



Universidad Técnica del Norte

Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Tema: Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 Diésel.

Plan de trabajo de grado previo a la obtención del título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz

Autores

Carapaz Cuasapaz Milton Fausto

Vizcaíno Escobar Cristian Norman

Director

MSc: Carlos Mafla

Ibarra, 2015

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología.

### **CERTIFICO:**

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “**ELABORACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA COMMONRAIL DE UN MOTOR MAZDA BT-50 DIÉSEL.**” presentado por los señores: CARAPAZ CUASAPAZ MILTON FAUSTO con número de cédula 0401771514 y VIZCAÍNO ESCOBAR CRISTIAN NORMAN con número de cédula 0401746391, doy fe de que dicho trabajo, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación pública y evaluación por parte del tribunal que se designe.

Es todo cuanto puedo certificar por ser justo y legal.



**Msc. Carlos Mafla**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado va dedicado con mucho cariño a mis padres Milton y Alicia quienes cada día de mi vida me brindaron su apoyo incondicional, su comprensión, su cariño, para guiarme por el mejor camino, brindándome su amor en los buenos y malos momentos, sacrificándose día a día para ayudarme a conseguir esta nueva meta.

A mi hijo Milton Patricio, quien con su cariño y su tierna sonrisa, es la inspiración de mi vida y la fortaleza para seguir adelante.

A mi Esposa Patricia que con su amor y su confianza me ayuda a resolver mis problemas de una forma especial.

A mis abuelitos Daniel y Zoila quienes todos los días me dan sus sabios consejos para ser una persona de bien.

A mi hermano Carlos Emilio quien me apoya y me ayuda con todo lo que está a su alcance, con su buena voluntad y su amor de trabajar para poder superarnos cada día.

A mis hermanas Graciela y Daniela que siempre creyeron en mí, con su forma de ser y su sinceridad.

A mi sobrino Leandro que con su inocencia y ternura llena de felicidad mi corazón.

A mis amigos y compañeros, por compartirme sus alegrías, sus experiencias y permitirme ser parte de ellos.

Finalmente a todas las personas que de una u otra manera llegaron a mi vida brindándome un poco de su personalidad para formarme más y ser mejor.

**CARAPAZ CUASAPAZ MILTON FAUSTO**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado lo dedico a mi madre Silvana, quien supo guiarme por el camino del bien con amor y cariño, por todo el apoyo que me ha brindado desde que yo era niño, por estar siempre pendiente de mí en todo momento en los momentos buenos y también en los malos a ella que aparte de ser mi madre también fue mi padre a ella que con su sacrificio y constancia ha logrado hacer de mí el hombre que soy ahora.

A mi hija Danna quien fue mi motivo de inspiración para que yo culmine mi carrera para poder darle un futuro lleno de felicidad.

A Lore madre de mi hija quien estuvo conmigo siempre, que con sus llamadas alegraba mis días mientras estábamos alejados, y me daba fuerzas para poder seguir.

A mi hermana Lorena que con sus consejos me apoyaba siempre en los momentos cuando me sentía solo.

A mis abuelitos Humberto y Luz quienes me vieron crecer y siempre se preocuparon por mí, aun cuando yo no estaba.

A mis tíos, Cesar, Silvio, Cástulo y Darío por sus consejos y por todo el apoyo que le brindaron a mi madre para yo poder terminar esta meta.

A mi tío Nelson y a Carmita quienes ayudaron a mi madre con el hogar mientras duró mi tiempo de estudio.

Por último dedico este trabajo a todos mis familiares quienes estuvieron conmigo siempre y nunca dejaron de creer y confiar en mí.

**VIZCAÍNO ESCOBAR CRISTIAN NORMAN**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por habernos dado la fortaleza para culminar nuestros estudios

A la Universidad Técnica del Norte por habernos abierto sus puertas para poder iniciar con nuestros estudios

A la Facultad De Educación Ciencia Y Tecnología (FECYT) y a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por permitirnos culminar esta prestigiosa carrera.

A todos los docentes que nos compartieron sus conocimientos para formarnos académicamente y poder ser unos profesionales capaces en el campo automotriz.

Al Magister Carlos Mafla director de tesis ya que con su apoyo y constancia pudimos culminar este trabajo de grado de una manera excelente y que será en beneficio para los compañeros venideros.

**CARAPAZ CUASAPAZ MILTON FAUSTO  
VIZCAÍNO ESCOBAR CRISTIAN NORMAN**

# ÍNDICE

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	i
DEDICATORIA .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE .....	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.- Problema de Investigación.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación Temporal y Espacial .....	2
1.4.1 Temporal.....	2
1.4.2 Espacial.....	2
1.5Objetivos.....	2
1.5.1 Objetivo General.....	2
1.5.2 Objetivos Específicos .....	2
1.6 Justificación.....	3
CAPÍTULO II .....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Fundamentación teórica.....	4
2.2 Historia del desarrollo del sistema CRDi. ....	4
2.3 Comparación del sistema CRDi con respecto a los convencionales .....	6
Figura 2. Desarrollo de presión de inyección .....	7
2.3.1 Inyección previa.....	7
2.3.2 Inyección principal. ....	7
2.3.3 Inyección posterior. ....	8
2.4 Ventajas del sistema de inyección CRDi.....	9
2.5 Función del sistema CRDi.....	9
2.5.1 Funciones básicas. ....	9
2.5.2 Funciones adicionales. ....	9
2.6 Subsistemas del CRDi .....	10
2.6.1 Circuito de baja presión. ....	10
2.6.2 Circuito de alta presión. ....	12
2.7 Control del sistema con ECM.....	16
2.7.1 Sensores .....	16
2.7.2 Actuadores .....	25
2.7.3 Unidad de control.....	29
2.8 Glosario de Términos. ....	35
CAPÍTULO III.....	37
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.1Tipo de investigación. ....	37
3.1.1 Investigación bibliográfica. ....	37
3.1.2 Investigación tecnológica .....	37
3.2 Métodos. ....	37
3.2.1 Método deductivo. ....	37

3.2.2 Método de análisis.....	38
3.2.3 Método de síntesis.....	38
3.3 Técnicas e instrumentos.....	38
3.3.1 La entrevista.....	38
3.3.2 La observación.....	38
3.3.3 Instrumentos.....	38
CAPÍTULO IV.....	39
4. Propuesta Alternativa.....	39
4.1 Fundamentación.....	39
4.2 Diagnóstico de sensores del motor Mazda BT50 CRDi.....	39
4.2.1 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT).....	39
4.2.2 Sensor de temperatura de combustible (EFT).....	47
4.2.3 Sensor de posición del pedal del acelerador (APP).....	55
4.2.4 Sensor de presión del riel de combustible (FRP).....	61
4.2.5 Sensor de caudal y temperatura del aire (MAF y IAT).....	66
4.2.6 Sensor de presión absoluta (MAP y IAT).....	74
4.2.7 Sensor de posición del cigüeñal (CKP).....	80
4.2.8 Sensor de posición del árbol de levas (CMP).....	87
4.2.9 Sensor de altitud (Barométrico).....	93
4.3 Diagnóstico actuadores motor Mazda BT50 CRDi.....	94
4.3.1 Bujías de precalentamiento.....	94
4.3.2 Inyectores.....	98
4.3.3 Válvula de solenoide de vacío.....	108
CAPÍTULO V.....	111
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	111
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXOS.....	114

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Sistema MULTIJET y UNIJET.....	6
Figura 2. Desarrollo de presión de inyección.....	7
Figura 3. Inyección previa y principal.....	8
Figura 4. Comparación presión de inyección.....	8
Figura 5. Circuito de baja presión.....	10
Figura 6. Bomba eléctrica.....	11
Figura 7. Filtro de combustible con separador de agua.....	12
Figura 8. Circuito de alta presión.....	13
Figura 9. Bomba de alta presión.....	14
Figura 10. Acumulador de alta presión.....	14
Figura 11. Inyectores electrónicos.....	15
Figura 12. Tuberías de alta presión.....	16
Figura 13. Componentes gestión electrónica diésel.....	16
Figura 14. Sensor de temperatura.....	17
Figura 15. Disposición sensor de temperatura refrigerante.....	17
Figura 16. Disposición del sensor.....	18
Figura 17. Disposición sensor presión del riel.....	19

Figura 18. Sensor de temperatura del combustible .....	20
Figura 19. Disposición sensor de presión atmosférica.....	20
Figura 20. Disposición interruptor del pedal de embrague .....	21
Figura 21. Disposición interruptor pedal de freno .....	22
Figura 22. Disposición sensor MAF .....	23
Figura 23. Disposición sensor posición del cigüeñal .....	23
Figura 24. Disposición sensor de posición del árbol de levas.....	24
Figura 25. Disposición sensor de presión del turbo alimentador. ....	25
Figura 26. Válvula EGR.....	26
Figura 27. Disposición válvula de control de mariposa EGR.....	26
Figura 28. Disposición válvula de control de la presión del riel.....	27
Figura 29. Disposición bujías de incandescentes.....	28
Figura 30. Disposición inyector .....	29
Figura 31. Estructura de una unidad de control .....	32
Figura 32. Procesamiento de señales en la unidad de control.....	34
Figura 33 Sensor de temperatura del refrigerante .....	39
Figura 34 Terminales del conector ECT. ....	40
Figura 35. Comprobación de resistencia sensor ECT .....	41
Figura 36. Sensor ECT .....	42
Figura 37. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor ECT .....	43
Figura 38. Medición del voltaje del cable señal del sensor ECT .....	43
Figura 39. Medición alimentación sensor ECT.....	45
Figura 40. Curva del sensor ECT en ralentí.....	45
Figura 41. Curva del sensor ECT acelerado.....	46
Figura 42. Código de falla del sensor ECT .....	47
Figura 43. Sensor EFT .....	48
Figura 44. Terminales sensor EFT .....	49
Figura 45. Comprobación de resistencia sensor EFT.....	50
Figura 46. Medición del voltaje cable alimentación del sensor EFT .....	51
Figura 47. Prueba de alimentación del sensor EFT.....	52
Figura 48. Curva sensor EFT en temperatura ambiente.....	53
Figura 49. Curva del sensor EFT acelerado .....	54
Figura 50. Código de falla del sensor EFT .....	54
Figura 51. Sensor de posición del pedal del acelerador (APP).....	55
Figura 53. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor APP .....	57
Figura 52. Terminales del sensor APP.....	57
Figura 54. Medición del voltaje del cable señal del sensor APP .....	58
Figura 55. Medición del voltaje del cable señal del sensor APP .....	58
Figura 56. Prueba de control de alimentación.....	60
Figura 57. Curva del sensor APP .....	60
Figura 59. Sensor presión del riel de combustible FRP .....	61
Figura 58. Código de falla del sensor APP .....	61
Figura 60. Terminales del conector, sensor FRP .....	62
Figura 61. Medición del voltaje del cable señal del sensor FRP .....	63

Figura 62. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor FRP .....	64
Figura 63. Curva del sensor FRP .....	65
Figura 64. Código de falla del sensor FRP .....	66
Figura 65. Sensor MAF y IAT .....	66
Figura 66. Terminales sensor MAF y IAT .....	67
Figura 67. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor MAF.....	68
Figura 68. Medición del voltaje del cable señal del sensor MAF .....	69
Figura 69. Prueba de alimentación del sensor MAF .....	70
Figura 70. Curva del sensor MAF ralentí.....	70
Figura 71. Curva del sensor MAF acelerado .....	71
Figura 72. Medición del voltaje en el sensor IAT .....	72
Figura 73. Medición del voltaje en el sensor IAT .....	72
Figura 74. Prueba de control de alimentación.....	73
Figura 75. Código de falla sensor MAF.....	74
Figura 76. Sensor MAP .....	74
Figura 77. Terminales conector MAP .....	75
Figura 78. Voltaje señal .....	76
Figura 79. Voltaje alimentación.....	77
Figura 80. Voltaje alimentación.....	78
Figura 81. Voltaje señal .....	78
Figura 82. Código de falla sensor MAP .....	80
Figura 83. Sensor CKP.....	80
Figura 84. Conectores sensor CKP .....	81
Figura 85. Medición resistencia sensor CKP .....	82
Figura 86. Voltaje señal .....	83
Figura 87. Voltaje alimentación.....	84
Figura 88. Medición de frecuencia CKP .....	86
Figura 89. Curva del sensor CKP.....	86
Figura 90. Código de falla del sensor CKP .....	87
Figura 91. Sensor CMP .....	87
Figura 92. Terminales del sensor CMP .....	88
Figura 93. Medición de frecuencia CMP .....	89
Figura 94. Voltaje señal .....	90
Figura 95. Voltaje alimentación.....	91
Figura 96. Curva del sensor CMP .....	92
Figura 97. Código de falla sensor CMP .....	92
Figura 98. Sensor de altitud (BAROMÉTRICO).....	93
Figura 99. Bujía de precalentamiento .....	94
Figura 100. Tiempo de encendido de la bujía de pre calentamiento.....	95
Figura 101. Terminales del conector de las bujías de pre calentamiento.....	95
Figura 103. Fusible de las bujías de pre calentamiento .....	96
Figura 102. Luz de las bujías en el tablero.....	96
Figura 104. Prueba de bujía con tensión directa desde la batería .....	97
Figura 105. Bujía de precalentamiento .....	97

Figura 106. Prueba de resistencia de la bujía de precalentamiento.....	97
Figura 107. Inyectores CRDi .....	98
Figura 108. Terminal inyectores .....	102
Figura 109. Medición de resistencia Inyector .....	103
Figura 110. Curva del inyector N° 1 .....	104
Figura 111. Curva inyector N° 2.....	104
Figura 112. Curva del inyector N° 3 .....	105
Figura 113. Curva del inyector N° 4.....	106
Figura 114. Código de falla del inyector N° 1 .....	106
Figura 115. Código de falla del inyector N° 2 .....	107
Figura 116. Código de falla del inyector N° 3 .....	107
Figura 117. Código de falla del inyector N° 4 .....	107
Figura 118. Válvula del solenoide de vacío .....	108
Figura 119. Voltaje válvula solenoide cable amarillo negro.....	109
Figura 120. Voltaje válvula solenoide cable blanco .....	109
Figura 121. Código de falla de la válvula de solenoide .....	110

## ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1. Temperatura / Resistencia del sensor ECT .....	42
Gráfico2. Voltaje / Temperatura del cable de Señal del sensor ECT.....	44
Gráfico 3. Temperatura / Resistencia del sensor EFT.....	50
Gráfico4. Voltaje / Temperatura del cable de alimentación del sensor EFT .....	52
Gráfico 5. Voltaje / RPM del cable señal del sensor APP .....	59
Gráfico6. Voltaje / RPM del cable señal del sensor FRP .....	64
Gráfico7. Parámetros de funcionamiento Sensor MAF .....	67
Gráfico8. Voltaje / Temperatura del cable señal del sensor MAF.....	69
Gráfico9. Voltaje / Temperatura del cable señal del sensor IAT.....	72
Gráfico10. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor MAP .....	75
Gráfico11. Voltaje / RPM del cable señal del sensor MAP .....	77
Gráfico12. Voltaje / RPM del cable señal del sensor IAT .....	79
Gráfico13. Resistencia / RPM del sensor CKP .....	82
Gráfico14. Voltaje / RPM del cable señal del sensor CKP .....	84
Gráfico15. Voltaje / RPM del cable alimentación del sensor CKP .....	85
Gráfico16. Voltaje / RPM del cable señal del sensor CMP .....	90
Gráfico17. Alimentación inyector 1.....	99
Gráfico18. Alimentación inyector 2.....	100
Gráfico19. Voltaje de cable de señal.....	101
Gráfico20. Voltaje de alimentación .....	101
Gráfico21. Voltaje cable señal .....	102

