector de admisión). • Sensor de temperatura delo aire
Motor difícil de arrancar	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar ignición • Examinar la batería • Verificar bomba de combustible, manguera, filtro • Sonda lambda • Sensor de temperatura del agua • Sensor de temperatura del aire • Estanqueidad (entrada de aire en el colector de admisión).
Consumo elevado de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de aire y su tubería tapados • Sonda lambda • Alimentación de la ECU • Examinar la batería • Verificar bomba de combustible, mangueras, filtro. • Sensor de temperatura del agua • Sensor de temperatura del aire • Escape tapado examinar catalizador
Baja potencia del motor	<ul style="list-style-type: none"> • Examinar batería • Sonda lambda • Verificar bomba de combustible, mangueras, filtro. • Filtro de aire o su tubería tapados • Escape tapado • Alimentación de la ECU

Tabla 4.1. Problemas en el motor y sus posibles causas

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3 Diagnóstico de sensores y actuador

Para un diagnóstico correcto de los sensores del motor se procede con una inspección visual del estado físico así como de la conexión del mismo como se detalla en la siguiente grafica.

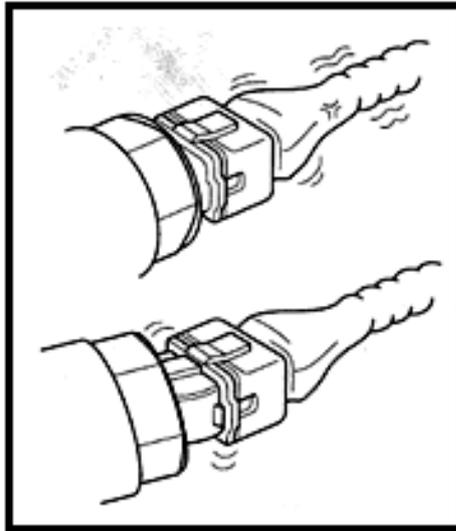


Figura 4.10. Estado físico de conexiones.

Fuente: www.ctma.com.uy/articulostecnicos_eec_iv_vw_ford.php, Julio 2012

Un ves verificado que el estado físico y las conexiones de los sensores son las correctas se procede a comprobar que las señales de entrada al sensor son las correctas teniendo en cuenta que la comprobación se la realiza con el conector desconectado y por la parte frontal del mismo con la herramienta adecuada como se indica en la siguiente figura.

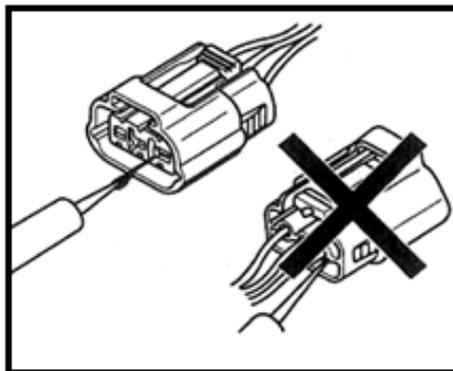


Figura 4.11. Comprobación de las entradas de señal

Fuente: www.ctma.com.uy/articulostecnicos_eec_iv_vw_ford.php, Julio 2012

4.3.1 Sensor de efecto Hall

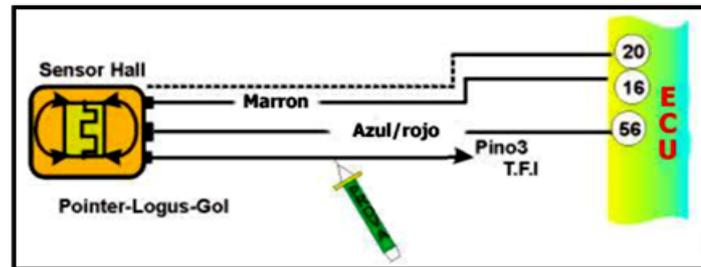


Figura 4.12 Diagrama de conexión del sensor MAP.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

Para iniciar la comprobación se siguen los siguientes pasos:

1. Con el contacto en “on” y el motor parado, se coloca la punta de prueba del multímetro en el cable conectado al pin 16; este debe ser negativo (masa).
2. Se coloca el multímetro al terminal 3 del modulo de encendido TFI y debe ser positivo
3. Se coloca el multímetro al pin 56 de la ECU, al accionar el motor de arranque este debe oscilar
4. Se comprueba los valores de frecuencia según la tabla 4.1

Rotación	300	900	1500	3000
Frecuencia (Hz)	10	30	50	100

Tabla 4.2. Variación de frecuencia del sensor Hall

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.2 Sensor de presión absoluta en el múltiple de admisión (MAP)

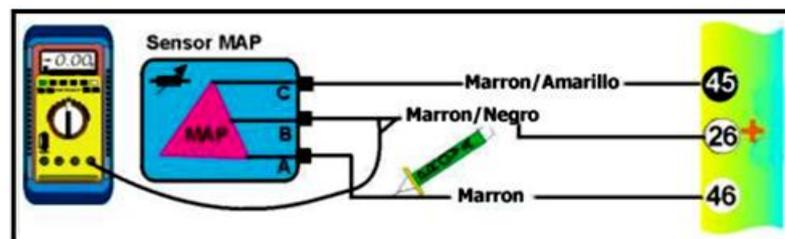


Figura 4.13 Diagrama de conexión del sensor MAP.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

Antes de iniciar la comprobación, se debe verificar que el sensor esté conectado al múltiple de admisión, a través de una manguera. Para iniciar la comprobación se siguen los siguientes pasos:

1. Con el contacto en ON y el motor parado, se coloca la punta de prueba del multímetro en el cable conectado al pin 46; este debe ser negativo (masa).
2. Se coloca el multímetro en modo voltímetro en el pin 26 del sensor, este debe ser de $5,0 \pm 0,5$ V (Voltaje de referencia).
3. Se coloca una bomba de vacío en el sensor y se comprueba con el multímetro en módulo de lectura de RPM (x10 y 4 cilindros), la respuesta del sensor debe estar de acuerdo y conforme a la tabla 4.2:

