



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
ESPE - SEDE LATACUNGA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE
PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA
VOLKSWAGEN MOTRONIC”**

**JORGE XAVIER JÁCOME ÁLVAREZ
FRANCISCO JAVIER RIVAS ASCÁZUBI**

LATACUNGA – ECUADOR

OCTUBRE, 2006

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA VOLKSWAGEN MOTRONIC” fue realizado en su totalidad por los señores Jorge Xavier Jácome Álvarez y Francisco Javier Rivas Ascázubi bajo nuestra dirección.

**Ing. Germán Erazo
Director de Tesis**

**Ing. José Quiroz
Codirector de Tesis**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir y de esta forma cumplir con todas las metas y anhelos que me he propuesto, quiero agradecer a mis padres y hermano que han sido el pilar fundamental en mi vida y me han demostrado todo su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera profesional.

A mis maestros que han sido fuente de enseñanza estos últimos años, compartiendo sus conocimientos y forjándolos para de esta manera encaminarme por el sendero del éxito

Al Ing. Jofre Pacheco por compartir sus conocimientos y colaborar en la elaboración del proyecto

De manera especial agradezco a los Directores de nuestra Tesis Ing. Germán Erazo, Ing. José Quiroz por el apoyo y colaboración brindado a lo largo del desarrollo de la presente.

Francisco Javier

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres Mario Francisco y Carmen Rosio, así como también a mi hermano Víctor Hugo quienes han sido la fuente de inspiración desde el primer día que inicié mis estudios para en el presente culminarlos exitosamente

A mis abuelitos que siempre han estado a mi lado brindándome todo su cariño y apoyo incondicional

A Sandrita por demostrarme todo su cariño y amor, que a pesar de la distancia siempre ha sido la inspiración más grande y ha estado junto a mí en lo más profundo de mi corazón.

Francisco Javier

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios que siempre camina a mi lado y guía mis pasos, a mis padres Abraham y Cumandá, a Gladis, a mis hermanos y sobrinos, los cuales día a día llenan mi vida de amor, apoyo y comprensión ya que sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mis maestros, quienes han compartido de manera generosa sus conocimientos, fortaleciéndome para lograr alcanzar mi formación académica y de esta manera llegar a triunfar en lo que de hoy en adelante será mi vida profesional

Al Ing. Jofre Pacheco por compartir sus conocimientos y colaborar en la elaboración del presente proyecto

De manera especial agradezco a los Directores de nuestra Tesis Ing. Germán Erazo, Ing. José Quiroz por el apoyo y colaboración brindado a lo largo del desarrollo de la presente.

A mis compañeros y amigos por que con las vivencias diarias, su sinceridad y apoyo logramos superar todo obstáculo para llegar a nuestra meta final.

Jorge Xavier

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada desde el fondo de mi corazón a la persona que más amo en este mundo mi madre, Cumandá; por que ha estado siempre y de manera incondicional a mi lado en los momentos más duros de mi vida, sacrificando todo por darme lo mejor. Gracias madre querida por creer en mí cuando pensé que todo estaba perdido, espero que sus bendiciones me acompañen toda la vida.

A Norma, la mujer que siempre ha estado a mi lado en las buenas y en las malas que día a día con un beso pinta una sonrisa en mi corazón.

Jorge Xavier

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>I. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA</u>	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA	2
1.2.1. POR EL NÚMERO DE INYECTORES	2
1.2.2. POR LA UBICACIÓN DEL INYECTOR	3
1.2.3. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES	4
1.2.3.1. INYECCIÓN CONTINUA	4
1.2.3.2. INYECCIÓN INTERMITENTE	4
1.2.4. POR EL SISTEMA DE CONTROL Y ACCIONAMIENTO DE INYECTORES	5
1.3. UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL	7
1.3.1. MAGNITUDES BÁSICAS	7
1.3.2. MAGNITUDES DE CORRECCIÓN	7
1.3.3. ARQUITECTURA DE LA U.C.E	8
1.3.3.1. MICROPROCESADOR	8
1.3.3.2. MEMORIA ROM	9
1.3.3.3. MEMORIA RAM	9
1.4. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	10
1.4.1. BOMBA ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN	11
1.4.2. REGULADOR DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN	12
1.4.3. INYECTORES	14
1.5. SUBSISTEMA DE AIRE	15
1.5.1. REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE AIRE ADICIONAL	16
1.5.2. ACTUADOR DEL RALENTÍ	16
1.5.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE	17
1.6. SUBSISTEMA DE AUTODIAGNÓSTICO	18
1.6.1. SEÑALIZACIÓN DE AVERÍAS DURANTE LA PUESTA EN MARCHA	19
1.6.2. SEÑALIZACIÓN DE AVERÍAS EN EL FUNCIONAMIENTO	19
1.7. SISTEMAS BOSCH APLICADOS EN VOLKSWAGEN	19
1.7.1. SISTEMA BOSCH MOTRONIC	21
<u>II. INYECCIÓN MOTRONIC VOLKSWAGEN</u>	24
2.1. CONTROL DE COMANDO POR COMPUTADORA MOTRONIC	24
2.1.1. GESTIÓN DE LAZO O BUCLE CERRADO	24
2.1.2. CONFORMADOR DE IMPULSOS (CI)	26
2.1.3. CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL (A/D)	26

2.1.4.	EL MICROPROCESADOR	27
2.1.5.	MEMORIA ROM	28
2.1.6.	MEMORIA RAM	28
2.1.7.	ETAPA FINAL DE INYECCIÓN	29
2.1.8.	ETAPA FINAL DE ENCENDIDO	29
2.1.9.	MANDO DE LA BOMBA	29
2.2.	DIAGRAMA BLOQUE DEL SISTEMA DE INYECCIÓN VOLKSWAGEN MOTRONIC	30
2.3.	VISTA ESQUEMÁTICA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN VOLKSWAGEN MOTRONIC	31
2.4.	UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR VOLKSWAGEN GOL 2003	32
2.5.	UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC EN EL MOTOR VOLKSWAGEN GOL 2003	33
2.5.1.	VÁLVULA IAC	33
2.5.2.	SENSOR COMBINADO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE IAT / MAP	34
2.5.3.	SENSOR DE LA POSICIÓN DE LA MARIPOSA TPS	34
2.5.4.	DISTRIBUIDOR ELECTRÓNICO	35
2.5.5.	SONDA LAMBDA O2	35
2.5.6.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS	36
2.5.7.	RIEL DE INYECCIÓN	36
2.5.8.	INYECTORES	37
2.5.9.	REGULADOR DE PRESIÓN	37
2.5.10.	MÚLTIPLE DE ADMISIÓN	38
2.5.11.	CUERPO DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN	38
2.6.	COMPONENTES DEL SISTEMA VOLKSWAGEN MOTRONIC	39
2.7.	DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC	40
2.7.1.	SENSOR DE CARGA EN EL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN Y SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN MAP/IAT	40
2.7.2.	SENSOR TPS (POTENCIÓMETRO DE MARIPOSA)	42
2.7.3.	SENSOR DE DETONACIÓN	43
2.7.4.	SENSOR DE OXÍGENO (SONDA LAMBDA)	44
2.7.5.	EL SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR WTS	45
2.7.6.	SENSOR HALL	46
2.7.7.	VÁLVULA IAC (REGLADOR DEL AIRE EN RALENTÍ)	47
2.7.8.	BOMBA DE COMBUSTIBLE	49
2.7.9.	RIEL DE INYECTORES	49
2.7.10.	REGULADOR DE PRESIÓN	50
2.7.11.	INYECTORES	51
2.7.12.	CUERPO DE MARIPOSA DE ACELERACIÓN	52
2.7.13.	ENCENDIDO POR DISTRIBUIDOR	53

2.8.	BORNES DE ENCHUFE DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO E.C.U. VOLKSWAGEN MOTRONIC	55
2.9.	SISTEMA DE AUTODIAGNOSIS	57
2.9.1.	ENCHUFE DE COMUNICACIÓN	58
2.9.2.	COMUNICACIÓN CON EL SCANNER	59
2.9.3.	CÓDIGOS DE FALLA	60
III. <u>DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE PRUEBAS</u>		61
3.1.	ANTECEDENTES	61
3.2.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER	62
3.3.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	62
3.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	63
3.5.	METAS DEL PROYECTO	64
3.6.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	64
3.7.	CONEXIONES ELÉCTRICAS	66
3.8.	SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA E.C.U.	71
3.8.1.	SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN	71
3.8.2.	SENSOR MIXTO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE	72
3.8.3.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (WTS)	73
3.8.4.	SENSOR HALL DE ROTACIÓN Y POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL	74
3.8.5.	SENSOR DE OXÍGENO SONDA LAMBDA	75
3.8.6.	VÁLVULA IAC	76
3.8.7.	RELÉ Y BOMBA DE COMBUSTIBLE	77
3.8.8.	INYECTORES	78
3.9.	ANÁLISIS ECONÓMICO	79
IV. <u>INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO VOLKSWAGEN</u>		80
4.1.	CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE PRUEBAS	80
4.2.	MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	81
4.2.1.	FUENTE DE VOLTAJE	81
4.2.2.	SWITCH DE ENCENDIDO	82
4.2.3.	RELÉ PRINCIPAL	83
4.2.4.	CAJA DE FUSIBLES	83
4.2.5.	UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO	84
4.3.	MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES Y SONDAS	85
4.3.1.	SENSOR DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE (IAT/MAP)	85
4.3.2.	SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS) Y VÁLVULA DE RALENTÍ (IAC)	86
4.3.3.	SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS	86
4.3.4.	SENSOR HALL EN EL DISTRIBUIDOR ELECTRÓNICO	87
4.3.5.	SONDA LAMBDA O2	88
4.4.	MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	88

4.4.1.	DISTRIBUIDOR DE COMBUSTIBLE	89
4.4.2.	MANÓMETRO	90
4.4.3.	LLAVE DE PASO	90
4.4.4.	DEPÓSITO, BOMBA Y FILTRO DE COMBUSTIBLE	90
4.5.	PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN EL MÓDULO VOLKSWAGEN	92
4.6.	VERIFICACIÓN DEL SENSOR MIXTO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL AIRE IAT/MAP	93
4.6.1.	TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA	93
4.6.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR	94
4.6.3.	TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR IAT	95
4.6.4.	TEST 4. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR MAP	96
4.7	VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACCELERACIÓN (TPS)	98
4.7.1.	TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA	98
4.7.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR	99
4.7.3.	TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR TPS	99
4.8	VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (WTS)	101
4.8.1.	TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA	101
4.8.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR	102
4.8.3.	TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR WTS	102
4.9.	VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE ROTACIÓN HALL Y POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL	104
4.9.1.	TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA	104
4.9.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR	105
4.9.3.	TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR HALL	106
4.9.4.	TEST 4. VERIFICACIÓN DE LOS PULSOS DE SEÑAL DEL SENSOR HALL	106
4.10.	VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE LOS INYECTORES	107
4.10.1.	TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS INYECTORES	107
4.10.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA	108
4.10.3.	TEST 3. VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE LOS INYECTORES	109
4.10.4.	TEST 4. VERIFICACIÓN DE CAUDAL DE LOS INYECTORES	110
4.11.	VERIFICACIÓN DEL MOTOR DE PASOS VÁLVULA IAC	111
4.11.1.	TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL PARA EL IAC	111
4.11.2.	TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA BOBINA DEL IAC	112

4.12. VERIFICACIÓN DE LA SONDA LAMBDA	112
4.12.1. TEST1. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DE LA CARCASA DE LA SONDA	112
4.12.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DE LA SONDA	113
4.12.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	114
4.12.4. TEST 4. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	115
4.12.5. TEST 5. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN NEGATIVA DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	116
4.12.6. TEST 6. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE REFERENCIA	117
4.13. VERIFICACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE	118
4.13.1 TEST 1. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	118
4.13.2. TEST 2. VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	118
4.13.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN DE FLUJO DE LA BOMBA	120
4.14. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRONICO ECU	121
4.14.1. TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA	121
4.14.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA MASA	122
4.15. CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES DE AVERÍAS EN EL VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL EQUIPADO CON SISTEMA MOTRONIC	123
4.15.1. EL MOTOR NO ARRANCA	123
4.15.2. EL MOTOR ARRANCA DIFICILMENTE	124
4.15.3. EL MOTOR ARRANCA Y LUEGO SE PARA	124
4.15.4. RALENTÍ POBRE – MOTOR FRÍO	125
4.15.5. RALENTÍ INESTABLE	125
4.15.6. VELOCIDAD DE RALENTÍ – DEMASIADO BAJO	125
4.15.7. VELOCIDAD DE RALENTÍ – DEMASIADO ALTO	126
4.15.8. VACILACIONES / ACELERACIÓN POBRE	126
4.15.9. SE CALA Y SE PARA CON FRECUENCIA	126
4.15.10. RETORNOS DE LLAMA	126
4.15.11. FALLA DE ENCENDIDO	127
4.15.12. EXCESIVO CONSUMO DE GASOLINA	127
4.15.13. DETONACIONES	128
4.15.14. EL MOTOR NO SE PARA	128
4.15.15. NIVEL DE CO – DEMASIADO BAJO	128
4.15.16. NIVEL DE CO –DEMACIADO ALTO	128
CONCLUSIONES	130
RECOMENDACIONES	131

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

132
134

I. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA

1.8. INTRODUCCIÓN.

El funcionamiento del motor Otto se basa en la combustión de una mezcla homogénea de combustible lo más pulverizado posible y aire.

La necesidad de motores potentes y ligeros, de mayor fiabilidad que el sistema de carburación y menor consumo fueron los incentivos de la investigación hacia los sistemas de inyección.

Los sistemas de inyección de gasolina pretende conseguir una dosificación de combustible lo más ajustada posible a las condiciones de marcha y estado del motor.

Todos los sistemas actuales que efectúan la inyección del combustible en el colector de admisión, delante de la válvula de admisión; mediante unos inyectores que en su apertura presentan siempre la misma sección de paso, gracias a la forma del agujero de salida, pulverizan finalmente el combustible creando una buena emulsión con el aire.

En los motores con carburador, el aire arrastra al combustible, por depresión, a través de conductos calibrados. Esto genera efectos de inercia por la diferencia de densidad y rozamiento del aire y de la gasolina, que dificultan la elaboración correcta de las mezclas. En los sistemas de inyección, estos efectos no tienen lugar porque la cantidad de combustible inyectado no depende directamente de la depresión creada en el conducto de aspiración.

Los sistemas de inyección ahorran combustible porque sólo inyectan lo estrictamente necesario para el correcto funcionamiento del motor en cualquier

régimen de giro. Además, el caudal de aire aspirado no depende del diámetro del difusor, ni es necesario caldear el colector para evitar la condensación y favorecer la homogeneidad de la mezcla.

Los sistemas de inyección presentan la desventaja de que son más caros porque en su fabricación se utilizan componentes de precisión mecánicos y electrónicos.

1.9. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA

Los sistemas de inyección de combustible se clasifican:

1.9.1. POR EL NÚMERO DE INYECTORES:

- **“Monopunto:** Existe un solo inyector en una posición similar a la que tendría un carburador. La principal diferencia con el carburador es que la cantidad de combustible no depende de la depresión en el colector.”¹

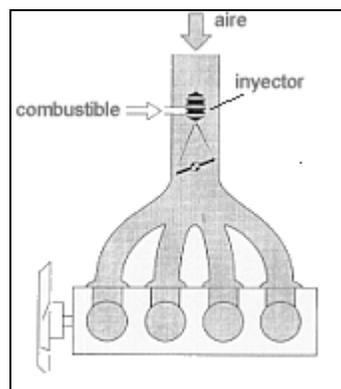


Figura 1.1. Inyección Monopunto

¹ <http://mecanicavirtual.iespana.es/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

- **Multipunto:** Se dispone de un inyector para cada cilindro.

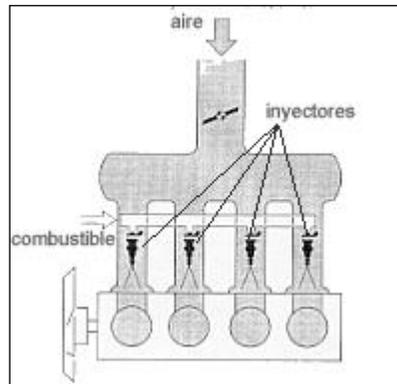


Figura 1.2. Inyección Multipunto

1.9.2. POR LA UBICACIÓN DEL INYECTOR:

- **DIRECTA EN EL CILINDRO:** El inyector se encuentra colocado en contacto con la cámara de combustión y lanza el combustible en el interior de ella. Este sistema aún se utiliza poco debido al poco tiempo disponible para realizarse la mezcla, así como por problemas tecnológicos del inyector (altas presiones y temperaturas).

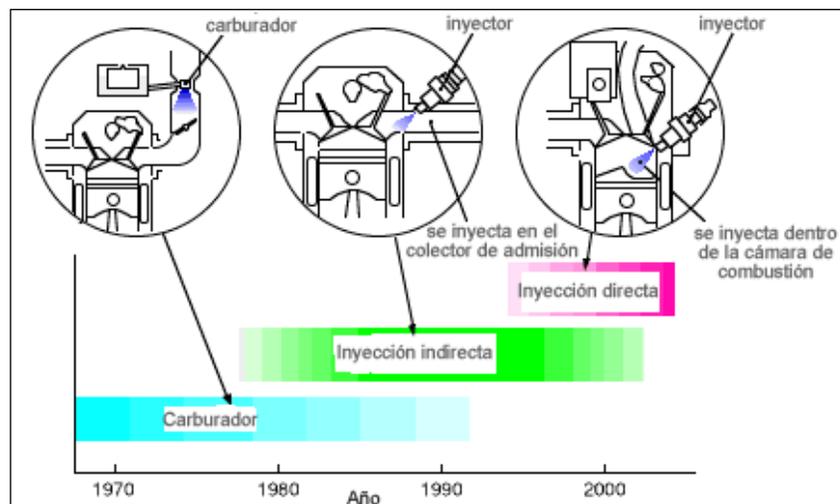


Figura 1.3. Inyección Indirecta y Directa

- **INDIRECTA EN EL COLECTOR DE ADMISIÓN:** Los inyectores están situados muy cerca de la válvula de admisión, en el colector de admisión.”

1.9.3. SEGÚN EL NÚMERO DE INYECCIONES:

1.2.3.1. INYECCIÓN CONTINUA

Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

1.2.3.2. INYECCIÓN INTERMITENTE

El inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

- **Secuencial:**

El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

- **Semisecuencial**

El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

- **Simultanea**

El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran

todos los inyectores al mismo tiempo.

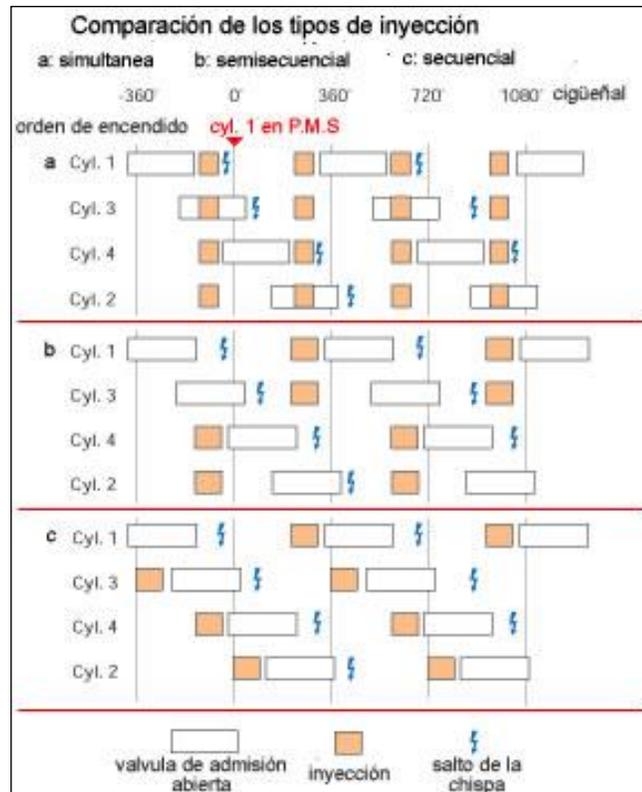


Figura 1.4. Clasificación de la Inyección Intermitente

1.9.4. POR EL SISTEMA DE CONTROL Y ACCIONAMIENTO DE INYECTORES:

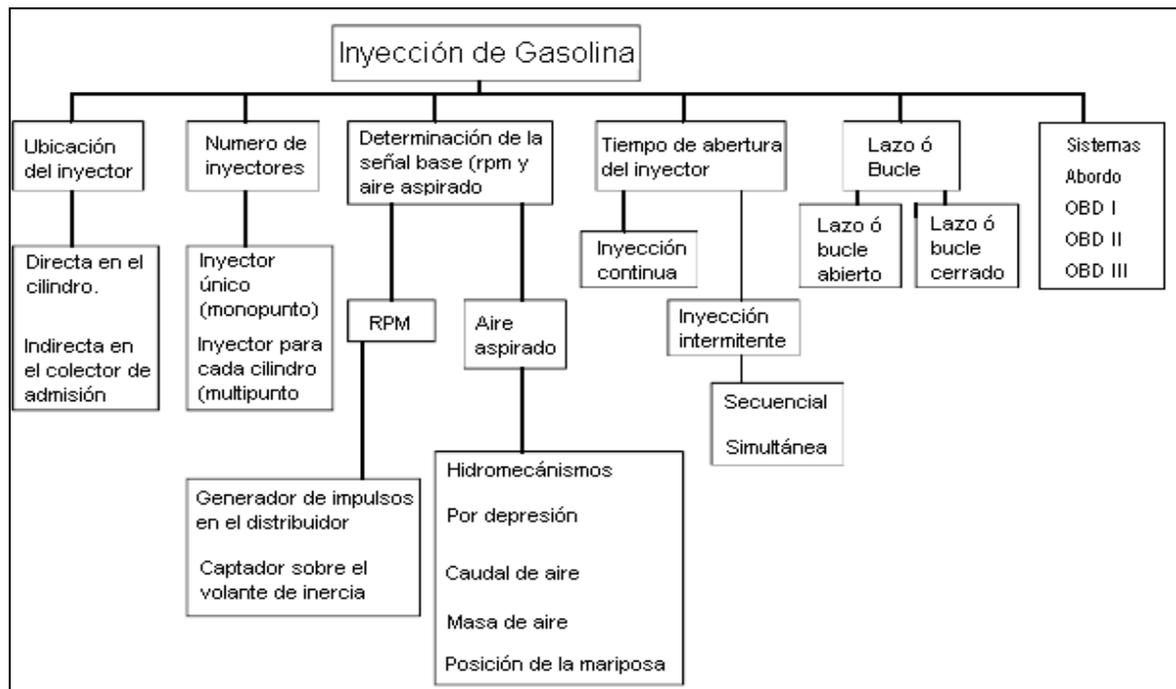
- **Mecánica:** Control y accionamiento mecánico de los inyectores (ya en desuso).
- **Mecánico-electrónica:** Control electrónico y accionamiento mecánico de los inyectores.
- **Electrónica:** Control y accionamiento electrónico de los inyectores.

Las configuraciones más comunes que pueden ser encontradas en el

mercado son las siguientes:

- Inyección directa, multipunto y secuencial
- Inyección indirecta, multipunto y secuencial.
- Inyección indirecta, multipunto y simultánea.
- Inyección indirecta, monopunto y continuada.

Actualmente existen varias formas de inyectar el combustible **controlado electrónicamente**, de acuerdo, principalmente, con la ubicación del inyector, el número de inyectores, el tipo de lazo ó bucle y el tiempo de abertura del inyector. La figura muestra las diferentes configuraciones en función de lo anteriormente expuesto.



“Figura 1.5. Clasificación de los Sistemas de Inyección Electrónica de Gasolina.”²

² <http://www.tdx.cesca.es>

1.10. UNIDAD ELECTRÓNICA DE CONTROL.

Es la parte básica del equipo de inyección electrónica, ya que recibe todas las informaciones de los captadores y sondas, y se encarga de su tratamiento para dar las órdenes precisas para una correcta dosificación de la mezcla.

La computadora controla electrónicamente el ENCENDIDO y la INYECCIÓN a través de señales de entrada, tales como valores de voltaje y de resistencia que procesadas por el conjunto electrónico, transforma en señales de salida, permitiendo que por una patilla concreta salga una cierta tensión en VOLTIOS, o la corte o bien permita la continuidad tanto de positivo (+) y de negativo (-).

A la unidad de mando le llegan a sus patillas una serie de valores de tensión o de resistencia, y en función de dichos valores, por otras patillas saldrán ciertas tensiones o valores de resistencia para los elementos de funcionamiento del sistema de inyección.

La ECU necesita recibir información de señales según las siguientes magnitudes:

1.10.1. MAGNITUDES BÁSICAS

- Número de R.P.M.
- Estado de carga (aire de entrada)

1.10.2. MAGNITUDES DE CORRECCIÓN

- Temperatura del aire de aspiración
- Posición de plena carga de la mariposa
- Temperatura del motor

La unidad de mando regula el tiempo de apertura de las válvulas de inyección según:

- El número de revoluciones y la carga del motor
- La temperatura del motor
- La temperatura del aire de aspiración
- Riqueza de mezcla según regulación lambda (si el motor dispone de ella)

La Unidad de Mando también regula el momento de encendido, según:

- El número de revoluciones y la carga
- La temperatura del motor
- Las señales de detonación

1.10.3. ARQUITECTURA DE LA U.C.E.

La UCE contiene, básicamente: un conformador de impulsos, un convertidor analógico-digital, un bus digital de transmisión y un microordenador; que se compone de una unidad aritmético/lógica (ALU) de funcionamiento digital.

1.3.3.1. MICROPROCESADOR.

Es la unidad central de proceso (CPU) y contiene en su interior tres dispositivos fundamentales que son:

- La Unidad Lógica de Cálculo (ALU).
- El Acumulador.
- La Unidad de Control.

1.3.3.2. MEMORIA ROM

Como en todos los ordenadores, la memoria ROM mantiene grabados los programas con todos los datos, cartografías, valores teóricos, etc. con los que ha de funcionar el sistema. Esta memoria no puede borrarse.

1.3.3.3. MEMORIA RAM

Es la memoria de acceso aleatorio en la que se acumulan los datos de funcionamiento. Aquí están almacenados los datos que proporcionan los sensores hasta el momento en que son requeridos por la CPU, en cuyo momento son sobregabados con los nuevos datos que se reciben de los sensores.

Este trabajo se efectúa de manera constante durante el funcionamiento de la UCE, y todo se borra al desconectar la instalación.

Finalmente, los datos elaborados se envían al exterior a través de las Etapas de Salida, que envían señales eléctricas elaboradas a la electrobomba, bobina de encendido y a los inyectores.

Cualquier ajuste ó modificación externo de la inyección estará asociado al control electrónico interno de la inyección del motor (a menos que éste se desconecte). La unidad electrónica de control del motor intenta en todo momento regular la inyección de combustible a través de una sonda

Lambda binaria y, en algunas gestiones, otra proporcional, para obtener una combustión lo más estequiométrica posible en los regímenes estacionarios.

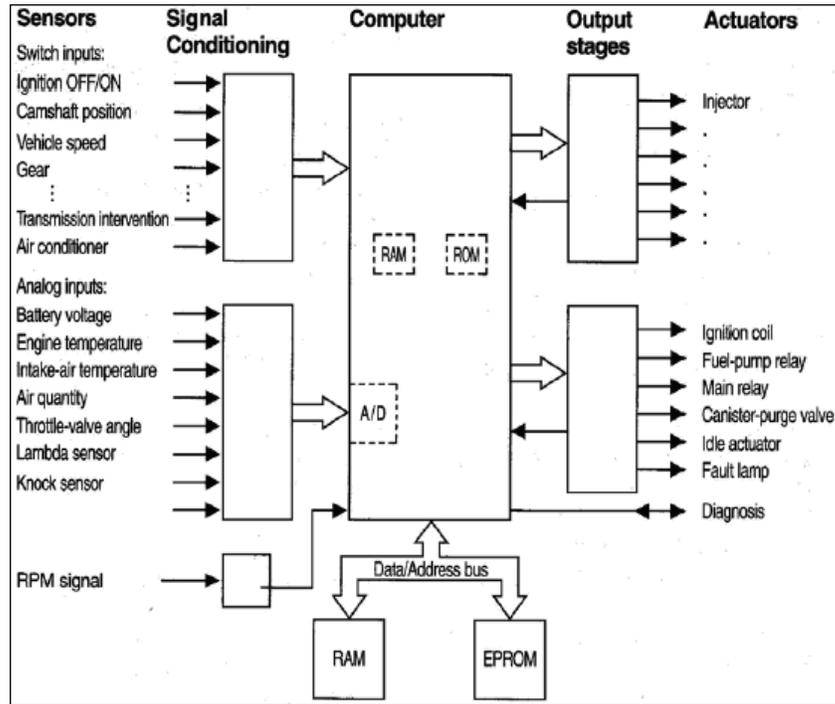


Figura 1.6. Arquitectura de la Gestión Electrónica del sistema de Inyección MOTRONIC

1.11. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El subsistema de alimentación es el encargado de transportar y presurizar el combustible hacia el riel de inyección para que los inyectores pulvericen la gasolina.