## ÍNDICE TABLA

Tabla 1 Parámetros de funcionamiento óptimo .....	40
Tabla 2. Funcionamiento sensor ECT.....	41
Tabla 3. Voltaje de los cables del sensor ECT.....	43
Tabla 4. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor EFT .....	48
Tabla 5. Terminales sensor EFT .....	49
Tabla 6. Temperatura / Resistencia del sensor EFT .....	50
Tabla 7. Voltaje / Temperatura del cable de alimentación del sensor EFT .....	51
Tabla 8. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor APP.....	56
Tabla 9. Terminales del sensor APP .....	57
Tabla 10. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor APP .....	58
Tabla 11. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor FRP .....	62
Tabla 12. Terminales del conector, sensor FRP.....	63
Tabla 13. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor FRP.....	63
Tabla 14. Terminales sensor MAF.....	68
Tabla 15. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor MAF .....	69
Tabla 16. Voltaje sensor IAT .....	71
Tabla 17. Terminales conector MAP .....	75
Tabla 18. Datos de voltajes en los cables del sensor MAP .....	76
Tabla 19. Funcionamiento óptimo del sensor IAT.....	78
Tabla 20. Conectores sensor CKP.....	81
Tabla 21. Voltajes de los cables del sensor CKP .....	83
Tabla 22. Terminales sensor CMP .....	88
Tabla 23. Voltajes de los cables del sensor CMP .....	90
Tabla 24. Parámetros de funcionamiento bujías de pre calentamiento.....	94
Tabla 25. Voltajes de los cables del inyector N° 1 .....	99
Tabla 26. Voltajes alimentación inyector N° 2 .....	99
Tabla 27. Voltajes de alimentación del inyector N° 3 .....	100
Tabla 28. Voltajes de los cables del inyector N° 4 .....	102
Tabla 29. Voltajes de los cables de la válvula de solenoide .....	108

## RESUMEN

La presente investigación se trata sobre la elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor diésel de la camioneta Mazda BT-50 con la finalidad de implementar material didáctico, ya que los vehículos a diésel tienen una alta demanda en la actualidad por su gran eficiencia, menor consumo de combustible y producen menor emisiones de gases que los vehículos a gasolina. La maqueta didáctica del sistema electrónico Common Rail ayudará a mejorar el análisis y estudio sobre cada una de las partes de las que consta el motor de inyección electrónica Common Rail de la Mazda BT – 50 diésel. En el depósito de combustible está almacenado el combustible a baja presión, la bomba de baja presión toma el combustible del depósito, mediante las cañerías pasa por el filtro el cual retiene las impurezas del combustible, después es enviado a una segunda bomba que es la bomba de alta presión que está accionada por el cigüeñal del motor, envía el combustible al Rail común para luego ir a los inyectores a una presión de 1500 y 2000 bar, solamente una parte de este combustible se inyecta al motor y el resto vuelve al depósito de combustible, el combustible que vuelve al depósito se controlará con el limitador de presión. La ventaja de este sistema es que permite controlar electrónicamente el suministro de combustible, con lo que se conseguirá obtener una mezcla estequiométrica, para la óptima combustión, esto genera un menor consumo de combustible y nos produce un mejor rendimiento del motor, evacuando menor cantidad de gases y contaminando menos el ambiente. El objetivo de la investigación es complementar la preparación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, con una maqueta didáctica sobre este sistema Common Rail.

## **ABSTRACT**

This research is on the development of an educational model of electronic injection common rail of a diesel truck engine Mazda BT-50 in order to implement educational materials, since diesel vehicles are in high demand in the today for its high efficiency, lower fuel consumption and produce less greenhouse gas emissions than gasoline vehicles. The didactic model of the electronic Common Rail system will help improve the analysis and study of each of the parties that comprise the engine electronic common rail injection of the Mazda BT - 50 diesel. In the fuel tank the low pressure fuel is stored, the low pressure pump takes fuel from the tank through pipes passing through the filter which retains the impurities in the fuel, then is sent to a second pump is the pump high pressure which is driven by the engine crankshaft, sends the fuel to the common rail and then go to the injectors at a pressure of 1500 to 2000 bar, only a part of this fuel is injected to the motor and the rest returns to the tank fuel, the fuel returning to the tank is controlled by the pressure limiter. The advantage of this system is that electronically controlling the fuel supply, which will be achieved to obtain a stoichiometric mixture for optimum combustion, it generates a reduced fuel consumption and gives us a better engine performance, evacuating fewest less gas and pollute the environment. The objective of the research is to complement the training of students of Engineering in Automotive Maintenance of the Universidad Técnica del Norte, with a didactic model for this system Common Rail

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado tiene la misión de capacitar a los estudiantes y a los lectores de cómo realizar el diagnóstico a motores diésel Common Rail Mazda BT-50, ya que con este sistema de inyección se cuenta en la mayoría de vehículos.

El problema de investigación es donde se observa la importancia de realizar el diagnóstico de motores diésel electrónico, donde se planteó los objetivos, los cuales se logró cumplir dando a conocer el procedimiento de diagnóstico y simulación de fallas.

Marco teórico es donde se investiga el funcionamiento y las características de los diversos componentes del sistema electrónico como son los sensores, actuadores y la ECM. Es de vital importancia mencionar la gestión electrónica para tener un buen entendimiento del sistema.

La metodología de investigación se realiza por medio de investigación bibliográfica y tecnológica para conocer el correcto funcionamiento de los parámetros de los elementos electrónicos, se utiliza el método de mediciones para conocer los valores reales de los sensores y actuadores.

El diagnóstico se realiza en el motor Mazda BT 50 a diésel donde se conoce los valores de funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores y se realiza un análisis de los datos obtenidos para comparar con los parámetros de funcionamiento teórico, por medio de multímetro, osciloscopio y escáner. Se realizó un banco de simulación de fallas en el motor para que los estudiantes puedan tener fallas reales de los componentes del motor y puedan poner en práctica lo aprendido en el aula.

# CAPÍTULO I

## 1.- Problema de Investigación

### 1.1 Antecedentes

En la presente investigación se realizará un estudio del sistema electrónico de un motor diésel, los cuales actualmente son los más utilizados por el liderazgo en ventas esto se debe a que han generado en una manera notable su eficiencia su menor consumo de combustible y por ende una menor contaminación para disminuir el impacto ambiental.

En la actualidad los motores diésel han ido evolucionando notablemente con nuevos sistemas que están innovando el parque automotor y la electrónica esta inmiscuida en su totalidad con sistemas cada vez más complejos.

La mayoría de los sistemas electrónicos se está desarrollando en los motores diésel como es el caso de un motor Mazda Bt-50 que posee este sistema. Por tal motivo se ha previsto la elaboración de una maqueta didáctica del sistema electrónico de un motor diésel, la cual ayudará a la formación de nuevos profesionales que estén capacitados para poder resolver todos los problemas y fallas electrónicas que tenga este tipo de motores.

#### Sistema Electrónico de motor diésel Common Rail

El sistema electrónico Common Rail garantiza una presión de inyección estable en todo momento, incluso con un régimen del motor bajo, y se disminuye drásticamente la cantidad de humo negro que emiten normalmente los motores diésel en el arranque y en la aceleración. Como consecuencia, las emisiones de gases de escape son menores y más limpias, a la vez que se consigue un mejor rendimiento

### 1.2 Planteamiento del Problema

Los motores diésel en la actualidad poseen una tecnología electrónica de alto nivel, y es necesario que los ingenieros automotrices estén suficientemente preparados y capacitados para que tengan un conocimiento íntegro del funcionamiento electrónico de estos motores, ya que este tipo de vehículos

necesitan una mano de obra calificada para poder dar un buen mantenimiento a los vehículos que poseen este sistema.

La Universidad Técnica del Norte cuenta con la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, la carrera está encaminada a investigar y elaborar fuentes de información didáctica del sistema electrónico del motor diésel, es por esto que se ha visto la necesidad de implementar a la carrera una maqueta didáctica de este sistema para que los futuros profesionales puedan desenvolverse en cualquier ámbito a nivel profesional.

### **1.3 Formulación del problema**

¿La cantidad de vehículos que traen este sistema está en crecimiento y está ocupando la mayoría del parque automotor y no existe el personal suficientemente preparado que esté en la capacidad de poder resolver los problemas que se presentan a diario en este tipo de sistemas?

### **1.4 Delimitación Temporal y Espacial**

#### **1.4.1 Temporal**

Este proyecto se llevará a cabo desde la segunda semana del mes de diciembre del año 2014 hasta el mes de abril del año 2015.

#### **1.4.2 Espacial**

La presente investigación se desarrollará en la ciudad de Ibarra en los talleres de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Elaborar una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 diésel.

#### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Implementar un motor con sistema de inyección electrónica Common Rail diésel en los talleres de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

- Investigar los parámetros de funcionamiento del sistema de inyección electrónica del motor Common Rail diésel.
- Realizar la simulación de fallas en los sensores y actuadores de un motor Common Rail diésel.
- Elaborar guías didácticas del sistema electrónico del motor de inyección electrónica Common Rail diésel.

## **1.6 Justificación**

El motivo de esta investigación es sobre el sistema electrónico del motor Mazda BT-50 diésel, es con la finalidad de aportar al desarrollo de la educación con nuevas tecnologías para mejorar la preparación de nuestros compañeros de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz ya que la innovación automotriz cada vez es más compleja la tecnología avanza notablemente y la formación profesional debe estar al nivel de los avances tecnológicos que se dan a diario, para poder brindar una mano de obra calificada y garantizada a la ciudadanía, por tal razón se aportará con una maqueta didáctica de este sistema.

Con la ejecución de este proyecto se ayudará a fortalecer la información y conocimientos de estos nuevos sistemas que ocupan la mayor parte del parque automotor, por tal motivo la investigación que se realizará va a ser de gran ayuda para los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Para poder realizar este proyecto se va a adquirir un motor Mazda BT-50 diésel año 2013 para realizar todos los estudios necesarios con la única finalidad de que nuestra carrera se vaya relacionando con estos nuevos sistemas y a la vez familiarizándose con los avances tecnológicos en el mundo automotriz.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Fundamentación teórica

Los sistemas de motor de combustión interna o motores que quemen combustibles fósiles tienen solo un 35% de aprovechamiento de la energía y el 65% se pierde en calor en el motor, producido por pérdidas de fricción, rozamiento. La tecnología cada vez obliga que el diseño de los motores sea más óptimo, como lo ha venido siendo el motor a diésel con sistema Common Rail.

#### 2.2 Historia del desarrollo del sistema CRDi.

Common Rail dio sus inicios gracias a la marca Fiat, fue la pionera en la aplicación de este sistema de inyección en los motores diésel con inyección directa. Croma TDi es el primer vehículo que contó con inyección directa en 1986 y fue la primera innovación en los motores diésel logrado así ser más eficientes.

Con este tipo de motores que en poco tiempo se expandieron con otros fabricantes, por lo cual estos vehículos prestaban mayores prestaciones y menor consumo de combustible y por ende disminuyendo la emisión de gases de escape. Pero aún quedaba un problema que era el exagerado ruido que provocaba el propulsor a bajo régimen de giro del motor.

Para solucionar este problema se creó el sistema UNIJET, que consistía en la inyección directa más eficiente, logrando así disminuir el ruido del motor, mejorando la autonomía de los vehículos diésel.

El grupo Fiat se decidió por la segunda opción, buscando los principios del Common Rail, descartando esquemas de inyección de alta presión ya que estos sistemas no permitían controlar las presiones dependiendo del número de revoluciones, tampoco permitía las preinyecciones.

En la Universidad de Zúrich se investigó un sistema que no había sido implementado en automóviles era un trabajo ingenioso. Se estableció en la introducción del diésel en un depósito para lograr generar presión dentro del

depósito convirtiéndose en un acumulador, que contenga el diésel a una presión disponible rápidamente.

Magnetti Marelli en 1990 inició con la fabricación de UNIJET, en el centro de investigación de Fiat sobre el Common Rail. Lo que terminó en 1994 cuando Fiat se unió a Bosch para la parte final del trabajo, el cual concluyó el desarrollo y la industrialización de este nuevo sistema de inyección de motores diésel.

En 1997 salió al mercado el Alfa 156 JTD equipado con un motor turbo diésel que dio resultados positivos para la marca. Los vehículos equipados con este motor son silenciosos, tiene una respuesta contrastada, aumentaron las prestaciones en un 12%, además una reducción de combustible en un 15%. Al ver su éxito la marca Fiat implementó este motor a varios vehículos y de igual manera otros fabricantes con motores similares.

El principio de la evolución de los motores JTD fue: En los motores con sistema Common Rail (UNIJET), cuenta con dos tipos de inyecciones: Preinyección que eleva la temperatura y la presión en la cámara y la inyección principal que permite una combustión gradual y por ende un motor más silencioso.

El sistema Common Rail tiene la ventaja que contrala a los inyectores electrónicamente durante los ciclos de funcionamiento del motor. Logrando que la cantidad de combustible quemada en la cámara sea la misma, con la diferencia que se dosifican en más partes, consiguiendo una combustión más eficiente. La evolución de MULTIJET es el diseño de la unidad de control de los inyectores que permiten realizar una serie de inyecciones seguidas, esto ayuda a controlar las presiones y temperatura en la cámara de combustión y un mejor llenado de aire en los cilindros.

Con la introducción de las normas EURO 4 y EOBD, se implantó una reducción de las emisiones de gases de escape y del consumo de combustible, logrando así desarrollar nuevas innovaciones al sistema Common Rail.

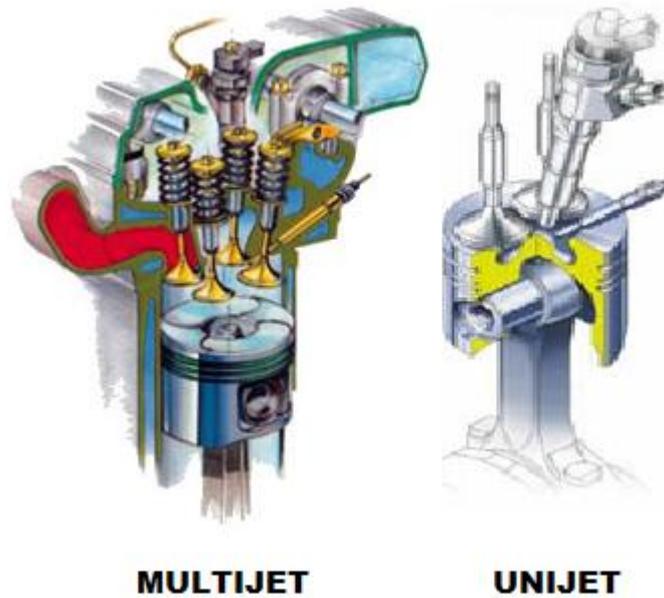


Figura 1. Sistema MULTIJET y UNIJET

Fuente.(Meganeboy, 2014)

### 2.3 Comparación del sistema CRDi con respecto a los convencionales

Los sistemas convencionales como son Bombas lineales y Rotativas, generan la presión, la entrega de combustible y la distribución en el mismo sistema por lo que provoca inconvenientes como es que la presión de inyección aumenta junto con el régimen del motor y el caudal de inyección. Teniendo como consecuencia:

- Caudales de inyección pequeños, presiones bajas.
- La presión principal es el doble que la media
- La inyección se genera alrededor de un triángulo como se indica en la Figura 2.