DATOS							
Vacio (mmhg)	0	100	200	300	400	500	600
RPM x 10	450	425	396	360	335	305	280
Frecuencia (Hz)	150	136	125	125	105	97	94

Tabla 4.3. Variación del MAP

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.3 Sensor de temperatura de aire admitido (IAT)

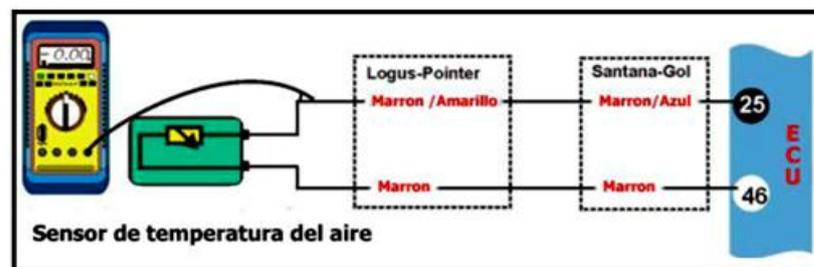


Figura 4.14 Diagrama de conexión del sensor IAT.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

El sensor es un resistor NTC, el cual disminuye su resistencia conforme aumente la temperatura. Para iniciar la comprobación se siguen los siguientes pasos:

1. Con el contacto en “on” y el motor parado se coloca la punta de prueba del multímetro en el cable conectado al pin 46; este debe ser negativo (masa).
2. Se coloca el multímetro en modo voltímetro en el cable conectado al pin 25 del sensor y debe estar de acuerdo a la tabla 4.3.

Temperatura (°C)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Voltaje (V)	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,1	3,5
Resistencia (Ω)	210	280	380	540	770	1100	1620	2430	3730	5870

Tabla 4.4. Variación del IAT

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.2 Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT)

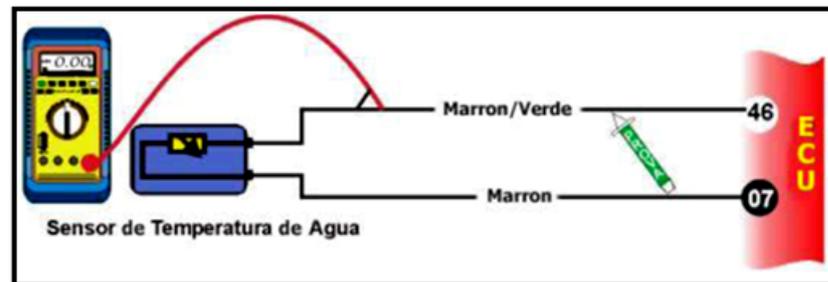


Figura 4.15 Diagrama de conexión del sensor ECT.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

El sensor es un resistor NTC, el cual disminuye su resistencia conforme aumente la temperatura. Para iniciar la comprobación se siguen los siguientes pasos:

1. Con el contacto en ON y el motor parado se coloca la punta de prueba del multímetro en el cable conectado al pin 46; este debe ser negativo (masa).
2. Se coloca el multímetro en modo voltímetro en el cable conectado al pin 7 del sensor y debe estar de acuerdo a la tabla 4.4.

Temperatura (°C)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Voltaje (V)	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,1	3,5
Resistencia (Ω)	210	280	380	540	770	1100	1620	2430	3730	5870

Tabla 4.5. Variación del ECT

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.3 Sensor de oxígeno (sonda lambda)

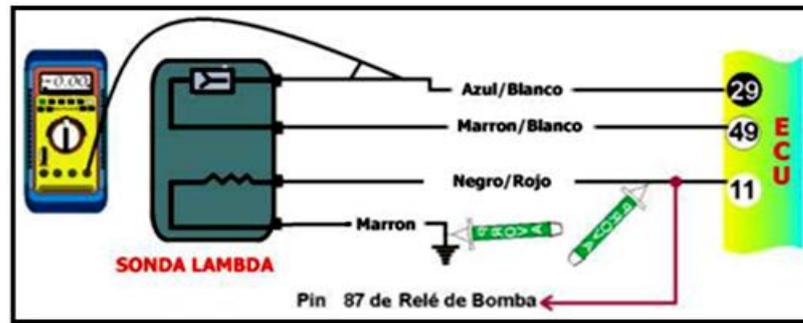


Figura 4.16 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

Para iniciar con la comprobación se siguen los siguientes pasos:

1. Se coloca la punta de prueba del multímetro al pin 11 (Figura 1.16.), durante el arranque debe ser positivo y con el motor parado también.
2. Colocando la punta de prueba del multímetro al pin 60, durante el arranque debe ser negativo.
3. Se coloca en modo voltímetro en el cable que va hasta el pin 29 de la ECU, de arranque al motor y espere que caliente. Acelere varias veces el motor, la tensión debe oscilar entre 0,1 y 0,9 volts.

Con el multímetro en modo ohnímetro se chequea la resistencia en los terminales del sensor que debe ser de 8,8 a 7,2 Ω .

4.3.4 Sensor de posición de la válvula de aceleración (TPS)

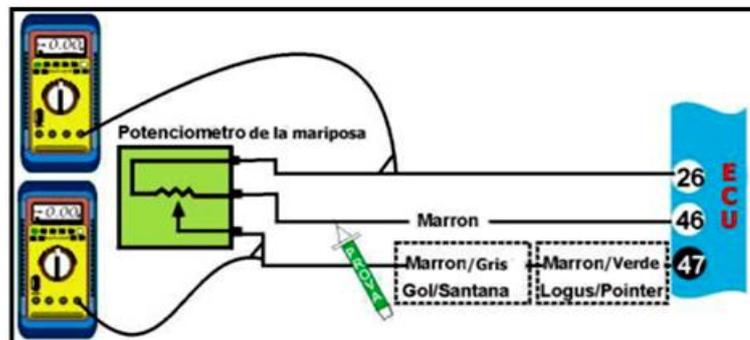


Figura 4.17 Diagrama de conexión del sensor de oxígeno.