La computadora envía información al relé principal a su vez este manda señal a la bomba de combustible para que presurice todo el sistema

Los principales componentes de este subsistema son:

1.11.1. BOMBA ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN.

Los sistemas actuales de alimentación del combustible son del tipo "returnless", es decir, con un solo conducto de conexión entre el depósito del combustible y el motor, lo cual permite:

- Reducir al mínimo, en caso de accidente, la posibilidad de que se incendie el vehículo.
- Reducir las emisiones de los vapores de combustible a la atmósfera.

El depósito del combustible, situado generalmente delante del eje trasero, es de material plástico, de alta resistencia mecánica.

La electrobomba de combustible está montada dentro del depósito, y también incorpora:

- El regulador de presión del combustible.
- El medidor del nivel de combustible.
- El filtro de combustible.

El sistema está equipado con un interruptor inercial que, en caso de accidente, interrumpe la alimentación de la electrobomba de combustible.

Su funcionamiento es continuo para mantener la alimentación a una presión estable. Por tanto, se trata de una bomba rotativa que ofrece presión de forma inmediata al ponerse en funcionamiento. El motor eléctrico de la bomba empieza a girar y por medio de una bomba multicelular de rodillos, que es arrastrada por el motor eléctrico, el combustible es lanzado

a presión dentro del circuito.

La bomba no sólo debe alimentar todos los conductos, sino que ha de proporcionar una presión y caudales mayores que los de máximo consumo de la instalación. Usualmente para un sistema de este tipo, la presión es de alrededor de 5 bar y el caudal de 2 litros/minuto aproximadamente.

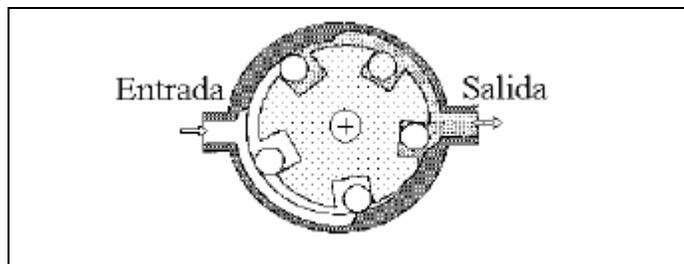


Figura 1.7. Rotación de la Bomba de combustible

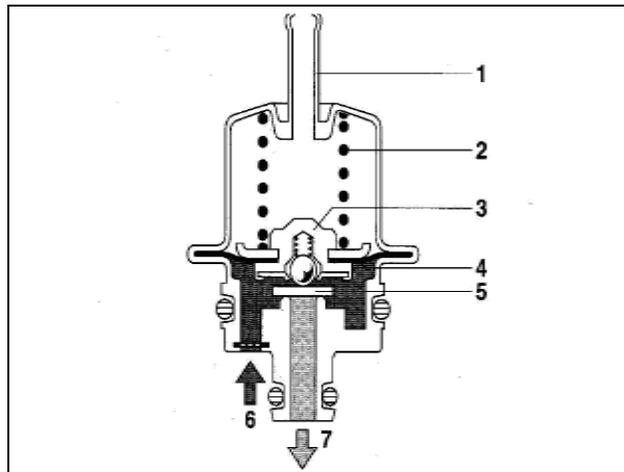
1.11.2. REGULADOR DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN.

Transfiere el combustible al depósito por el conducto de rebose en el caso que se supere la presión máxima admisible en el tubo distribuidor.

Además, el regulador se encuentra comunicado con el colector de admisión por lo que la regulación se hace sensible a la depresión que exista en el colector.

El objetivo fundamental de esta regulación es impedir que las variaciones de vacío en el colector influyan en la cantidad de combustible inyectado. Al aumentar la depresión en el colector, la cantidad de combustible que ingresaría en los cilindros sería mayor, por lo que en esas condiciones el regulador disminuye la presión de inyección, quedando compensada la cantidad real de combustible que ingresa en los cilindros.

Cuando la depresión en el colector disminuye, el regulador actúa de forma contraria, o sea, aumenta la presión de inyección. Debe señalarse que la gama de regulación de presiones siempre estará, lógicamente, por debajo de la presión máxima que desarrolla la bomba eléctrica de combustible.



“Figura 1.8. Regulador de presión de combustible.

- 1. Toma de vacío del colector, 2.Muelle, 3.Conjunto válvula, 4.Diafragma, 5.Válvula, 6.Conducto de entrada de combustible, 7.Conducto de retorno de combustible**

El dispositivo dispone de una membrana en cuyo centro hay una válvula mediante la cual se puede cerrar o abrir el conducto de rebose del líquido. La membrana divide en dos partes el cuerpo del regulador. Se tiene una cámara de presión y otra antagonista regida por la acción de un muelle y de la depresión que se tiene en el colector de admisión.

El combustible entra en la cámara de presión y la membrana se mantiene cerrando el conducto de rebose mientras la presión del combustible no supere la antagonista del muelle y la depresión.”³

Con el motor funcionando a plena carga la mariposa se encuentra

³ http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0203103-202014//05CAPITULO3.

totalmente abierta, por lo que la presión en el colector de admisión es aproximadamente la atmosférica, de modo que no ejerce influencia sobre el muelle. Pero si por el contrario la mariposa se encuentra cerrada o casi cerrada la depresión existente en el colector de admisión es alta, y esto afecta a la abertura de la membrana.

La depresión tira de la membrana hacia abajo por lo que la presión de tarado del regulador de presión baja. Por tanto, se tendrá menor presión de en el tubo de distribución por lo que al abrir el inyector la cantidad de combustible que se inyectará será menor.

1.11.3. INYECTORES.

Se utilizan inyectores gobernados eléctricamente, o sea, válvulas de regulación eléctrica. Son dispositivos de tipo "todo o nada" ya que solamente tienen dos estados estables, es decir, abiertos o cerrados. Cuando están abiertos permiten el paso del combustible, y cuando están cerrados lo bloquean.

La UCE es la encargada de mandar los impulsos eléctricos que gobernarán la apertura de los inyectores. El tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo de abertura de la aguja pulverizadora, y debido a que la presión de alimentación del inyector es constante, la cantidad de combustible inyectado será proporcional al tiempo de duración del impulso eléctrico.

El inyector debe ser una válvula que responda con una gran precisión a los impulsos eléctricos que reciba. Los componentes que lo forman deben ser de gran precisión. En la siguiente figura pueden observarse la estructura típica de estas electroválvulas.

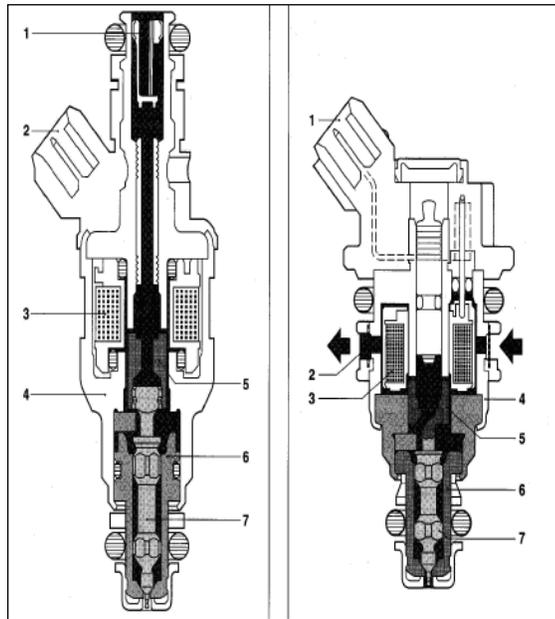


Figura 1.9.Inyector.

Izquierda: de alimentación superior.

Derecha: de alimentación lateral. Izquierda 1-Filtro de la entrada de combustible. 2-Conexión eléctrica. 3- Bobinas. 4- Cuerpo de la válvula. 5- Inducido. 6- Tobera. 7-Aguja de la válvula. Derecha 1- Conexión eléctrica. 2- Filtro en la salida de combustible. 3- Bobinas. 4- Cuerpo de la válvula. 5- Inducido. 6- Tobera. 7- Aguja de la válvula.

1.12. SUBSISTEMA DE AIRE

Los sistemas de inyección actuales también gestionan el accionamiento del colector de admisión en aquellos motores que poseen una geometría de la admisión variable.

De igual forma, controla la variación de las fases de admisión y escape en los motores con diagrama de distribución variable.

En los motores de inyección, la masa de aire aportada es decisiva para conseguir un buen par motor y una buena potencia. El par motor entregado es proporcional a la masa de aire aportada.

En los sistemas convencionales, la mariposa es accionada mecánicamente por una varilla o cable, unida al pedal del acelerador. La posición de la mariposa afecta a la apertura del conjunto de admisión y controla el paso del aire aspirado por el motor.

Esta información se transmite mediante conexiones eléctricas a la unidad de control. La unidad de control recibe así información acerca de la cantidad de aire y la temperatura del mismo.

1.12.1. REGULACIÓN DE LA CANTIDAD DE AIRE ADICIONAL.

Esta regulación se realiza mediante una válvula que cortocircuita la mariposa de gases y que permite el paso de una cantidad de aire adicional cuando el motor está frío.

Esta cantidad de aire adicional es esencial para compensar el exceso relativo de combustible inyectado durante ciertos regímenes especiales, por ejemplo durante el ralentí con el motor frío, ralentí con solicitaciones de carga adicional (aire acondicionado), etc.

La cantidad de aire adicional que ingresa en el motor es precisamente lo que evita el calado del mismo debido a una mezcla excesivamente rica.

1.12.2. ACTUADOR DEL RALENTÍ.

Está montado en el cuerpo de la mariposa y está constituido por un motor de corriente continua que regula la abertura de la mariposa de 0 a 15°. En el actuador hay normalmente dos potenciómetros integrados que transmiten respectivamente a la UCE la posición angular. Esto es, de 0 a 15° para el ralentí y de 0 a 83° para el resto de r.p.m. del motor.

1.12.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE.

Existen diversas maneras de conseguir determinar el caudal de entrada de aire en el motor.

Estas soluciones difieren entre ellas en cuanto a concepto, pero básicamente el principio eléctrico se mantiene prácticamente inalterado y en todas sus variantes, la señal de este elemento es de tipo analógico, y la información la porta la variación de tensión.

Una sonda volumétrica de caudal de aire cumple la función de medir el volumen de aire aspirado por el motor, lo cual determina su estado de carga. La medición del caudal determina (junto a otros factores) el tiempo que los inyectores deben permanecer abiertos, actualmente este sistema ya no se aplica.

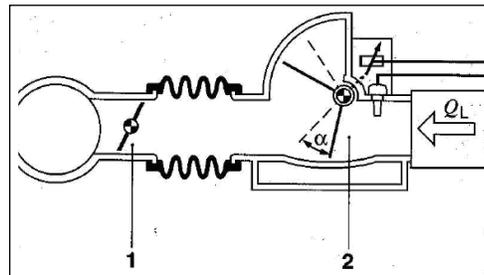


Figura 1.10. Sonda volumétrica de caudal de aire
1. Mariposa de gases, 2.Sensor de flujo de aire.

Actualmente para sensar el volumen de caudal de aire, los sistemas de inyección emplean sensores como el IAT o el MAP que son sensibles a la variación de temperatura y de presión respectivamente.

El IAT es un resistor térmico que sensa la temperatura de aire admitido, y el MAP es un cristal que es sensible a las variaciones de presión.

1.13. SUBSISTEMA DE AUTODIAGNÓSTICO

Los errores quedan memorizados en la UCE en el orden en que van apareciendo.

Cuando se reconoce un defecto por primera vez y el estado de error permanece durante un tiempo mayor que 0,5 segundos, el defecto se memoriza como permanente. Si este defecto desaparece enseguida se memoriza como intermitente y no presente. Si una avería se clasifica como permanente, se activa la función de emergencia o modo de avería.

A cada error se le asigna un contador de frecuencia, cuando la avería se detecta por primera vez, el contador (generalmente, ya que puede variar según los modelos) se pone en 68. Si desaparece la avería, el contador se queda con su valor actual, si aparece nuevamente aumenta una unidad, hasta un límite máximo de 128.

El contador va disminuyendo cada vez que se pone en marcha el motor sin que aparezca la avería, y cuando el contador llega a 0, la avería se borra automáticamente de la memoria de averías.

El testigo de averías se enciende cuando hay un defecto memorizado como presente e importante, y cada vez que se conecta el encendido del motor. Si no hay averías importantes presentes, el testigo se apaga normalmente y, según el modelo, después de 4 segundos de haberse conectado el encendido del motor.

Los errores almacenados en la memoria de la UCE pueden eliminarse accediendo directamente a la dirección de memoria, generalmente del tipo EEPROM, donde están almacenados mediante la opción "Borrado de memoria de errores". Debido a que el protocolo de acceso a la memoria de averías es

codificado, es necesario utilizar los equipos de diagnóstico propios de cada fabricante u otro scanner universal con el protocolo de acceso previamente incorporado.

El sistema de autodiagnóstico del sistema controla las señales provenientes de los sensores comparándolas con los valores límites permitidos. Este control se efectúa durante dos etapas:

1.13.1. SEÑALIZACIÓN DE AVERÍAS DURANTE LA PUESTA EN MARCHA.

- El testigo encendido durante 4 segundos indica fase de prueba.
- El testigo apagado después de 4 segundos indica que no hay ninguna avería en los componentes que pueda alterar los valores previstos por las normas anticontaminación.
- El testigo encendido después de 4 segundos indica que hay una avería.

1.13.2. SEÑALIZACIÓN DE AVERÍAS DURANTE EL FUNCIONAMIENTO.

- El testigo encendido indica avería.
- El testigo apagado indica que no hay ninguna avería en los componentes que pueda alterar los valores previstos por las normas anticontaminación.

1.14. SISTEMAS BOSCH APLICADOS EN VOLKSWAGEN

El fabricante Bosch lleva tiempo aplicando sus sistemas de inyección a los

motores de inyección directa. Hace más de 60 años en los motores de aviación.

Este sistema de inyección funcionaba igual que el utilizado por los motores Diesel, es decir, estaba dotado de una bomba de inyección en línea que tiene tantos elementos de bombeo como cilindros tiene el motor y accionados por un árbol de levas sincronizado con el cigüeñal. La presión de inyección con la que trabajaba este sistema es de 15 a 20 kp/cm², la cual si la comparamos frente a un Diesel (150 a 400) es muy baja, lo que hace que la precisión del equipo de bombeo no sea muy grande. Pero tenía el enorme inconveniente de la lubricación, ya que la gasolina no es lubricante, implica la necesidad de lubricar la bomba lo que encarece su fabricación. También los inyectores deben lubricarse, lo cual lo complica en extremo. Los inyectores que están en contacto con las altas presiones y la temperatura que se alcanza en la cámara de combustión del motor hacen que se deterioren rápidamente y requieren un gran mantenimiento por ello esta inyección directa solo se usaba en vehículos muy exclusivos o deportivos.

Por las razones expuestas anteriormente Bosch aparcó el desarrollo de esta tecnología, hasta que la utilización masiva de la electrónica hizo mas fácil desarrollar un sistema lo suficientemente fiable y a un precio ajustado.

El sistema de inyección directa de gasolina Bosch denominado BDE trabaja según el principio de funcionamiento del Common Rail utilizado para la inyección diesel.

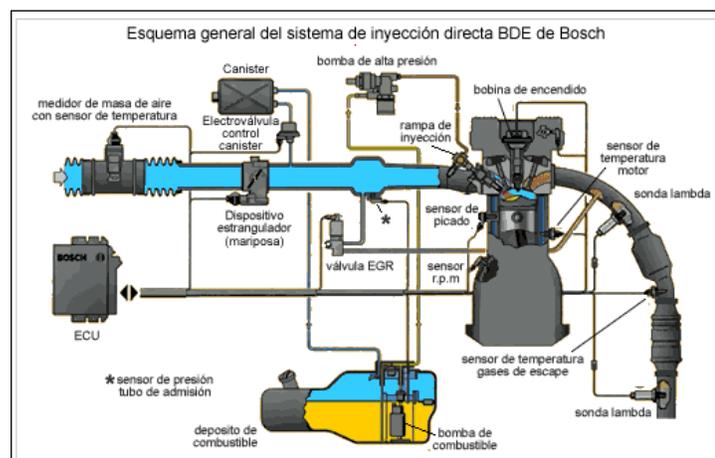


Figura 1.11. Sistema de Inyección BDE

Es decir, un conducto o regleta distribuidora común, de alta presión, alimenta con carburante todas las válvulas de inyección; la presión regulada en el conducto distribuidor de combustible la origina una bomba de alta presión que puede alcanzar presiones de hasta 120 bar. Con las válvulas de inyección accionadas de forma electromagnética, el inicio y la duración del proceso de inyección es variable dentro de amplios límites. El caudal de inyección se mide exactamente, mientras que la geometría del chorro está sincronizada con las exigencias del motor. La forma y el ángulo el chorro, así como el tamaño de las gotitas pulverizadas, constituyen también parámetros importantes para la formación de la mezcla y determinar valores de emisión bajas y consumos favorables.

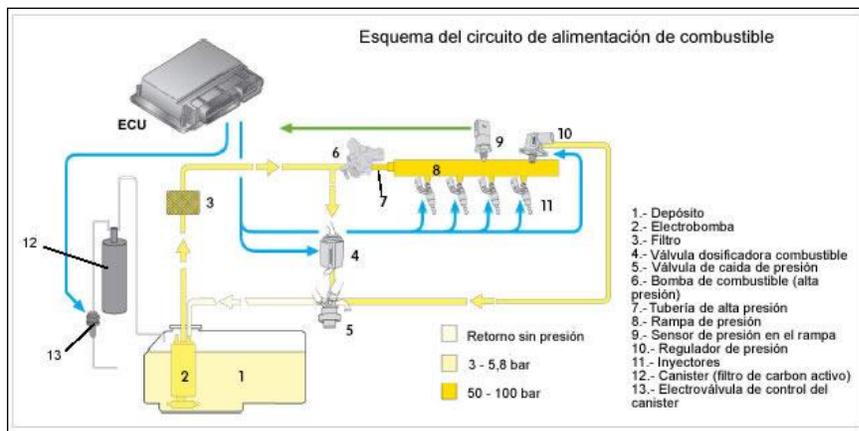


Figura 1.12. Circuito de alimentación de combustible Sistema BDE

1.14.1. SISTEMA BOSCH MOTRONIC

Este sistema asegura esta adaptación mediante una sincronización de la masa de aire, el caudal de gasolina y el ángulo de encendido. La masa de aire se ajusta mediante una válvula de estrangulación controlada electrónicamente.

Los motores dotados de sistema de inyección directa de gasolina no sólo convencen por sus bajos valores de consumo en relación con los motores convencionales, sino también por sus bajas emisiones de anhídrido carbónico.

Una retroalimentación regulada de los gases de escape reduce en la gama de carga parcial la expulsión de monóxido de nitrógeno.

Los catalizadores acumuladores de reciente desarrollo y controlados por el sistema Motronic garantizan el cumplimiento de los futuros valores límite de emisión de gases de escape.

El principio consiste en que el catalizador aporta monóxido de nitrógeno durante el funcionamiento en fase de mezcla pobre. Para la regeneración, se conmuta brevemente a funcionamiento homogéneo en forma de mezcla rica para transformarlo de nuevo en nitrógeno y oxígeno.

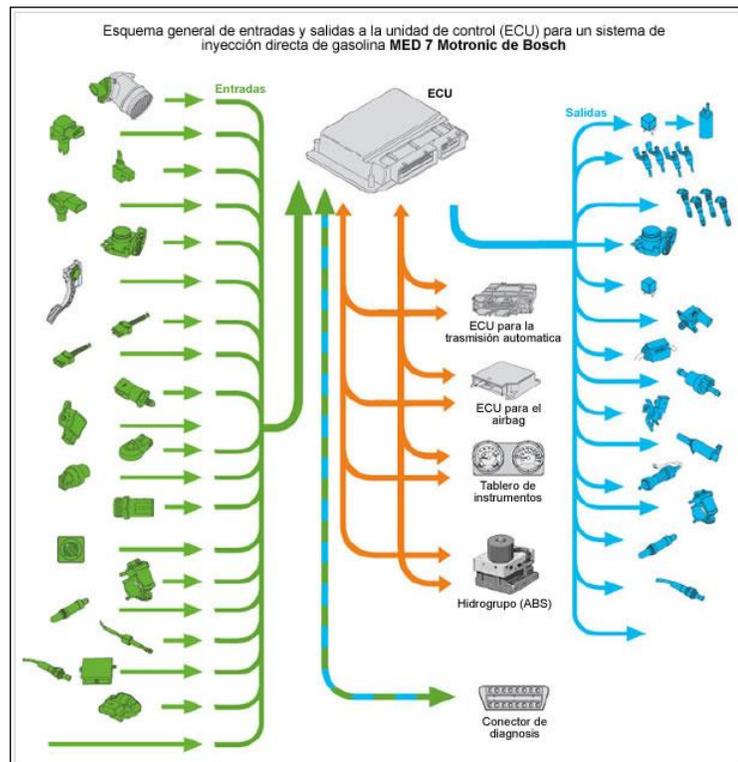


Figura 1.13. Señales de entrada y salida del sistema MOTRONIC

Junto con el catalizador de tres vías, la regulación Lambda sigue siendo hoy en día el procedimiento más efectivo para la depuración de los gases de escape en los motores de gasolina.

BOSCH ha desarrollado con la sonda Lambda plana una nueva generación de sensores de gases de escape. Como sonda de banda ancha, con un campo de medición sobredimensionado para valores Lambda entre 0,7 e infinito

La sonda plana de BOSCH resulta apropiada también para motores de gasolina con mezcla pobre. Con ello, se ofrece igualmente para su uso en motores de cuatro tiempos con inyección directa, a la vez que desempeñara un papel importante en cuanto al cumplimiento de las futuras normas para gases de escape.

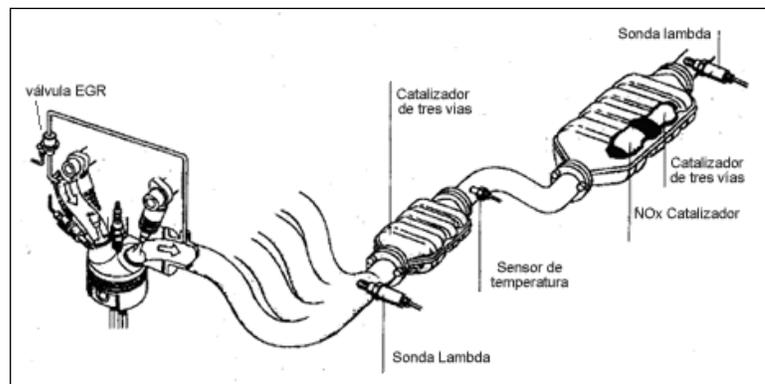


Figura 1.14. Sonda Lambda BOSCH

II. INYECCIÓN MOTRONIC VOLKSWAGEN

2.2. CONTROL DE COMANDO POR COMPUTADORA MOTRONIC

Es la parte fundamental del equipo de inyección electrónica, ya que recibe todas las informaciones de los captadores y sondas, se encarga de su tratamiento para dar las órdenes precisas para una correcta dosificación de la mezcla. El resultado final de la gestión de la UCE es la determinación del tiempo e instante de la inyección y el salto de la chispa de encendido.



Figura 2.1. Unidad de Control Electrónica MOTRONIC

2.2.1. GESTIÓN DE LAZO O BUCLE CERRADO.

Actualmente, las normativas anticontaminación obligan al empleo de catalizadores, habitualmente trifuncionales, los cuales ofrecen una eficacia directamente condicionada a la dosificación de la mezcla al ser introducida en el cilindro.

Su sensibilidad a dicho parámetro es muy elevada, de modo que se introduce una sonda lambda para realimentar la ECU y conseguir una regulación de lazo cerrado.

La sonda Lambda, situada en el escape, informa de si la mezcla es pobre o rica, permitiendo modificar la inyección realizada por la UCE para el aporte de combustible a las condiciones de adecuada eficiencia del catalizador.

El siguiente paso a la regulación de la dosificación ha sido incorporar la regulación y control del sistema de encendido a la UCE. De esta manera, la UCE controla conjuntamente el momento y tiempo de inyección, la bomba de combustible y el momento de encendido (con su avance controlado electrónicamente).

La unidad de control consta de dos circuitos impresos que contienen un microordenador. La placa superior está formada por la parte digital del circuito, mientras que la inferior contiene la parte de mando, que son las etapas finales de potencia para inyección y encendido.

Un conector de 45 pines une la unidad de control a los elementos del sistema.

La unidad consta, en primer lugar, de unas entradas de datos que son proporcionados por los sensores que suministran las señales con los que el microprocesador deberá trabajar.

El sistema MOTRONIC utiliza sensores que son un elemento básico de registro de información o señales que envían a la unidad de control para que este lo analice y procese, así como también el procedimiento de diagnóstico, en el sistema de INYECCIÓN ELECTRÓNICA VOLKSWAGEN encontramos sensores llamados mixtos que son los siguientes:

1. Sensor de carga en el múltiple de admisión.
2. Sensor de temperatura del aire admisión.
3. Sensor de detonación o cascabeleo.
4. Sensor de oxígeno.
5. Sensor de temperatura del motor.
6. Potenciómetro de la mariposa.
7. Interruptor del aire acondicionado.
8. Sensor hall.

Los datos que obtienen estos sensores, pasan constantemente a las etapas de entrada, compuestas por dos elementos: el conformador de impulsos (CI) y el convertidor analógico digital (A / D).

2.2.2. CONFORMADOR DE IMPULSOS (CI)

Actúa para recibir los impulsos de tensión de los órganos de información del encendido. Estos impulsos, una vez modificados, pasan al circuito de entrada.

Estos impulsos son modificados en magnitud y en forma, para dejarlos en condiciones que puedan ser procesados por el **microordenador**. Una vez hechas estas transformaciones, pasan al circuito de entrada / salida.

2.1.3. CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL (A/D)

Recibe las señales que se producen por variaciones de tensión, que corresponden al resto de informaciones producidas por los sensores. Estas variaciones es necesario convertirlas en señales digitales por medio de un convertidor analógico digital.

Desde las etapas de entrada, la información, pasa al interior del microordenador a través de sus conexiones de entrada / salida. Desde este punto los datos se distribuyen según su frecuencia a través del intercambiador de datos que los transporta al bus. El bus son las vías a través de las cuales se alimenta de información a cada una de las unidades integradas fundamentales de la UCE.

2.3.4. EL MICROPROCESADOR.

Unidad central de proceso (CPU), y posee en su interior tres dispositivos fundamentales, la unidad lógica de cálculo (ALU), un acumulador y una unidad de control.

- **LA UNIDAD LÓGICA DE CÁLCULO (ALU).**

Realiza las operaciones aritméticas y las operaciones lógicas. Los programas y datos que precisa los obtiene de la memoria ROM, mientras los datos que ha de procesar vienen de la memoria RAM que almacena los datos suministrados por los sensores.

- **EL ACUMULADOR.**

Es una memoria intermedia que le permite a la ALU guardar datos mientras trabaja con otros que tendrán relación con lo que está procesando.

- **LA UNIDAD DE CONTROL.**

Es el elemento activo que solicita los datos, controla las entradas, las salidas y el desarrollo de las operaciones.

2.3.5. MEMORIA ROM.

Mantiene grabados los programas con todos los datos con que ha de funcionar el sistema. Todos estos datos y valores no se pueden borrar y permanecen invariables.