El sistema Common Rail no cuenta con estos inconvenientes ya que la presión la genera en forma separada de la entrega e inyección de combustible, con esto se logra una presión constante que no depende del régimen del motor. De igual manera el avance de inyección o retraso es mayor, lo que ocasiona que estos motores desarrollen su potencia en todas las revoluciones. El sistema Common Rail cuenta con tres tipos de inyecciones:

- Inyección previa
- Inyección principal
- Inyección posterior

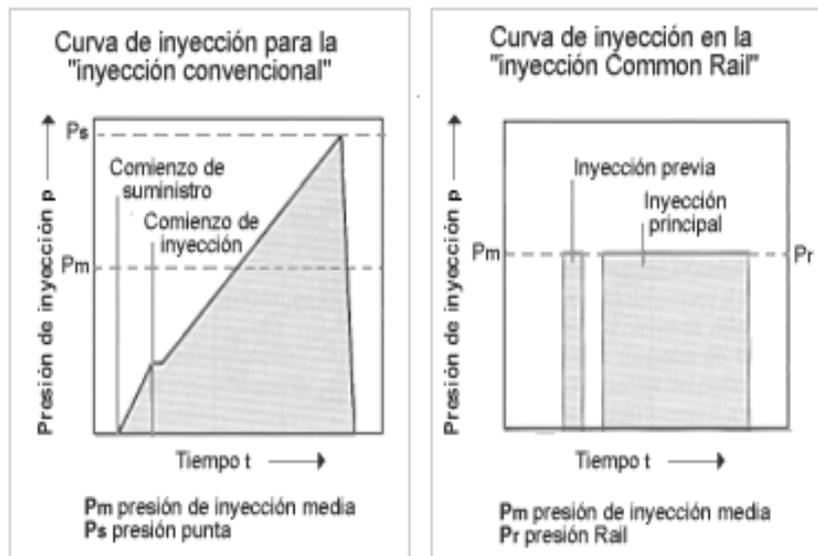


Figura 2. Desarrollo de presión de inyección

Fuente. (Arpem, 2014)

### 2.3.1 Inyección previa.

Aporta a la cámara una pequeña cantidad de combustible de 1 a 4 mm<sup>3</sup>, logrando en el cilindro condiciones óptimas para la combustión mejorando su rendimiento obteniendo los siguientes efectos:

- Aumenta la presión
- Disminuye el encendido de la inyección principal

Reduciendo el ruido de la combustión, el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape.

### 2.3.2 Inyección principal.

Se dota de la cantidad necesaria de combustible requerido para el trabajo del motor. Controla la generación del par del motor, teniendo así una presión constante, como se indica en la figura 3.

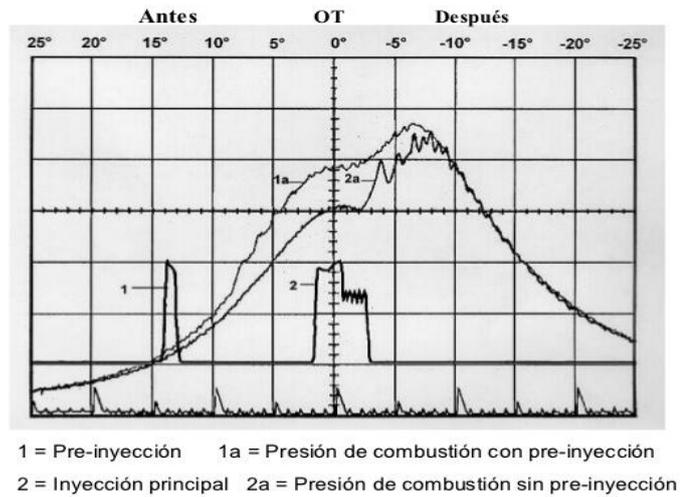


Figura 3. Inyección previa y principal.

Fuente. (Bruzos, Sabelotodo, 2013)

### 2.3.3 Inyección posterior.

En el proceso de la expansión ingresa una pequeña cantidad de combustible, este no se quema se evapora por la temperatura a la que se encuentra la cámara y sale por las válvulas de escape. Esto se produce por la recirculación de gases de escape, ya que, al unirse el combustible con los gases de escape se logra disminuir los óxidos de nitrógeno.

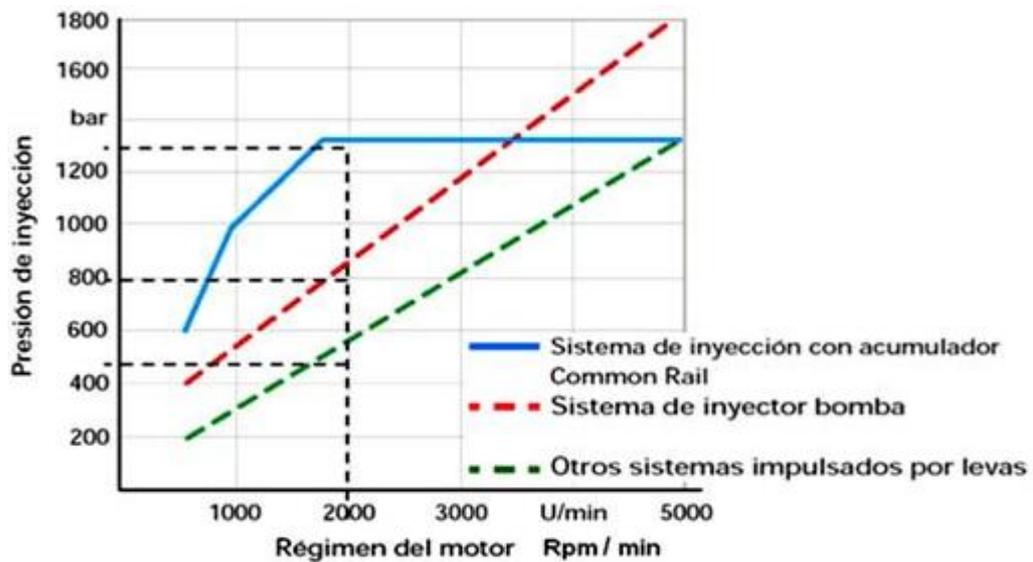


Figura 4. Comparación presión de inyección

Fuente. (Bosch, 2010)

## **2.4 Ventajas del sistema de inyección CRDi.**

Mejora el desempeño y disminuye el consumo de combustible.

- Es controlado por la ECM, para tener una combustión eficiente.

Disminuye las emisiones de gases de escape y los ruidos generados por el motor.

- Contribuye a la conservación del ambiente
- Inyección directa
- Inyección piloto

## **2.5 Función del sistema CRDi.**

Este sistema de inyección puede adaptarse al funcionamiento del motor, en comparación con los sistemas convencionales que son los propulsados por levas. La presión se forma de manera autónoma a las revoluciones del motor. El combustible se almacenará a presiones elevadas en el acumulador.

En este sistema el caudal de inyección es controlado por el conductor, la ECM recibe esta señal y computa a partir de su memoria interna, para manejar las presiones de inyección en cada cilindro. También permite controlar el avance del tiempo, flujo por medio del control de la combustión.

### **2.5.1 Funciones básicas.**

Controlan electrónicamente la inyección del combustible en el momento preciso y con el caudal y presión adecuada para el funcionamiento del motor.

### **2.5.2 Funciones adicionales.**

Reducen las emisiones de gases de escape y por ende el consumo de combustible, aumenta la seguridad y confort del motor. Algunos ejemplos de estas funciones son: la retroalimentación de gases de escape (sistema EGR), la regulación de la presión turbo, la regulación de la velocidad de marcha, el inmovilizador electrónico de arranque.

El sistema CAN-BUS provoca el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo. La interfaz de diagnóstico realiza la inspección del vehículo, la valoración de los datos del sistema almacenado en memoria.

## 2.6 Subsistemas del CRDi

### 2.6.1 Circuito de baja presión.

Por medio de una bomba eléctrica en la mayoría de sistemas CRDi, aspira el combustible desde el depósito, consiguiendo que circule por todo el sistema. En todo sistema se encuentran los pre filtros que purifican el combustible para mantener en buen estado los componentes del sistema.

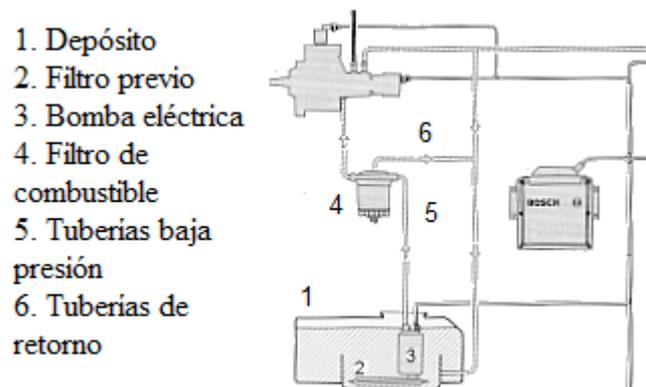


Figura 5. Circuito de baja presión

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### *Depósito*

La característica principal del depósito de combustible es que son fabricados de termoplásticos eliminando la corrosión, de igual manera son herméticos y soportan presiones de retorno. Cuentan con válvulas de seguridad para desechar las sobrepresiones.

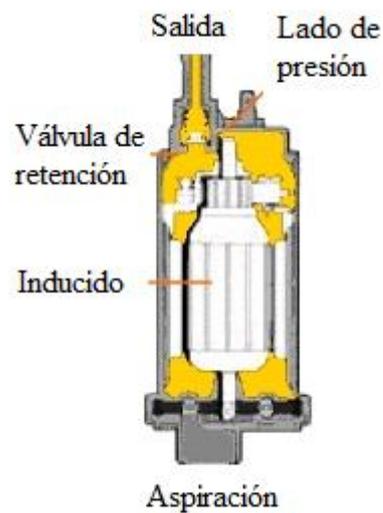
Los depósitos también cuentan con seguridad, ya que el combustible no debe salir por la boca de llenado, así el vehículo estuviese inclinado que puede ser por condiciones de la carretera o choques. Deben estar alejados del motor para que en caso de accidente no se produzca la inflamación del combustible.

### ***Tuberías de combustible en la parte de baja presión.***

Estas pueden ser de acero y tubería flexible con armadura de acero que no sea inflamable. Deben soportar las presiones y evitar la acumulación del combustible en el sistema que no sea el depósito.

### ***Bomba eléctrica***

Se encarga que el combustible circule por el sistema hasta llegar a la bomba de alta presión, como se puede observar en la figura 6.



*Figura 6. Bomba eléctrica*

Fuente. (CATSA, 2012)

### ***Filtro de Combustible***

Es el encargado de purificar el combustible, evitar que partículas extrañas ingresen al sistema de inyección. Si no se cuenta con filtros se puede deteriorar los componentes del sistema y del motor. Como se puede observar en la figura 6.

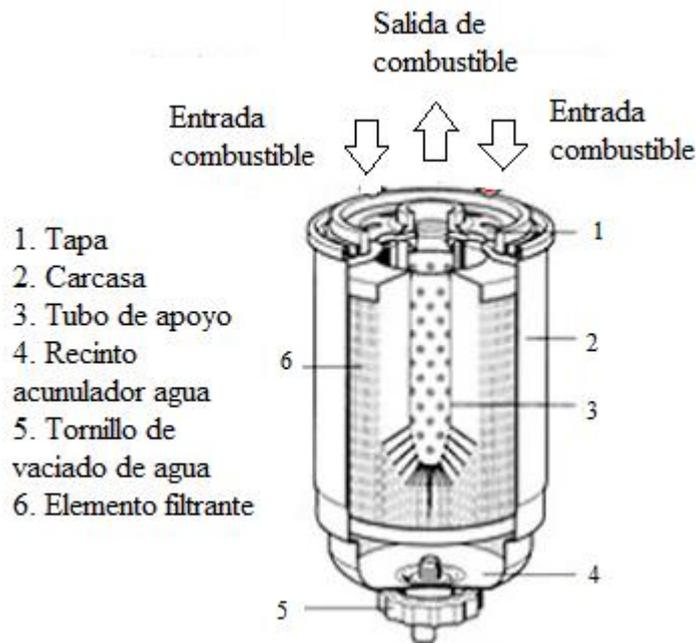


Figura 7. Filtro de combustible con separador de agua

Fuente. (Acosta, 2012)

## 2.6.2 Circuito de alta presión.

### *Acumula y crea alta presión.*

Eleva la presión del combustible y lo acumula en la riel llegando a tener presiones altas dependiendo del sistema con el que cuente el motor. En la inyección el combustible se encuentra en una presión constante en la riel, controlada por la ECM para que dicha presión no se eleve, se cuenta con una válvula.

### *Registro dinámico en la presión del riel.*

La válvula de presión que es controlada por la ECM, ya que está registra la presión interna dejando escapar el exceso de presión. Esto lo hace por medio de los sensores que mantienen informada a la ECM de las presiones existentes.

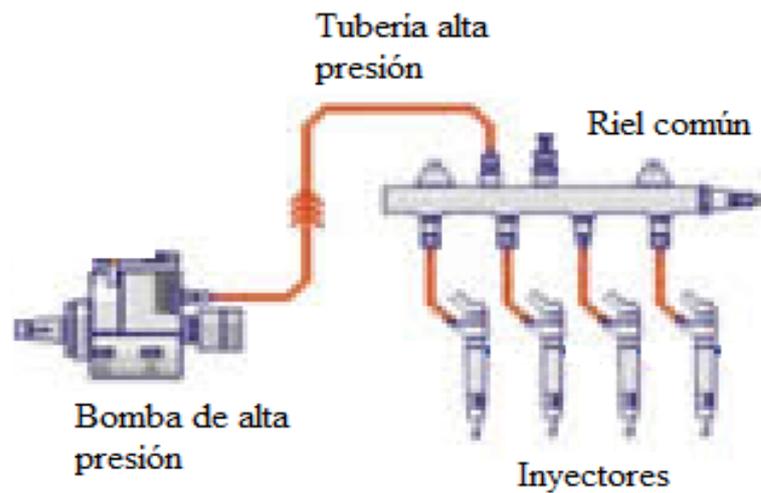
### *Inyección de combustible.*

Inicia con la liberación del combustible del riel, este va hacia los inyectores donde por medio de electroválvulas se abren y dejan pasar el combustible hacia la cámara. Los inyectores son controlados por la ECM para una óptima apertura.