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

Para dar inicio a la comprobación se sigue los siguientes pasos:

1. Con el contacto en ON y el motor parado se coloca la punta de prueba del multímetro en el cable conectado al pin 46; este debe ser negativo (masa).
2. Con el contacto en ON y el motor parado se coloca la punta de prueba del multímetro en modo voltímetro en el cable conectado al pin 26, debe estar de acuerdo con los datos de la tabla 4.5
3. Con el contacto en ON y el motor parado se coloca la punta de prueba del multímetro en modo voltímetro en el cable conectado al pin 47, debe estar de acuerdo con los datos de la tabla 4.5

Posición de la Válvula de aceleración	Voltaje (V)
Válvula Cerrada	0.5-8
1/2 recorrido válvula	2-3
Válvula completamente abierta	4.5-4.8

Tabla 4.6. Variación del TPS

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.5 Válvula de control de aire en ralentí (IAC)

Las señales para la activación de este actuador son remitidos por los pines 13, 14, 31 y 32. Para dar inicio a la comprobación se desconecta la válvula y se comprueba la resistencia con el multímetro en modo ohmímetro en los arrollamientos de acuerdo a los datos de la tabla 4.6.

Medición entre terminales	13 e 32	31 e 14
Valor medido (Ω)	50 a 80	50 a 80

Tabla 4.7. Valores de resistencia válvula IAC

Fuente: www.vw-pointer.com.ar/docus/CFI/EEC-IV%20CFI-MONOPUNTO.htm, Julio 2012

4.3.6 Inyector

A través de pulsos negativos “masa” la ECU comanda el tiempo de apertura y cierre de la válvula inyectora; el tiempo de inyección debe ser de 0,8 a 1.5 milisegundos en marcha lenta. Para iniciar su comprobación se realiza lo siguiente:

1. Se coloca el multímetro al terminal 37/57, durante el arranque debe ser positivo.
2. Se coloca en test-light al pin 59 de la ECU, durante el arranque debe destellar con pulsos negativos en cuanto el motor estuviera funcionando.
3. El multímetro en modo ohmímetro se cheque la resistencia de sus terminales que está entre los valores de 1,5 a 2,5 Ω .

4.4 Obtención de códigos de falla

El código de error puede ser obtenido con el uso de una lámpara de 12v 2w (tipo tablero), correctamente conectada al "conector de diagnósticos llamado (ALDL) mostrados en las grabados de arriba y abajo .Los códigos de error son emitidos a través de destellos de la lámpara, enviando un código por cada vez y de menor a mayor. Todos los códigos de error son de dos (2) dígitos por ejemplo (21, 13, etc.).

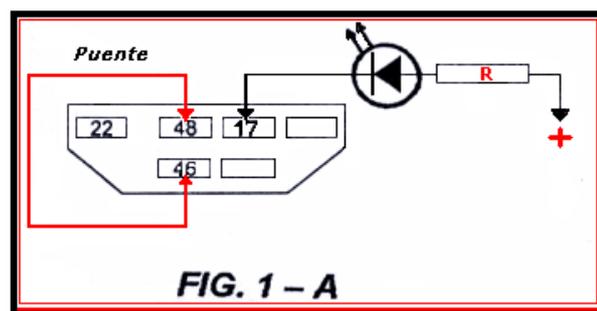


Figura 4.18. Obtención código de falla.

Fuente: www.ctma.com.uy/articulos tecnicos_eec_iv_vw_ford.php, Julio 2012

Así para cada código la lámpara da el primer dígito después el segundo; cada dígito es representado por los números de destellos de la lámpara, que en cantidad es equivalente a un dígito, por ejemplo el dígito 3 es representado por tres destellos de la lámpara.

Los destellos de cada dígito son rápidos, cerca de medio segundo por cada destello, con un intervalo de medio segundo entre cada uno; entre un dígito y otro hay una corta pausa de 2 segundos, de un código a otro hay una pausa de 4 segundos.

Después de emitir todos los códigos hay una pausa, luego se repite todo nuevamente una vez más

4.3.7 Archivos de códigos de falla

CODIGO	FALLAS
11	Sin fallas
12	Corrector de marcha lenta no disminuye las RPM
13	Corrector de marcha lenta no aumenta las RPM
18	Círculo de ignición abierto
21	Temperatura del agua fuera de rango
22	Presión del colector fuera de medida
23	Posición de la válvula de gases fuera de faja
24	Temperatura del aire fuera de medidas
41	Mezcla rica indicada por la sonda lambda
42	Mezcla pobre indicada por la sonda lambda
55	Falta de alimentación en la ECU
71	Insuficiencia al desacelerar (MAP)
73	Insuficiencia al acelerar (TPS)
77	No ejecuta (TPS)
85	El sistema cánister tiene problemas
87	Problemas en el circuito de la bomba

Tabla 4.8. Archivo códigos de falla

Fuente: www.ctma.com.uy/articulos/tecnicos_eec_iv_vw_ford.php, Julio 2012

4.4 Conclusiones

El capítulo de pruebas de funcionamiento es un manual de comprobación de funcionamiento y reparación cuyo contenido es similar al manual de reparaciones del fabricante, el mismo será de gran utilidad para la ejecución de las prácticas que se realicen en este banco didáctico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La información que se obtuvo sobre el sistema de inyección TBI y la adquirida de forma práctica ayudó a entender su funcionamiento real y lo importante que fue como transición del sistema mecánico al sistema electrónico en un motor y fue el punto de partida principal para la construcción del banco.

El diseño de la estructura del banco al realizarla mediante cálculos matemáticos y utilizando un software de elementos finitos permite seleccionar las dimensiones y materiales adecuados para obtener la resistencia, seguridad y economía adecuada conforme a las exigencias de funcionamiento.

En el diseño y la construcción de la tarjeta electrónica que controla las funciones del banco se realizó un estudio de las características eléctricas con las que funciona el sistema de inyección TBI para llegar a la utilización del microcontrolador Pic 18F2550 el cual facilita cumplir con las especificaciones técnicas para la programación de las funciones del banco y conectividad vía USB con el computador.