2.3.6. MEMORIA RAM.

En esta memoria se almacenan los datos que proporcionan los sensores, hasta el momento en que son requeridos por la CPU, en cuyo momento son sobre grabados con los nuevos datos que se reciben. Este trabajo se efectúa de una manera constante durante el funcionamiento del equipo, aunque se borra al desconectar la instalación.

Lo expuesto anteriormente lo resume la siguiente figura:

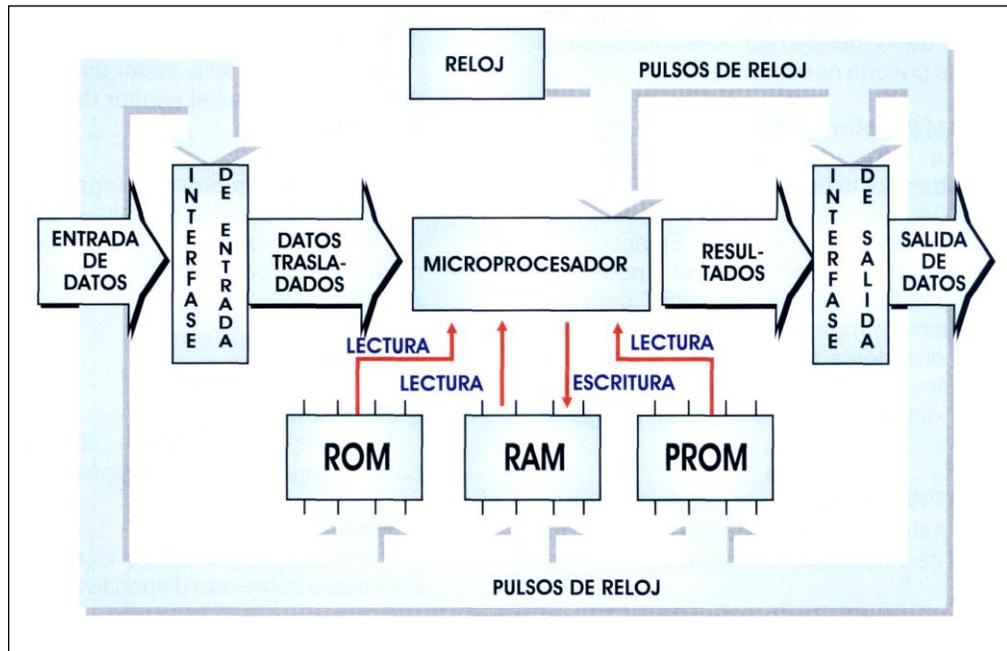


Figura 2.2. Microprocesadores de la ECU

Finalmente, los datos elaborados salen al exterior a través de las llamadas "ETAPAS FINALES" que mandan señales eléctricas elaboradas a la electro bomba de combustible, a la bobina de encendido a los inyectores.

2.3.7. ETAPA FINAL DE INYECCIÓN.

Esta etapa regula la corriente en las válvulas de inyección. La alimentación eléctrica de los inyectores depende de el relevador de la bomba de combustible para enviar la línea de positivo y del pulso negativo para formar el tiempo de inyección (ti) que es enviado por la unidad de mando del sistema.

2.3.8. ETAPA FINAL DE ENCENDIDO.

Esta etapa tiene como misión principal amplificar y controlar al corriente de la bobina de encendido. En el microordenador se prefija el valor para el tiempo de corriente en la bobina de encendido, en función de la tensión de al batería y del régimen del motor (ángulo de cierre). Esta etapa posee una regulación para limitar la corriente máxima de primario a través de la bobina de encendido.

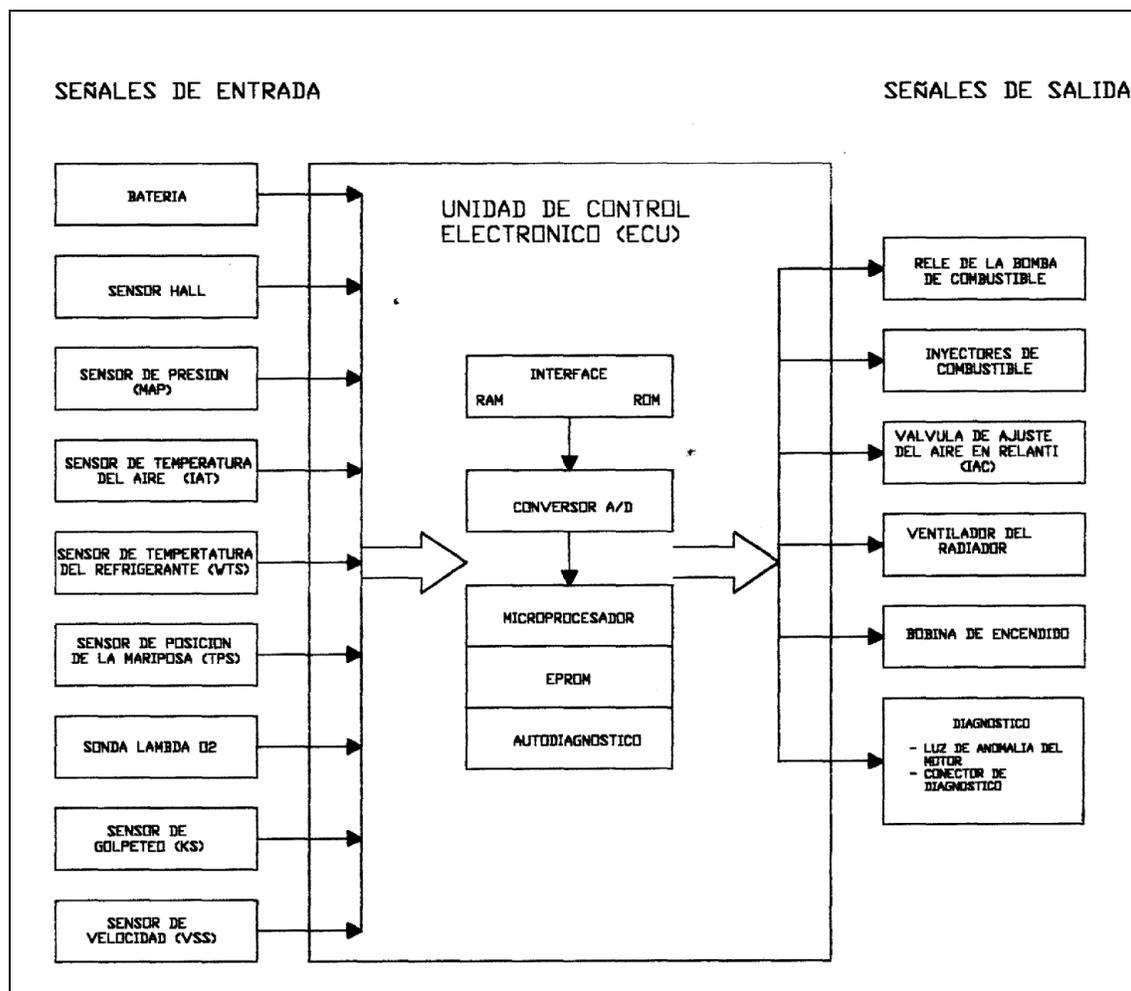
2.3.9. MANDO DE LA BOMBA

El microordenador controla, a través de la etapa final y un relé, la activación y desactivación de la electro bomba de combustible, enviando señales que recibe del sensor de rotación hall el cual informa que el motor está girando, entonces abre y cierra el circuito intermitentemente.

Logrando a través del funcionamiento de la bomba que se presurice todo el circuito de alimentación

2.4. DIAGRAMA BLOQUE DEL SISTEMA DE INYECCIÓN VOLKSWAGEN MOTRONIC.

El diagrama de bloque se encuentra diseñado para indicar esquemáticamente cuáles son las señales de entrada que recibe la ECU, las mismas que son interpretadas y procesadas al interior de la computadora; enviando las señales de salida que fundamentalmente realizan el proceso de inyección.



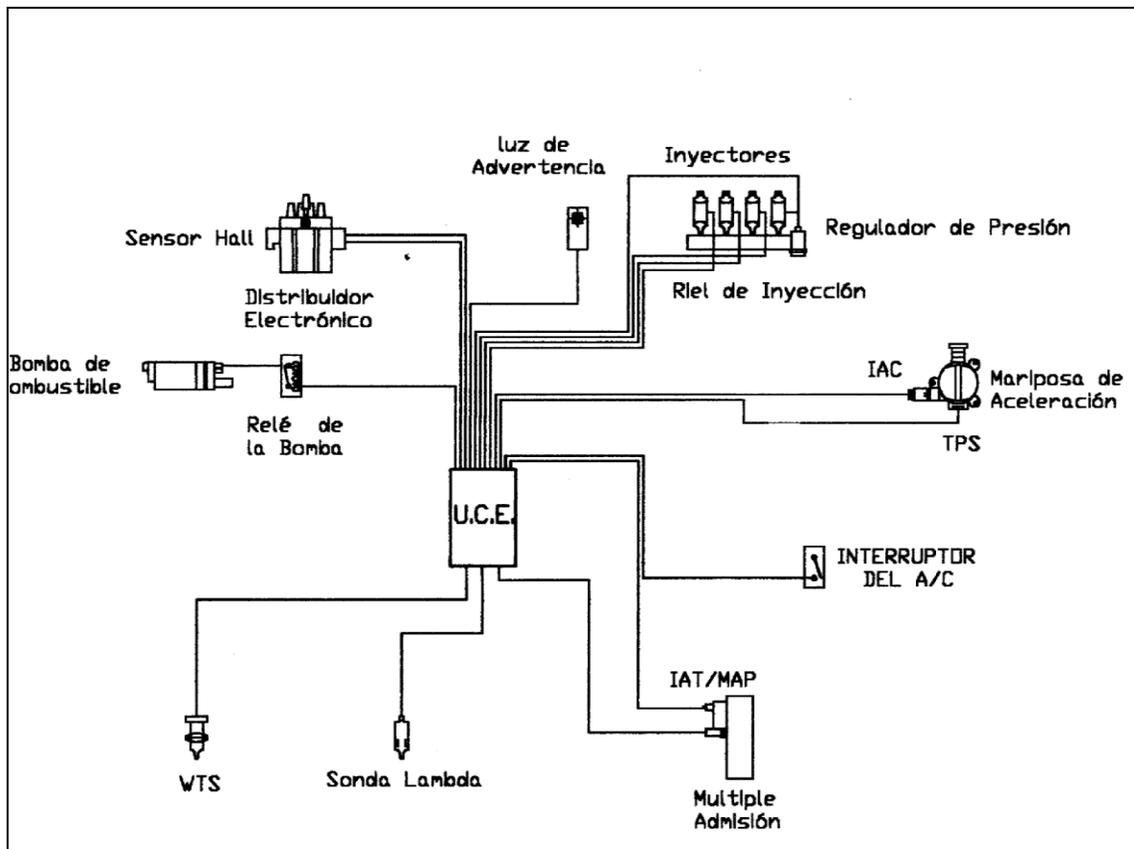
“Figura 2.3. Diagrama Bloque del Sistema de Inyección MOTRONIC”⁴

⁴ CHEVROLET, Manual Complementario de Servicio. Corsa 1.6 L, 2000. Brasil. Pág. 7.

2.5. VISTA ESQUEMÁTICA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN VOLKSWAGEN MOTRONIC.

En la vista esquemática se pueden apreciar a breves rasgos todos los componentes del sistema de inyección electrónica entre los cuáles podemos destacar la Unidad de Control Electrónico (ECU), los sensores: de temperatura del refrigerante (WTS), posición de la mariposa de aceleración (TPS), mixto temperatura y presión de aire (IAT/MAP), rotación y posición del cigüeñal (HALL).

Los actuadores: relé y bomba de combustible, inyector, válvula de control del aire en ralentí (IAC) y la luz MIL.



“Figura 2.4. Vista Esquemática del Sistema de Inyección VOLKSWAGEN MOTRONIC.”⁵

⁵ CHEVROLET, Manual Complementario de Servicio. Corsa 1.6 L, 2000. Brasil. Pág. 9.

2.6. UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC EN EL COMPARTIMIENTO DEL MOTOR VOLKSWAGEN GOL 2003

La casa VOLKSGAWEN emplea el sistema MOTRONIC en su modelo GOL 2003, la ubicación de sus componentes se aprecia en la Figura 2.4, dichos componentes serán estudiados a profundidad más adelante.

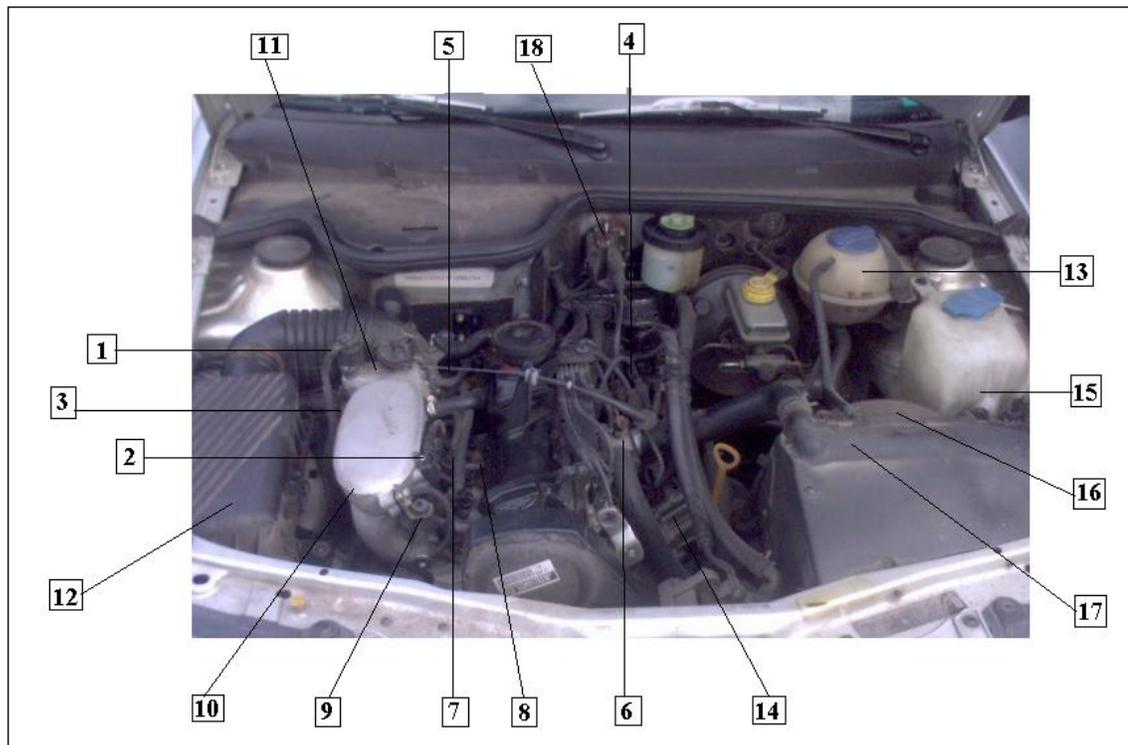


Figura 2.5. Ubicación de los componentes en el motor del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN GOL

- 1.- Válvula reguladora del aire en ralentí IAC
- 2.- Sensor combinado de temperatura y presión de aire IAT / MAP
- 3.- Sensor de la posición de la mariposa TPS
- 4.- Distribuidor electrónico
- 5.- Sonda Lambda O2
- 6.- Sensor de temperatura del refrigerante WTS
- 7.- Riel de inyección

- 8.- Inyectores
- 9.- Regulador de presión
- 10.-Múltiple de admisión
- 11.-Cuerpo de la mariposa de aceleración
- 12.-Filtro de aire
- 13.-Reservorio de agua
- 14.-Alternador
- 15.-Reservorio de agua para las plumas
- 16.-Ventilador
- 17.-Radiador
- 18.-Bobina de encendido

2.7. UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC EN EL MOTOR VOLKSWAGEN GOL 2003.

2.5.1. VÁLVULA IAC

Esta válvula se encuentra ubicada en el cuerpo de la mariposa de aceleración formando una sola estructura con el múltiple de admisión.



Figura 2.6. Ubicación de la válvula IAC en el motor

2.5.7. SENSOR COMBINADO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE IAT / MAP

Es el único sensor que se encuentra ubicado en el colector de admisión.



Figura 2.7. Ubicación del sensor IAT/MAP en el motor

2.5.8. SENSOR DE LA POSICIÓN DE LA MARIPOSA TPS

La localización de este sensor es la parte inferior del cuerpo de la mariposa.



Figura 2.8. Ubicación del sensor TPS en el motor

2.5.9. DISTRIBUIDOR ELECTRÓNICO

Se encuentra en la parte central del motor a lado de la línea de entrada de cables para bujías.



Figura 2.9. Ubicación del distribuidor en el motor

2.5.10. SONTA LAMBDA O2

Se encuentra ubicada en el escape del vehículo justo antes del catalizador.



Figura 2.10. Ubicación del sensor de oxígeno en el motor

2.5.11. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS

Esta localizado a la derecha del motor a lado del distribuidor electrónico en la toma de agua.

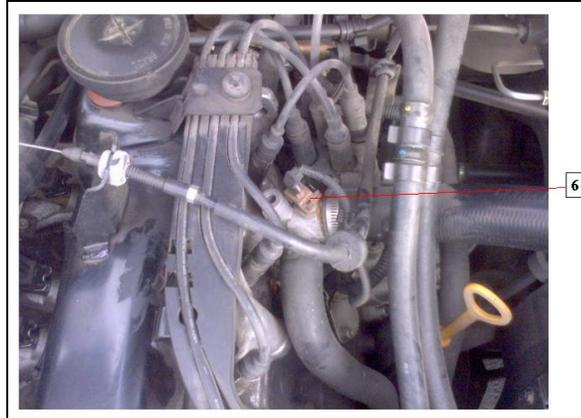


Figura 2.11. Ubicación del sensor WTS en el motor

2.5.8 RIEL DE INYECCIÓN

Forma un solo cuerpo con el múltiple de admisión se encuentra montado en la parte inferior del mismo.



Figura 2.12. Ubicación del riel de inyección en el motor

2.5.11. INYECTORES

Forman un solo cuerpo con el riel de inyección o también llamado distribuidor de combustible.

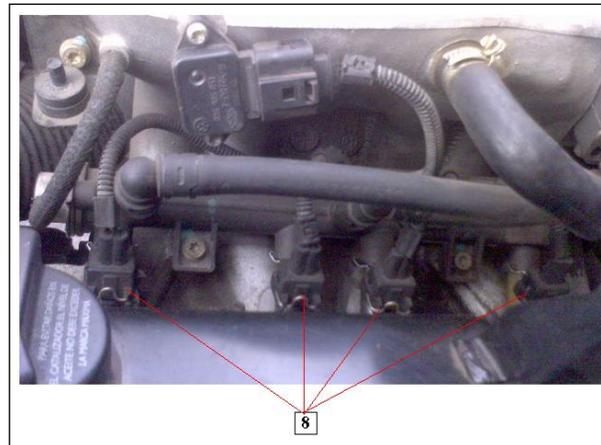


Figura 2.13. Ubicación de los inyectores en el motor

2.5.12. REGULADOR DE PRESIÓN

Esta montado en un extremo del distribuidor de combustible y es de tipo blindado.



Figura 2.14. Ubicación del regulador de presión en el motor

2.5.13. MÚLTIPLE DE ADMISIÓN

Esta ubicado en la parte izquierda del motor a lado del filtro de aire, en el se alojan la mayoría de sensores.



Figura 2.15. Ubicación del múltiple de admisión en el motor

2.5.11. CUERPO DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN

Forma un solo cuerpo con el múltiple de admisión en donde se encuentran ubicados el sensor TPS y la válvula IAC.



Figura 2.16. Ubicación del cuerpo de la mariposa de aceleración en el motor

2.8. COMPONENTES DEL SISTEMA VOLKSWAGEN MOTRONIC

El sistema de inyección MOTRONIC es un desarrollo específicamente diseñado para VOLKSWAGEN. Este nuevo sistema de inyección y encendido viene a integrarse a la amplia familia de sistemas de inyección que se emplean en México tal como el Digifant, el Digiplus, el Mono-motronic, y el Ke-motronic. Este sistema presenta cambios relevantes en algunos de sus componentes y en algunos de sus procedimientos de comprobación, tales como para verificar o ajustar el tiempo de encendido del motor, por mencionar uno, esencialmente sus componentes principales son los siguientes:

1. Distribuidor electrónico
2. Sensor WTS.
3. Sensor mixto IAT/MAP
4. Sensor TPS
5. Válvula IAC
6. Sonda Lambda
7. Múltiple de admisión
8. Garganta de aceleración
9. Computadora (UCE)
10. Riel de Inyección
11. Inyectores (4)
12. Regulador de presión
13. Bomba de combustible
14. Conector de la UCE
15. Toma de agua para el WTS

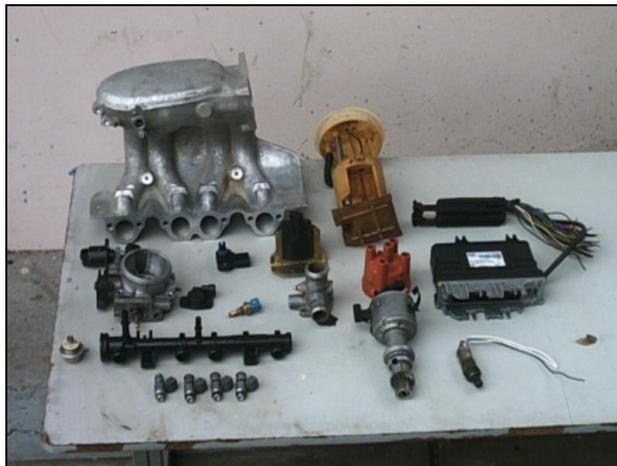


Figura 2.17. Componentes del sistema MOTRONIC

2.9. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA MOTRONIC

2.7.1. SENSOR DE CARGA EN EL MÚLTIPLE DE ADMISIÓN Y SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN MAP/IAT

Estos dos sensores se encuentran integrados en un solo componente que se ubica sujeto al múltiple de admisión. Su configuración es muy similar a un sensor MAP de la Ford.

El sensor mixto tiene cuatro terminales, a través de una ellas recibe el VREF de la computadora. Por otra terminal la computadora alimenta una tierra, por una tercera se transporta la señal de las variaciones de vacío hacia la computadora. La cuarta terminal transporta la señal de la temperatura del aire hacia la computadora.

Con estos datos la computadora puede calcular el tiempo de inyección y efectuar las modificaciones del avance del tiempo de encendido.

- **“El sensor de carga** tiene en su interior un diafragma que por un lado está sometido al vacío del motor y por el otro tiene un cristal piezoeléctrico. El sensor de carga recibe un VREF de 5.0 V provenientes de la computadora. El cristal piezoeléctrico modifica ese VREF en función de la flexión del diagrama causada por la presión variable en el múltiple de admisión. La tensión eléctrica modificada es enviada a la computadora e interpretada como la carga del motor. La tensión eléctrica hacia la computadora debe variar entre 0.25v en ralentí hasta 4.8v en la aceleración plena.”⁶

⁶ CASTRO MIGUEL, Manual del Automóvil. Editorial CEAC, 4ta edic, 2003. Barcelona, España. Pág. 238

- **“El sensor de temperatura del aire** pertenece a los sensores tipo termistor. Esto quiere decir que el sensor varía su resistencia eléctrica al modificarse la temperatura del aire.

Con una temperatura del aire baja el sensor deberá mostrar una resistencia alta y una señal de voltaje alto. Al calentarse el aire de admisión, el sensor mostrará una resistencia baja y un voltaje de señal bajo también.

El dato de temperatura es indispensable para que la computadora pueda calcular la masa de aire entrante del motor. Esto es porque el aire frío tiene mayor densidad de oxígeno y necesita más combustible para lograr el punto estequiométrico.

En contra parte el aire caliente tiene menos densidad de oxígeno requiere menos combustible para la combustión.

Cuando fallan las señales del sensor mixto, la computadora entra en programa de emergencia "Go Home". Para ello, la computadora utiliza los valores preestablecidos para la presión en el múltiple y la temperatura del aire grabados en la memoria.”⁷

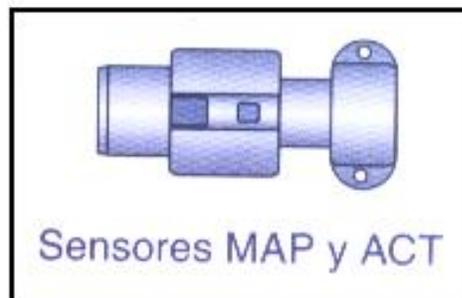


Figura 2.18. Sensor de presión y temperatura de aire

⁷ <http://html.rincondelvago.com/sensores-electricos.html>

2.7.2. SENSOR TPS (POTENCIÓMETRO DE MARIPOSA)

El sensor de posición de la mariposa de aceleración generalmente está constituido por un potenciómetro, que está sujeto a la prolongación del eje de la mariposa de aceleración, de forma que giran conjuntamente. Cuando el conductor presiona el pedal del acelerador, gira la mariposa y también el potenciómetro, lo que hace variar su resistencia interna.

Estos valores de inicio se deberán cotejar en los manuales, los cuales cambian dependiendo del modelo del vehículo pero para tener una base estos deberán estar dentro de los 0.6 Voltios a 0.9 Voltios con mariposa cerrada. Mientras que con la mariposa abierta el Voltaje de señal debe oscilar entre 4.90 y 5.20 Voltios.

Si esto no fuera así este presentaría una falla que el motor de pasos trataría de controlar, puede que se pare el motor o que se quede acelerado.

El sensor TPS tiene tres terminales, a través de una ellas recibe el VREF de la computadora. Por otra terminal la computadora alimenta una tierra, por una tercera envía un voltaje de señal que informa a la ECU de las variaciones angulares de la mariposa de aceleración.



Figura 2.19. Sensor TPS

2.7.3. SENSOR DE DETONACIÓN.

El sensor de detonación/cascabelo, (VOLKSWAGEN) lo identifica también como sensor de picado), se encuentra atornillado en el bloque del motor. Es un cristal piezoeléctrico que genera una señal cuando capta una detonación.

Sirve para informar a la computadora cuando se presenta una vibración mecánica producida ya sea por combustión anormal o por algún componente flojo o desgastado en el motor.

Con el dato del sensor de detonación, la computadora retrasa el tiempo de encendido, entre 1° y 1.5° comenzando con todos los cilindros, procediendo a identificar el cilindro con detonación.

Cuando lo identifica, retrasa el tiempo de encendido entre 1° y 1.5° solo en esos cilindros. El máximo retraso de la chispa se da alrededor de los 15° .

Una vez desaparecida la acción de la detonación, la computadora va recuperando el avance del tiempo de encendido en pasos de 0.5° (medio grado) cada vez que se cumplen 40 PMS en el cilindro con detonación.

Su apriete debe tener un rango de alrededor de las 28 lbs. Si está fuera de esa especificación, la señal del sensor no será certera y el cálculo del tiempo tampoco. El sensor de detonación genera su propia señal de voltaje.

Cada vez que se registra detonación el sensor produce una señal eléctrica. Cuando la computadora recibe señal de voltaje del sensor, sabe que el motor tiene detonación.

El sensor tiene dos terminales de conexión; una de ellas transporta la señal de detonación a la computadora. La otra refuerza la señal (tierra de señal o aislada). Un tercer alambre se conecta a la computadora, mismo que funciona como un blindaje que evita que la señal se distorsione o se pierda en su recorrido hacia la computadora.

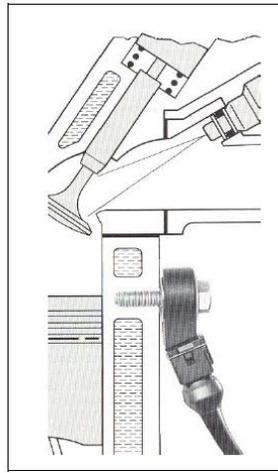


Figura 2.20. Sensor de Detonación KS

2.7.4. SENSOR DE OXÍGENO (SONDA LAMBDA).

La función del sensor de oxígeno es informar a la computadora sobre la cantidad de oxígeno que transportan los gases de escape. Se encuentra montado en el tubo de escape antes del catalizador.