### ***Componentes de alta presión***

Se compone de:

- Bomba de alta presión.
- Acumulador de alta presión con sensor de alta presión.
- Inyectores.
- Tuberías de alta presión



*Figura 8. Circuito de alta presión*

Fuente. (Barbadillo, 2013)

### ***Bomba de alta presión.***

Comprime el combustible y provoca que este circule por el circuito de alta presión, mantiene guardado el combustible para los arranques en frío y existe el aumento de presión en pocos instantes. Genera la presión necesaria para que el riel pueda acumular el combustible. Es accionada por el motor por medio de cadena o piñones dependiendo de la marca del vehículo, su lubricación lo realiza con el mismo combustible.



Figura 9. Bomba de alta presión

Fuente. (L.S., 2013)

***Acumulador de alta presión (Rail).***

Almacena el combustible que se encuentra a alta presión para ser distribuido a cada inyector en equidad, conservando la presión. Amortigua los picos de presión que se generan en la bomba de alta presión y en la entrega a los inyectores.

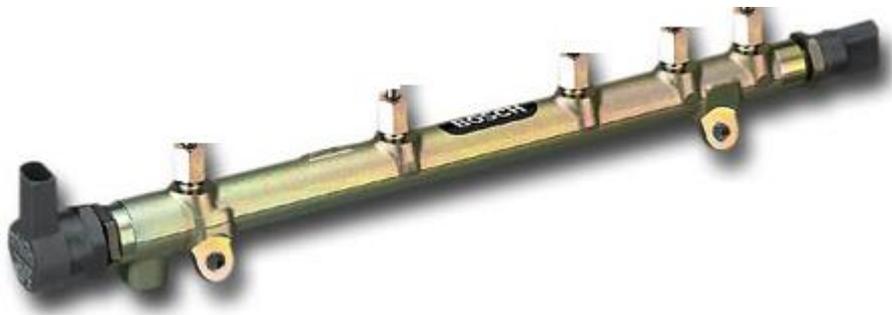


Figura 10. Acumulador de alta presión

Fuente. (Meganeboy, 2014)

## ***Inyectores***

El inicio de inyección y el caudal de inyección se activan con el inyector activado eléctricamente. Las toberas de los inyectores se abren cuando se existe flujo de combustible a través de una electroválvula controlada. Las toberas inyectan el combustible en las cámaras de combustión del motor. La función del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y bomba de alta presión funcionando:

- Inyector cerrado donde se encuentra una presión alta.
- Inyector se abre es el inicio de la inyección.
- Inyector totalmente abierto en pleno proceso de entrega de combustible.
- Inyector cerrado es cuando el ciclo de la inyección termina.



*Figura 11. Inyectores electrónicos*

Fuente. (RODES, 2012)

## ***Tuberías de combustible en la parte de alta presión.***

Son las que conectan la bomba de alta presión con el riel y este con los inyectores, deben soportar presiones y oscilaciones elevadas en el transcurso del combustible. Por tal motivo las tuberías deben ser de acero para mantener la estanquidad en el sistema. Por lo general cuentan con un diámetro exterior de 6 mm e interno de 2,4mm.

Las diferentes distancias entre el riel y los inyectores se compensan mediante curvaturas pronunciadas de las tuberías de inyección. La longitud de tubería es lo más corta posible.



Figura 12. Tuberías de alta presión

Fuente. (Meganeboy, 2014)

## 2.7 Control del sistema con ECM.

### 2.7.1 Sensores

Recogen el tipo de información que existe por lo general analógica, para transformarla en un tipo de información que el sistema pueda entender y utilizar digital.

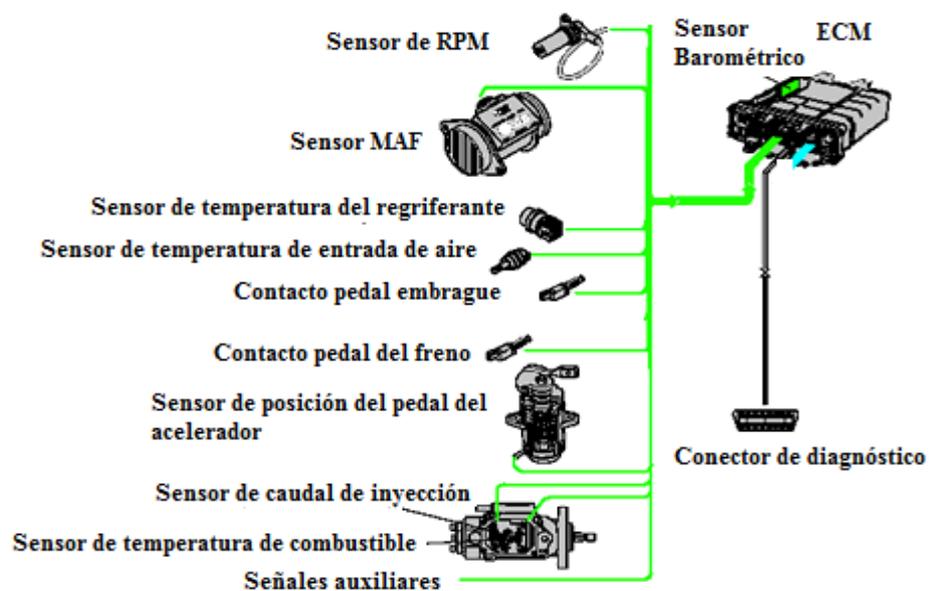


Figura 13. Componentes gestión electrónica diésel.

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### *Sensor de temperatura del refrigerante.*

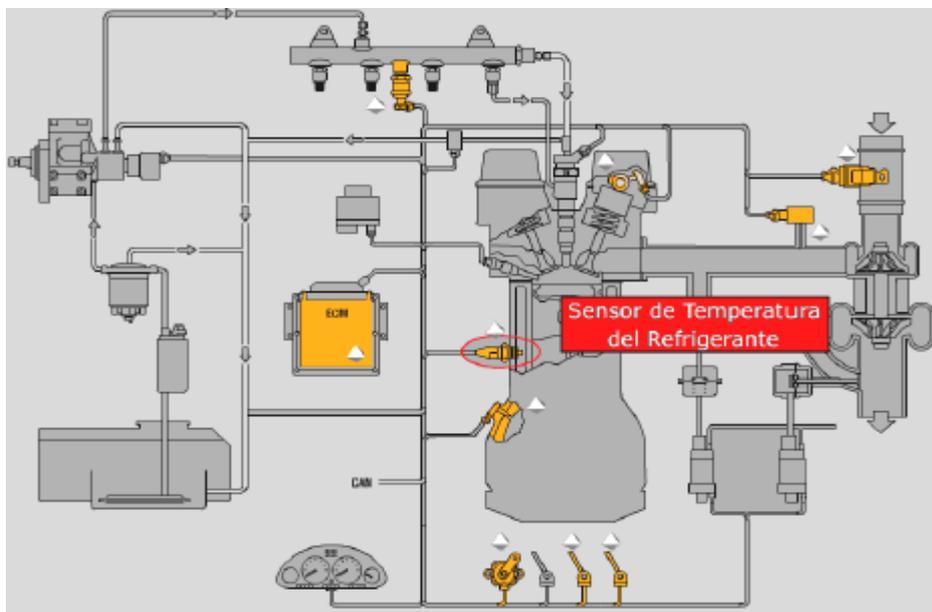
Controla la temperatura de funcionamiento del motor por medio del líquido refrigerante. Es de tipo resistor que tiene un coeficiente de temperatura negativo. Activa al electro ventiladores por medio de la ECM.



*Figura 14. Sensor de temperatura*

Fuente. (Lunar, 2012)

La caída de voltaje en el resistor se ingresa al UCE mediante un convertidor análogo-digital y es una medida de la temperatura. Se almacena una curva característica en el del UCE, el cual define la temperatura como función de un voltaje dado.



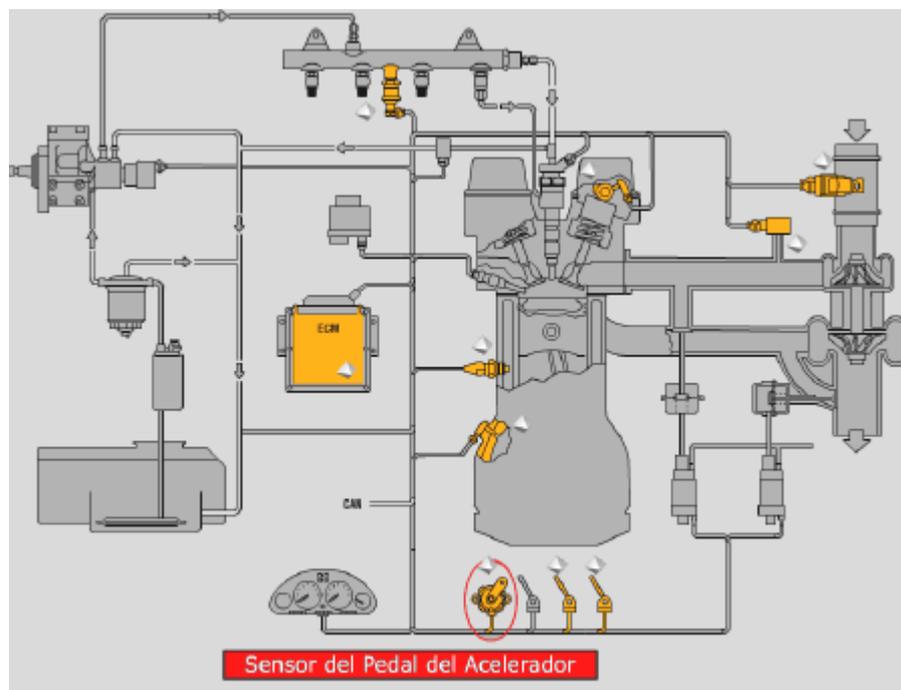
**Figura 15. Disposición sensor de temperatura refrigerante**

Fuente. (Meganeboy, 2014)

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

Cuando el conductor presiona el pedal del acelerador este ya activa directamente a la bomba de inyección como era en los sistemas antiguos, en la actualidad con el sistema Common Rail, esta señal la recibe la ECM y luego se informa a la bomba de alta presión la cantidad de combustible necesaria para el motor.

Este sensor cuenta con dos potenciómetros, uno controla la señal y el otro la carga de inyección, si uno de ellos fallara se activa el modo de falla donde el ralentí eleva su aceleración.

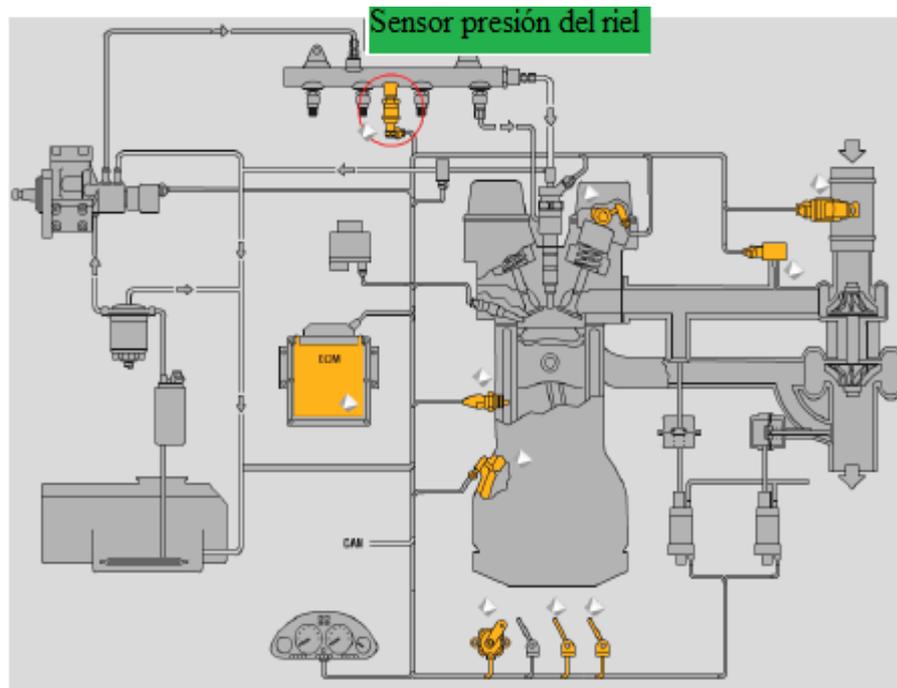


*Figura 16. Disposición del sensor*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Sensor de presión del riel.***

Controla la presión del combustible dentro del riel de una forma óptima y eficiente. Dentro del riel se encuentra un diafragma, dependiendo de la presión que se ejerza envía una señal eléctrica a la ECM para controlar la presión.



*Figura 17. Disposición sensor presión del riel*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Sensor de temperatura del combustible.***

Muestra la temperatura del combustible utilizando resistor tipo NTC. Su señal se utiliza para la compensación de la inyección de combustible dependiendo de la temperatura del combustible. Está localizada en la bomba de alta presión.

En el caso de rotura de cables o corto circuito, no se producen efectos notables inmediatos aparte del DTC, aunque no es posible un control preciso de la cantidad de inyección de combustible.

No se puede cambiar el sensor en forma separada de la bomba de alta presión, así es que si falla el sensor se debe cambiar la bomba completa.

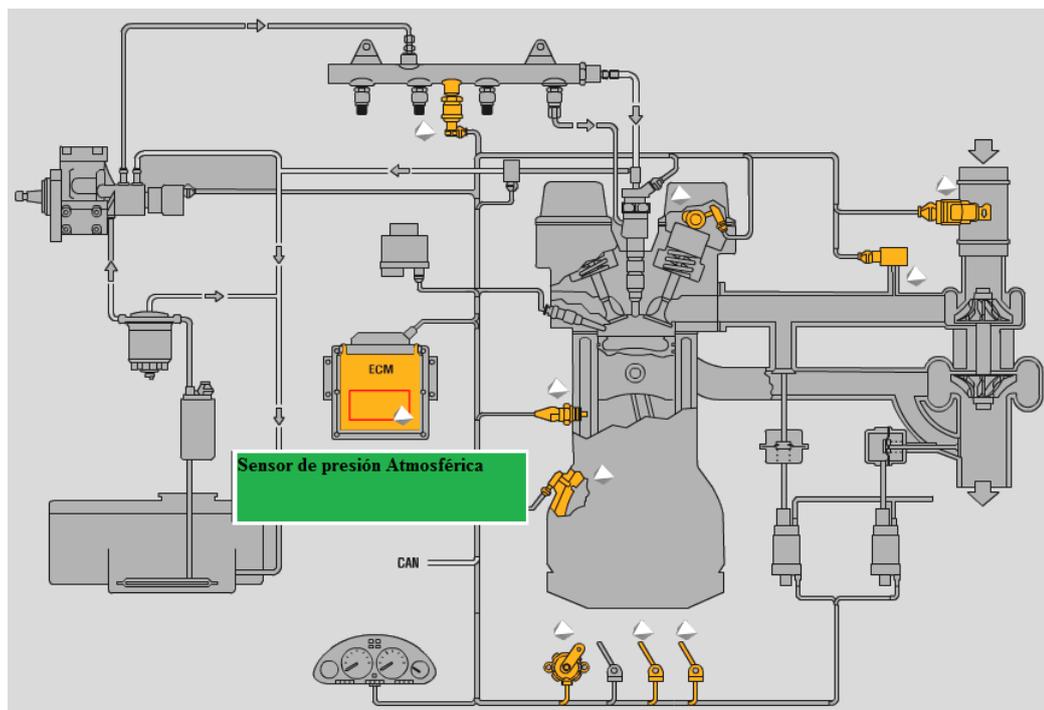


*Figura 18. Sensor de temperatura del combustible*

Fuente. (Lunar, 2012)

***Sensor de presión atmosférica o altitud.***

Se ubica en el interior de la ECM, donde se encuentra un puente de Wheatstone sobre una membrana cerámica. Su misión es controlar el tiempo de inyección dependiendo de la presión atmosférica.