La correcta manipulación de los distintos componentes montados en el banco es fundamental para las comprobaciones que se realiza en los sensores y el actuador con el fin de que su utilización no llegue a causar daños al trabajar en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas

- HORMOGENES, Gil, *Manual CEAC del Automóvil*, Grupo Editorial Ceac, Barcelona, 2003.
- JESÚS RUEDA SANTANDER, *Inyección electrónica, Manual técnico* Segunda edición, México 2005
- LAJARA, José; PELEGRI, José, *LabVIEW Entorno Grafico de Programación*, Editorial Alfaomega, Mexico, 2007.
- MANDADO, Enrique; MANDADO Yago, *Sistemas Electrónicos Digitales*, 9ª Edición, Editorial Marcombo, España, 2008.
- MANUAL VOLKSWAGEN Gol (*Motor Throttel Body Injeccion*), *Chonan Technical Service Training Center*, 2006.
- MOTT, Robert L., *Diseño de Elementos de Maquina*, Editorial Pearson Educación, México 2006, Pag 777.
- REYES Carlos. 2006. *Microcontroladores PIC Programación en Basic*. Segunda edición. Rispergraf. Quito, Ecuador.
- SIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Octava edición, Editorial Mc Graw Hill, México, 2008.
- SOFTWARE, ANSYS Profesional 2010, *Programa de computadora para análisis comportamiento y simulación de estructuras y materiales*.
- SOFTWARE, Autodesk Inventor Profesional 2011, *Programa de computadora para dibujo técnico y diseño en 3D*
- SUZUKI VITARA, *Manual de servicio, Sistema de inyección de combustible electrónica del motor*, México, 2004.

Referencias electrónicas

- Estructura de un microcontrolador; TORRES Labrada, Reinier, *El Microcontrolador*, www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=El_microcontrolador; Diciembre 2011
- Normativa para los DTC del sistema OBDII; www.tradervar.com/OBD%20II%20AutoScanner%20CP9135_spanish.pdf; Septiembre 2011
- Esquema electric Volkswagen Gol, www.vw-pointer.com.ar/files/VWCFL.swf
- Características del PIC 18F2520; MICROCHIP Technology Incorporate, [dhttp://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf); Diciembre 2011

ACRÓNIMOS

ALDL	Línea de Montaje de diagnóstico Enlace borrar
CPU	Unidad central de proceso
EEPROM	Memoria de lectura programable y suprimible eléctricamente
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante
ECU	Unidad electrónica de control
HALL	Sensor de efecto inductivo magnético
HEGO	Sensor de oxígeno con sonda calentada
IAC	Control de marcha en ralentí
IAT	Temperatura del aire de admisión
MAP	Presión absoluta del colector
MPFI	Inyección de combustible multipunto
NTC	Coficiente de Temperatura Negativo
PIC	Circuito Integrado Programable
PROM	Memoria programable solo de lectura
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria solo de lectura
RPM	Revoluciones por minuto
TBI	Un solo cuerpo de inyección
TFI	Sistema de encendido integrado
TPS	Sensor de posición del acelerador
USB	Conductor universal en serie

ANEXOS

Anexo 1: Líneas de programación del microcontrolador

```

DEFINE OSC 20      'OSCILADOR A USAR
DEFINE LOADER_USED 1
DEFINE ADC_BITS 10 'RESOLUCIÓN DE 10 BITS (0-5V = 0 - 1023)
DEFINE ADC_CLOCK 3      'OSCILADOR RC INTERNO PARA LAS MUESTRAS
DEL ADC
DEFINE ADC_SAMPLEUS 100 'RECARGA DEL ADC CADA 100uS

'VARIABLES
TEN VAR WORD 'VARIABLES PARA EL CONVERTOR ADC
VALOR VAR WORD
VOLTAJE VAR BYTE
DECIMAL VAR BYTE
DATINGRESO VAR byte

ENTRADA VAR BYTE
A VAR BYTE 'VARIABLES PARA CONTEOS
B VAR BYTE
C VAR BYTE
D VAR BYTE
E VAR BYTE
DATINGRESO = 0
d = 1
USBBufferSizeMax con 8 'CONSTANTE DEL TAMAÑO MAXIMO DEL BUFFER
USBBufferSizeTX con 8 'CONSTANTE DEL TAMAÑO BUFFER DE TRANSMISION
USBBufferSizeRX con 8 'CONSTANTE DEL TAMAÑO BUFFER DE RECEPCION

' BUFFERS DEL USB
USBBufferIn Var Byte[USBBufferSizeMax]