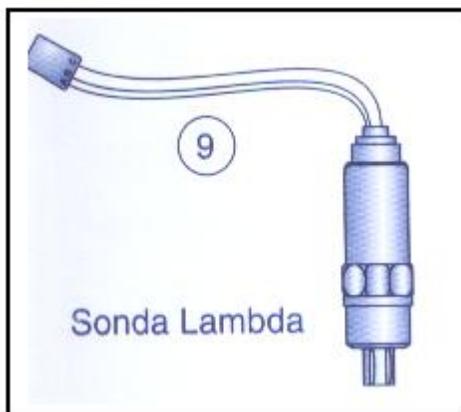
Este sensor de oxígeno pertenece a los sensores electro calentados, es decir, recibe alimentación eléctrica desde el relevador de la bomba para que alcance en un corto tiempo su temperatura de trabajo.

Cuando el sensor de oxígeno envía señal, la computadora establece el control del tiempo de inyección (ancho de pulso de inyectores) y con ello logra mantener la mezcla dentro del rango estequiométrico de 14.7 a 1.

Cuando se acelera súbitamente o la mariposa de aceleración pasa

por encima del 70 % de abertura, la computadora ignora la señal del sensor, lo mismo hace cuando aún el sensor no alcanza su temperatura para generar señal. En este último caso la computadora utiliza los valores preprogramados en su memoria.

Cuatro terminales para conexión utiliza el sensor de oxígeno electro calentado. A través de una terminal el sensor recibe los 12.0 V provenientes del relevador de la bomba. Por otra terminal recibe una tierra física. Por una tercera terminal transporta la señal a la computadora, y por la cuarta terminal recibe una tierra aislada, es decir, tierra proveniente de la computadora. Los dos alambres de señal están protegidos con un blindaje metálico para evitar fenómenos parásitos (interferencias electromagnéticas) que alteren la interpretación por parte de la computadora.



"Figura 2.21. Sensor de Oxígeno"⁸

2.7.5. EL SENSOR DE TEMPERATURA DEL MOTOR WTS

El sensor de temperatura del líquido refrigerante, al igual que el sensor de temperatura del aire de admisión, es un termistor NTC.

⁸ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 681.

Esto quiere decir, que se trata de una resistencia que varía con la temperatura, cuando la temperatura es baja la resistencia será alta y el voltaje de señal a la computadora será alto, y cuando la temperatura es alta, la resistencia será baja y el voltaje de señal hacia la ECM será bajo.

El sensor, recibe un voltaje de referencia de 5 V de la ECM, y el voltaje de señal hacia la computadora, varía entre 0.25 V a 4.75 V dependiendo de la temperatura del refrigerante. Temperatura alta del líquido refrigerante genera resistencia baja (70 ohmios a 130 °C) y temperatura baja del refrigerante genera una alta resistencia (100 K ohmios a 40 °C).

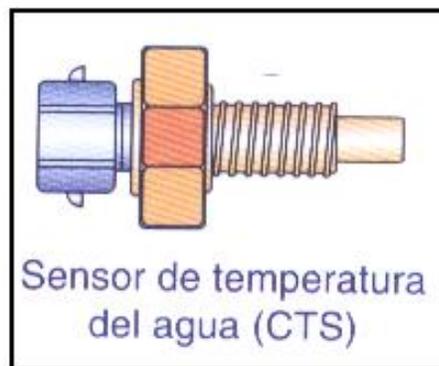


Figura 2.22. Sensor WTS

2.7.6. SENSOR HALL.

Enviará una señal digital, que en un osciloscopio se verá como una onda cuadrada. El sensor de EFECTO HALL contará siempre con una alimentación de energía de 12 V.

Es un cristal que al ser atravesado por líneas de fuerza genera una pequeña tensión, activando un transistor que permite enviar una señal con

la energía de alimentación.

En todos los sensores de EFECTO HALL veremos tres conexiones: masa, señal y alimentación, por lo tanto para probarlos debemos conectar el positivo del téster en la conexión de salida de señal, el negativo a masa y alimentarlo con 12 V. Las líneas de fuerza atraviesan el cristal, pero estas se verán interrumpidas al girar la campana metálica e interponer las aletas entre el imán y el sensor, generando así "golpes de tensión" que serán tomadas por la ECU como una señal digital, que en el osciloscopio se verán como una onda.

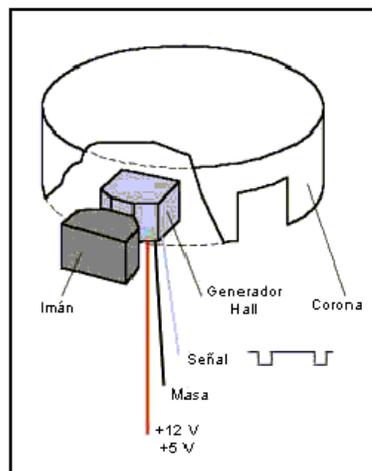


Figura 2.23. Sensor Hall

2.7.7. VÁLVULA IAC (REGLADOR DEL AIRE EN RALENTÍ)

“La válvula **IAC** se encarga de proporcionar el aire necesario para el funcionamiento en marcha lenta.

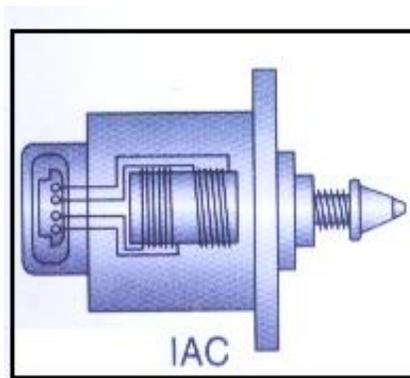
Estando el motor en marcha mínima, la cantidad de aire que pasa por la mariposa de aceleración es muy poco y la válvula IAC proporciona el resto del aire por un conducto.

Tiene en su interior un motor reversible con 2 embobinados para que el rotor pueda girar en los 2 sentidos.

El rotor tiene rosca en su interior y el vástago de la válvula se enrosca en el rotor. Si el rotor gira en un sentido, el vástago saldrá cerrando el flujo del aire y si gira en el otro sentido, el vástago se retraerá aumentando el flujo.

Tiene 4 terminales conectadas al ECU para que éste controle el motor de la IAC dependiendo de la cantidad de aire que necesite para la marcha lenta aumentando o restringiendo el flujo del aire. Los embobinados del motor de la IAC no deben tener menos de 20 Ohmios, ya que si tienen menos se deteriora el ECU.

Limpie el IAC con la punta hacia arriba porque si la voltea entra líquido y se deteriora. Mida la altura máxima y ajústela aplicando presión con el dedo en la punta en caso que tenga mayor altura. Si la altura es menor, no hay problema.”⁹



“Figura 2.24. Válvula IAC”¹⁰

⁹ <http://www.automecanico.com>

¹⁰ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 681.

2.7.8. BOMBA DE COMBUSTIBLE

La bomba eléctrica succiona el combustible del tanque a través de un prefiltro, para evitar que las impurezas dañen este elemento, luego el combustible es enviado hacia el riel de inyectores a través del filtro, para evitar que posibles suciedades dañen el sistema de alimentación.

Esta bomba de combustible de dos estados (biescalonada) con sensor de nivel incorporado trabaja ligada por un anillo enroscado inmersa en el depósito plástico de combustible posee una cuba de abastecimiento que garantiza la alimentación de la bomba aún cuando el nivel de combustible del depósito se encuentre muy bajo .



Figura 2.25. Bomba de combustible

Posee un caudal elevado que procura permitir la modulación de la presión en cualquier régimen de trabajo del motor así como el enfriamiento de la bomba eléctrica.

2.7.9. RIEL DE INYECTORES.

El combustible presurizado por la bomba llega hasta el tubo distribuidor, en el caso de este sistema la flauta es de una mica plástica especialmente diseñada para soportar la presión que necesita el sistema. A través del regulador, la presión del trabajo es garantizada para poder

atender todos los regímenes de trabajo del motor para alimentar los inyectores.



Figura 2.26. Riel de Inyección

2.7.10. REGULADOR DE PRESIÓN.

Este regulador controla la presión y el caudal del combustible para el tubo distribuidor. Para esto, ella posee una conexión de vacío a través de una manguera con el múltiple de admisión que hace que la presión de trabajo de los inyectores se adecue a la carga exigida de motor. Para medir la presión de trabajo del sistema existe, en el tubo distribuidor una válvula (tipo pivote) que permite el acoplamiento de la manguera de el manómetro.

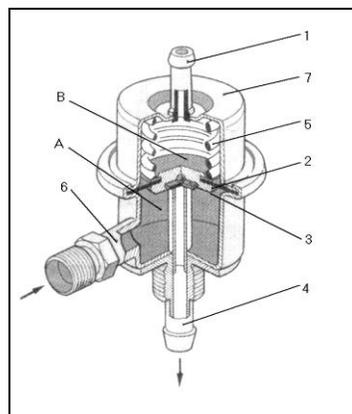


Figura 2.27. Sección del regulador de presión. 1 Toma de vacío. 2 Membrana. 3 Conjunto válvula. 4 Rebose. 5 Muelle. 6 Entrada de gasolina. A) Cámara de presión. B) Cámara de vacío.

2.7.11. INYECTORES.

Se encuentra compuesto de una válvula electromagnética de tipo solenoide “abierto - cerrado” las válvulas inyectoras “PICO” son así conocidas por ser mas compactas que las convencionales.

Estas válvulas son responsables de la dosificación y atomización del combustible en el colector de admisión a través de el mando del tiempo de inyección (ti). Estas atomización y dosificación son obtenidas a través de cuatro orificios calibrados existentes en su cono de pulverización que produce un cono de 30°.

Las válvulas inyectoras del primero y cuarto cilindro poseen un protector de nylon que tiene la función de actuar como barrera térmica para estos inyectoras impidiendo que el calor disipado por el colector de escape los alcance directamente.

La alimentación eléctrica de las válvulas inyectoras depende de el relevador de la bomba de combustible para enviar la línea de positivo y del pulso negativo para formar el tiempo de inyección (ti) que es enviado por la unidad de mando del sistema. Tiene en su parte superior un microfiltro que previene que cualquier impureza dañe o tapone el inyector.

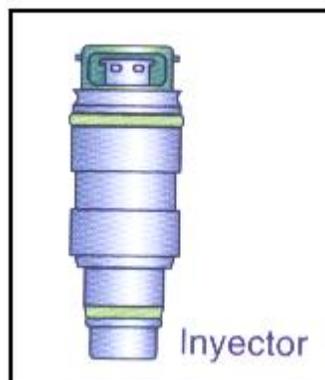


Figura 2.28. Inyector

2.7.12. CUERPO DE MARIPOSA DE ACELERACIÓN.

Este sistema posee como elemento dosificador de aire un cuerpo de mariposa fundido en aleación ligera de aluminio con mariposa única.

El funcionamiento evolutivo se da a través de la mariposa que actúa progresivamente en función del perfil interno del cuerpo de mariposa.

Hasta los 43° de apertura progresivamente se lleva acabo una entrada mayor de aire por la parte inferior de la mariposa hasta que el flujo total ocurra.

Con esta construcción se garantiza mayor progresividad al paso de régimen de trabajo del motor. Al rebasar los 43° de apertura de la mariposa del acelerador se lleva acabo la entrada de aire por la periferia de la mariposa conforme la configuración esférica del flujo principal del cuerpo.

Los cuerpos de mariposa a pesar de las semejanzas físicas entre los diversos motores poseen diferencias de calibración que varían de acuerdo con la cilindrada y tipo de combustible



Figura 2.29. Cuerpo de mariposa de aceleración

2.7.13. ENCENDIDO POR DISTRIBUIDOR

El sistema MOTRONIC emplea un distribuidor electrónico que en su interior tiene un sensor de efecto Hall. El funcionamiento del generador de impulsos de "efecto Hall" se basa en crear una barrera magnética para interrumpirla periódicamente, esto genera una señal eléctrica que se envía a la ECU, la cuál determina el punto de encendido.

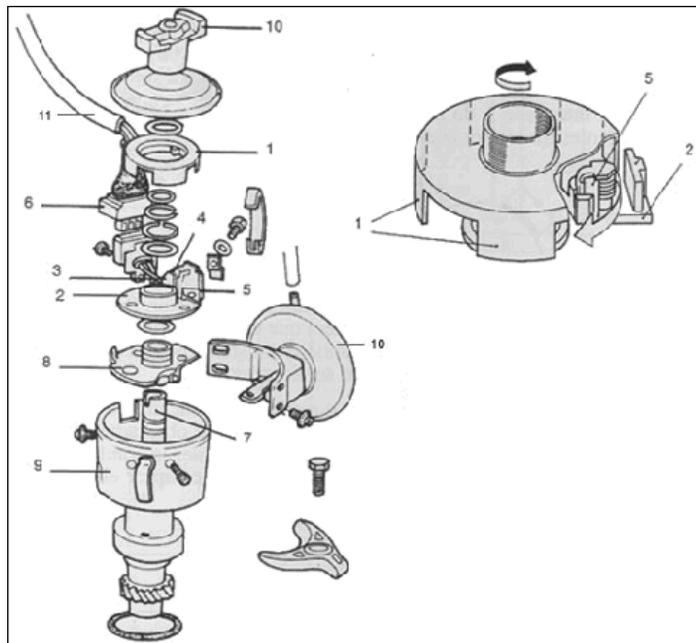


Figura 2.30. Estructura interna de un distribuidor con sensor hall.1.Tambor de obturación, 2.Barrera magnética, 3.Pieza gris, 4.Entrehierro, 5.Sensor hall, 6.Enchufe, 7.Eje de mando, 8.Placa portadora, 9. Cuerpo del distribuidor, 10.Cápsula de vacío, 11.Cable

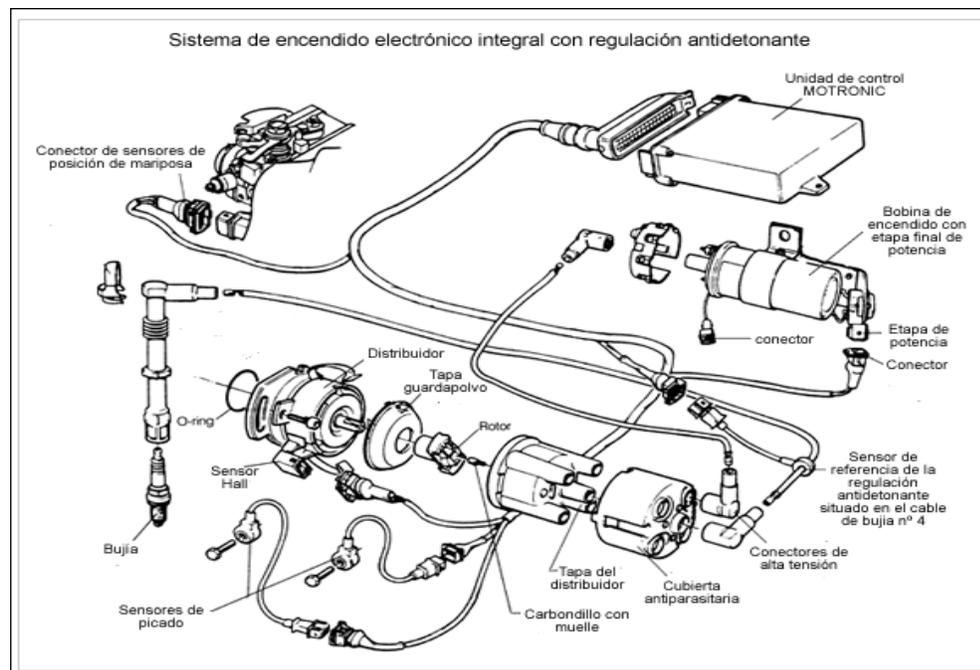
El distribuidor dispone de un sensor de efecto hall que esta compuesto por una tambor obturador (1) de material diamagnético, solidario al eje del distribuidor de encendido, con tantas ranuras como cilindros tenga el motor. El tambor obturador, en su giro, se interpone entre un cristal semiconductor alimentado por corriente continua y un electroimán. Cuando la parte metálica de pantalla (2) se sitúa entre el semiconductor y el electroimán, el campo magnético de este último es desviado y cuando entre

ambos se sitúa la ranura del semiconductor, recibe el campo magnético del imán y se genera el “efecto hall”.

Cuando el motor gira, el obturador va abriendo y cerrando el campo magnético hall generando una señal de onda cuadrada que va directamente al modulo de encendido.

El sensor hall esta alimentado directamente por la unidad de control a una tensión de 10,5 a 12.5 V aproximadamente.

La unidad de control de encendido puede ir integrada con la unidad de inyección de combustible formando un solo conjunto. La conjunción de ambos sistemas forman el sistema al que el fabricante Bosch denomina "Motronic".



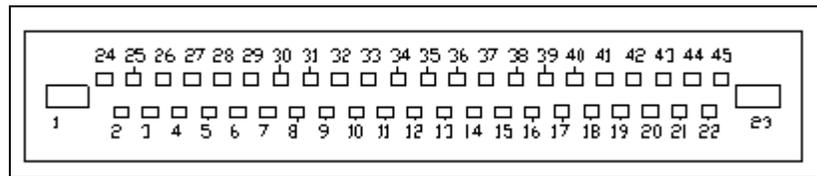
“Figura 2.31. Sistema de encendido MOTRONIC”¹¹

¹¹ <http://mecanicavirtual.iespana.es/encendido-electronico-sin-contactos.htm>

2.8. BORNES DE ENCHUFE DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO E.C.U. VOLKSWAGEN MOTRONIC

La ECU tiene 45 pines, los cuáles están distribuidos a los diversos sensores y actuadores, estos se comunican a través de un socket principal que tiene un código de color específico e individual, cada Terminal con su color y función se detallan en la tabla 2.8.

En la siguiente figura se puede apreciar la numeración de los pines de la ECU.



“Figura 2.32. Pines de la ECU

Tabla II.1. Descripción de terminales de la ECU¹²

Terminal#	Código de colores	Descripción
1	Café	Masa principal
2	Vacío	Sin uso
3	Café/Amarillo	Negativo pulsante de la válvula de filtro de carbón activado
4	Vacío	Sin uso
5	Café/Azul	Masa de sensores
6	Vacío	Sin uso
7	Vacío	Sin uso
8	Azul	Voltaje de referencia 5V IAT/MAP
9	Azul/Negro	Voltaje de referencia 5V TPS
10	Verde/Negro	Inyector 3
11	Verde/Azul	Inyector 4
12	Verde/Amarillo	Inyector 2

¹² VOLKSWAGEN, CD RECORD MOTORS de Servicio. GOL, PARATI, SAVEIRO 1.8 L, 2002. Brasil.

13	Verde/Rojo	Inyector 1
14	Amarillo	Salida de señal para el tacómetro
15	Vacío	Sin uso
16	Café/Rojo	Voltaje de señal MAP
17	Azul/Rojo	Voltaje de señal del sensor hall (0 o 5V) corte
18	Café/Amarillo	Salida para el IAC
19	Blanco/Rojo	Salida para el IAC
20	Café/Verde	Señal del relé del aire acondicionado
21	Blanco/Negro	Salida para el IAC
22	Café/Rojo	Salida para el IAC
23	Rojo	Alimentación positiva
24	Verde	Masa para el transformador de encendido
25	Café	Negativo del resistor térmico sonda lambda
26	Café/Blanco	Negativo para el relé de la bomba
27	Amarillo/Café	Señal del VSS
28	Vacío	Sin uso
29	Café	Masa
30	Negro/Rojo	Alimentación 12V sensor hall
31	Negro	Alimentación relé de la Bomba, Vss, amplificador de encendido
32	Negro	Apantallado (-) del sensor de detonación
33	Vacío	Sin uso
34	Amarillo	Masa de la sonda lambda
35	Blanco	Voltaje de señal de la sonda lambda
36	Negro	Apantallado(-) de la sonda lambda
37	Azul con Blanco	Conexión con el inmovilizador
38	Café/Verde	Voltaje de señal WTS
39	Café/Negro	Voltaje de señal IAT
40	Azul/Verde	Voltaje de señal TPS
41	Negro/Verde	Positivo de la señal del aire acondicionado
42	Azul	Señal del sensor de golpeteo
43	Gris	Señal del sensor de golpeteo
44	Vacío	Sin uso
45	Vacío	Sin uso

2.9. SISTEMA DE AUTODIAGNOSIS.

Los motores con control electrónico (fuel injection) cuentan con una computadora central, una serie de sensores y actuadores. Los sensores (de temperatura, flujo, oxígeno, etc.) toman información del motor y algunos otros sistemas y la envían a la computadora, ésta analiza la información recibida, realiza una serie de cálculos y les dice a los actuadores (inyectores, válvula IAC, etc.) del motor lo que tienen que hacer. Esta actividad sucede continuamente desde el momento en que se enciende el motor hasta que se apaga.

Como pueden ver se trata de un sistema complejo que opera extremadamente rápido para garantizar el funcionamiento óptimo del motor.

Cuando algún dispositivo no funciona adecuadamente la computadora lo detecta y almacena en su memoria un código de falla que va acompañado de alguna falla notoria en el motor o bien con el encendido de la luz “check engine”

Al realizar un diagnóstico por computadora, se conecta una computadora externa o scanner directamente a la computadora del motor y se extraen los códigos de falla almacenados. Estos códigos de falla están relacionados con algún dispositivo y haciendo uso de un manual del motor en cuestión se puede determinar cual es la falla presente en el motor.

Si su vehículo es fuel injection y tiene la luz “check engine” encendida o bien presenta una falla evidente, entonces es recomendable realizarle un diagnóstico por computadora. En otro caso, no vale la pena el diagnóstico. Aquí es importante señalar que nos referimos a una falla del motor. La computadora no está conectada a sistemas ajenos al motor como la suspensión y por lo tanto una falla en suspensión u otro sistema diferente al motor no puede ser detectada a través de un diagnóstico por computadora.

Muchas personas asocian la afinación fuel injection con el diagnóstico por

computadora. La verdad es que son dos cosas diferentes y no necesariamente van juntas. Una vez más, si su vehículo no presenta falla alguna ni tiene la luz “check engine” encendida, entonces no es necesario el diagnóstico por computadora en la afinación.

En algunas ocasiones el motor presenta una falla evidente, la luz “check engine” (dicha señalización se aprecia en la Figura 2.9) no está encendida y la computadora del vehículo no tiene almacenado ningún código de falla. En estos casos de debe proceder de alguna otra manera para detectar la falla del motor.



Figura 2.33. Señal Check Engine VOLKSWAGEN GOL

2.9.4. ENCHUFE DE COMUNICACIÓN

Los automotores modernos vienen equipados con un conector universal OBD II para la comunicación externa de la computadora que ayudará a diagnosticar de mejor manera una anomalía en el vehículo.

OBD II no es un sistema de inyección electrónica, sino un conjunto de normalizaciones que procuran facilitar el diagnóstico y disminuir el índice de emisiones de contaminantes de los vehículos.

La norma OBD II es muy extensa y está asociada a otras normas como SAE e ISO, para el vehículo poder comunicarse emplea un enchufe

de 16 pines que debe estar localizado en la zona del conductor, debajo del panel de instrumentos, en la Figura 2.9.1 se muestra este conector:

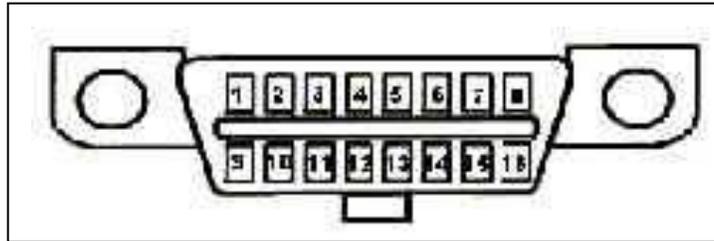


Figura 2.34. Conector de diagnóstico

A continuación se detalla la descripción de cada pin del conector:

2: Comunicación SAE VPW/PWM

4: MASA Vehículo

5: MASSA Señal

7: Comunicación ISO 9141-2 (Linea K)

10: Comunicación PWM

15: Comunicación ISO 9141-2 (Linea L)

16: POSITIVO BATERIA

2.9.5. COMUNICACIÓN CON EL SCANNER

Existen básicamente tres tipos de comunicación que pueden ser utilizadas y son escogidas por la montadora:

SAE VPW : modulación por ancho de pulso variable

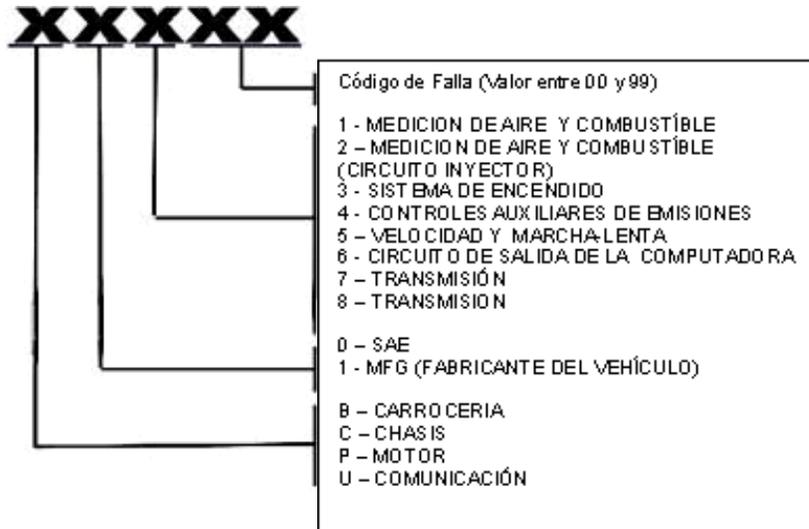
SAE PWM : modulación por ancho de pulso

ISO 9141-2: comunicación serial

2.9.6. CÓDIGOS DE FALLA

Para poder tener una idea clara de lo que el scanner quiere decir se debe tener una idea clara de que significa cada dígito que señala el scanner

El formato de los códigos de defecto debe tener la siguiente presentación:



Además de códigos de defecto OBD II permite la verificación de varias lecturas en tiempo real como por ejemplo:

Rpm, sondas lambda, temperatura del motor, carga del motor, map, velocidad del vehículo, maf, avance al encendido, temperatura del aire, sondas después del catalizador etc.

Las lecturas son genéricas y los valores dependen del tipo de inyección analizada. Lecturas congeladas: son lecturas que quedan fijadas con los valores que presentaban en el momento en que fue identificado un defecto.

III. DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE PRUEBAS

El Diseño y Construcción del módulo de pruebas del sistema de inyección electrónica VOLKSWAGEN MOTRONIC, tiene la misión de obtener y determinar parámetros de funcionamiento del sistema en forma experimental, con el objetivo de que el estudiante esté en la capacidad de realizar prácticas de laboratorio simulando condiciones de funcionamiento en lo que se refiere a la inyección controlada electrónicamente.

3.2. ANTECEDENTES.

La misión de la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, es formar profesionales teórico prácticos de excelencia, con capacidad de conducción y liderazgo, que impulsen el desarrollo del país.

La Carrera de Ingeniería Automotriz, forma profesionales calificados para la construcción, repotenciación y mantenimiento de sistemas automotrices.

El tema de Proyecto responde al deseo de realizar una investigación de la operación, funcionamiento y mantenimiento de sistemas electrónicos de inyección gasolina MOTRONIC WOLKSWAGEN, así como el desarrollar una correcta selección, instalación y utilización de componentes que son aplicados en circuitos de esta marca.

En nuestro país en los últimos años a despuntado la inyección electrónica siendo imperante la capacitación en el mantenimiento a esta clase de sistemas, pudiendo identificar todos y cada uno de los sensores actuadores y sondas que intervienen en la dosificación y pulverización del combustible controlado electrónicamente.

3.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.

El avance tecnológico en los automóviles en lo concerniente a las aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con técnicos automotrices en el área de sistemas de la electricidad y electrónica aplicadas en los modernos automóviles

El servicio y mantenimiento a los sistemas de alimentación de combustible en nuestro país sólo lo realizan los respectivos concesionarios, lo que origina que los costos sean elevados si tomamos en cuenta que este trabajo tiene una duración de ejecución baja y que las pruebas realizadas a los componentes son relativamente sencillos.

El estudio de este tema logrará que como futuros ingenieros crear una cultura de investigación en las áreas de electrónica aplicadas en el automóvil, nos especialicemos en esta y obtengamos experiencia que luego pondremos en práctica en nuestro desarrollo profesional en la reparación, construcción, adaptación y optimización de los diferentes sistemas del vehículo.