*Figura 19. Disposición sensor de presión atmosférica*

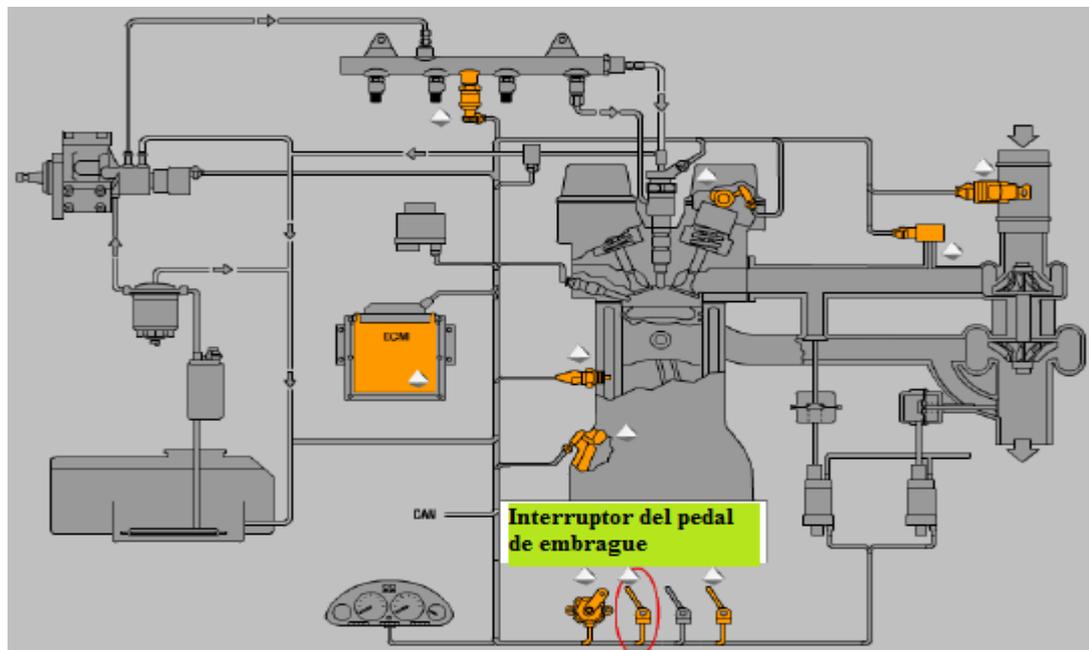
Fuente (Meganeboy, 2014)

### ***Interruptor del pedal del embrague.***

Elimina las sacudidas del motor, otorgando al motor mayor confort, por tal motivo la ECM necesita saber si el vehículo está embragado o desembragado.

Cuando se acciona el pedal de embrague se reduce por poco tiempo la cantidad de combustibles inyectados. A la función principal se le agregan otras como:

- Cancelación del control crucero.
- Señal de carga inminente del motor (desembrague, enganche en primera marcha, salida).
- Evitar el aumento brusco de las RPM del motor al desembragar durante un cambio de marcha, el UCE ajusta el funcionamiento del inyector.



*Figura 20. Disposición interruptor del pedal de embrague*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Sensor del pedal de frenos.***

Indica a la ECM la aplicación del freno, para que el sensor del pedal del acelerador pueda corresponder a la frenada del motor.

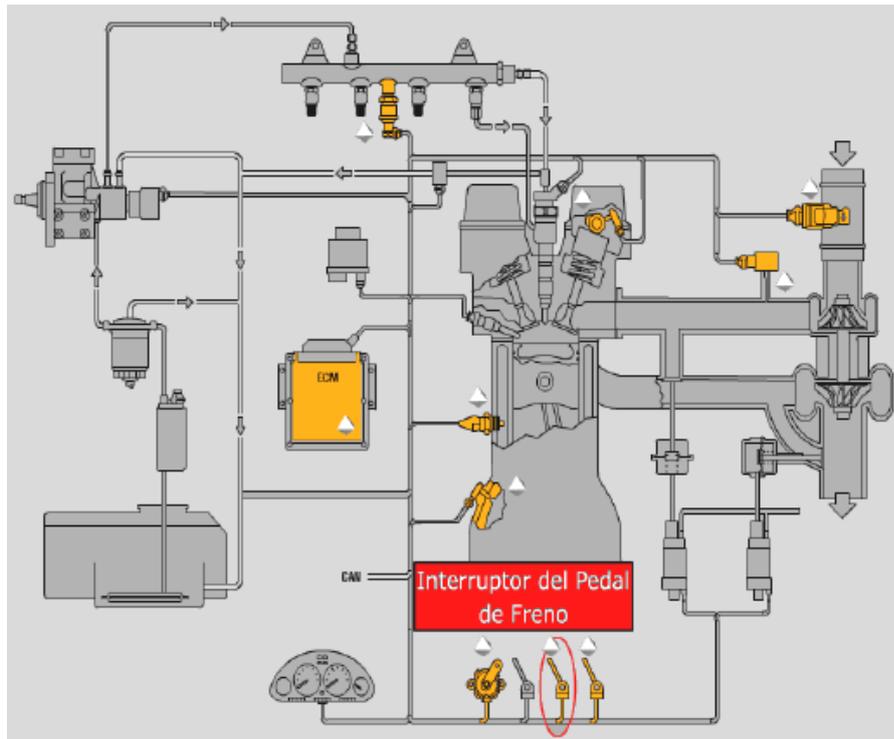


Figura 21. Disposición interruptor pedal de freno

Fuente. (Meganeboy, 2014)

***Sensor de caudal y temperatura del aire de admisión (MAF).***

Los sensores de flujo de aire en realidad se llaman sensores de flujo de masa de aire y lo que hacen es convertir la cantidad de aire que el motor aspira hacia la admisión en una señal de voltaje. La PCM necesita saber el volumen de aire para calcular la carga del motor, es decir, la cantidad de trabajo que el motor está realizando. En consecuencia, esto es necesario para calcular cuánto combustible inyectar, cuando iniciar la chispa en cada uno de los cilindros y cuando introducir los cambios de velocidad de la transmisión, cuando el diseño del fabricante así lo indique.

El sensor de flujo de masa de aire se localiza directamente en el conducto de entrada de aire, entre el filtro de aire y el cuerpo de aceleración, que es donde puede medir la cantidad de aire fresco que ingresa al motor.

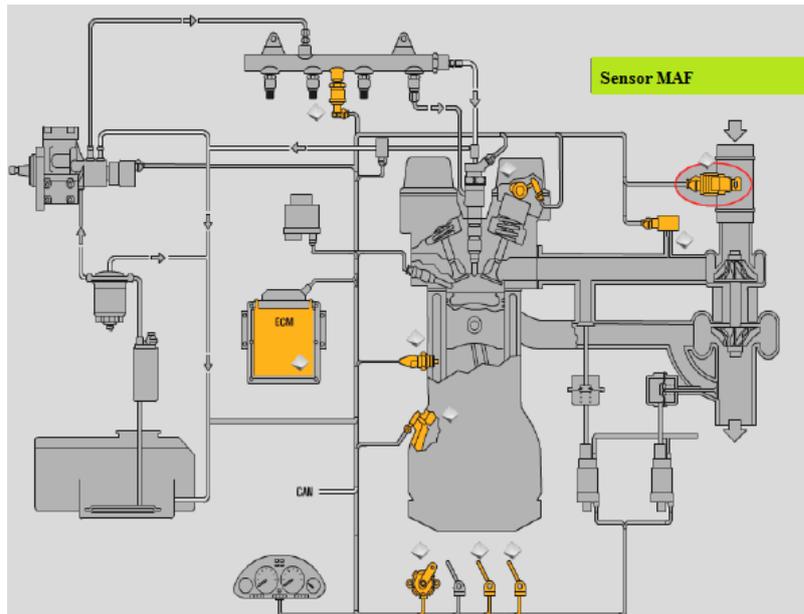


Figura 22. Disposición sensor MAF

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### *Sensor de posición del cigüeñal*

Este sensor consigue el número y secuencias de las ranuras formadas en el plato del convertidor de torsión, para que, junto con el dato del sensor del árbol de levas (CMP), la computadora sitúe la posición del cilindro número 1, y la generación de chispa e inyección pueda ser sincronizada con el motor.

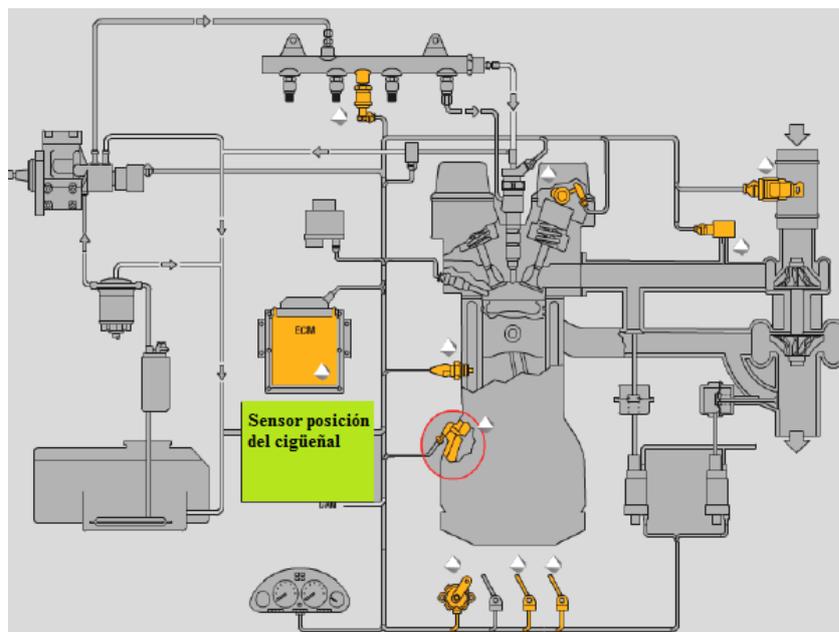
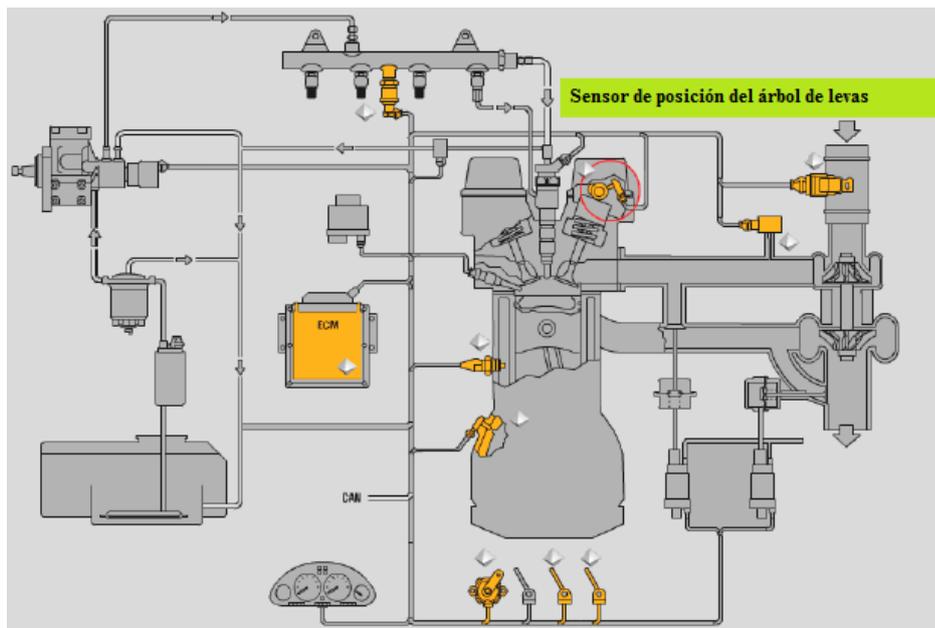


Figura 23. Disposición sensor posición del cigüeñal

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Sensor de posición del árbol de levas (CMP)***

Lee las ranuras hechas en el engrane del eje de levas para que la computadora reconozca la posición de los cilindros y sincronice la activación secuencial de los inyectores. La ECM utiliza los datos obtenidos por los sensores CKP y CMP para establecer la sincronización de la chispa y de los inyectores.



*Figura 24. Disposición sensor de posición del árbol de levas*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Sensor de presión del turbo-alimentador.***

Se encuentra en el múltiple de admisión, posee un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico. Sobre un lado de la membrana está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión de aire proveniente del turbocompresor. La señal piezorresistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, antes de ser enviada a la computadora es amplificada por un circuito electrónico contenido en el soporte que aloja la membrana cerámica.

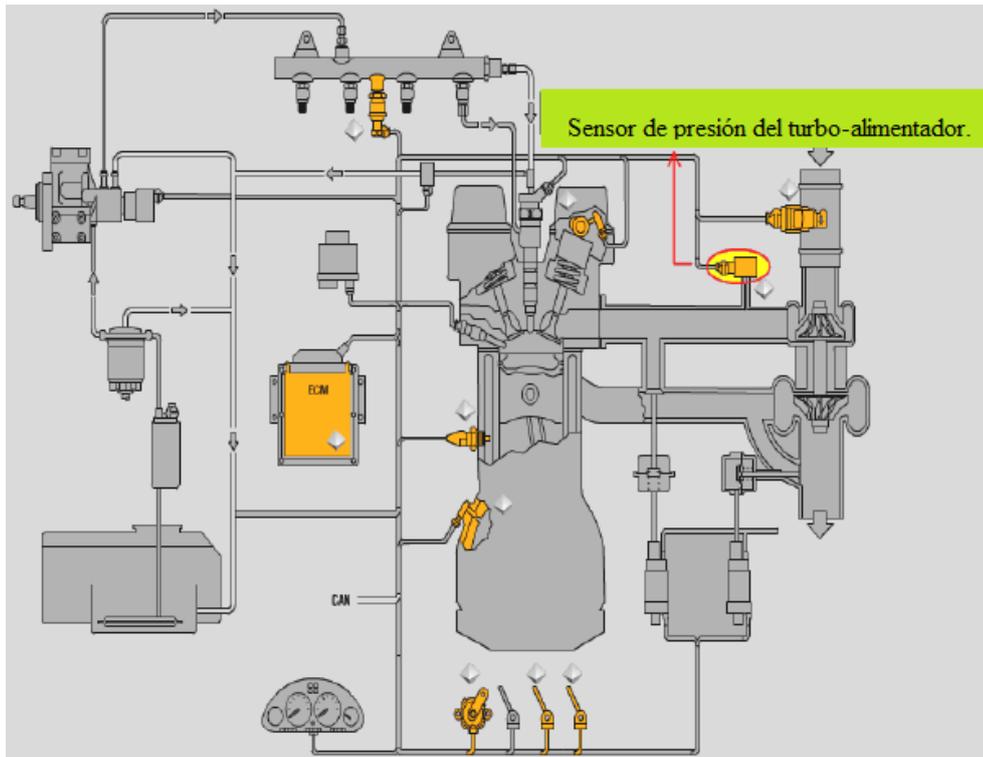


Figura 25. Disposición sensor de presión del turbo alimentador.