```

```
USBBufferOut    var byte[USBBufferSizeMax]
```

```
USBBufferCount  Var Byte
```

```
' BANDERAS DEL SISTEMA.
```

```
    PPO VAR BYTE SYSTEM    ' STATUS DEL USBPOLL
```

```
    SYMBOL CARRY_FLAG = STATUS.0 ' EN ESTADO ALTO CUANDO EL PIC NO
TIENE EL CONTROL SOBRE EL BUFFER
```

```
    SYMBOL ATTACHED_STATE = 6  ' CUANDO SE "ENGANCHA" EL BUS USB
```

```
'SETEO DEL ADC
```

```
    ADCON1 = %10000101          ' PORTA ES ANALÓGICA 7 CANALES
```

```
    ADCON2 = %10000000        ' EL RESULTADO DEL ADC JUSTIFICADO A LA
DERECHA
```

```
usbinit 'INICIALIZAR USB
```

```
'PROGRAMA PRINCIPAL
```

```
*****
```

```
'CAPTURA Y ENVIO DE DATOS
```

```
*****
```

```
ProgramStart:
```

```
    FOR E = 1 TO 7    'LAZO PARA BARRER LA LECTURA DE 7
```

```
        IF E > 5 THEN    'CANALES DEL CONVERTOR ANALOGICO DIGITAL
```

```
            D = E + 3    'EL PIC 18F2550 NO POSEE LOS CANALES 5 6 7
```

```
        Endif
```

```
        if e < 6 then
```

```
            D = E
```

```
        ENDIF
```

```
    FOR A = 1 TO 20    'CONTADOR DE 20 EVENTOS PARA OBTENER
```

```
        ADCIN D-1,TEN    'VARIAS MEDICIONES Y PROMEDIARLAS
```

```
        VALOR = VALOR + TEN 'PARA UN VALOR MÁS ESTABLE
```

```
    USBService    'INICIALIZO USB
```

```
    NEXT
```

```

VALOR = VALOR / 20
VALOR = 489 * (TEN / 10) 'RESULTADO PARA QUE 1023 SEA = A 5VOLTS
VOLTAJE = VALOR / 10000 'SEPARO LOS VOLTS
DECIMAL = (VALOR // 10000) / 100 'SEPARO LOS DECIMALES
USBBufferOut[0] = 0 'REPORTE DE CONEXIÓN
USBBufferOut[1] = VOLTAJE 'COLOCO LOS VOLTS EN EL BUFFER
USBBufferOut[2] = DECIMAL 'COLOCO LOS DECIMALES EN EL BUFFER
USBBufferOut[3] = E
GOSUB DoUSBOut 'TR A LA RUTINA DE ENVIO DE DATOS
Pause 1
NEXT
*****
'RECEPCION DE DATOS
*****

gosub DoUSBIn 'TR A LA SUBRUTINA DE RECEPCION DE DATO
pause 1
DATINGRESO = USBBufferIn[6]'RECIBO EL DATO EN EL BUFFER

IF DATINGRESO = 0 THEN 'SI NO HAY DATO INGRESADO
GOTO ProgramStart 'REGRESO A LA RECEPCION DE DATOS
ENDIF

IF DATINGRESO = 1 THEN 'SI SE HA PULSADO EL BOTON DEL INECTOR
TOGGLE PORTC.0 'CAMBIO EL ESTADO DEL PIN QUE MANEJA AL RELÉ
ENDIF

if DATINGRESO = 9 then 'SI SE HA DESCONECTADO EL USB
low PORTC.0 'PONGO A CERO LOGICO EL PIN QUE MANEJA AL RELÉ
endif
USBSERVICE 'INICIALIZO USB
goto ProgramStart 'REGRESO A LA RECEPCION DE DATOS

```

```
'*****'
```

```
' * RUTINA DE RECEPCION DE DATOS *'
```

```
'*****'
```

```
DoUSBIn:
```

```
    USBBufferCount = USBBufferSizeRX          'TAMAÑO DEL BUFER DE
RECEPCION
```

```
    USBService          'MANTENGO LA CONEXION
```

```
    USBIn 1, USBBufferIn, USBBufferCount, DoUSBIn 'LECTURA DE DATO
```

```
    return          'RETORNO AL PROGRAMA
```

```
'*****'
```

```
' * RUTINA DE ENVIO DE DATOS *'
```

```
'*****'
```

```
DoUSBOut:
```

```
    USBBufferCount = USBBufferSizeTX          'TAMAÑO DEL BUFFER DE ENVIO
```

```
    USBService          'MANTENGO LA CONEXION
```

```
    USBOut 1, USBBufferOut, USBBufferCount, DoUSBOut 'TRANSMISION DE DATO
```

```
    return          'RETORNO AL PROGRAMA
```

Anexo 2: Líneas de programación del software de control del sistema

PROGRAMACION MEDIANTE VISUAL BASIC 8.0

```

' *****
' Configuraciones generales
' *****

' IDs proveedor y producto
Private Const VendorID = 6017
Private Const ProductID = 2000

' Buffers de escritura y lectura
Private Const BufferInSize = 8
Private Const BufferOutSize = 8
Dim BufferIn(0 To BufferInSize) As Byte
Dim BufferOut(0 To BufferOutSize) As Byte
Private Const OFFSET = 1.32
Private Sub Command1_Click()
i = i + 1
If i = 1 Then
Command1.Caption = "Sin Señal"
End If
If i = 2 Then
Command1.Caption = "Con Señal"
i = 0
End If
BufferOut(0) = 0 ' Siempre debe ser 0
BufferOut(7) = 1 '
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub

```

```

' *****
' Carga de la forma de visual basic
'*****

Private Sub Form_Load()
ConnectToHID (Me.hwnd)
i = 0
Command1.Caption = " "
HOLD = False
Picture1.Cls
FONDO1 = Picture1.ScaleWidth
FONDO2 = Picture2.ScaleWidth
FONDO3 = Picture3.ScaleWidth
FONDO4 = Picture4.ScaleWidth
FONDO5 = Picture5.ScaleWidth
FONDO6 = Picture6.ScaleWidth
FONDO7 = Picture7.ScaleWidth
X1 = 0      'comienzo del dibujo en el cuadro
X2 = 0
X3 = 0
X4 = 0
X5 = 0
X6 = 0
X7 = 0

MainForm.Height = Screen.Height
MainForm.Width = Screen.Width

Frame1.Top = Screen.Height * (1 / 17)
Frame1.Left = Screen.Width * (1 / 17)
Frame1.Height = Screen.Height / 4
Frame1.Width = Screen.Width / 4

```

Picture1.Top = Screen.Height * (1 / 17) + 220

Picture1.Left = Screen.Width * (1 / 17) + 110

Picture1.Height = Screen.Height / 5.5

Picture1.Width = Screen.Width / 4.3

Label1.Top = Picture1.ScaleHeight + 400

Label1.Left = Picture1.ScaleLeft + 20

Frame2.Top = Screen.Height * (6 / 17)

Frame2.Left = Screen.Width * (1 / 17)

Frame2.Height = Screen.Height / 4

Frame2.Width = Screen.Width / 4

Picture2.Top = Screen.Height * (6 / 17) + 220

Picture2.Left = Screen.Width * (1 / 17) + 110

Picture2.Height = Screen.Height / 5.5

Picture2.Width = Screen.Width / 4.3

Label2.Top = Picture2.ScaleHeight + 400

Label2.Left = Picture2.ScaleLeft + 200

Frame3.Top = Screen.Height * (11 / 17)

Frame3.Left = Screen.Width * (1 / 17)