Contando con el recurso profesional, laboratorios de Autotrónica, podamos elaborar esta tesis, tomando en cuenta que la educación en la ESPE - Latacunga se fundamenta en la excelencia académica, el cultivo de valores humanos, equilibrio de la teoría con la práctica, e incorporando tecnología moderna es posible y factible el desarrollo del presente proyecto.

3.3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.

“DISEÑAR Y CONSTRUIR UN MÓDULO DE PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MOTRONIC VOLKSWAGEN PARA EL DESARROLLO DE PRACTICAS EN EL LABORATORIO DE AUTOTRONICA”

3.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.

1. Diseñar y construir un módulo de pruebas didáctico de inyección a gasolina a bajo costo, mediante, la correcta selección de elementos eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.
2. Desarrollar los diagramas eléctricos específicos de la computadora del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN.
3. Identificar los cables por el código de color de cada elemento así como la conexión de los pines de la computadora MOTRONIC VOLKSWAGEN.
4. Diagnosticar en forma técnica el estado y funcionamiento de los componentes del sistema de Inyección, vincular de manera real con los problemas que se presenten en la práctica buscando una solución fácil, rápida y económica.
5. Obtener los rangos de tolerancia de operación de los de los diversos sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica de gasolina aplicados en el sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN y compararlos con los especificados por el fabricante.
6. Desarrollar en los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz destrezas, habilidades y familiarización básica en cuanto se refiere a los sistemas de inyección gasolina.
7. Satisfacer las necesidades didácticas del alumnado de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz respecto a este tipo de equipos de inyección electrónica.
8. Generar en forma complementaria un programa de entrenamiento, para que los docentes, los estudiantes, profesionales, técnicos y mecánicos interesados en adquirir capacitación a través del banco de pruebas MOTRONIC VOLKSWAGEN a fin de promover un basto conocimiento en este tipo de sistema.

3.5. METAS DEL PROYECTO.

1. Diseñar y Construir un proyecto de aplicación tecnológica en el plazo de 1 año.
2. Promover la aplicación de este banco de pruebas en clases de laboratorio como material didáctico, fuente de información y prácticas en beneficio del alumnado y profesores.
3. Actualizar los conocimientos básicos y prácticos a alumnos automotrices en este tipo de tecnología, mediante, la elaboración de un manual de ejecución de pruebas en donde se incluyan los rangos y tolerancias de operación especificadas por el fabricante para cada componente del sistema.
4. Realizar un documento que permita tecnificar las labores de diagnóstico, reparación, mantenimiento en los talleres especializados y dentro del laboratorio de Autotrónica.
5. Encaminar la capacitación de Docentes y Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejercito sobre el uso y operación del banco de pruebas eléctricas al sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN , así como a los técnicos, mecánicos, especialistas, propietarios de taller y demás personas que estén interesados en el uso funcionamiento de este sistema de inyección electrónica, dentro del Centro del país a partir del año 2.007, cumpliendo con el plan estratégico en la ESPEL de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

3.9. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.

El sistema MOTRONIC viene incorporado en un motor VOLKSWAGEN con una cilindrada de 1800 centímetros cúbicos de cuatro cilindros en línea. Este motor es del tipo OHC árbol de levas en la culata.

El banco de pruebas MOTRONIC VOLKSWAGEN es un sistema multipunto secuencial de 4 inyectores, el mismo que consta de los siguientes elementos:

Principalmente consta de una computadora de 45 pines que es alimentada con 12 Voltios y envía un voltaje de referencia de 12 Voltios para el sensor hall y 5 Voltios a los sensores TPS, MAP/IAT, WTS; este módulo se encarga de procesar los voltajes de señal.

La Sonda Lambda es alimentada directamente con 12V a través de la alimentación de la computadora, mientras que el relé recibe 12V que son distribuidos a los inyectores y la bomba de combustible.

Todos los sensores detallados anteriormente tienen una tierra común que va conectado al pin número 5 de la computadora y a su vez a tierra principal, la computadora recibe información de los sensores a través de un voltaje de señal que varía dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor como temperatura y presión del aire de admisión, temperatura del refrigerante y rpm del motor: La ECU procesa esta información y regula el tiempo de inyección y encendido.

El sensor hall va ubicado en el distribuidor electrónico que gira sincronizadamente con el cigüeñal, es el encargado de abrir y cerrar el campo magnético que envía una señal de onda cuadrada de 0 a 5 Voltios conforme el distribuidor gira, dicha señal es procesada por ECU activa el relé y da el pulso para que se abra la electro válvula del inyector y se produzca la pulverización de combustible.

El relé es activado de acuerdo con las rpm del motor y hace funcionar a la bomba de combustible que alimenta al riel de inyección con una presión de 40 psi.

La ECU también regula las posiciones de la válvula IAC la cual permite mantener el motor en ralentí, y recibe información de la sonda lambda para regular la inyección y conseguir una combustión precisa que elimine en lo que se pueda la emisión de gases nocivos para el medio ambiente.

3.10. CONEXIONES ELÉCTRICAS

El módulo de pruebas del sistema de inyección electrónica VOLKSWAGEN MOTRONIC es alimentado con 12 Voltios a través de una fuente eléctrica punteada específicamente para enviar este voltaje, la misma que consta de una línea positiva y otra negativa para facilitar las conexiones.



Figura 3.1. Fuente de Alimentación

Los 12 Voltios energizan la computadora a través de su terminal número **23** y al relé principal por el **31** el mismo que distribuye este voltaje a los inyectores y bomba de combustible; el circuito se cierra por los terminales número **1-5-29** que constituyen las masas del sistema (masa principal, masa de sensores) que a su vez están conectadas a la línea negativa de la fuente.



Figura 3.2. Mando de Control Electrónico

Los sensores van conectados a diversos pines de la ECU, estos envían su voltaje de señal el cual es procesado por la computadora ordenando la intervención de los actuadores y se consigue la correcta dosificación de combustible. (Fig.3.7.1.)

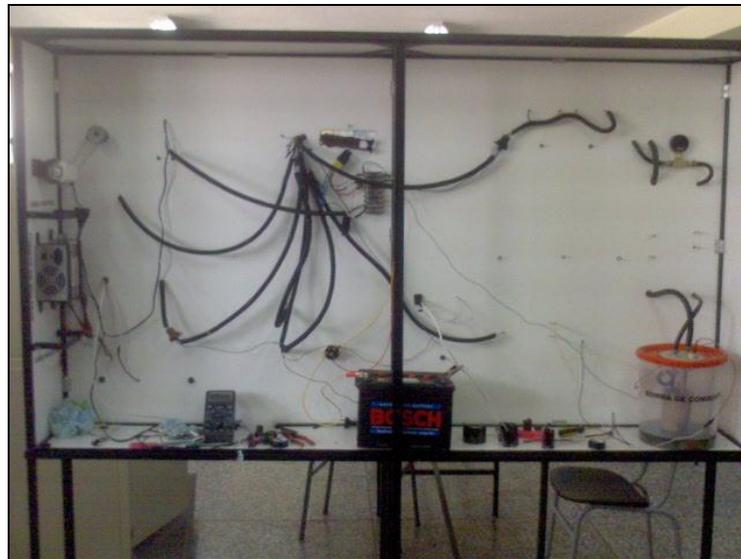
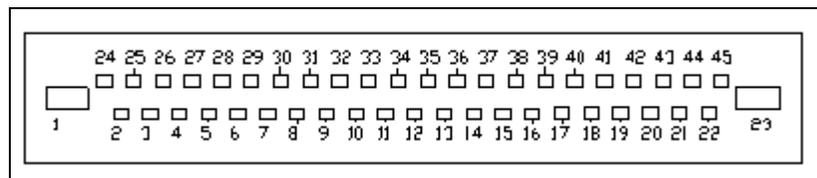


Figura 3.3. Cableado del Módulo Volkswagen Motronic

Para tener una idea más clara de lo explicado anteriormente a continuación se presenta los pines y el diagrama eléctrico del sistema:

La ECU tiene 45 pines, los cuáles están distribuidos a los diversos sensores y actuadores, estos se comunican a través de un soket principal que tiene un código de color específico e individual, cada Terminal con su color y función se detallan en la tabla III.7.

En la siguiente figura se puede apreciar la numeración de los pines de la ECU.



“Figura 3.4. Pines de la ECU

Tabla III.1. Descripción de terminales de la ECU”¹³

Terminal#	Código de colores	Descripción
1	Café	Masa principal
2	Vacío	Sin uso
3	Café/Amarillo	Negativo pulsante de la válvula de filtro de carbón activado
4	Vacío	Sin uso
5	Café/Azul	Masa de sensores
6	Vacío	Sin uso
7	Vacío	Sin uso
8	Azul	Voltaje de referencia 5V IAT/MAP
9	Azul/Negro	Voltaje de referencia 5V TPS
10	Verde/Negro	Inyector 3
11	Verde/Azul	Inyector 4
12	Verde/Amarillo	Inyector 2
13	Verde/Rojo	Inyector 1
14	Amarillo	Salida de señal para el tacómetro
15	Vacío	Sin uso

¹³ VOLKSWAGEN, CD RECORD MOTORS de Servicio. GOL, PARATI, SAVEIRO 1.8 L, 2002. Brasil.

16	Café/Rojo	Voltaje de señal MAP
17	Azul/Rojo	Voltaje de señal del sensor hall (0 o 5V) corte
18	Café/Amarillo	Salida para el IAC
19	Blanco/Rojo	Salida para el IAC
20	Café/Verde	Señal del relé del aire acondicionado
21	Blanco/Negro	Salida para el IAC
22	Café/Rojo	Salida para el IAC
23	Rojo	Alimentación positiva
24	Verde	Masa para el transformador de encendido
25	Café	Negativo del resistor térmico sonda lambda
26	Café/Blanco	Negativo para el relé de la bomba
27	Amarillo/Café	Señal del VSS
28	Vacío	Sin uso
29	Café	Masa
30	Negro/Rojo	Alimentación 12V sensor hall
31	Negro	Alimentación relé de la Bomba, Vss, amplificador de encendido
32	Negro	Apantallado (-) del sensor de detonación
33	Vacío	Sin uso
34	Amarillo	Masa de la sonda lambda
35	Blanco	Voltaje de señal de la sonda lambda
36	Negro	Apantallado(-) de la sonda lambda
37	Azul/Blanco	Conexión al Inmovilizador
38	Café/Verde	Voltaje de señal WTS
39	Café/Negro	Voltaje de señal IAT
40	Azul/Verde	Voltaje de señal TPS
41	Negro/Verde	Positivo de la señal del aire acondicionado
42	Azul	Señal del sensor de golpeteo
43	Gris	Señal del sensor de golpeteo
44	Vacío	Sin uso
45	Vacío	Sin uso

A continuación se presenta el Diagrama Eléctrico del Sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN, en el que se puede apreciar las conexiones eléctricas de la ECU

a los sensores, actuadores y sondas con la respectiva simbología y nomenclatura de cada componente:

3.11. SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA PARA LA E.C.U.

Todos los sensores y sondas son las señales de entrada para la Unidad de Control Electrónico las mismas que son interpretadas y procesadas al interior de la computadora; enviando señales de salida que fundamentalmente realizan los actuadores en este caso la válvula IAC, inyectores, relé y bomba de combustible para efectuar la inyección.

3.8.1. SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN

El TPS generalmente está constituido por un potenciómetro, que está sujeto a la prolongación del eje de la mariposa de aceleración, de forma que giran conjuntamente.

Cuando el conductor presiona el pedal del acelerador, gira la mariposa y también el potenciómetro, lo que hace variar su resistencia interna.

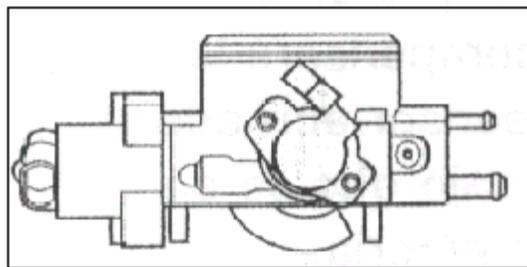


Figura 3.5. Sensor Posición de la Mariposa de Aceleración

El TPS consta de tres cables. Un cable que va a tierra de sensores de color café/azul (5), Un cable azul/negro (9) que alimenta al sensor con 5V y el cable azul/verde (40) que envía el Voltaje de señal a la computadora, el cuál varía dependiendo de la posición de la mariposa.

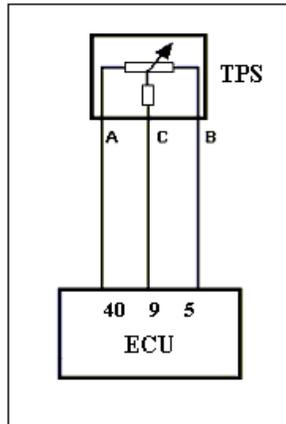


Figura 3.6. Circuito del Sensor TPS

3.8.2. SENSOR MIXTO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE

El IAT/MAP estos dos sensores se encuentran integrados en un solo componente que se ubica sujeto al múltiple de admisión.

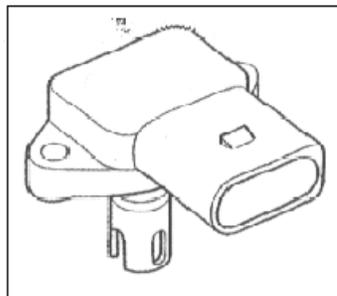


Figura 3.7. Sensor IAT/MAP

El sensor de carga tiene en su interior un diafragma que por un lado está sometido al vacío del motor y por el otro tiene un cristal piezoeléctrico.

El sensor de temperatura del aire pertenece a los sensores tipo termistor. Esto quiere decir que el sensor varía su resistencia eléctrica al modificarse la temperatura del aire.

El IAT/MAP consta de cuatro cables. Un cable que va a tierra de sensores de color café/azul (5), Un cable azul (8) que alimenta al sensor mixto con 5V, el cable café/rojo (16) que envía el Voltaje de señal del MAP y el cable café/negro (39) que envía el Voltaje de señal del IAT a la computadora.

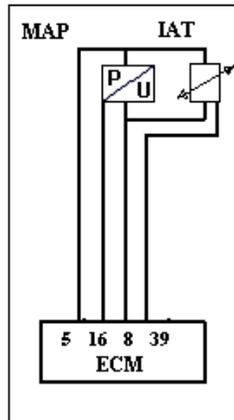


Figura 3.8. Circuito Sensor de Temperatura y Presión de Aire

3.8.3. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (WTS).

Es un termistor NTC. Esto quiere decir, que se trata de una resistencia que varía con la temperatura, cuando la temperatura es baja la resistencia será alta y el voltaje de señal a la computadora será alto, y cuando la temperatura es alta, la resistencia será baja y el voltaje de señal hacia la ECU será bajo.

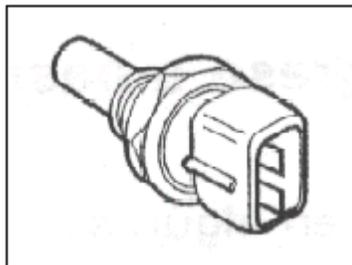


Figura 3.9. Sensor de Temperatura del Refrigerante

El sensor, recibe un voltaje de referencia de 5 V de la ECU, y el voltaje de señal es enviado hacia la computadora dependiendo de la temperatura del refrigerante, a través del terminal (38) de color café/verde y hace masa en el terminal 5.

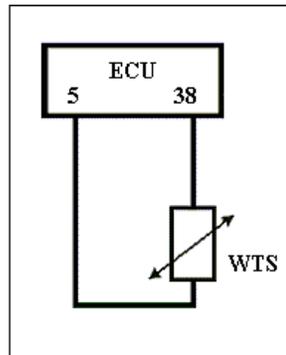


Figura 3.10. Circuito del Sensor WTS

3.8.4. SENSOR HALL DE ROTACIÓN Y POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL

El sensor de EFECTO HALL constará siempre con una alimentación de energía en nuestro caso un cable rojo/negro (30) y una masa. Es un cristal que al ser atravesado por líneas de fuerza genera una pequeña tensión por medio del cable azul/rojo (17) activando un transistor que permite enviar una señal con la energía de alimentación y cierra el circuito.

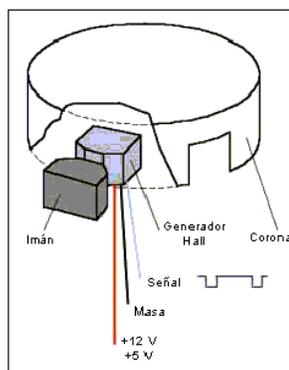


Figura 3.11. Sensor Hall

3.8.6. SENSOR DE OXÍGENO SONDA LAMBDA

El EGO, detecta la cantidad de oxígeno existente en los gases de escape y envía una señal de voltaje a la computadora, la cual por medio de esta señal conoce si la mezcla (aire/combustible) está demasiado rica o demasiado pobre.

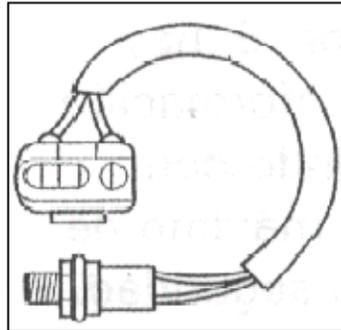


Figura 3.12. Sonda Lambda

A través de una terminal el sensor recibe los 12.0 v provenientes del relevador de la bomba que a su vez tiene conexión directa con el cable rojo (23) de alimentación de la ECU. Por otra terminal recibe una tierra física que en la ECU es un cable café (25). Por una tercera terminal transporta la señal a la computadora cable amarillo (34), y por la cuarta terminal recibe una tierra aislada cable blanco (35), es decir, tierra proveniente de la computadora.

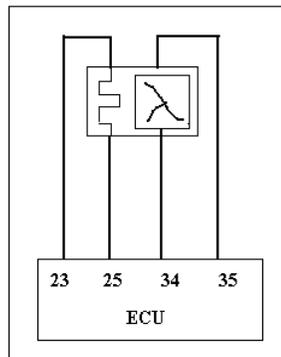
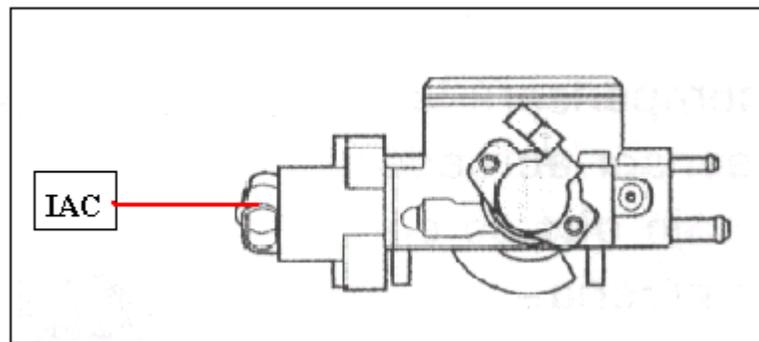


Figura 3.13. Circuito de la Sonda Lambda

3.8.6. VÁLVULA IAC

Es un motor de pasos reversible con 2 embobinados para que el rotor pueda girar en los 2 sentidos. Si el rotor gira en un sentido, el vástago saldrá cerrando el flujo del aire y si gira en el otro sentido, el vástago se retraerá aumentando el flujo.



“Figura 3.14. Válvula de Control de Aire en Ralentí”¹⁴

Tiene 4 terminales conectadas al ECM para que éste controle el motor de la IAC la ECU graba en la memoria las informaciones sobre la posición mandada de la válvula, los terminales son el **18, 19, 21 y 22**.

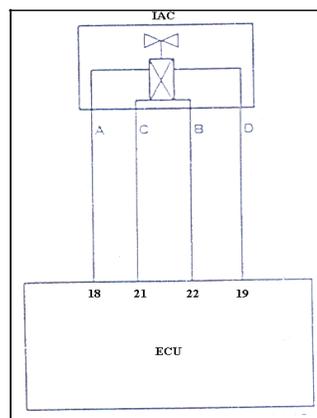


Figura 3.15. Circuito de la Válvula IAC

¹⁴ <http://html.rincondelvago.com/sistema-de-combustible-computarizado.html>

3.9.7. RELÉ Y BOMBA DE COMBUSTIBLE

Cuando el encendido es conectado con el motor parado, La ECU energiza por un período de 5 segundos el relé presurizando combustible hacia el riel de inyección, entonces el motor empieza a girar y durante la partida la Unidad de Control Electrónico recibe señales del sensor de rotación hall y el relé de la bomba se energiza mientras el motor siga funcionando.

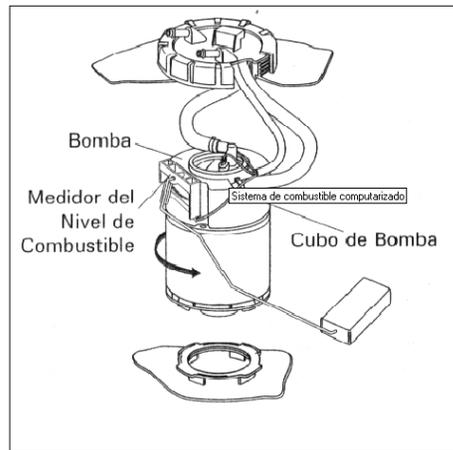


Figura 3.16. Bomba de Combustible

Las señales que alimenta el relé le llega por el cable negro (31) y el cable café con blanco (26) es el negativo para el relé de la bomba.

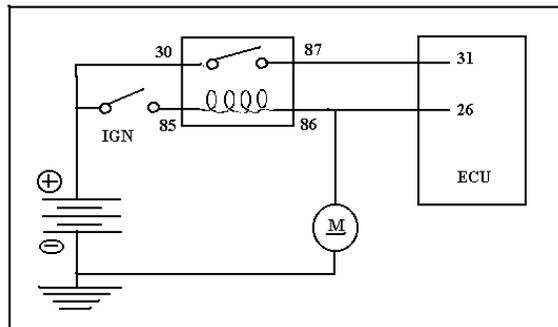


Figura 3.17. Circuito de Relé y Bomba de Combustible

3.9.8. INYECTORES

El inyector es un solenoide accionado por La Unidad de control Electrónico para abrir una válvula, el combustible pasa por el cuerpo del inyector, en su salida tiene agujeros calibrados para controlar el flujo de combustible y crear un chorro cónico.

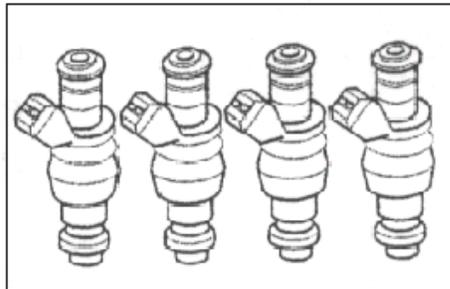


Figura 3.18. Inyectores

Los inyectores van conectados a la ECU a través de los terminales 10, 11, 12, 13 y son alimentados positivamente por el relé mediante un cable común.

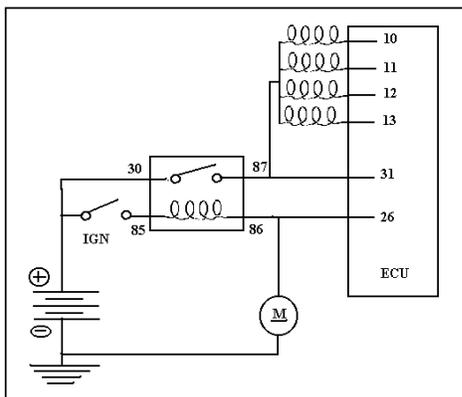


Figura 3.19. Circuito de Inyectores Relé y Bomba de Combustible

3.10. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla III.2 Análisis Económico
COMPONENTES DEL MODULO DE PRUEBAS

Elementos	Cantidad	Características	Costo
Computadora VOLKSWAGEN	1	Sistema MOTRONIC	350 USD
Múltiple de admisión	1		120 USD
Garganta de aceleración	1		50 USD
Sensor Temperatura y Presión de aire (IAT/MAP)	1	Sensor mixto	80 USD
Sensor de Temperatura del Líquido Refrigerante (WTS)	1		10 USD
Sensor de Posición de la Mariposa de Aceleración (TPS)	1		65 USD
Sonda Lambda (O2).	1		120 USD
Distribuidor electrónico	1	Sensor de rotación Hall	160 USD
Motor paso a paso (IAC)	1		40 USD
Inyector	4	0.5 - 1.5 ohms	120 USD
Probetas	4	Escala de 0 - 1000 cc	30 USD
Manómetro de presión	1	Escala de 0 a 100 PSI	8 USD
Mangueras de presión de combustible.	3m	Cap max. hasta 40 PSI.	5 USD
Bomba de Combustible	1		30 USD
Filtro de combustible	1		6 USD
Tanque de combustible	1	Capacidad 3 galones	3 USD
Fuente de Voltaje	1	Pentium 4	20 USD
Calentador de agua	1	110v	4 USD
Cables	S/N	Tipo automotriz	10 USD
Relé	1	12v,30A	4 USD
Switch	1	3 Posiciones	3 USD
Motor del sistema	1	110V, 60 Hz	15 USD
Acoples y llave de paso	S/N		15 USD
Armazón del módulo	1		150 USD

TOTAL	1404 USD
--------------	-----------------

IV. INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL MÓDULO VOLKSWAGEN

En este capítulo se indica el diseño del tablero con sus medidas reales, su construcción, ubicación de los componentes en el compartimiento del módulo; así como también todas las pruebas y test de los sensores, actuadores y sondas que forman parte del MÓDULO VOLKSWAGEN MOTRONIC.

4.3. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE PRUEBAS

El primer paso que realizamos es la construcción del tablero en el cual están montados todos los elementos del sistema de inyección , el mismo que esta construido con tubo de sección tipo “T”, las paredes son de madera MELAMINICO color blanco , así como también 2 puertas corredizas y consta de 6 ruedas para un mejor manejo del modulo.

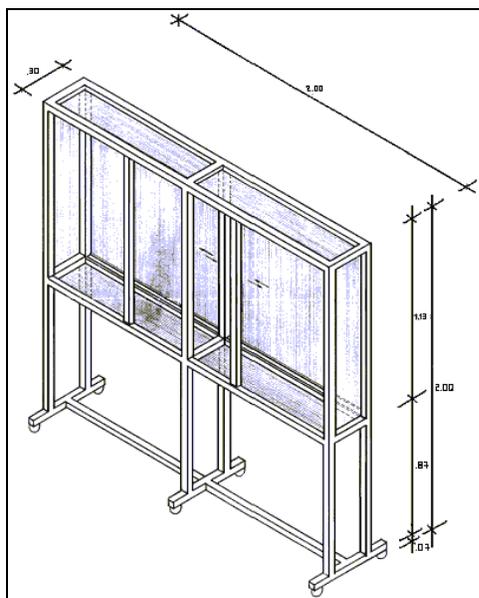


Figura 4.1. Diseño del Módulo

El módulo de pruebas esta dividido en dos partes la una que esta destinada para el sistema de inyección, la sonda lambda y el sensor de temperatura del refrigerante.

Mientras que la otra es exclusiva para el múltiple de admisión su garganta de aceleración con sus respectivos sensores y actuadores así también el distribuidor electrónico y la ECU.



Figura 4.2. Ubicación de los Componentes en el Módulo

4.4. MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

4.4.1. FUENTE DE VOLTAJE

Fuente de 115/230V 50/60Hz 6/3A. Fijada mediante pernos y bases metálicas en la parte interna lateral derecha del módulo, consta de una línea positiva y otra negativa para alimentar al sistema con 12 Voltios.



Figura 4.3. Fuente de Voltaje

Este voltaje se consigue mediante un puente de los cables verde y negro del conector principal, todo cable amarillo envía 12V; la fuente recibe un voltaje de 110 Voltios DC directos de un tomacorriente.



Figura 4.4. Puente del Conector Principal de la Fuente

4.4.2. SWITCH DE ENCENDIDO

Ubicado en la parte central inferior del banco, recibe alimentación de 12 Voltios de la fuente; consta de tres posiciones:

- OFF: Apagado
- ACCESORIOS: Posición en la cual se energiza todo el sistema y se pueden realizar comprobaciones (sin funcionar la bomba ni el pedal del acelerador)

- **IGNICIÓN:** Simula el proceso de inyección; trabaja la bomba y al acelerar se produce la pulverización del combustible.