Fuente. (Meganeboy, 2014)

## 2.7.2 Actuadores

Transforman de señales eléctricas que provienen de la ECM a magnitudes mecánicas.

### *Recirculación de los gases de escape (EGR).*

Reintegra una parte de gases de escape a la admisión del motor, otorgando mantener una temperatura alta para conservar la energía y disminuir las emisiones. Se puede tener máximo un 40% de gases en la cámara.

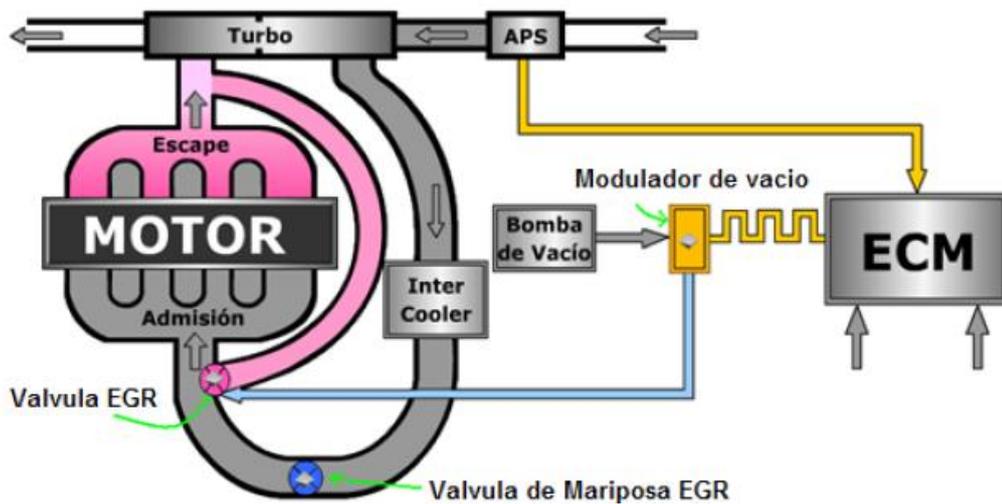


Figura 26. Válvula EGR

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### Válvula de control de mariposa EGR.

Optimiza la recirculación de gases de escape, disminuyendo la sobrepresión en el múltiple de admisión, la válvula opera en los regímenes de funcionamiento del motor bajo. Posee un diafragma que cuando el motor activa el vacío mueve un eje dejando que los gases pasen al múltiple de admisión. Cuando ya no existe la presencia del vacío un resorte regresa a su estado normal el diafragma.

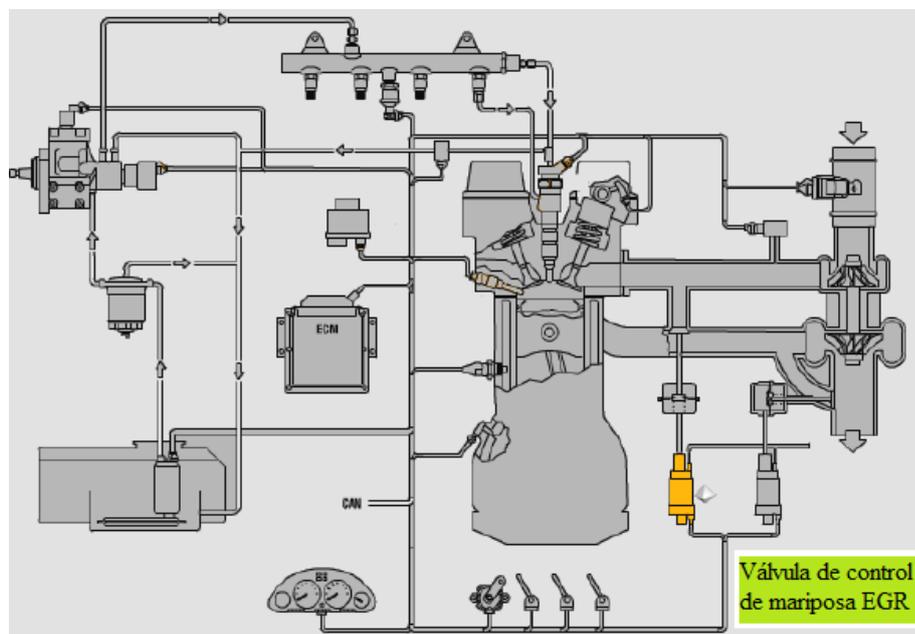
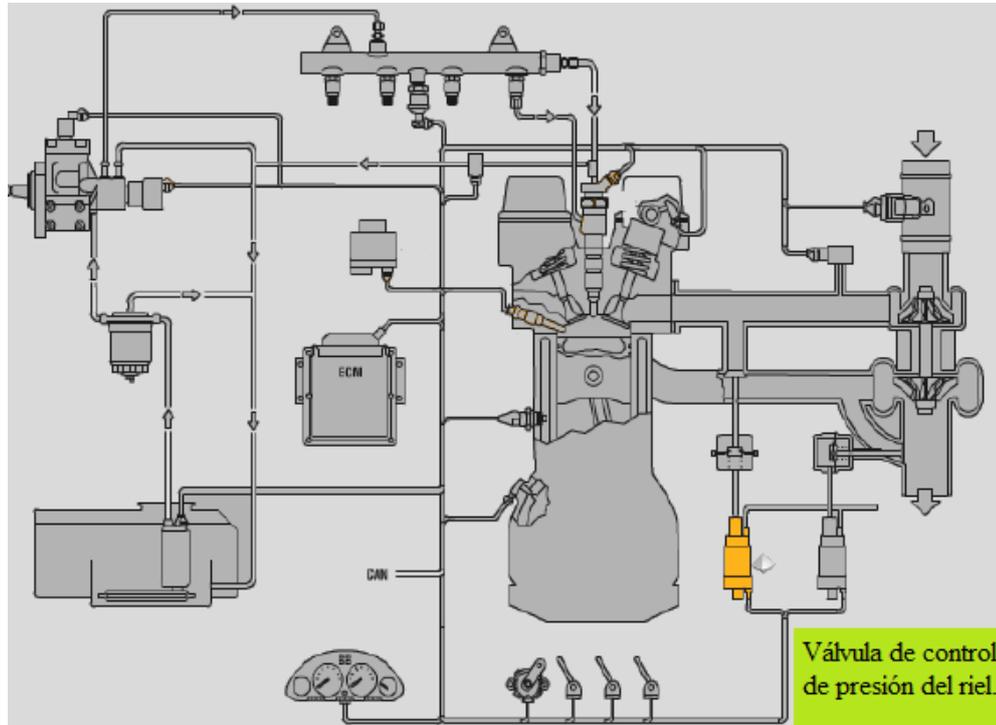


Figura 27. Disposición válvula de control de mariposa EGR

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Válvula de control de presión del riel.***

Es la encargada de conservar la presión del combustible en el riel, dependiendo del régimen del motor. Cuando la presión es elevada se abre la válvula y retorna el tanque, cuando la presión es baja la válvula permanece cerrada hasta recuperar la presión necesaria para poder pasar a los inyectores.

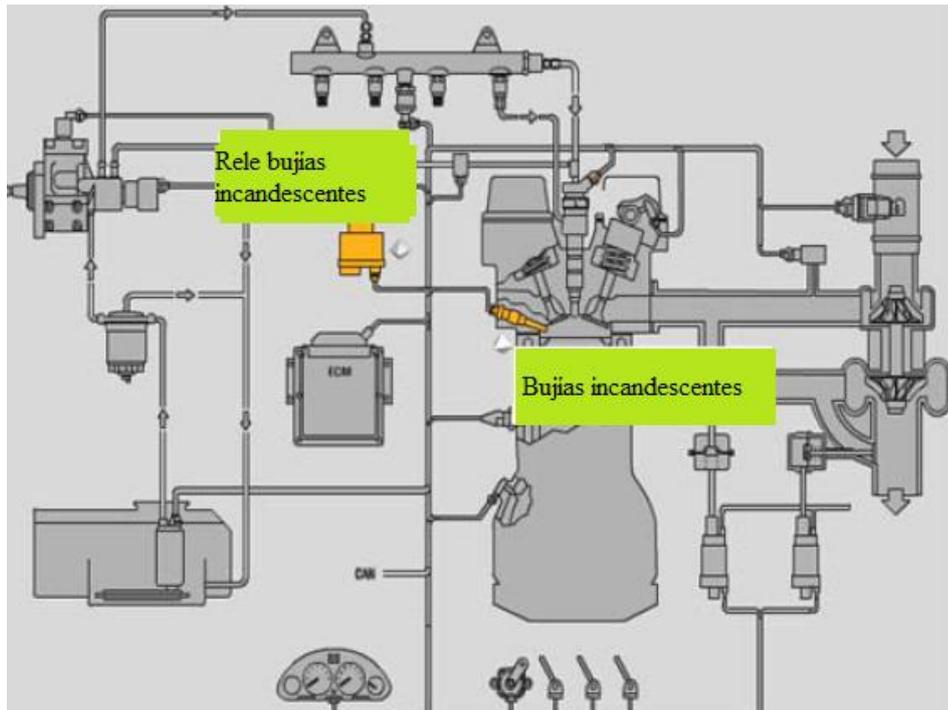


*Figura 28. Disposición válvula de control de la presión del riel*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Control de la bujía incandescente.***

Su función es provocar el encendido del motor en condiciones frías, calentando la cámara de encendido para que se produzca una buena combustión desde el primer encendido del motor. Disminuyendo el consumo de combustible en el arranque y evitando las emisiones de gases de escape ya que en el encendido del motor y en su proceso de calentamiento es donde más gases emiten. Estas bujías puedan alcanzar temperaturas de 850 a 1050 °C en pocos instantes. Son controladas por un relé que a su vez a este la energiza la ECM.



*Figura 29. Disposición bujías de incandescentes*

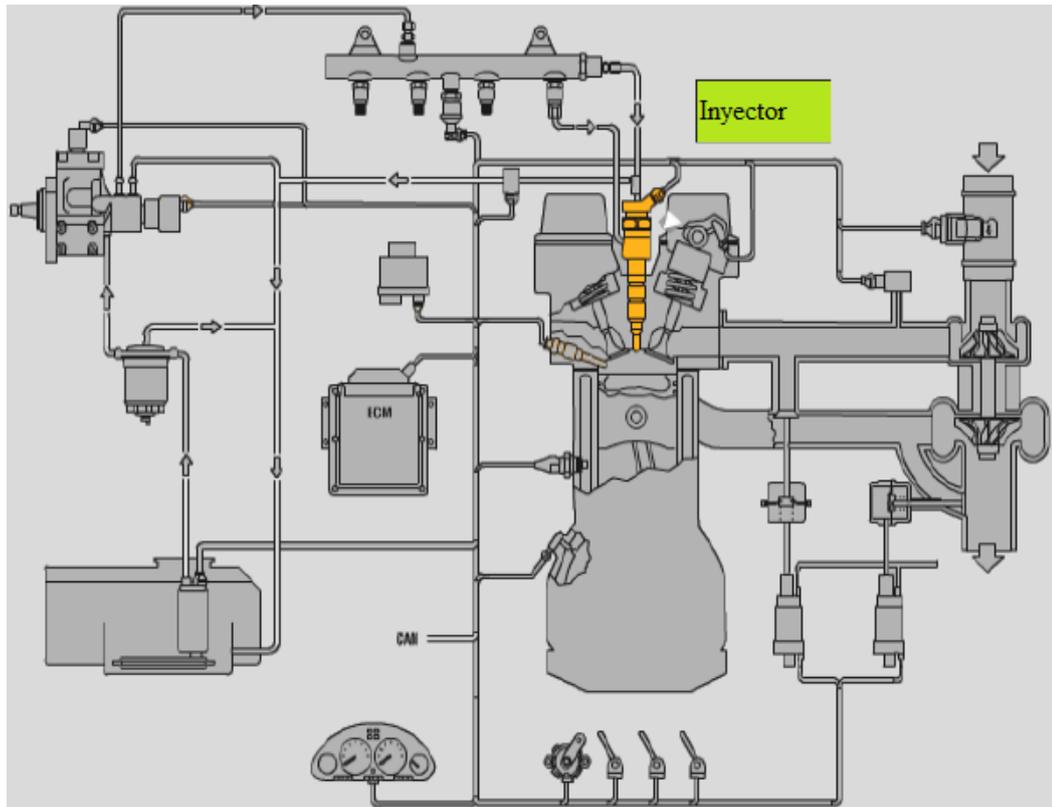
Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Inyector.***

(García, 2011) Inyectores modernos equipados con un sistema servo-hidráulico y un elemento de activación eléctrica funciona con el sistema Common Rail para lograr eficiencia al comienzo de la inyección y dosificar la cantidad de combustible inyectado. Al comienzo de la inyección, se aplica una elevada corriente al inyector, de manera que se abra rápidamente la válvula solenoide.

Apenas la aguja de la boquilla haya recorrido su carrera completa, y la boquilla se haya abierto completamente, se disminuye la corriente energizante a un valor de retención menor.

La cantidad de combustible inyectado está definida por el tiempo de apertura del inyector y la presión del riel. La inyección termina cuando la válvula solenoide es desactivada y como resultado se cierra.



*Figura 30. Disposición inyector*

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### **2.7.3 Unidad de control**

(Berger, 2002) Con la tecnología digital se abren múltiples posibilidades para el control y la regulación en el vehículo. Muchos factores de influencia se pueden integrar simultáneamente, de modo que los sistemas pueden funcionar de manera óptima. La unidad de control recibe las señales eléctricas de los sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores.

El programa de control software, está almacenado en la memoria. La ejecución del programa se encarga un microcontrolador, los componentes de la unidad de control reciben el nombre de hardware.

#### ***Condición de aplicación***

La unidad de control corresponde a altas exigencias en lo referente a:

- La temperatura del entorno.
- Resistencia a las sustancias empleadas en los mantenimientos

- La humedad ambiente
- Esfuerzos mecánicos.