Frame3.Height = Screen.Height / 4

Frame3.Width = Screen.Width / 4

Picture3.Top = Screen.Height * (11 / 17) + 220

Picture3.Left = Screen.Width * (1 / 17) + 110

Picture3.Height = Screen.Height / 5.5

Picture3.Width = Screen.Width / 4.3

Label3.Top = Picture3.ScaleHeight + 400

Label3.Left = Picture3.ScaleLeft + 200

Frame4.Top = Screen.Height * (1 / 17)

Frame4.Left = Screen.Width * (3 / 8)
Frame4.Height = Screen.Height / 4
Frame4.Width = Screen.Width / 4
Picture4.Top = Screen.Height * (1 / 17) + 220
Picture4.Left = Screen.Width * (3 / 8) + 110
Picture4.Height = Screen.Height / 5.5
Picture4.Width = Screen.Width / 4.3

Label4.Top = Picture4.ScaleHeight + 400
Label4.Left = Picture4.ScaleLeft + 200

Frame5.Top = Screen.Height * (6 / 17)
Frame5.Left = Screen.Width * (3 / 8)
Frame5.Height = Screen.Height / 4
Frame5.Width = Screen.Width / 4
Picture5.Top = Screen.Height * (6 / 17) + 220
Picture5.Left = Screen.Width * (3 / 8) + 110
Picture5.Height = Screen.Height / 5.5
Picture5.Width = Screen.Width / 4.3

Label5.Top = Picture5.ScaleHeight + 400
Label5.Left = Picture5.ScaleLeft + 200

Frame6.Top = Screen.Height * (11 / 17)
Frame6.Left = Screen.Width * (3 / 8)
Frame6.Height = Screen.Height / 4
Frame6.Width = Screen.Width / 4
Picture6.Top = Screen.Height * (11 / 17) + 220
Picture6.Left = Screen.Width * (3 / 8) + 110
Picture6.Height = Screen.Height / 5.5
Picture6.Width = Screen.Width / 4.3

$$\text{Label6.Top} = \text{Picture6.ScaleHeight} + 400$$

$$\text{Label6.Left} = \text{Picture6.ScaleLeft} + 200$$

$$\text{Frame7.Top} = \text{Screen.Height} * (1 / 17)$$

$$\text{Frame7.Left} = \text{Screen.Width} * (11 / 16)$$

$$\text{Frame7.Height} = \text{Screen.Height} / 4$$

$$\text{Frame7.Width} = \text{Screen.Width} / 4$$

$$\text{Picture7.Top} = \text{Screen.Height} * (1 / 17) + 220$$

$$\text{Picture7.Left} = \text{Screen.Width} * (11 / 16) + 110$$

$$\text{Picture7.Height} = \text{Screen.Height} / 5.5$$

$$\text{Picture7.Width} = \text{Screen.Width} / 4.3$$

$$\text{Label7.Top} = \text{Picture7.ScaleHeight} + 400$$

$$\text{Label7.Left} = \text{Picture7.ScaleLeft} + 200$$

$$\text{Frame8.Top} = \text{Screen.Height} * (6 / 17)$$

$$\text{Frame8.Left} = \text{Screen.Width} * (11 / 16)$$

$$\text{Frame8.Height} = \text{Screen.Height} * (9 / 17)$$

$$\text{Frame8.Width} = \text{Screen.Width} / 4$$

$$\text{Label8.Top} = \text{Frame8.Height} - 400$$

$$\text{Label8.Left} = (\text{Frame8.Width} - \text{Label8.Width}) / 2 - 500$$

$$\text{Frame9.Top} = 3400$$

$$\text{Frame9.Left} = 140$$

$$\text{Frame9.Height} = \text{Picture6.Height} - 100$$

$$\text{Frame9.Width} = \text{Picture6.Width}$$

$$\text{Command1.Top} = (\text{Frame9.Height} - \text{Command1.Height}) / 2$$

$$\text{Command1.Left} = (\text{Frame9.Width} - \text{Command1.Width}) / 2$$

End Sub

' Cuando se desconecta del controlador HID

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

Label8.Caption = "USB DESCONECTADO"

DisconnectFromHID

End Sub

' Un dispositivo HID se ha conectado

Public Sub OnPlugged(ByVal pHandle As Long)

If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID
Then

Label8.ForeColor = &HC000&

Label8.Caption = "USB CONECTADO"

Command1.Caption = "Con Señal"

HOLD = False

X1 = 0

Picture1.Cls

Label1.Visible = True

Label2.Visible = True

Label3.Visible = True

Label4.Visible = True

Label5.Visible = True

Label6.Visible = True

Label7.Visible = True

Label8.Visible = True

Label9.Visible = True

```

Label10.Visible = True
Frame1.Enabled = True
Frame2.Enabled = True
Frame3.Enabled = True
Frame4.Enabled = True
Frame5.Enabled = True
Frame6.Enabled = True
Frame7.Enabled = True
Frame8.Enabled = True
Frame9.Enabled = True

```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
' Un dispositivo HID se ha desconectado
```