Figura 4.5. Swich de Encendido

4.2.3. RELÉ PRINCIPAL

Es un relé de 4 terminales (30 blanco, 87 negro, 85 azul, 86rojo); de 12 Voltios 30 Amperios. Está ubicado en la parte posterior del tablero fijo a la base de la Unidad de Control Electrónico, recibe alimentación del switch de encendido energiza a varios componentes detallados ya en capítulos anteriores.



Figura 4.6. Relé Principal

4.3.4. CAJA DE FUSIBLES

Ubicado en la parte posterior del módulo junto al relé, fijado al tablero con tornillos, toda entrada de energía pasa previamente por los fusibles (15 amperios) que están conectados en serie a fin de proteger el sistema.

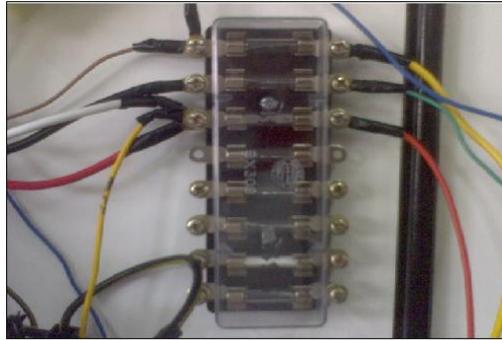


Figura 4.7. Caja de Fusibles

4.3.5. UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO

Esta ubicada en la parte central superior del módulo y fijada con pernos a una base metálica para tener una amplia observación de su conector principal y el número de terminales de la ECU.



Figura 4.8. Vista Frontal de la Unidad de Mando

La ECU dispone de 36 cables que van distribuidos a todos los elementos que conforman el sistema de inyección, alimentación, encendido y accesorios en el vehículo.

De los cuales 25 están empleados en el módulo de pruebas exclusivamente para lo que es el sistema de inyección.

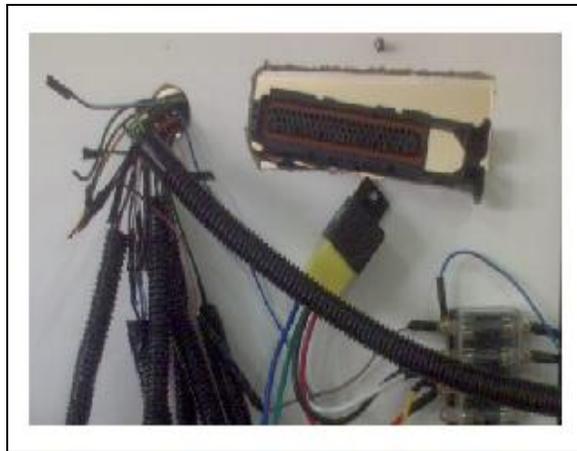


Figura 4.9. Cableado del Conector de la ECU

4.4. MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS SENSORES, ACTUADORES Y SONDAS

Con el sistema eléctrico instalado continuamos la construcción del módulo ubicando según lo prestablesido los componentes del sistema de inyección VOLKSWAGEN MOTRONIC.

4.3.1 SENSOR DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DE AIRE (IAT/MAP)

El múltiple de admisión fue colocado en la parte inferior derecha del modulo con la ayuda de pernos para la sujeción.

El sensor de temperatura y presión de aire es el único que se encuentra ubicado en el colector de admisión que posee el conector de 4 pines.



Figura 4.10. Sensor IAT/MAP

Con el fin de simular el cambio de temperatura en el interior del colector de admisión se adaptó un ventilador eléctrico con niquelina y un interruptor que consta de 3 posiciones:

- I VELOCIDAD : incrementa rápidamente la temperatura.
- APAGADO : no existe variación de temperatura.
- II VELOCIDAD : varia lentamente el cambio de temperatura

4.3.3. SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS) Y VÁLVULA DE RALENTÍ (IAC)

En la garganta de aceleración que forma un solo cuerpo con el múltiple de admisión se encuentra ubicado el sensor TPS con su conector de 3 pines y el **actuador** para el control de ralentí válvula IAC conector de 4 pines.



Figura 4.11. Sensor TPS y Válvula IAC

4.3.3. SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE WTS

El sensor WTS esta ubicado en la toma original del vehículo con su conector de 2 pines , acoplado a un recipiente con un calentador de agua , el mismo que consta de un interruptor para su activación / desactivación y simular el cambio de temperatura del refrigerante.



Figura 4.12. Sensor WTS

4.4.4. SENSOR HALL EN EL DISTRIBUIDOR ELECTRÓNICO

El distribuidor electrónico que tiene el sistema de sensor hall en su interior esta montado en la parte superior derecha del modulo de pruebas y su eje principal

esta acoplado a un motor eléctrico que genera (7500 RPM).



Figura 4.13. Sensor hall en el Distribuidor Electrónico

Por medio de una banda transportadora de potencia que va unida a una polea de aluminio, la misma que está fijada con un prisionero al eje principal del distribuidor, se simula el movimiento de giro del cigüeñal por medio de un acelerador que varía las rpm obteniendo varios regimenes de giro.



Figura 4.14. Motor Eléctrico y Banda Transportadora

4.4.5. SONDA LAMBDA O2

La sonda lambda con su conector de 4 pines esta ubicada junto al sensor de

temperatura del refrigerante y fue acoplado al tablero mediante 2 correas plásticas.



Figura 4.15. Sonda Lambda

4.5. MONTAJE E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La instalación del sistema hidráulico de alimentación de combustible se realizó mediante mangueras de alta presión que soportan una presión de 20 bar 300 psi, acoples que fueron apretados con llave y teflón para prevenir fugas en el sistema, así también se emplearon varias abrazaderas metálicas.



Figura 4.16. Mangueras acoples y Abrazaderas

4.6.3. DISTRIBUIDOR DE COMBUSTIBLE

El riel de inyección del sistema esta ubicado en la parte superior izquierda del tablero, fijado con pernos y espaciadores plásticos para alinear la posición del riel y las probetas.

El riel está armado con el regulador de presión y sus 4 inyectores cada uno con su respectivo conector de 2 pines.

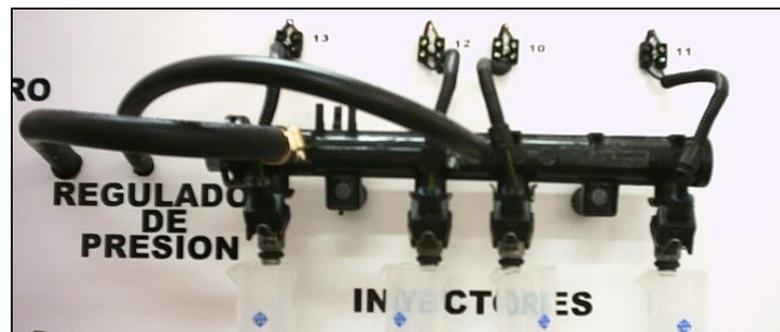


Figura 4.17. Riel de Inyección

En la parte de inyección de combustible fue necesario implementar un soporte hecho de metal para que sirvan de apoyo para las probetas.

De esta forma poder determinar el caudal, el ángulo de pulverización y si existe o no estanqueidad en los inyectores.



Figura 4.18. Soporte para las Probetas

4.6.4. MANÓMETRO

Para medir la presión que existe en el sistema se adaptó un manómetro con una escala de 0–100 psi el mismo que esta ubicado junto al riel de inyección.



Figura 4.19. Manómetro

4.6.5. LLAVE DE PASO

La llave de paso esta unida al manómetro por medio de un acople tipo “T” para interrumpir el retorno de combustible y de esta manera medir la presión de la bomba y la presión regulada del sistema.



Figura 4.20. Llave de Paso

4.6.6. DEPÓSITO, BOMBA Y FILTRO DE COMBUSTIBLE

Este deposito es un tanque plástico con capacidad para 3 galones y esta ubicado en la parte posterior del modulo de pruebas, en su interior se encuentra alojada la bomba de combustible sumergible.

La misma que por medio de una manguera conecta con el riel de inyección sin antes pasar por un filtro que detiene las impurezas existentes en el combustible, por otra parte el riel consta de un conducto de retorno que esta acoplado a la llave de paso , terminando el circuito con el regreso del combustible en exceso al tanque.



Figura 4.21. Depósito y Bomba de Combustible



Figura 4.22. Filtro de Combustible

Una vez que estuvieron colocados los sensores y actuadores en el tablero se realizó la instalación eléctrica con la ECU de acuerdo al diagrama eléctrico. Junto a cada sensor y actuador se colocó borneras por la línea de cables del circuito y facilitar la toma de datos.

4.7. PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN EL MÓDULO VOLKSWAGEN

La luz MIL (Luz Indicadora de Malfuncionamiento) se encarga de informar que dentro del sistema de inyección existe una avería, un corte en algún circuito, el malfuncionamiento de algún sensor o de la ECU.

Cuando la luz del “CHECK ENGINE” se queda encendida constantemente después del arranque informa sobre una falla permanente y se deberá realizar el inmediato diagnóstico del vehículo través del Scanner en un autoservicio autorizado.

Algunas veces la luz "Check Engine" indica un código de diagnóstico de una avería ocurrida solo temporalmente, en este caso, podría ocurrir que se sustituyan innecesariamente piezas en buen estado. Para que no ocurra esto y evitar este tipo de fallas, hay que seguir las instrucciones indicadas por el manual de mantenimiento.



Figura 4.23. Luz Indicadora de Malfuncionamiento

Cuando la avería pueda ser identificada se debe revisar el sensor, los alambres y cada conexión, si se encuentran en buenas condiciones, sustituya por un ECU en buen estado y repetir la comprobación.

El módulo de pruebas construido tiene la finalidad de capacitar al operario para diagnosticar, encontrar, comprobar y solucionar una falla ocurrida dentro del sistema de inyección, para lo cual se detalla a continuación todas las comprobaciones que se deben realizar a cada elemento del módulo:

4.8. VERIFICACIÓN DEL SENSOR MIXTO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN DEL AIRE IAT/MAP

Para detectar rápidamente si el sensor mixto (IAT/MAP) esta provocando una falla en el motor se debe:

- Desconectar el conector eléctrico del sensor para que la ECU active el procedimiento de **Recovery**

Recovery: al detectar una falla en el circuito del sensor, la ECU reconsidera la señal de los dos sensores y pasa a utilizar una estrategia, manteniendo al motor funcionando.



Figura 4.24. Desconecte el Conector del Sensor IAT/MAP

- Prender el motor, y si la falla sigue, es necesario cambiar el sensor.
- En caso de duda efectuar los siguientes Test:

A. 4.6.1. TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA

- Con la llave poner el switch en la posición accesorios, seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje en el terminal **8** del sensor y la tierra **5** (masa). El voltaje debe estar entre 4.60 y 5.20 Voltios DC.”

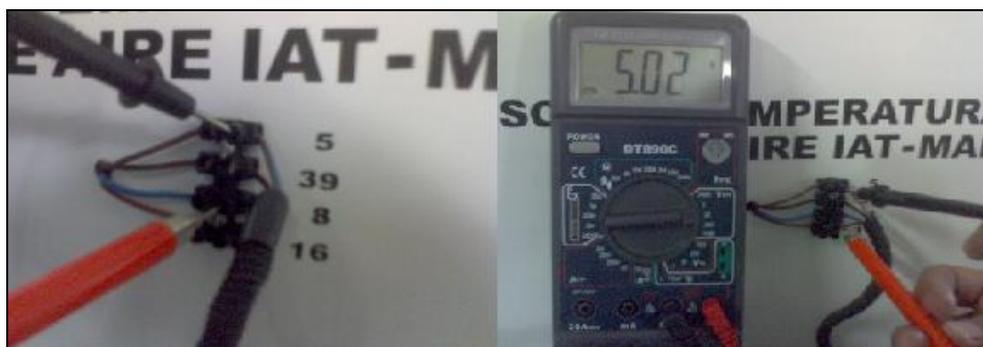
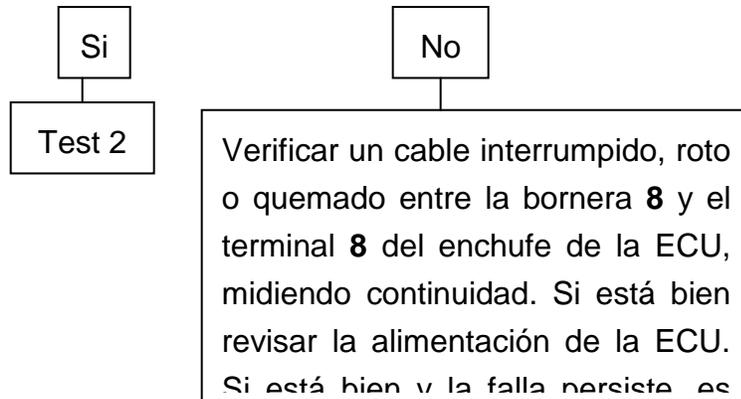


Figura 4.25. Medición del Voltaje de Referencia (IAT/MAP)

¿El voltaje está entre 4.60 y 5.20 Voltios DC?

-XCV-



4.6.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR

- Con el multímetro medir continuidad entre el terminal **5** del sensor y la tierra principal.

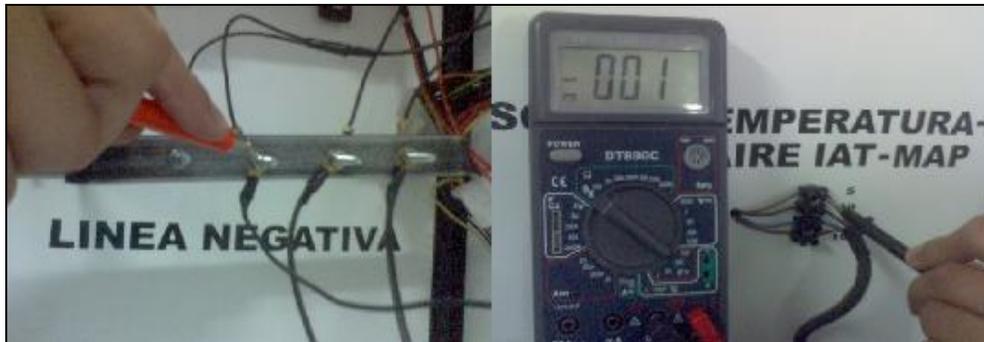
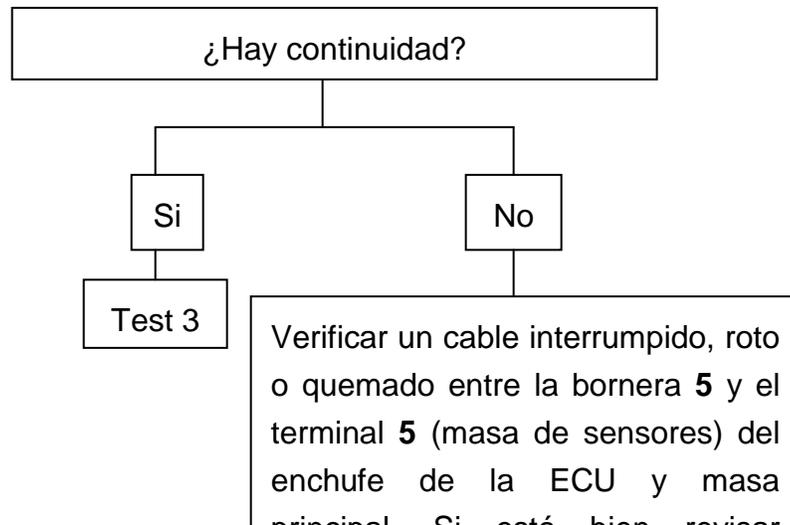


Figura 4.26. Verificación de masa del sensor IAT/MAP



4.6.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR IAT

- “Con la llave en la posición accesorios seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje entre el terminal **39** y **5** del sensor IAT.



Figura 4.27. Medición del Voltaje de Señal

- Prender el ventilador para simular la variación de temperatura del aire y el voltaje debe estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla IV.1. Valores de Temperatura/Voltaje sensor IAT¹⁵

Temperatura del aire (°C)	10	Motor a temperatura normal de operación	50	60
Voltaje (Voltios)	3.5	3.2 a1.5	1.3	1.0

¹⁵ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 737.

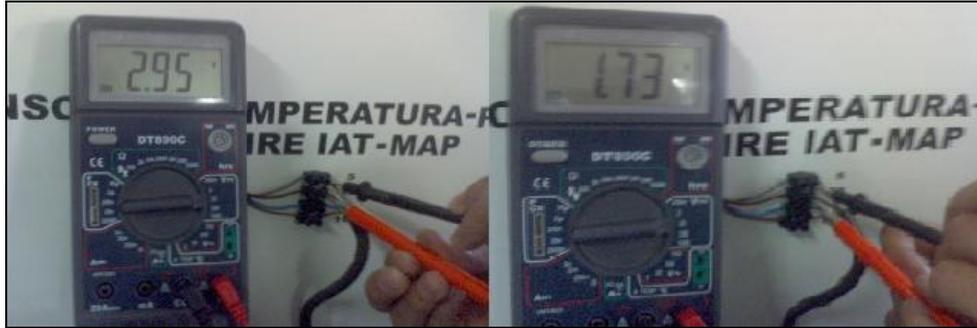


Figura 4.28. Variación del Voltaje de señal del sensor IAT

4.6.4. TEST 4. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR MAP

- “Con el switch en la posición ACCESORIOS, seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje en la terminal **16** y **5** del sensor MAP el voltaje debe estar entre 4.20 y 3.90 voltios DC. **(A NIVEL DEL MAR)**”

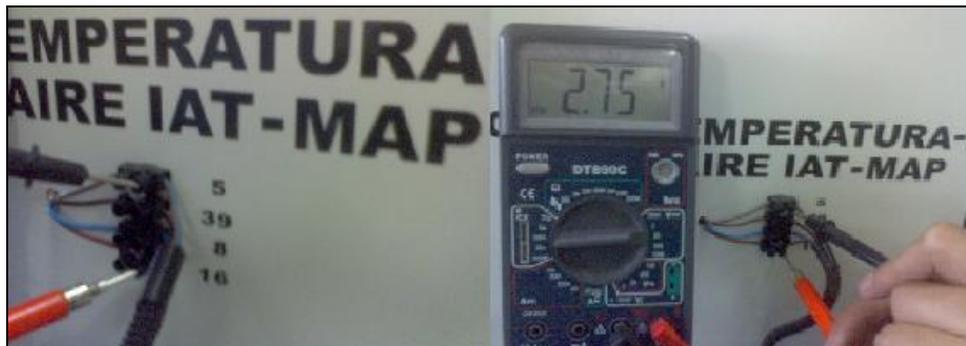
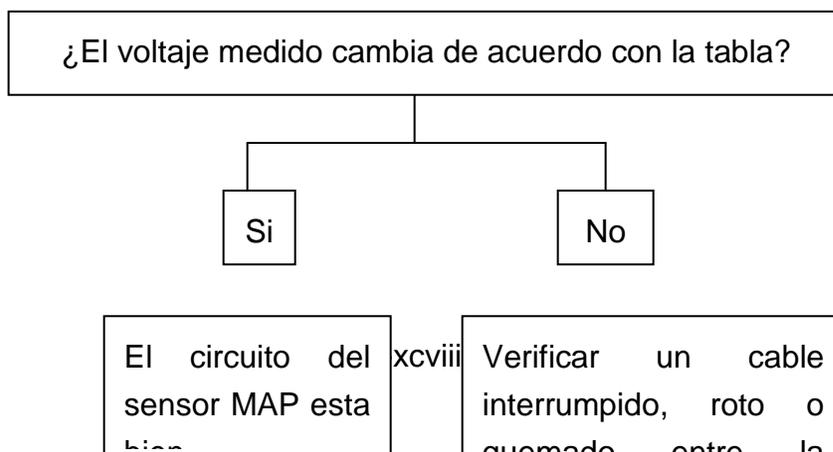


Figura 4.29. Medición del voltaje de señal del sensor MAP



| |

NOTA: La señal del sensor MAP cambia en función a de la altitud local. Los valores anteriores se aplican en regiones a nivel del mar, cuanto mayor sea la altitud local, menos es la señal enviada del sensor MAP a la ECU.

Tabla IV.2. Valores de Vacío/Voltaje del sensor MAP¹⁶

Vacío (mm hg)	0	100	200	300	400	500
Voltaje (Voltios)	4.50	3.70	3.00	2.20	1.50	0.70

Las variaciones en la señal del sensor MAP pueden ser provocadas por:

- Entradas falsas de aire
- Falta de sincronización de la correa dentada.
- Catalizador tapado.
- Eje de comando de las válvulas dañado o fuera de las especificaciones.
- Falla en las bujías, inyectores o cables de alta.

4.7. VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE POSICIÓN DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN (TPS).

¹⁶ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 701.

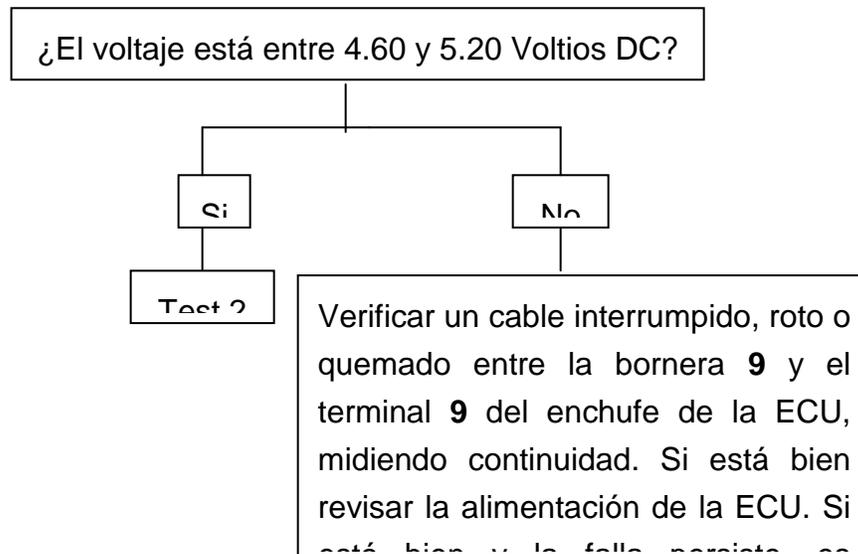
El TPS informa a la ECU las variaciones angulares de la mariposa de aceleración.

B. 4.7.1. TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA

- Con la llave poner el switch en la posición accesorios, seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje en el terminal **9** del sensor y la tierra **5** (masa). El voltaje debe estar entre 4.60 y 5.20 Voltios DC.



Figura 4.30. Medición del voltaje de entrada del sensor TPS



4.7.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR

- Con la ayuda de un multímetro en la escala de continuidad medir entre el terminal **5** del sensor y la tierra principal.

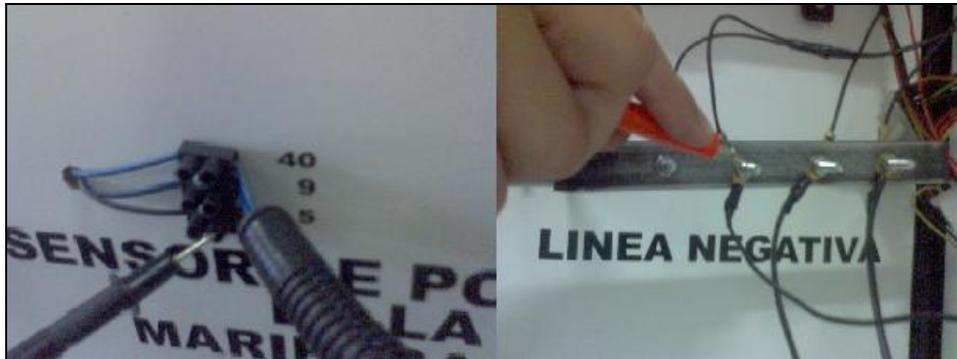
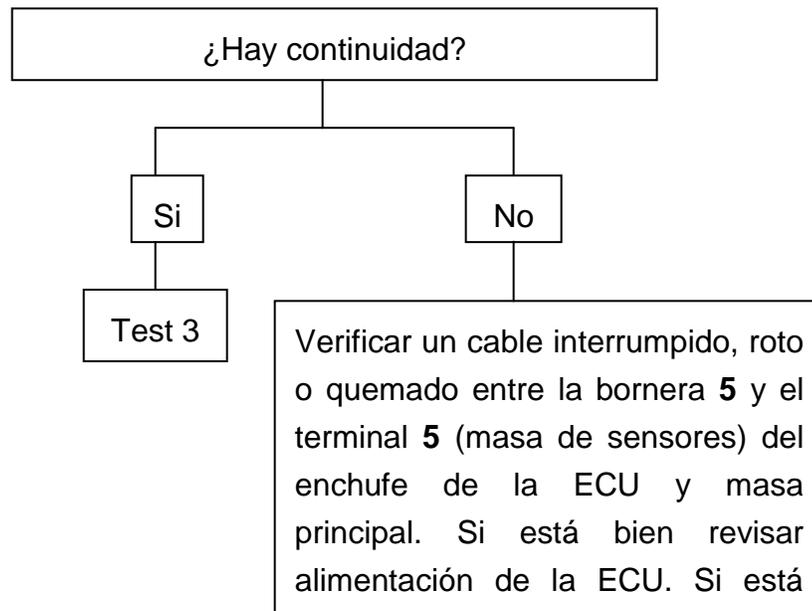


Figura 4.31. Verificación de la tierra del sensor TPS



4.7.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR TPS

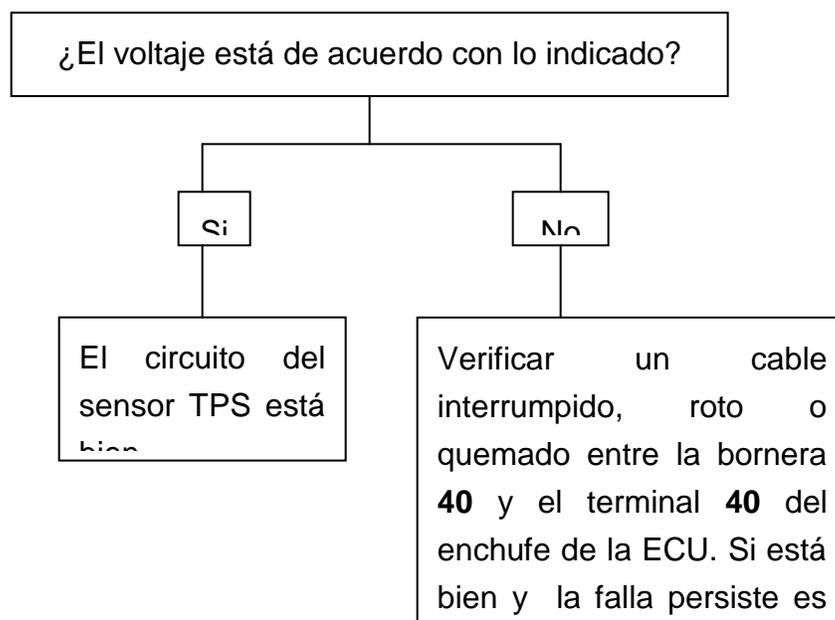
- Con la llave en la posición accesorios seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje entre el terminal **40** y **5** del sensor TPS.
- Abrir lentamente la mariposa del acelerador y comparar los valores de apertura Vs Voltaje. La señal debe cambiar sin saltos ni interrupciones.

Mariposa cerrada: entre 0.40 y 0.60 Voltios DC

Mariposa abierta: entre 4.00 y 4.40 Voltios DC



Figura 4.32. Posiciones de medición del sensor TPS



Nota: En caso de que la señal sea mayor de 0.60 y menor de 0.40 Voltios DC con la mariposa cerrada es necesario verificar si la posición inicial de la mariposa de aceleración está adulterada en su batiente

4.8. VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE (WTS).

La información que envía el sensor WTS es utilizada para la ayuda del cálculo de la masa de aire admitida, funcionamiento del motor en fase fría y para el control del ventilador de enfriamiento.