La unidad de control debe trabajar con seguridad tanto al arrancar con batería débil, como a plena tensión de servicio. Las exigencias son muy altas en lo que se refiere a la inestabilidad a perturbaciones electromagnéticas y a la limitación de la irradiación de señales parásitas de alta frecuencia.

### ***Estructura***

La placa de circuitos impresos con los componentes electrónicos se encuentra dentro de una caja metálica. Los sensores, actuadores y la alimentación de corriente están conectadas a la unidad de control a través de un enchufe multipolar. Los pasos finales de alta presión para la activación directa de los actuadores estén integrados en la caja de la unidad de control de tal forma que se garantiza una buena disipación térmica hacia la caja.

En caso de montar la unidad de control adosada al motor, el calor de la caja se puede disipar a través de una placa integrada de refrigeración, entregándolo al combustible que rodea la unidad de control. Este sistema de refrigeración solo se emplea en vehículos industriales. Para el montaje directamente adosado al motor existen también versiones de unidades de control compacta de técnica híbrida, capaces de soportar una carga térmica mayor.

### **Procesamiento de datos**

#### ***Señales de entrada***

Los sensores junto con los actuadores constituyen, como periferia, el interface entre el vehículo y la unidad de control como unidad de procesamiento. Las señales eléctricas de los sensores se conducen a la unidad de control a través de un mazo de cables y el enchufe de conexión. Estas pueden tener diferentes formas:

#### ***Señales de entrada analógicas***

Pueden adoptar cualquier valor de tensión dentro de una gama determinada. Ejemplo de magnitudes físicas que están disponibles como valores de medición analógicos son la masa de aire aspirada, la tensión de la batería, la presión del

tubo de admisión y la de sobrealimentación, así como la temperatura del líquido refrigerante y la del aire de admisión.

### ***Señales de entrada digitales***

Tienen dos estados alto y bajo, como ejemplo las señales de entrada digitales son las de conmutación o señales de sensores digitales como los impulsos de revoluciones de un sensor Hall o de un sensor de célula magneto resistiva. El microcontrolador las puede procesar directamente.

### ***Señales de entrada en forma de impulsos***

Las señales de entrada en forma de impulsos de sensores inductivos con información sobre el número de revoluciones y la marca de referencia se regeneran en una parte propia del circuito de la unidad de control. A la vez suprimen impulsos parásitos, y las señales en forma de impulsos son transformadas en señales digitales rectangulares.

### ***Regeneración de señales***

Las señales de entrada se limitan con circuitos de protección a niveles de tensión admisibles. La señal útil se libera mediante filtración ampliamente de señales perturbadoras superpuestas, y en su caso, se adaptan por amplificadores a la tensión de entrada admisible del microcontrolador de 0 a 5V.

Según el grado de integración del sensor, la regeneración de señales se puede efectuar parcial o totalmente en el sensor.

### ***Procesamiento de señales***

La unidad de control es la central de mando para el desarrollo de funciones de control del motor. El microcontrolador ejecuta los algoritmos de mando de regulación. Las señales de entrada puestas a disposición por los sensores e interfaces hacia otros sistemas sirven de magnitudes de entrada.



Figura 31. Estructura de una unidad de control

Fuente. (Meganeboy, 2014)

### ***Microcontrolador***

Es un elemento central de una unidad de control. Regula el desarrollo de las funciones, además de la CPU, es un micro chip del microcontrolador también está integrado por canales de entrada y salida, unidades de temporización, RAM, ROM, interface en serie y otros componentes periféricos. Un cuarzo sincroniza el microcontrolador.

### ***Memoria de programa y de datos***

El microcontrolador necesita un programa, el software, para el cálculo. Este programa está almacenado en una memoria en forma de valores numéricos binarios, divididos en juego de datos. La CPU lee estos valores, los interpreta como órdenes y ejecuta éstas en el orden establecido.

El programa está almacenado en una memoria de valores fijos ROM, EPROM o Flash EPROM. Adicionalmente se almacena en la memoria datos específicos de cada variante, datos individuales, curvas y diagramas característicos. Se trata de datos invariables que no pueden ser modificados durante el servicio del vehículo, ya que influyen en los procesos de control y regulación del programa.

La memoria del programa puede estar integrada en el microcontrolador y según la aplicación, puede estar ampliada con un componente separado.

## ***ROM***

Las memorias de programa pueden estar ejecutadas como memoria ROM (Read Only Memory). Se trata de una memoria de solo lectura, cuyo contenido se fija en su fabricación y ya no se puede ser modificada. La capacidad de memoria de la ROM integrada en el microcontrolador es limitada, para aplicaciones complejas se necesita una memoria complementaria.

## ***EPROM***

La EPROM (Erasable Programmable ROM) se puede borrar mediante la irradiación de rayos UV y escribir de nuevo con un programador. Se ejecuta casi siempre como componente separado, La CPU responde a la EPROM a través del bus de direcciones, bus de datos.

## ***Flash EPROM (FEPROM)***

Recibe a menudo el nombre de Flash, se puede borrar eléctricamente, así se puede reprogramar una unidad de control sin tener que abrirla. La unidad de control se conecta en la estación de programación a través de un interface en serie.

Si el microcontrolador contiene adicionalmente una memoria ROM, están almacenadas en ella las rutinas de programación para Flash. Las Flash EPROM pueden estar integradas junto con el microcontrolador en un microchip, por las razones de ventaja que presenta sustituye a la EPROM convencional.

## ***Memoria variable o de trabajo***

Se necesita una memoria de escritura/lectura RAM para almacenar datos variables como puede ser valores de cálculo y de señal.

## ***RAM***

El almacenamiento de todos los valores actuales se efectúa en la RAM (Random Access Memory), para aplicaciones complejas no es suficiente la capacidad de memoria de la RAM integrada en el microcontrolador, de modo que no es necesario un componente RAM adicional. Éste está conectado al microcontrolador mediante el bus de direcciones de datos. Al desconectar la unidad de control a través del interruptor de encendido, la memoria RAM pierde todos los datos almacenados.

## ***EEPROM (E<sup>2</sup>PROM)***

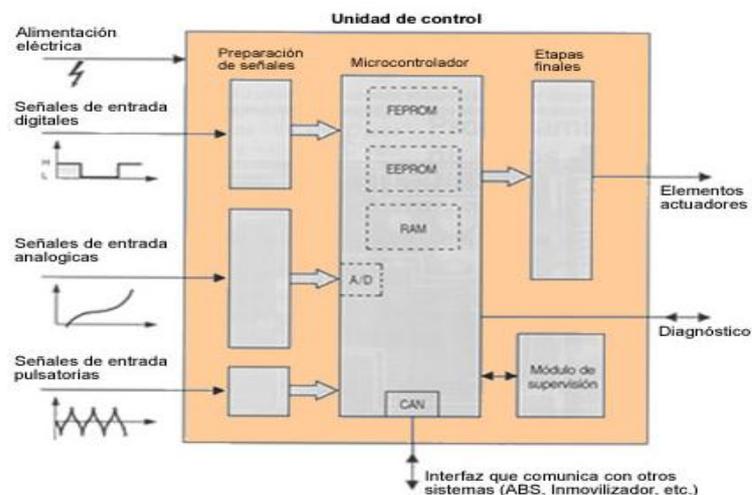
La RAM pierde su información cuando se corta el suministro de corriente, los datos que no se deben perder se deben guardar de forma duradera en una memoria no volátil. La EEPROM es una EPROM borrable electrónicamente, en la que, a diferencia de la Flash EPROM, cada célula de memoria puede borrarse individualmente. Se ha diseñado también para una mayor cantidad de ciclos de escritura. Por consiguiente la EPROM es aplicable con memoria no volátil de lectura y escritura.

## ***ASIC***

Por ser cada vez más compleja las funciones de la unidad de control, no son suficientes los microcontroladores estándar existentes en el mercado. El remedio lo proporciona los componentes ASIC (Aplicación Specific Circuit). Estos IC (Integrated Circuit) se diseñan y fabrican según las pautas del desarrollador de la unidad de control.

## ***Módulo de supervisión***

La unidad de control dispone de un módulo de supervisión, el microcontrolador y el módulo de supervisión se controlan mutuamente mediante una función interrogadora respondedora. Si se identifica un defecto, puede analizar ambos por separado las funciones de sustitución correspondientes, sin depender uno de otro.



*Figura 32. Procesamiento de señales en la unidad de control*

Fuente. Regulación electrónica diésel

## 2.8 Glosario de Términos.

**Unijet.-** Motor JTD es el nombre comercial que recibe la familia de motores diésel de Fiat Group. Son motores diésel turbo inyección directa con common rail.

**Multijet.-** Es la marca comercial que recibe una tecnología para motores diésel de Fiat

**Group.-** El sistema dispone de inyección directa y multiválvulas y es una evolución de la tecnología Unijet.

**EOBD.-** (European On Board Diagnostic) Dispositivo de diagnosis incorporado en el coche para controlar las emisiones contaminantes.

**ECM.-** Modulo de control del motor

**EGR.-** Exhaust Gas Recirculation. Sistema de recirculación de gases de escape.

**UCE.-** Unidad de control electrónico

**Sistema CAN BUS.-** Es un sistema de conexión que desarrollado Bosch para el intercambio de información entre unidades del vehículo.

**CRDI.-**El sistema de common-rail o conducto común es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa

**RPM.-** Revoluciones por minuto

**PCM.-** Modulo de control del tren de potencia

**Common Rail.-** Conducto común, riel común, rampa de inyección

**Ralentí.-** Es el giro mínimo de revoluciones por minuto (giros o vueltas por minuto) a las que se ajusta un motor de combustión interna en estado de parqueo.

**Sensores.-** Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas y químicas, y transformarles en variables eléctricas.

**Bomba de alta presión.-** Es un dispositivo mecánico que tiene la función de aumentar la presión de un fluido en un sistema.

**Cilindro.-** Es un recinto donde se desplaza el pistón.

**Interfaz de Diagnostico.-** Es un protocolo de comunicación entre el vehiculó y el scanner

**ROM.-**Sigla de *Read Only Memory* ('memoria de solo lectura'), circuito integrado de memoria de solo lectura que almacena instrucciones y datos de forma permanente.

**RAM.-**Sigla de *Random Access Memory* ('memoria de acceso aleatorio'), memoria principal de la computadora, donde residen programas y datos, sobre la que se pueden efectuar operaciones de lectura y escritura.

**EPROM.-** son las siglas de Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable borrrable). Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil inventado por el ingeniero Dov Frohman

**Microcontrolador.-** Abreviado ( $\mu$ C, UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación.

El trabajo de grado será realizado a través de una investigación analítica, donde se utilizará conocimientos adquiridos en las prácticas y por medio de consultas, en diferentes tipos de documentos como libros, revistas, catálogos e internet.

##### 3.1.1 Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica permitió desarrollar el marco teórico, donde se detalla las definiciones y funcionamiento de la gestión electrónica de los motores diésel.

Las consultas realizadas a expertos en la gestión electrónica de motores diésel y la experiencia obtenida en el aula y en las prácticas pre profesionales, permiten realizar el diagnóstico de los sensores y actuadores.

Manuales, artículos científicos y trabajos de grado realizados en el área de mantenimiento automotriz ayudaron a la ejecución del mismo.

##### 3.1.2 Investigación tecnológica

La investigación es realizada para conocer el correcto diagnóstico que se debe realizar a la gestión electrónica de los motores diésel, con el uso de los diferentes equipos de diagnóstico. Para encontrar soluciones eficientes y rápidas en problemas automotrices.

En la actualidad el 90% de los vehículos a diésel ya cuentan con gestión electrónica, por lo cual es necesario saber diagnosticar de una forma óptima y eficiente a los motores con la utilización de equipos especializados.

#### 3.2 Métodos.

##### 3.2.1 Método deductivo.

Este método ayuda a estudiar y analizar el funcionamiento de sensores y actuadores para poder interpretar su trabajo en el motor.

### **3.2.2 Método de análisis.**

El análisis permite separar en partes el diagnóstico electrónico de motores diésel, en sensores y actuadores y así poder analizar los parámetros de funcionamiento obtenidos, para conocer si sus variables son correctas.

### **3.2.3 Método de síntesis**

Consiste en la agrupación de los datos obtenidos y poder tener un resultado del diagnóstico.

## **3.3 Técnicas e instrumentos.**

Para el trabajo de grado, no se requiere la aplicación de encuestas a una población determinada por lo que es una investigación técnica.

### **3.3.1 La entrevista.**

Ayudó a saber los procesos de un buen diagnóstico, y las ventajas de realizar a los motores diésel electrónicos.

### **3.3.2 La observación.**

Esta técnica será aplicada durante el desarrollo de toda la investigación, con el propósito de identificar los sensores y actuadores del motor.

### **3.3.3 Instrumentos.**

Los instrumentos que se utilizaran para el trabajo de grado son:

**Mediciones.-** Para conocer el estado de los sensores y actuadores obteniendo los parámetros de alimentación y señal.

**Simulación.-** Con los equipos de diagnóstico se obtendrán las señales de funcionamiento.

**Fotografías.-** Conocer su ubicación.

**Videos.**

## CAPÍTULO IV

### 4. Propuesta Alternativa



Tema: Diagnóstico de sensores y actuadores del motor Mazda BT50 a diésel Common Rail.

#### 4.1 Fundamentación

En la actualidad el parque automotor ha tenido un notable incremento, y los vehículos diésel han dejado de ser solo para vehículos pesados, ahora ya se encuentra en vehículos de baja tonelada como son las camionetas. Por tal motivo se debe contar con personal preparado para realizar el mantenimiento y diagnóstico del sistema electrónico. El diagnóstico de sensores y actuadores en los motores es de vital importancia conocer los parámetros de funcionamiento de cada uno de ellos ayudados con herramientas automotrices como es el multímetro, osciloscopio y escáner.

#### 4.2 Diagnóstico de sensores del motor Mazda BT50 CRDi

##### 4.2.1 Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

###### *Ubicación*

Este sensor, está instalado en la parte inferior izquierda del motor, bajo el múltiple de admisión, además su conector se extiende hasta cerca del sensor CMP, y el sensor se ubica en la parte de atrás, como se muestra en la imagen.

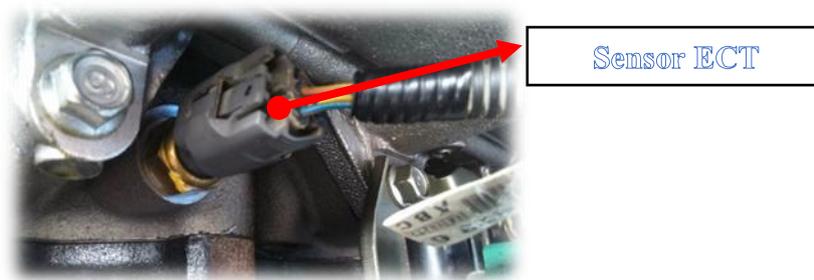


Figura 33 Sensor de temperatura del refrigerante

### ***Función***

Es el encargado de informar a la ECM, la temperatura del líquido refrigerante del motor, para calcular la entrega del combustible, sincronización del tiempo de inyección, control de la válvula EGR y la operación del electro ventilador.