```
*****
```

```
Public Sub OnUnplugged(ByVal pHandle As Long)
```

```
If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID
Then
```

```
Label8.ForeColor = &H0&
```

```
Label8.Caption = "USB DESCONECTADO"
```

```
Command1.Caption = " "
```

```
X1 = 0
```

```
Picture1.Cls
```

```
X2 = 0
```

```
Picture2.Cls
```

```
X3 = 0
```

```
Picture3.Cls
```

```
X4 = 0
```

```
Picture4.Cls
```

X5 = 0

Picture5.Cls

X6 = 0

Picture6.Cls

X7 = 0

Picture7.Cls

End If

End Sub

' controller changed notification - called

' after ALL HID devices are plugged or unplugged

Public Sub OnChanged()

Dim DeviceHandle As Long

' get the handle of the device we are interested in, then set

' its read notify flag to true - this ensures you get a read

' notification message when there is some data to read...

DeviceHandle = hidGetHandle(VendorID, ProductID)

hidSetReadNotify DeviceHandle, True

End Sub

' Evento de lectura

Public Sub OnRead(ByVal pHandle As Long)

If hidRead(pHandle, BufferIn(0)) Then

VOLTAJE = BufferIn(2) 'Voltios

MILIVOLTIO = BufferIn(3) 'Milivoltios

VENTANA = BufferIn(4) 'Identificador de ventana

If VENTANA = 1 Then

VOLT1 = VOLTAJE * 100

TOT1 = VOLT1 + MILIVOLTIO

TOT1 = TOT1 * OFFSET

Label1.Caption = Format(TOT1 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"

If Not X1 > FONDO1 Then 'pregunta si X1 no ha llegado al fondo del picturebox

Picture1.Line -(X1, (Picture1.ScaleHeight - 10 + (TOT1 * -4))) 'amplitud del gráfico

X1 = X1 + 10 'incrementa X1 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)

Else 'Si no

Picture1.Cls 'limpia el picturebox

X1 = 0 'empieza de nuevo

End If

End If

If VENTANA = 2 Then

VOLT2 = VOLTAJE * 100

TOT2 = VOLT2 + MILIVOLTIO

TOT2 = TOT2 * OFFSET

Label2.Caption = Format(TOT2 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"

If Not X2 > FONDO2 Then 'pregunta si X2 no ha llegado al fondo del picturebox

Picture2.Line -(X2, (Picture2.ScaleHeight - 10 + (TOT2 * -4))) 'amplitud del gráfico

X2 = X2 + 10 'incrementa X2 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)

Else 'Si no

Picture2.Cls 'limpia el picturebox

X2 = 0 'empieza de nuevo

End If

End If

If VENTANA = 3 Then 'SEÑAL IAT

VOLT3 = VOLTAJE * 100

TOT3 = VOLT3 + MILIVOLTIO

```

TOT3 = TOT3 * OFFSET
IAT = TOT3
IAT = -10 * IAT + 110
Label9.Caption = "Temperatura del Aire (IAT): " & IAT & " °C"
Label3.Caption = Format(TOT3 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"
If Not X3 > FONDO3 Then ' pregunta si X3 no ha llegado al fondo del picturebox
Picture3.Line -(X3, (Picture3.ScaleHeight - 10 + (TOT3 * -4))) 'amplitud del gráfico
X3 = X3 + 10 ' incrementa X3 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)
Else 'Si no
Picture3.Cls ' limpia el picturebox
X3 = 0 ' empieza de nuevo
End If
End If
If VENTANA = 4 Then
VOLT4 = VOLTAJE * 100
TOT4 = VOLT4 + MILIVOLTIO
TOT4 = TOT4 * OFFSET
ECT = TOT4
ECT = -10 * ECT + 110
Label10.Caption = "Temperatura del agua (ECT): " & ECT & " °C"
Label4.Caption = Format(TOT4 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"
If Not X4 > FONDO4 Then ' pregunta si X4 no ha llegado al fondo del picturebox
Picture4.Line -(X4, (Picture4.ScaleHeight - 10 + (TOT4 * -4))) 'amplitud del gráfico
X4 = X4 + 10 ' incrementa X4 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)
Else 'Si no
Picture4.Cls ' limpia el picturebox
X4 = 0 ' empieza de nuevo
End If
End If
If VENTANA = 5 Then
VOLT5 = VOLTAJE * 100

```

TOT5 = VOLT5 + MILIVOLTIO

TOT5 = TOT5 * OFFSET

Label5.Caption = Format(TOT5 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"

If Not X5 > FONDO5 Then ' pregunta si X5 no ha llegado al fondo del picturebox

Picture5.Line -(X5, (Picture5.ScaleHeight - 10 + (TOT5 * -4))) 'amplitud del gráfico

X5 = X5 + 10 ' incrementa X5 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)

Else 'Si no

Picture5.Cls ' limpia el picturebox

X5 = 0 ' empieza de nuevo

End If

End If

If VENTANA = 6 Then

VOLT6 = VOLTAJE * 100

TOT6 = VOLT6 + MILIVOLTIO

TOT6 = TOT6 * OFFSET

Label6.Caption = Format(TOT6 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"

If Not X6 > FONDO6 Then ' pregunta si X6 no ha llegado al fondo del picturebox

Picture6.Line -(X6, (Picture6.ScaleHeight - 10 + (TOT6 * -4))) 'amplitud del gráfico

X6 = X6 + 10 ' incrementa X6 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)

Else 'Si no

Picture6.Cls ' limpia el picturebox

X6 = 0 ' empieza de nuevo

End If

End If

If VENTANA = 7 Then

VOLT7 = VOLTAJE * 100

TOT7 = VOLT7 + MILIVOLTIO

TOT7 = TOT7 * 0.818 * 4.74

Label7.Caption = Format(TOT7 / 100, "##,##0.00") & " " & "Volts"

If Not X7 > FONDO7 Then ' pregunta si X7 no ha llegado al fondo del picturebox

Picture7.Line -(X7, (Picture7.ScaleHeight - 10 + (TOT7 * -0.8))) 'amplitud del gráfico

```

X7 = X7 + 10    ' incrementa X7 (velocidad conque avanza el cursor en el gráfico)
Else          ' Si no
Picture7.Cls  ' limpia el picturebox
X7 = 0        ' empieza de nuevo
End If
End If
End If
End Sub

'*****

' Escribir un dato
'*****

Public Sub WriteSomeData()
BufferOut(0) = 0 ' Siempre debe ser 0
BufferOut(7) = 0 '
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
BufferOut(0) = 0
BufferOut(7) = 0
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
End Sub

'*****

'Si la tecla escape es presionada desconecta todo y sale del programa
'*****

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
If KeyAscii = 27 Then ' Tecla Escape
Command1.Caption = "Sin Señal"
Label1.Visible = False
Label2.Visible = False
Label3.Visible = False
Label4.Visible = False

```