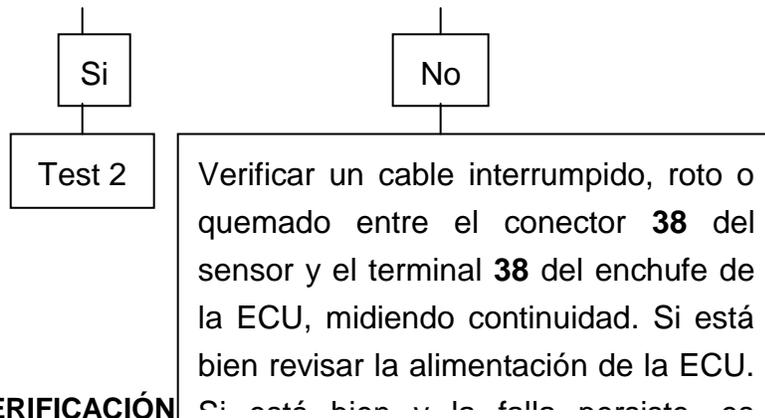
C. 4.8.1. TEST1. VERIFICACIÓN DE VOLTAJE DE REFERENCIA

- Desconectar el conector eléctrico del sensor de temperatura del refrigerante. Con la llave poner el switch en la posición accesorios, seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje en el terminal **38** del **conector del sensor** y la tierra **5** (masa). El voltaje debe estar entre 4.60 y 5.20 Voltios DC.



Figura 4.33. Medición del Voltaje de Referencia del sensor WTS

¿El voltaje está entre 4.60 y 5.20 Voltios DC?

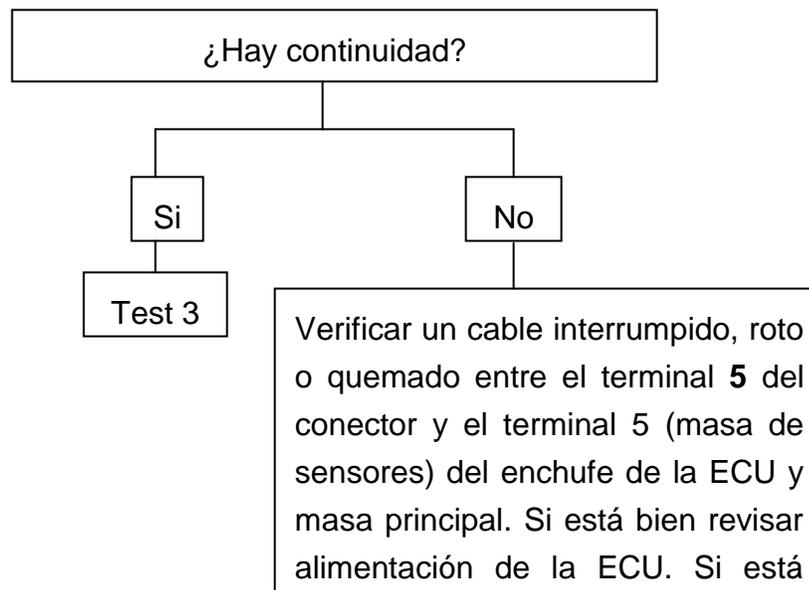


4.8.2. TEST 2. VERIFICACIÓN

- Con el conector eléctrico del sensor de temperatura del refrigerante desconectado, comprobar continuidad entre el terminal 5 del conector y masa



Figura 4.34. Verificación de la masa del sensor WTS



4.8.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE SEÑAL DEL SENSOR WTS

- Poner el switch en la posición OFF y reconectar el conector eléctrico del WTS.
- Colocar el Switch en la posición accesorios.
- Encender el calentador de agua para simular la variación de temperatura en el motor.
- Seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje entre el terminal **38** y **5** del sensor.

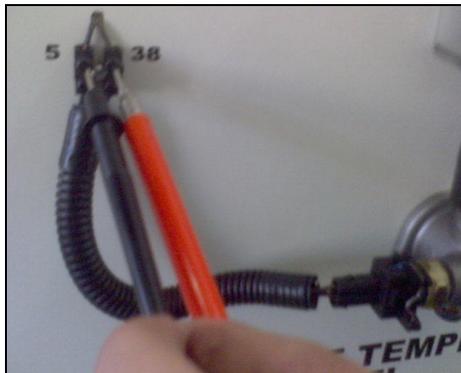


Figura 4.35. Medición del Voltaje de Señal del WTS

- Comparar el voltaje obtenido con la siguiente tabla.

“Tabla IV.3. Valores de Temperatura/Voltaje del sensor WTS”¹⁷

Accionamiento del

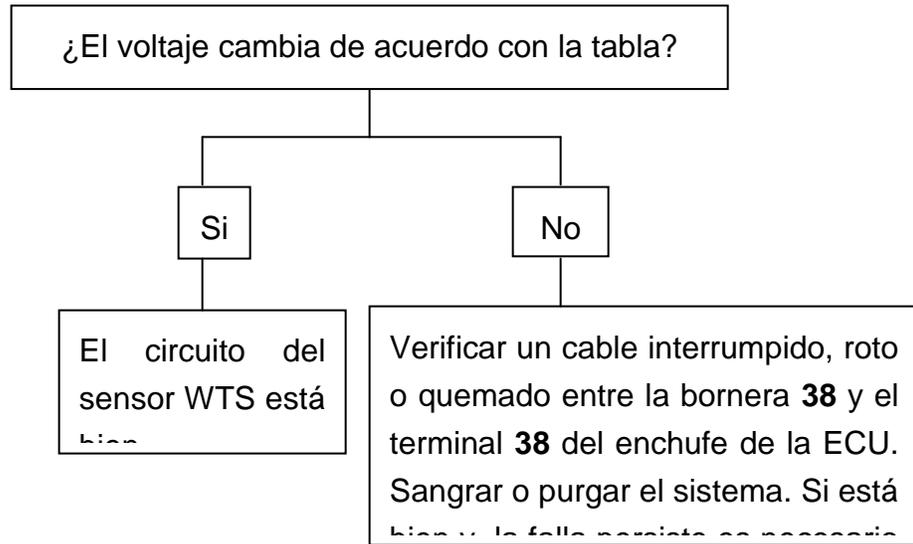
ventilador

¹⁷ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 742.

Temperatura (°C)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Voltaje (V)	3.40	3.00	2.60	2.10	1.70	1.40	1.20	1.00	0.90 0.70	0.60



Figura 4.36. Variación del Voltaje de Señal del WTS



4.9. VERIFICACIÓN DEL SENSOR DE ROTACIÓN HALL Y POSICIÓN DEL CIGÜEÑAL.

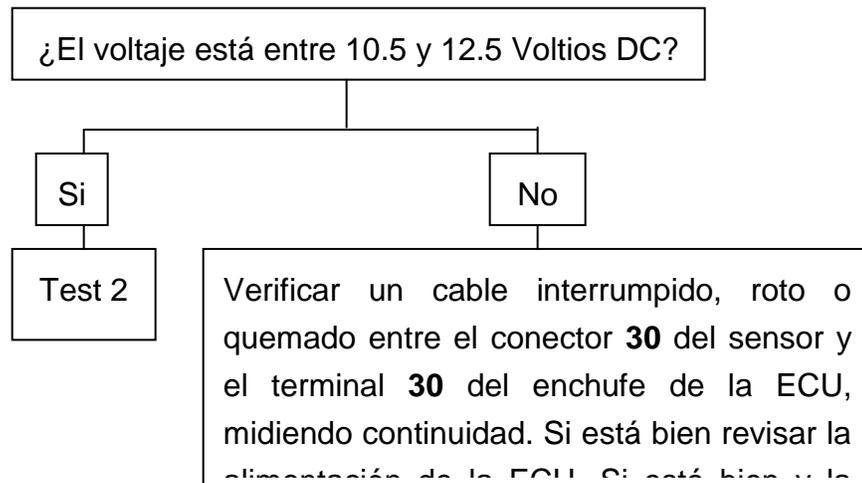
La información que envía el sensor Hall es una onda cuadrada de 0 y 5 Voltios la cuál es procesada por la ECU para dar los pulsos de inyección.

D. 4.9.1. TEST1. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE REFERENCIA

- Con la llave poner el switch en la posición accesorios, seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje en el terminal **30** del sensor y la tierra **5** (masa). El voltaje debe estar entre 10.5 y 12.5 Voltios DC.



Figura 4.37. Medición del Voltaje de Referencia del sensor Hall

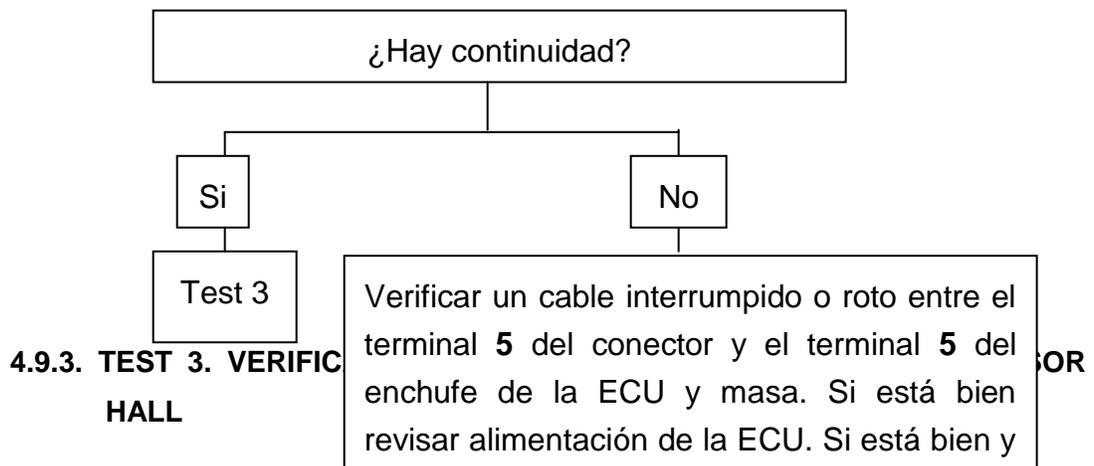


4.9.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DEL SENSOR

- Con la ayuda de un multímetro en la escala de continuidad medir entre el terminal **5** del sensor y la tierra principal.



Figura 4.38. Verificación de la masa del sensor Hall



El voltaje de señal del sensor Hall varía de 0 a 5 V conforme gira el motor dando como señal una onda cuadrada.

- Colocar el Switch en la posición accesorios.
- Seleccionar el multímetro en la escala de voltaje DC y medir el voltaje entre el terminal **30** y **17** del sensor.
- Girar manualmente el distribuidor y el voltaje debe cambiar de 0 a 5 Voltios sin saltos ni interrupciones



Figura 4.39. Variación del Voltaje de Señal del Sensor Hall

4.9.4. TEST 4. VERIFICACIÓN DE LOS PULSOS DE SEÑAL DEL SENSOR HALL

- Colocar el Switch en la posición accesorios.
- Con la ayuda de una lámpara comprobadora conectarla a los terminales **30** y **17** del sensor.
- Girar manualmente el distribuidor y la lámpara debe destellar.

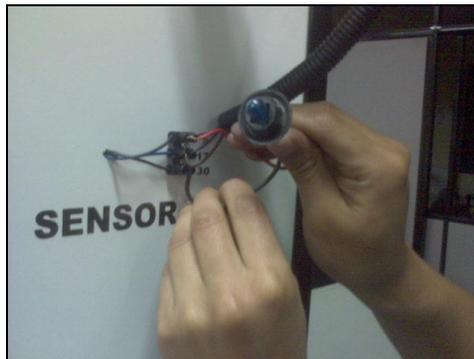
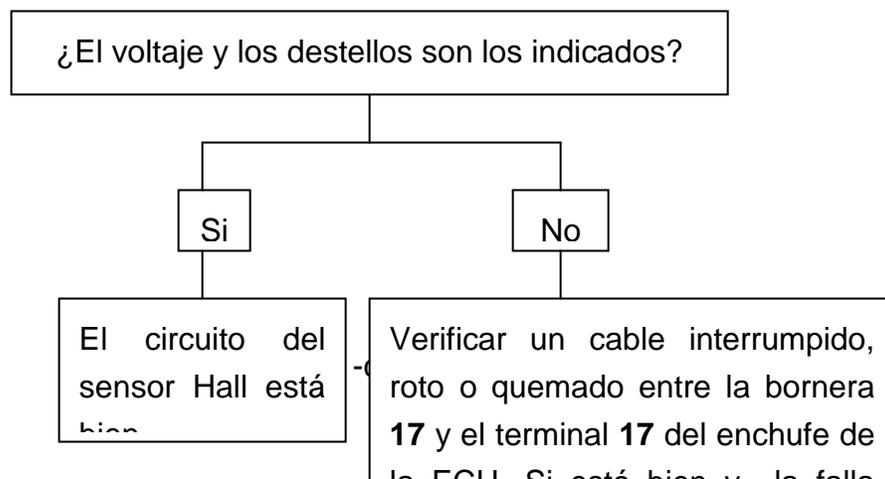


Figura 4.40. Variación de los pulsos de Señal del Sensor Hall



4.14. VERIFICACIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE LOS INYECTORES

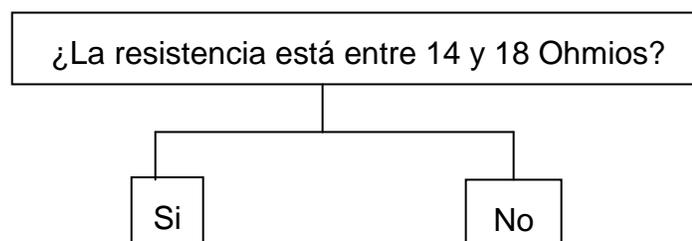
Los inyectores están alimentados directamente por el relé principal con 12 Voltios, el momento que el motor gira la ECU envía la señal recibida del sensor Hall a los inyectores para abrir la electro válvula.

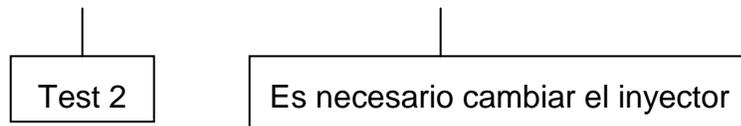
4.10.1. TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DE LOS INYECTORES

- Desconectar el conector eléctrico de los inyectores y seleccionar el multímetro en la escala de ohmios. Medir la resistencia eléctrica de la bobina en los 4 inyectores. La resistencia eléctrica debe estar entre 14 y 18 Ohmios.



Figura 4.41. Medición de la resistencia eléctrica de los inyectores



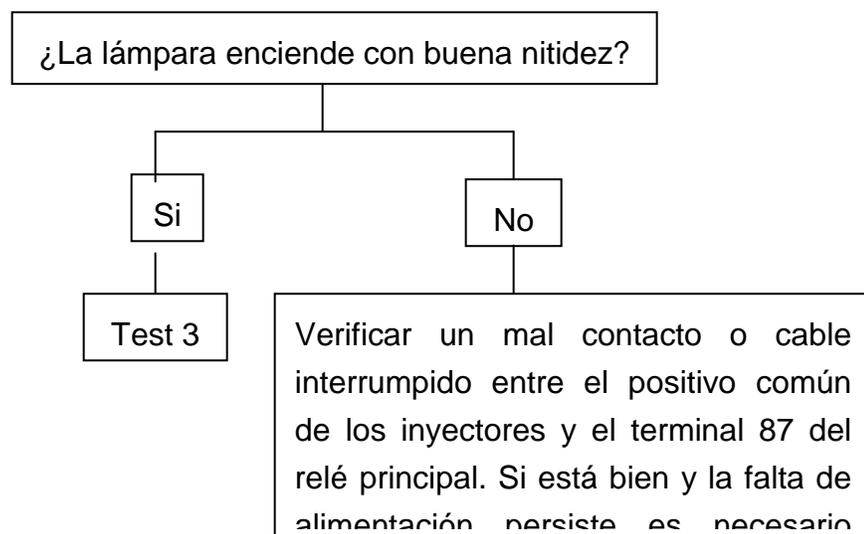


4.10.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA

- Con el conector eléctrico de los inyectores desconectado, conectar una lámpara de pruebas entre el terminal de alimentación positiva de los inyectores (+común) y masa. Con la llave abrir el encendido, la lámpara debe encender con buena nitidez.



Figura 4.42. Verificación de la alimentación positiva del inyector

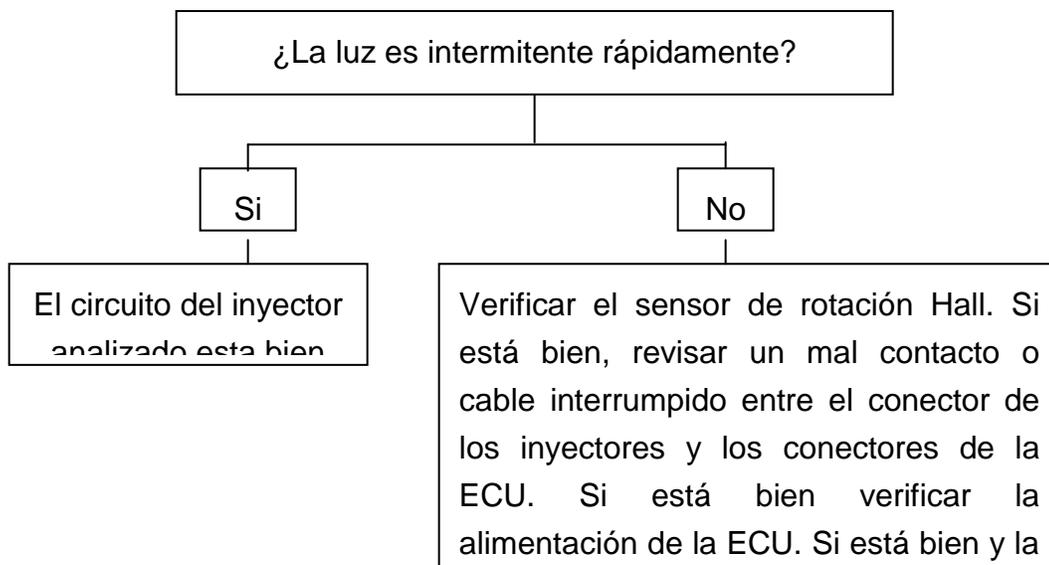


4.10.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE LOS INYECTORES

- Retirar la llave del encendido, reconectar los conectores eléctricos de los inyectores. Conectar la lámpara de pruebas al terminal positivo común y al cable que sale a la ECU (10, 11, 12, 13)
- Poner el switch en la posición IGNICION, girar el distribuidor por medio del pedal de aceleración. La Luz de la lámpara debe ser intermitente.



Figura 4.43. Verificación del control de los inyectores



4.10.4. TEST 4. VERIFICACIÓN DE CAUDAL DE LOS INYECTORES

Aparte de los test sugeridos se debe hacer verificaciones mecánicas como limpieza, prueba de caudal y estanqueidad.

- Poner la llave en la posición de IGNICIÓN, tener en cuenta que en esta posición la bomba ya empieza a funcionar.
- Girar el distribuidor por medio del pedal de aceleración y observar la inyección de combustible
- A través de las probetas graduadas se puede apreciar el caudal y estanqueidad de los inyectores.

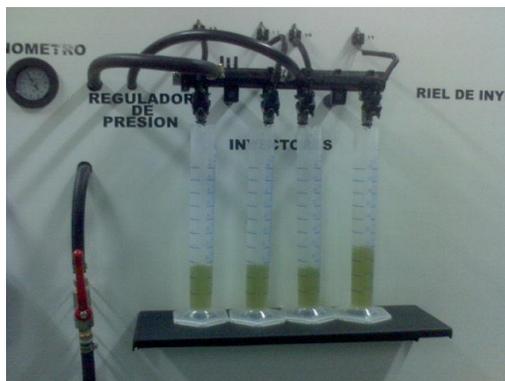


Figura 4.44. Verificación de caudal y estanqueidad de los inyectores

4.15. VERIFICACIÓN DEL MOTOR DE PASOS VÁLVULA IAC

Es controlado por la ECU y procura mantener la marcha mínima en la rotación ideal para cada temperatura del motor.

4.11.1. TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE CONTROL PARA EL IAC.

- Con la llave poner el switch en la posición **ACCESORIOS**, y con la ayuda de una lámpara comprobadora conectar entre los terminales

extremos **18 -19** y medios **22-21** del IAC.

- En marcha mínima la luz debe ser intermitente en una frecuencia baja .Durante aceleraciones o desaceleraciones la luz debe ser intermitente en una frecuencia alta.



Figura 4.45. Verificación de la señal de control para el IAC.

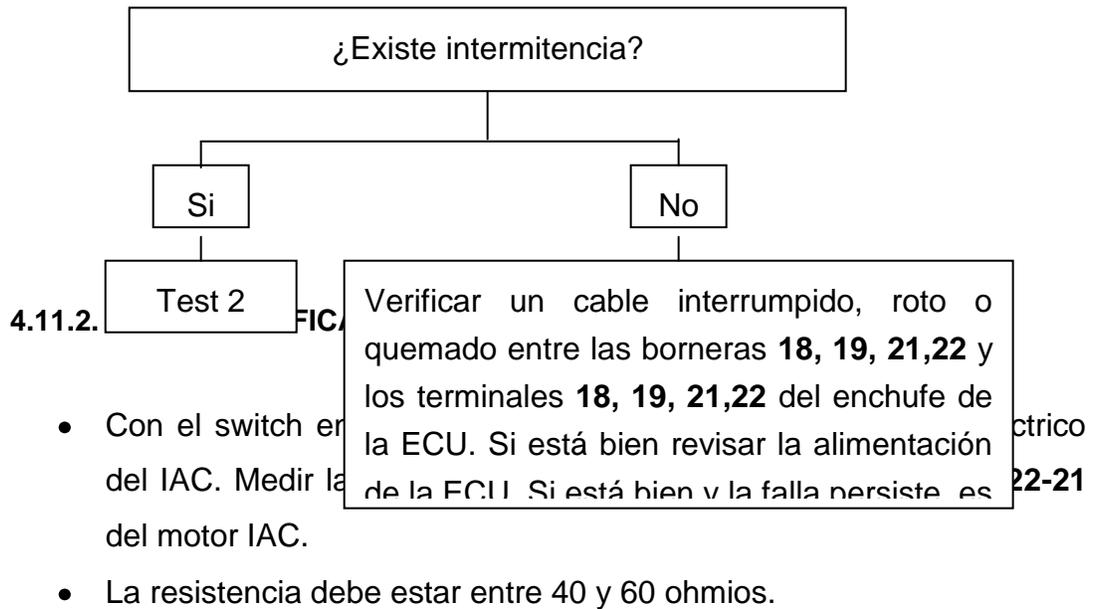
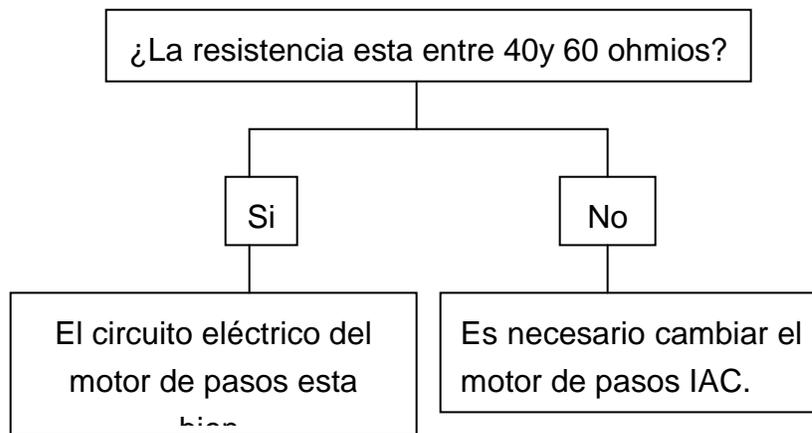




Figura 4.46. Medición de resistencia de la bobina del IAC



4.16. VERIFICACIÓN DE LA SONDA LAMBDA

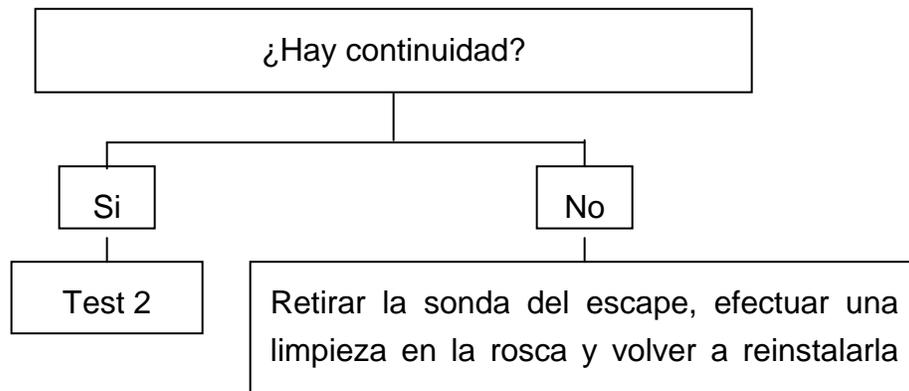
La sonda lambda comienza a trabajar después de alcanzar la temperatura de 360 °C (dos minutos después de prender el motor).

E. 4.12.1. TEST1. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DE LA CARCASA DE LA Sonda.

- Con la ayuda de un multímetro en la escala de continuidad medir entre la carcasa y la tierra principal.



Figura 4.47. Verificación de la masa de la carcasa de la sonda

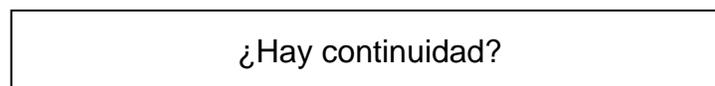


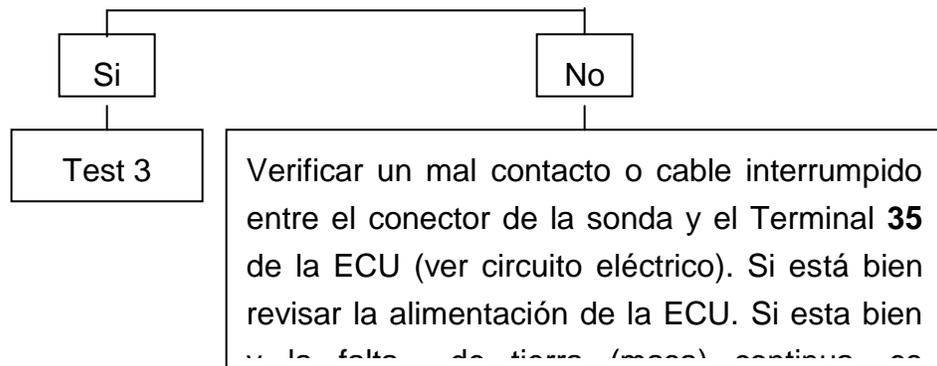
4.12.2. TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA (MASA) DE LA SONDA

- Medir continuidad entre la tierra de la sonda cable gris terminal **35** y la masa principal.



Figura 4.48. Verificación de la masa de la sonda



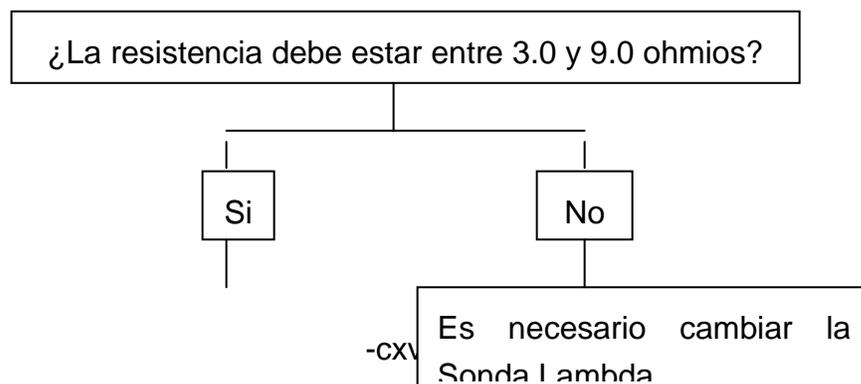


4.12.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO

- Con el switch en al posición OFF.
- Con la ayuda del multímetro y en la escala de ohmios. Medir la resistencia eléctrica entre los cables blancos de la sonda. La resistencia debe estar entre 2.0 y 9.0 ohmios



Figura 4.49. Medición de la resistencia de calentamiento de la sonda



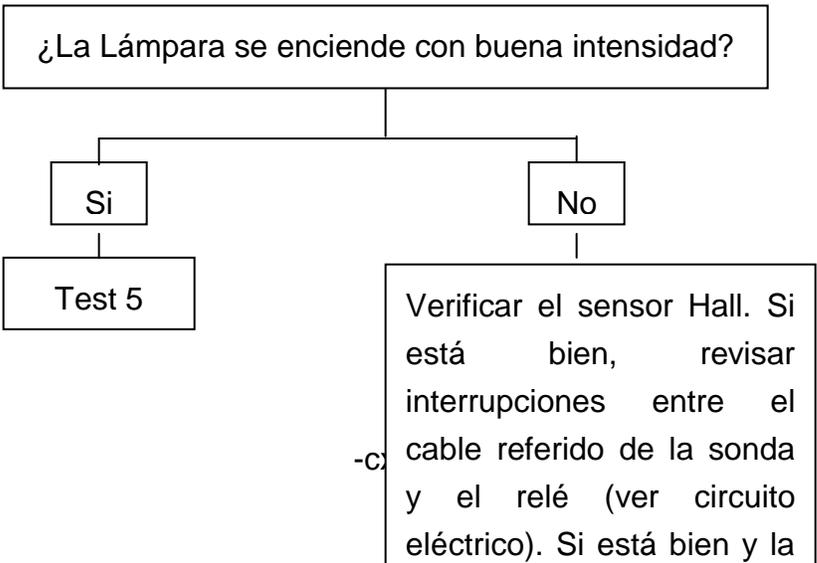
Test 4

4.12.4. TEST 4. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO

- Poner el switch en la posición IGNICION.
- Por medio del acelerador hacer girar el distribuidor para simular que el motor este prendido
- Con la ayuda de una lámpara comprobadora, conectar una punta en el cable positivo de la sonda terminal **23** y la otra punta a la masa principal, la lámpara debe prenderse con buena intensidad durante el encendido y cuando se simula el funcionamiento del motor.



Figura 4.50. Alimentación positiva de la resistencia de calentamiento

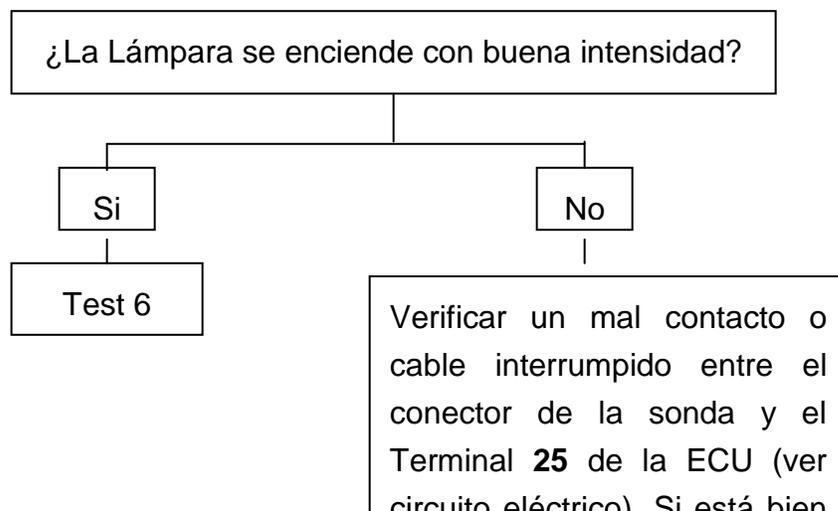


4.12.5. TEST 5. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN NEGATIVA DE LA RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO

- Poner el switch en la posición ACCESORIOS, para energizar todo el circuito, por ende la resistencia de la sonda lambda debe tener alimentación.
- Con la ayuda de una lámpara comprobadora, conectar una punta en el cable negativo de la sonda terminal **25** y la otra punta a la línea positiva de la fuente.
- La lámpara debe prenderse con buena intensidad.



Figura 4.51. Alimentación negativa de la resistencia de calentamiento



4.12.6. “TEST 6. VERIFICACIÓN DEL VOLTAJE DE REFERENCIA”¹⁸

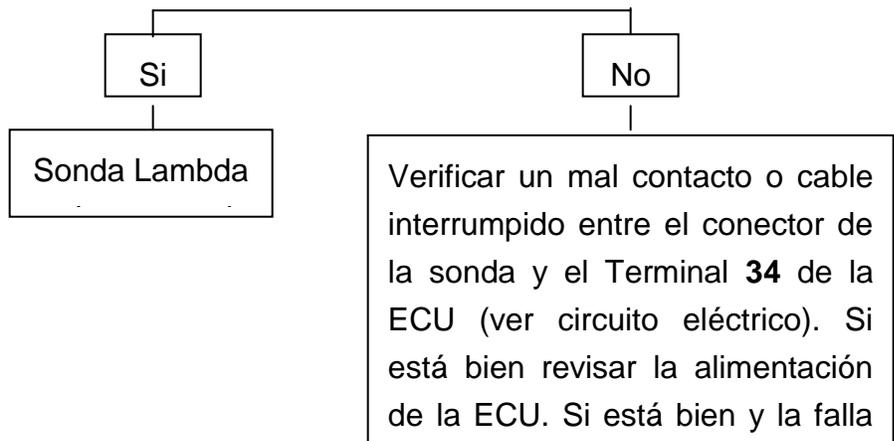
- Poner el switch en la posición IGNICION.
- Por medio del acelerador hacer girar el distribuidor para simular que el motor este prendido
- Con la ayuda de multímetro seleccionar la escala en voltaje, medir entre la tierra principal y el Terminal **34** (cable negro de la sonda)
- Durante el encendido y con el motor en funcionamiento, el voltaje debe estar entre 0.050 y 0.400 voltios DC.



Figura 4.52. Medición del Voltaje de Señal de la Sonda

¿El voltaje está entre 0.050 y 0.400 voltios DC?

¹⁸ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 715.



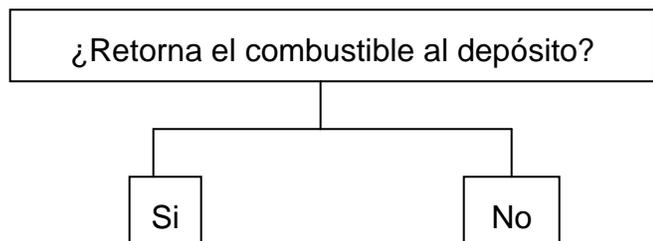
4.17. VERIFICACIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE

4.13.1 TEST 1. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

- Poner el switch en la posición IGNICION.
- Observar en la parte posterior del tablero el flujo de retorno al depósito de combustible.



Figura 4.53. Funcionamiento de la Bomba de combustible



El funcionamiento y el circuito eléctrico de la bomba estén bien.

Verificar si hay combustible en el depósito, o si el filtro de combustible está tapado.
Revisar el circuito eléctrico de

4.13.2. TEST 2. VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

- Poner el switch en la posición IGNICIÓN.
- Con la ayuda de una lámpara comprobadora conectar una punta al Terminal (+) cable rojo de la bomba y la otra punta a la línea negativa. La lámpara debe prenderse con buena nitidez.



Figura 4.54. Verificación de alimentación de la Bomba

- Conectar la lámpara entre ambos terminales de la bomba. La lámpara debe prenderse con buena nitidez.

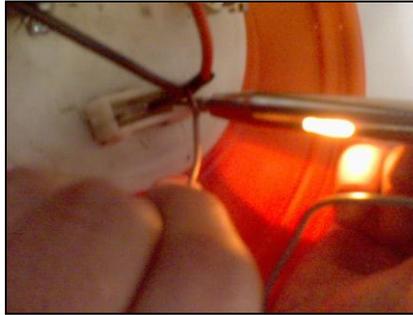
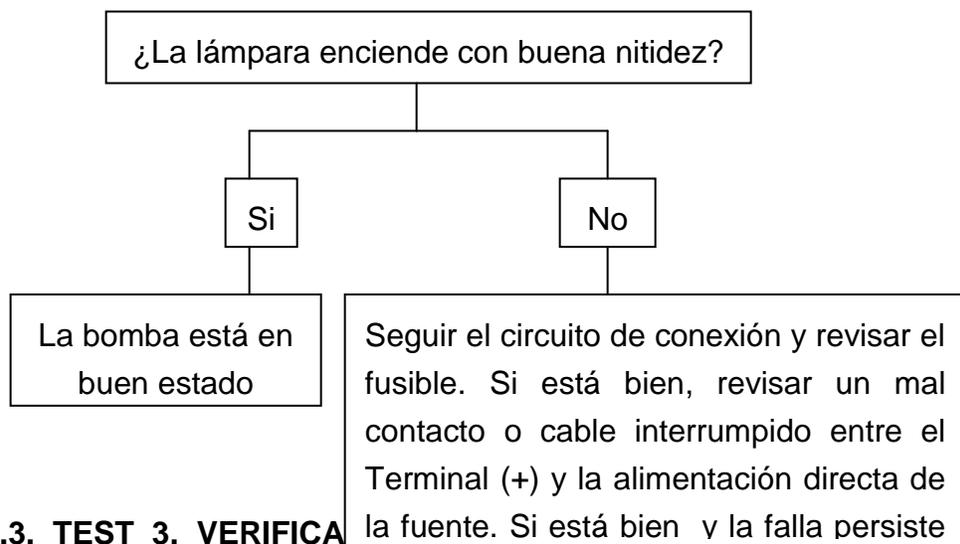


Figura 4.55. Verificación de alimentación de la Bomba



4.13.3. TEST 3. VERIFICACIÓN DE LA BOMBA

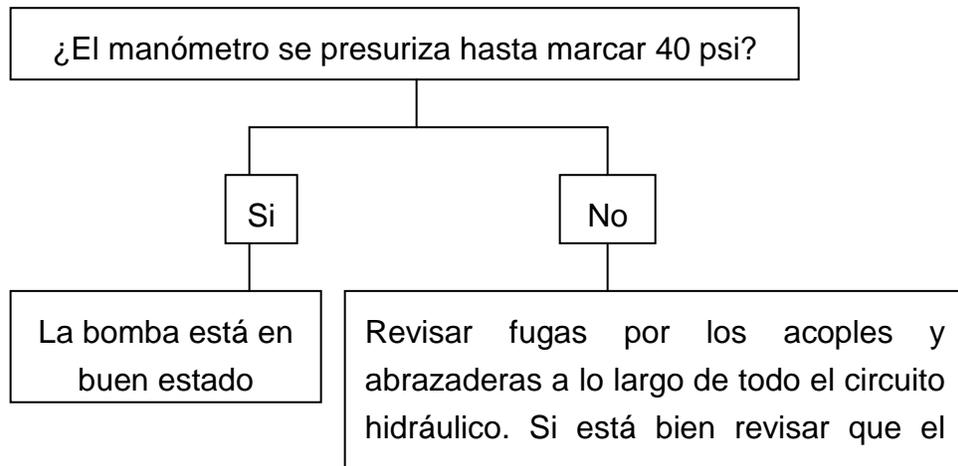
La línea de combustible está conformada por el conjunto de la bomba eléctrica, el filtro de combustible, el regulador de presión y los inyectores.

La bomba eléctrica alimenta a los inyectores y el regulador de presión mantiene la presión de combustible constante en su interior.

- Poner el switch en la posición IGNICION.
- Observar que el manómetro se presuriza hasta marcar 40 psi.
- A través de la llave de paso variar el flujo de combustible, observe el cambio de presión en el manómetro.



Figura 4.56. Variación de presión del flujo de la Bomba



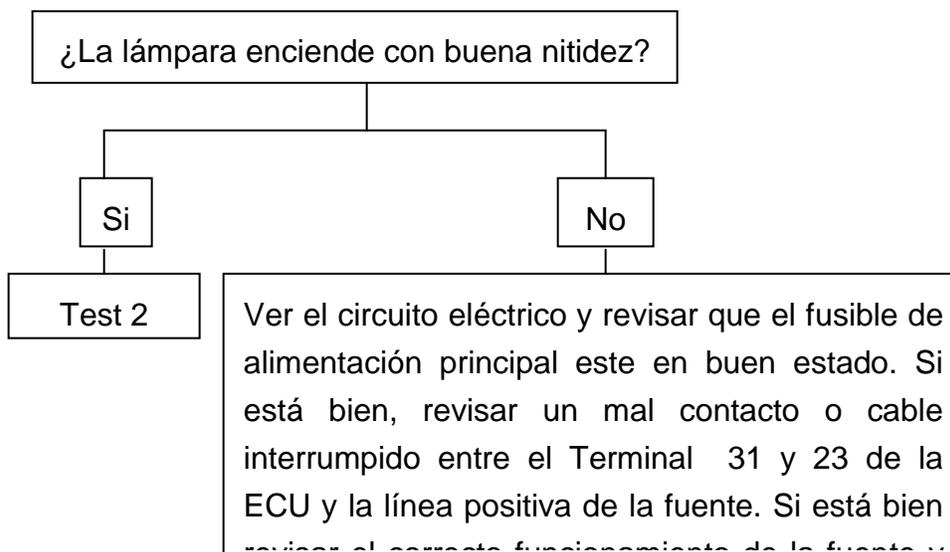
4.18. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO ECU

4.14.1. TEST 1. VERIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN POSITIVA

- Desconectar el conector eléctrico de la ECU
- Conectar una lámpara de pruebas entre el Terminal 23 del conector eléctrico de la ECU y la tierra (masa). La lámpara debe encender con buena nitidez.
- Conectar una lámpara de pruebas entre el Terminal 31 del conector eléctrico de la ECU y la tierra (masa). La lámpara debe encender con buena nitidez.



Figura 4.57. Verificación de la alimentación positiva de la ECU



4.14.2. “TEST 2. VERIFICACIÓN DE LA TIERRA MASA.”¹⁹

- En la posición OFF.
- Desconectar el conector eléctrico de la ECU
- Conectar una lámpara de pruebas entre la línea positiva de la fuente y los terminales del conector eléctrico de la ECU **1, 5, 29, 24, 34,**

¹⁹ RUEDA SANTANDER JESÚS, Manual Técnico de Fuel Injection. Ediciones Diseli, 1ra edic., 2005. Guayaquil, Ecuador. Tomo III Pág. 764.

cada Terminal independientemente. La lámpara debe encender con buena nitidez.

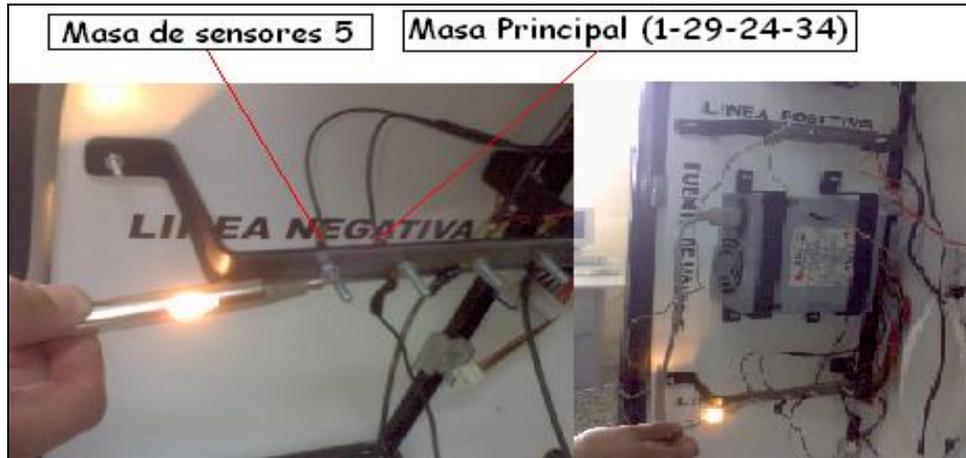
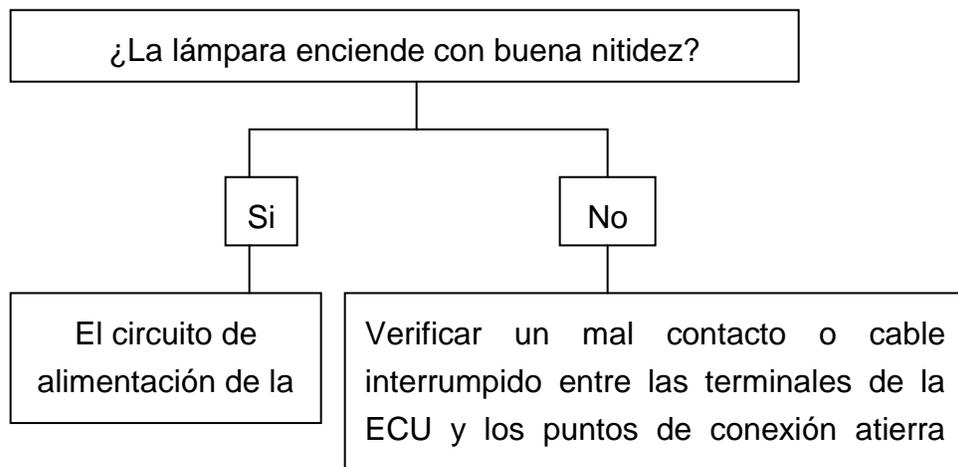


Figura 4.58. Verificación de la tierra de la ECU



4.19. CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES DE AVERÍAS EN EL VEHÍCULO VOLKSWAGEN GOL EQUIPADO CON SISTEMA MOTRONIC

Ya en la práctica, dentro del motor del vehículo se pueden presentar diversas averías, las cuales son informadas a través del Control de Autodiagnóstico **CHECK ENGINE** sistema ya mencionado.

Para realizar un mantenimiento efectivo se necesita de la ayuda de tecnología de punta como son los SCANNER, los cuáles facilitan y apresuran el trabajo localizando la falla.

Se indican a continuación las averías más frecuentes con las posibles causas del problema en mención. Dichas causas y posibles soluciones se encuentran descritos en el literal anterior, donde se explica como se realizan los tests a cada componente del sistema de Inyección VOLKSWAGEN MOTRONIC

4.15.1. EL MOTOR NO ARRANCA

- Inmovilizador
- Conexiones eléctricas – motor/batería
- Interruptor de inercia de corte de combustible – si está montado
- Retire la memoria de averías del módulo de control del motor
- Sistema de control del motor – conexiones/cableado/ relés
- Estado de combustible/ filtro de combustible
- Bomba de combustible/ conexiones
- Sistema de encendido
- Sistema de aire de admisión/sistema de vacío – fugas
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor.
- Sensor de presión absoluta del recolector
- Válvula de control del aire de ralentí/ actuador de control del ralentí
- Presión de combustible/regulador de presión de combustible
- Inyectores
- Modulo de control del motor

4.15.2. EL MOTOR ARRANCA DIFICILMENTE

- Conexiones eléctricas –motor/batería
- Retire la memoria de averías del módulo de control del motor
- Sistema de control del motor –conexiones/ cableado/ relés
- Estado de combustible/filtro de combustible
- Bomba de combustible/conexiones
- Sistema de aire de admisión/sistema de vacío- fugas
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor
- Válvula de control del aire de ralentí/ actuador de control del ralentí
- Presión de combustible/regulador de presión de combustible
- Inyectores
- Módulo de control del motor

4.15.3. EL MOTOR ARRANCA Y LUEGO SE PARA

- Tuberías de alimentación – fugas/estropeadas/bloqueadas
- Válvula de mariposa/ adherencia/varillaje
- Válvula de control del aire de ralentí/actuador de control del ralentí
- Sensor de posición de la mariposa
- Sistema de aire de admisión/ sistema de vacío- fugas
- Módulo de control del motor

4.15.4. RALENTÍ POBRE – MOTOR FRÍO

- Sistemas de aire de admisión/ sistema de vacío- fugas
- Válvula de control de aire de ralentí/ actuador de control del ralentí
- Sensor de posición de la mariposa

4.15.5. RALENTÍ INESTABLE

- Sistema de aire de admisión/ sistema de vacío – fugas
- Sistema de control del motor – conexiones/ cableado/ relés
- Presión de combustible/ regulador de presión de combustible
- Estado de combustible/filtro de combustible
- Bomba de combustible/ conexiones
- Válvula de control del aire de ralentí/ actuador de controlador del ralentí
- Inyectores
- Válvula de mariposa/ adherencia/ varillaje
- Sensor de posición de la mariposa
- Módulo de control del motor

4.15.6. VELOCIDAD DE RALENTÍ – DEMASIADO BAJO

- Válvula de control del aire de ralentí/ actuador de control del ralentí
- Sensor de posición de la mariposa
- Estado de combustible/ filtro de combustible
- Modulo de control del motor

4.15.7. VELOCIDAD DE RALENTÍ – DEMASIADO ALTO

- Válvula de control del aire de ralentí / actuador de control del ralentí
- Sistema de aire de admisión/ sistema de vacío – fugas
- Estado de combustible / filtro de combustible
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor

- Modulo de control del motor

4.15.8. VACILACIONES / ACELERACIÓN POBRE

- Sistema de control de motor/ conexiones/ cableado/ relés
- Sensor de régimen del motor/ sensor de posición del cigüeñal
- Inyectores
- Sensor de presión absoluta del colector
- Sensor de temperatura del aire de admisión
- Módulo de control del motor
- Sensor calentado de oxígeno

4.15.9. SE CALA Y SE PARA CON FRECUENCIA

- Sistema de aire de admisión/ sistema de vacío – fugas
- Sistema de control del motor - conexiones/ cableado / relés
- Válvula de control del aire de ralentí / actuador de control del aire
- Módulo de control del motor del aire
- Interruptor de inercia de corte de combustible – si está montado

4.15.10. RETORNOS DE LLAMA

- Válvula de mariposa/ adherencia/ variable
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor
- Sensor de posición de la Mariposa
- Estado de combustible/ filtro de combustible
- Bomba de combustible/ conexiones
- Presión de combustible/ regulador de presión de combustible

- Inyectores
- Sensor de presión absoluta del colector
- Modulo de control del motor

4.15.11. FALLA DE ENCENDIDO

- Sistema de control del motor – conexiones/ cableado/ relés
- Sensores de temperatura del refrigerante del motor
- Inyectores
- Sistema de encendido
- Sistema de aire de admisión/ sistema de vacío – fugas
- Tuberías de alimentación – fugas/ estropeadas/ bloqueadas
- Módulo de control de motor

4.15.12. EXCESIVO CONSUMO DE GASOLINA

- Sistema de control del motor –conexiones/ cableado relés
- Estado de combustible filtro de combustible
- Bomba de combustible conexiones
- Presión de combustible/ regulador de presión de combustible
- Inyectores
- Sensor de temperaturas del refrigerante del motor
- Sensor de temperaturas del aire de admisión
- Sensor de posición de la mariposa
- Modulo de control del motor

4.15.13. DETONACIONES

- Sistema del aire de admisión/ sistema de vacío – fugas
- Sistema de control del motor – conexiones/ cableado/relés
- Sensor de posición de la mariposa
- Sensor de detonación – si esta montado
- Módulo de control del motor

4.15.14. EL MOTOR NO SE PARA

- Sensor de presión absoluta del colector
- Sensor de posición de la mariposa
- Sensor de temperatura del refrigerante del motor
- Inyectores
- Módulo de control del motor

4.15.15. NIVEL DE CO – DEMASIADO BAJO

- Sistema de aire admisión /sistema de vacío – fugas
- Sistema de control del motor – conexiones/ cableado/ relés
- Presión de combustible/regulador de presión de combustible
- Inyectores
- Sensor calentado de oxígeno
- Módulo de control del motor

4.15.16. NIVEL DE CO –DEMACIADO ALTO

- Sistema de control del motor – conexiones/cableado/relés
- Sistema de aire de admisión/sistema de vacío – fugas
- Sensor de temperaturas de refrigerante del motor

- Sensor de temperaturas de aire de admisión
- Estado de combustible /filtro de combustible
- Bomba de combustible/ conexiones
- Presión de combustible/ regulador de presión de combustible
- Inyectores
- Sensor calentado de oxígeno
- Válvula de control de emisiones por evaporación
- Módulo de control del motor

CONCLUSIONES.

- Se diseñó y construyó un modulo de pruebas del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN, que servirá como entrenamiento para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz; en el diagnóstico, mantenimiento y reparación de este tipo de Inyección Electrónica.
- Por medio del modulo de pruebas MOTRONIC VOLKSWAGEN el docente de la Carrera de Ingeniería Automotriz contará con un valioso aporte de material didáctico para dictar sus clases.
- Con la información investigada durante este proyecto se pudo desarrollar los diagramas específicos del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN
- Se determinó y realizó la conexión eléctrica de la computadora MOTRONIC VOLKSWAGEN a los elementos componentes del sistema (sensores, actuadores y sondas), detallando nomenclatura, simbología, pines y código de colores para cada enlace.
- Gracias al diseño del modulo de pruebas MOTRONIC VOLKSWAGEN resulta fácil diagnosticar técnicamente el estado y funcionamiento de cada componente por medio de las borneras, a través de las mismas se puede

desconectar pines que involucran al practicante con una falla real del sistema de inyección.

- Se realizó todas las pruebas necesarias para verificar el buen estado de cada elemento, comparando los valores obtenidos en cada práctica con datos técnicos del fabricante MOTRONIC VOLKSWAGEN.
- Para desarrollar en el alumno de la carrera de Ingeniería Automotriz habilidades, destrezas y familiarización básica en cuanto se refiere a los sistemas de inyección gasolina se implementó una guía que detalla paso a paso como realizar pruebas, mediciones, comprobaciones y verificaciones a los componentes del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN.

RECOMENDACIONES.

- Antes de proceder a realizar las conexiones eléctricas y pruebas en el módulo se debe tener a la mano el diagrama eléctrico del sistema MOTRONIC VOLKSWAGEN, el estudiante debe poseer conocimientos básicos de Electricidad del Automóvil, Electrónica Básica y Autotrónica.
- Con el fin de prevenir daños en la ECU toda alimentación que entre debe pasar primero por una caja de fusibles, la misma que protege todo el sistema de corrientes excesivas.
- Tomar en cuenta que para que funcione todo el sistema, los sensores van conectados a una sola masa pin (5) de la ECU, la misma que también debe ir conectada a la masa principal.
- Al realizar las pruebas de cada uno de los sensores, actuadores y sondas se debe recordar que los parámetros a verificar son Voltaje de Referencia,

Voltaje de señal, y Verificación de masas.

- El momento de realizar las pruebas tener en cuenta que el switch de encendido tiene 3 posiciones, en **ACCESORIOS** se energiza el sistema sin funcionar la bomba y el acelerador, mientras que en **IGNICIÓN** se activa todo el sistema y el proceso de inyección puede ser simulado.
- Tomar medidas de prevención el momento de simular la inyección en el modulo ya que se trabaja con combustible inflamable.

BIBLIOGRAFÍA

- VOLKSWAGEN, Manual Complementario de Servicio. GOL 1.8 L, 2002. Brasil.
- CHEVROLET, Manual Complementario de Servicio. Corsa 1.6 L, 2000. Brasil.
- CROUSE WILLIAN H., Equipo Eléctrico y Electrónico del Automóvil, Editorial Alfa omega Marcombo, 1992. México D.f., México.
- RUEDA SANTANDER JESUS, Manual Técnico de Fuel Injection Tomo III. Ediciones Diseli 1 ra edic. 2005. Guayaquil Ecuador.

- WEISE H. JOHN, Manual de Reparación y Mantenimiento. Editorial Océano, 2000. España.
- CASTRO MIGUEL, Manual del Automóvil. Editorial CEAC, 2003. Barcelona, España.
- <http://www.tdx.cesca.es>.
- <http://www.redtecnicautomotriz.com/Recorrido/Articulos/Setiembre01.asp>
- <http://html.rincondelvago.com/sensores-electricos.html=todos>
- [http://html.rincondelvago.com/sistema-de-combustible-computarizado.html=todo mm](http://html.rincondelvago.com/sistema-de-combustible-computarizado.html=todo%20mm)
- <http://html.mecanicavirtual.com>
- <http://html.automecánico.com>
- <http://www.automecanico.com/auto2012/esqvw1.html>

- <http://www.autocity.com/documentos/tecnicos/index.html?cat=3&codigoDoc=91>
- <http://www.autocity.com/manuales-reparacion/index.html?nivelAcceso=2&codigo=9&cat>
- <http://www.solargen.com.ar/dibujos/Magneti%20Marelli%20IAW.gif>
- <http://www.solargen.com.ar/>

ANEXOS

Latacunga, Octubre de 2006

ELABORADO POR:

SR. JORGE XAVIER JÁCOME ÁLVAREZ

SR. FRANCISCO JAVIER RIVAS ASCÁZUBI

EL DIRECTOR DE CARRERA

ING. GERMÁN ERAZO

EL SECRETARIO ACADEMICO

AB. EDUARDO VAZQUEZ ALCAZAR