```
Label5.Visible = False
```

```
Label6.Visible = False
```

```
Label7.Visible = False
```

```
' Label8.Visible = False
```

```
Label9.Visible = False
```

```
Label10.Visible = False
```

```
BufferOut(0) = 0
```

```
BufferOut(7) = 9
```

```
hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)
```

```
DisconnectFromHID
```

```
Unload Me
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
*****
```

```
' Si se hace doble click sobre un grafico lo limpia y empieza nuevamente
```

```
*****
```

```
Private Sub Picture1_DblClick()
```

```
X1 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture1.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture2_DblClick()
```

```
X2 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture2.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture3_DblClick()
```

```
X3 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture3.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture4_DblClick()
```

```
X4 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture4.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture5_DblClick()
```

```
X5 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture5.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture6_DblClick()
```

```
X6 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture6.Cls
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture7_DblClick()
```

```
X7 = 0          'doble click en el gráfico para limpiar
```

```
Picture7.Cls
```

```
End Sub
```

```
' this is the interface to the HID controller DLL - you should not
```

```
' normally need to change anything in this file.
```

```
,
```

```
' WinProc() calls your main form 'event' procedures - these are currently
```

```
' set to..
```

```
,
```

```
' MainForm.OnPlugged(ByVal pHandle as long)
```

```
' MainForm.OnUnplugged(ByVal pHandle as long)
```

```
' MainForm.OnChanged()
```

```
' MainForm.OnRead(ByVal pHandle as long)
```

```
Option Explicit
```

```
' HID interface API declarations...
```

```
Declare Function hidConnect Lib "mcHID.dll" Alias "Connect" (ByVal pHostWin As Long) As Boolean
```

```
Declare Function hidDisconnect Lib "mcHID.dll" Alias "Disconnect" () As Boolean
```

```
Declare Function hidGetItem Lib "mcHID.dll" Alias "GetItem" (ByVal pIndex As Long) As Long
```

```
Declare Function hidGetItemCount Lib "mcHID.dll" Alias "GetItemCount" () As Long
```

Declare Function hidRead Lib "mcHID.dll" Alias "Read" (ByVal pHandle As Long, ByRef pData As Byte) As Boolean

Declare Function hidWrite Lib "mcHID.dll" Alias "Write" (ByVal pHandle As Long, ByRef pData As Byte) As Boolean

Declare Function hidReadEx Lib "mcHID.dll" Alias "ReadEx" (ByVal pVendorID As Long, ByVal pProductID As Long, ByRef pData As Byte) As Boolean

Declare Function hidWriteEx Lib "mcHID.dll" Alias "WriteEx" (ByVal pVendorID As Long, ByVal pProductID As Long, ByRef pData As Byte) As Boolean

Declare Function hidGetHandle Lib "mcHID.dll" Alias "GetHandle" (ByVal pVendorID As Long, ByVal pProductID As Long) As Long

Declare Function hidGetVendorID Lib "mcHID.dll" Alias "GetVendorID" (ByVal pHandle As Long) As Long

Declare Function hidGetProductID Lib "mcHID.dll" Alias "GetProductID" (ByVal pHandle As Long) As Long

Declare Function hidGetVersion Lib "mcHID.dll" Alias "GetVersion" (ByVal pHandle As Long) As Long

Declare Function hidGetVendorName Lib "mcHID.dll" Alias "GetVendorName" (ByVal pHandle As Long, ByVal pText As String, ByVal pLen As Long) As Long

Declare Function hidGetProductName Lib "mcHID.dll" Alias "GetProductName" (ByVal pHandle As Long, ByVal pText As String, ByVal pLen As Long) As Long

Declare Function hidGetSerialNumber Lib "mcHID.dll" Alias "GetSerialNumber" (ByVal pHandle As Long, ByVal pText As String, ByVal pLen As Long) As Long

Declare Function hidGetInputReportLength Lib "mcHID.dll" Alias "GetInputReportLength" (ByVal pHandle As Long) As Long

Declare Function hidGetOutputReportLength Lib "mcHID.dll" Alias "GetOutputReportLength" (ByVal pHandle As Long) As Long

Declare Sub hidSetReadNotify Lib "mcHID.dll" Alias "SetReadNotify" (ByVal pHandle As Long, ByVal pValue As Boolean)

Declare Function hidIsReadNotifyEnabled Lib "mcHID.dll" Alias "IsReadNotifyEnabled" (ByVal pHandle As Long) As Boolean

Declare Function hidIsAvailable Lib "mcHID.dll" Alias "IsAvailable" (ByVal pVendorID As Long, ByVal pProductID As Long) As Boolean

' windows API declarations - used to set up messaging...

Private Declare Function CallWindowProc Lib "user32" Alias "CallWindowProcA" (ByVal lpPrevWndFunc As Long, ByVal hwnd As Long, ByVal Msg As Long, ByVal wParam As Long, ByVal lParam As Long) As Long

Private Declare Function SetWindowLong Lib "user32" Alias "SetWindowLongA" (ByVal hwnd As Long, ByVal nIndex As Long, ByVal dwNewLong As Long) As Long

```

' windows API Constants
Private Const WM_APP = 32768
Private Const GWL_WNDPROC = -4
' HID message constants
Private Const WM_HID_EVENT = WM_APP + 200
Private Const NOTIFY_PLUGGED = 1
Private Const NOTIFY_UNPLUGGED = 2
Private Const NOTIFY_CHANGED = 3
Private Const NOTIFY_READ = 4
' local variables
Private FPrevWinProc As Long ' Handle to previous window procedure
Private FWinHandle As Long ' Handle to message window
' Set up a windows hook to receive notification
' messages from the HID controller DLL - then connect
' to the controller
Public Function ConnectToHID(ByVal pHostWin As Long) As Boolean
FWinHandle = pHostWin
ConnectToHID = hidConnect(FWinHandle)
FPrevWinProc = SetWindowLong(FWinHandle, GWL_WNDPROC, AddressOf WinProc)
End Function
' Unhook from the HID controller and disconnect...
Public Function DisconnectFromHID() As Boolean
DisconnectFromHID = hidDisconnect
SetWindowLong FWinHandle, GWL_WNDPROC, FPrevWinProc
End Function

```

Anexo 3: Planos de construcción del banco