Envía los datos exactos para el desarrollo de la mezcla (aire/combustible), obteniendo la temperatura del motor, de igual manera adecúa el ángulo de inyección y el tiempo de encendido, dependiendo del estado de la temperatura del motor. El sensor posee un coeficiente negativo, por lo cual su resistencia aumenta cuando la temperatura disminuye.

### ***Parámetros de funcionamiento óptimo***

A continuación se muestra la tabla de referencia del comportamiento del sensor dependiendo de la temperatura a la que se encuentre el líquido refrigerante.

Tabla 1 Parámetros de funcionamiento óptimo

Temperatura °C	Resistencia KΩ
100	0.32
80	0.6
60	1.1
40	1.28
13	2.7

### ***Terminales del conector***



Figura 34 Terminales del conector ECT.

## Comprobaciones

### Prueba por resistencia.

Con un multímetro en función resistencia (Ohm), se desconecta el sensor del conector, se mide la resistencia del sensor colocando las dos puntas del multímetro en los terminales. Cambiar la temperatura y deberá variar la resistencia, se compara con los valores teóricos correspondientes al sistema a medir.



TEMPERATURA AMBIENTE      TEMPERATURA ÓPTIMA DE FUNCIONAMIENTO

Figura 35. Comprobación de resistencia sensor ECT

Tabla 2. Funcionamiento sensor ECT.

Temperatura °C	Resistencia K $\Omega$
85	0.97
45	1.28
13	2.65

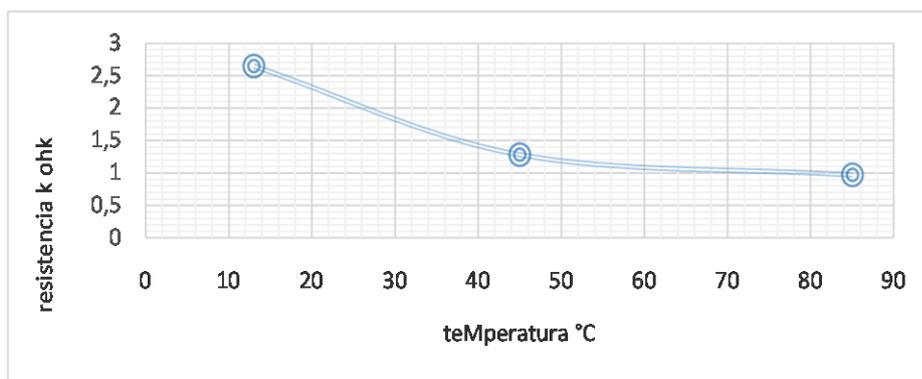


Gráfico 1. Temperatura / Resistencia del sensor ECT

### Análisis

En la Gráfico 1, se muestra la resistencia del sensor ECT donde se encuentra en el eje y la resistencia, cada cuadrícula de separación es de 0,5 Khm, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C, el voltaje de esta Gráfico muestra el trabajo del sensor de temperatura del refrigerante del motor, se tiene una resistencia de 2.65 khm a temperatura ambiente de 13°C con forme la temperatura del refrigerante aumenta la resistencia del sensor disminuye lo cual se tiene que a 85°C se tiene una resistencia de 0.97kkm.

### Prueba de voltaje (Colocado en el motor)

Sin desconectar el sensor pinchar el conductor de señal del sensor, con la punta de un multímetro en función voltaje, con la otra punta del multímetro conectar a la masa del motor, abrir la llave de contacto, medir el valor de voltaje variando la temperatura.



Figura 36. Sensor ECT

***Parámetros de funcionamiento***

***Datos obtenidos (voltaje)***

Cable: amarillo – negro

Alimentación



Figura 37. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor ECT

Cable: azul – rojo

Señal

TEMPERATURA 1000 RPM

TEMPERATURA 3000°C



Figura 38. Medición del voltaje del cable señal del sensor ECT

Tabla 3. Voltaje de los cables del sensor ECT

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 1000 RPM	VOLTAJE a 3000 RPM
Amarillo / negro	Alimentación	5.20 v	5.20 v
Azul / rojo	Señal	4.98 v	4.62
Café / amarillo	Masa	0.01 v	0.01 v

### ***Cable Azul/Rojo (Señal)***

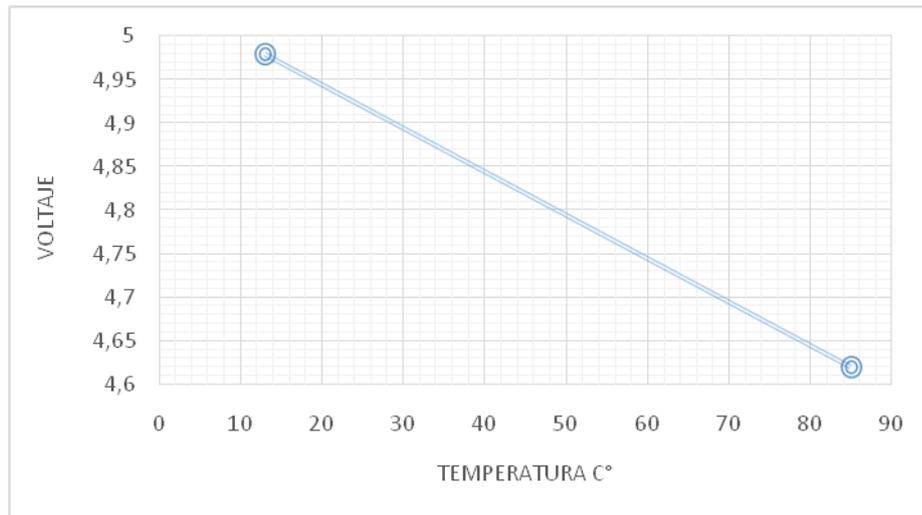


Gráfico2. Voltaje / Temperatura del cable de Señal del sensor ECT

### **Análisis**

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor ECT donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 0.01 voltios, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10 °C el voltaje es de 4,98 voltios en temperatura ambiente de 13°C y a temperatura óptima de funcionamiento del motor de 85°C el voltaje es de 4.62 el voltaje en este cable es inversamente proporcional a la temperatura es decir a mayor temperatura menor será el voltaje.

### ***Prueba de control de alimentación al sensor.***

Desconecte el conector del sensor, con un multímetro en función voltaje conecte las dos puntas del mismo a los dos terminales del conector de la instalación eléctrica del sensor, abra la llave de contacto, el voltaje a medir debe ser 5 voltios para el buen funcionamiento del sensor.



Figura 39. Medición alimentación sensor ECT

### **Análisis**

De acuerdo a la medición realizada con el multímetro se pudo comprobar que el voltaje de alimentación es de 5,20 el cual es el correcto para el buen funcionamiento del sensor.

### ***Control de forma de onda del sensor***

Con el sensor conectado, con un osciloscopio conecte las dos puntas del mismo una a señal del sensor y otra a masa, puede ser tomada del sensor o de la batería, con el motor encendido, la resistencia del mismo va a ir disminuyendo en función del aumento de su temperatura.

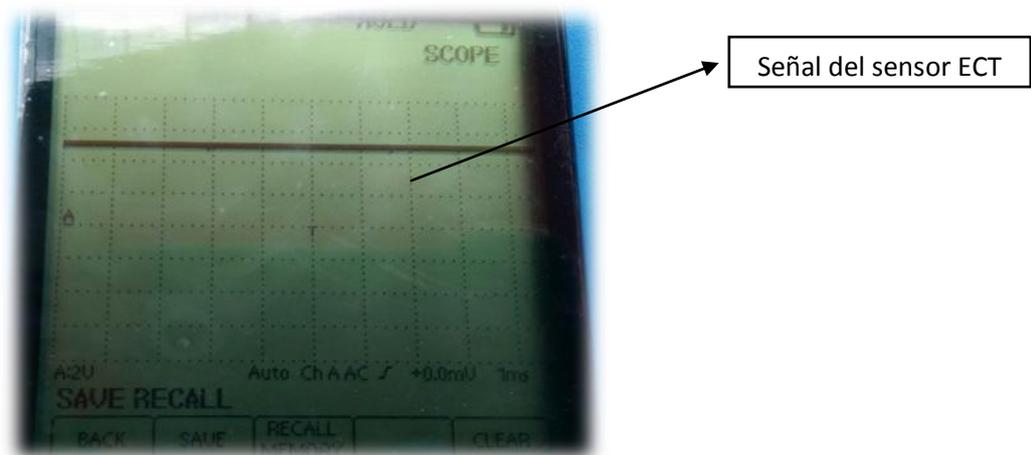


Figura 40. Curva del sensor ECT en ralenti

### *Análisis*

La figura muestra la señal del sensor ECT a temperatura ambiente que es alrededor de 13°C, el voltaje se encuentra en 4.6V como se puede observar. Sobre el eje y está el voltaje que se encuentra en divisiones de 2V por cuadrícula y sobre el eje x está el tiempo en 1ms por cuadrícula. Esta curva no varía pronunciadamente sobre el eje x ya que se necesita un tiempo mayor de trabajo para que pueda variar.

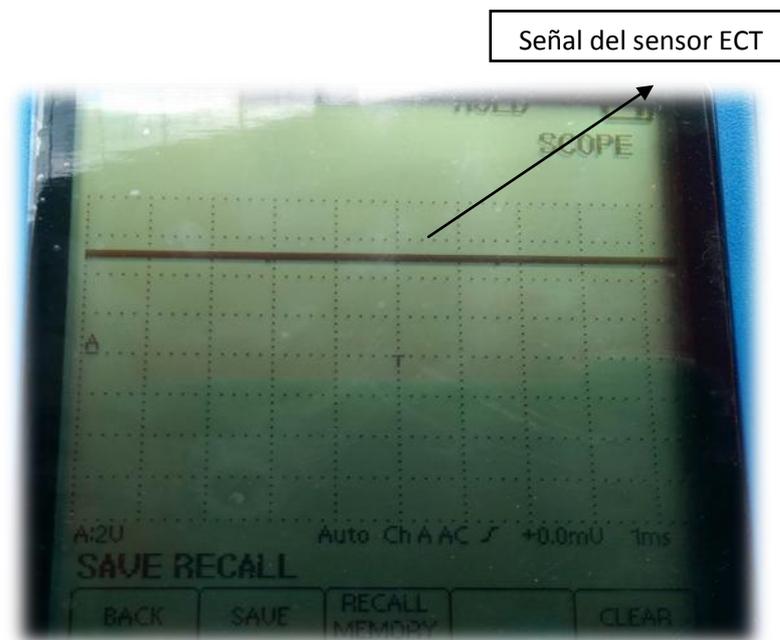


Figura 41. Curva del sensor ECT acelerado

### *Análisis*

La figura muestra la señal del sensor ECT a temperatura óptima de trabajo que es alrededor de 85°C, el voltaje se encuentra en 4.9V como se puede observar. Sobre el eje y está el voltaje que se encuentra en divisiones de 2V por cuadrícula y sobre el eje x se tiene el tiempo en 1ms por cuadrícula. Esta curva no varía pronunciadamente sobre el eje x ya que se necesita un tiempo mayor sobre este eje.

### *Síntomas de fallo*

- Variaciones en marcha mínimas.
- Ventilador encendido en todo momento con el motor funcionando
- Sobrecalentamiento.
- Altos niveles de CO.
- Alto consumo de combustible.
- Dificultades para arrancar en frío y en caliente.
- Encendido pobre con el motor frío.
- Se enciende la luz Check Engine.
- Alto consumo de combustible.
- Pérdida de potencia.

### *Código de falla*



Figura 42. Código de falla del sensor ECT

### **Análisis**

La figura muestra el código de diagnóstico de falla del motor Mazda del sensor ECT el código es; **P018 ECTSENSOR CIRCUIT HIGH IMPUT**

#### **4.2.2 Sensor de temperatura de combustible (EFT)**

### *Ubicación*

El sensor de temperatura del combustible se halla en el tubo de alimentación que va hacia la bomba de alta presión en la línea de suministro de combustible.



Figura 43. Sensor EFT

### ***Función***

Con este sensor se determina la temperatura momentánea del combustible para sistemas de inyección directa diésel calcula la viscosidad del combustible. La utiliza como magnitud de corrección para el cálculo de la cantidad a inyectar, para regular así mismo la presión del combustible en el acumulador de alta presión y para regular la cantidad alimentada hacia la bomba de alta presión.

Para proteger la bomba de alta presión contra temperaturas excesivas del combustible se implanta un sensor de temperatura en la zona de alimentación del combustible. Si se registran allí temperaturas excesivas se procede a limitar la potencia suministrada por el motor, para proteger así la bomba de alta presión. De ese modo también se reduce indirectamente la cantidad de combustible que debe comprimir la bomba de alta presión, disminuyendo con ello la temperatura del combustible.

### ***Parámetros de funcionamiento óptimo***

En la tabla se muestra el parámetro de buen funcionamiento del sensor.

Tabla 4. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor EFT

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Resistencia K(Ω)</b>	<b>Voltaje</b>
0	5.5 – 8	4.8 – 5.0
20	2.2 – 3	3,5 – 4,2
40	1.5 – 2	3,0 – 3,2

60	1 – 1.5	2,4 – 2,8
80	0.7 – 1	2,2 – 2,6
90	0.52 – 0.7	1,2 – 1,4
100	0.36 – 0.58	0,8 – 1,2

### *Terminales del conector*



Figura 44. Terminales sensor EFT

Tabla 5. Terminales sensor EFT

CABLE	FUNCIÓN
Azul / amarillo	Alimentación
Blanco	Masa

### *Comprobaciones*

#### *Prueba por resistencia.*

Con un multímetro en función resistencia (Ohm), desconecte el sensor del conector, medir la resistencia del sensor colocando las dos puntas del multímetro en los terminales. Varía la temperatura y deberá variar la resistencia, compárela con los valores teóricos correspondientes al sistema a medir.

TEMPERATURA AMBIENTE

TEMPERATURA ÓPTIMA

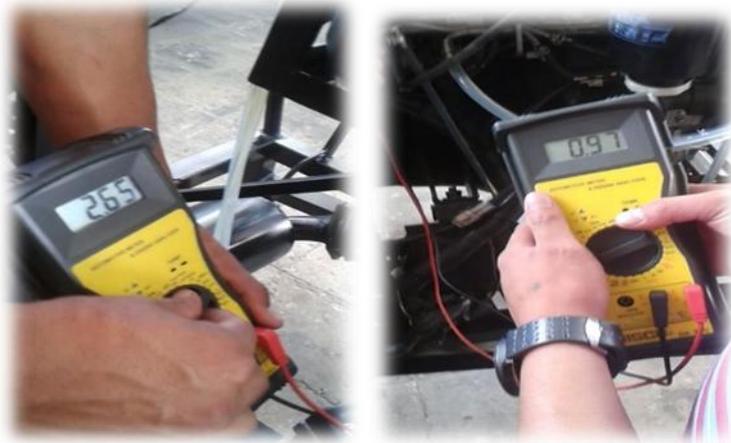


Figura 45. Comprobación de resistencia sensor EFT.

Tabla 6. Temperatura / Resistencia del sensor EFT

Temperatura	Resistencia
13°	2,65
85°	0,97

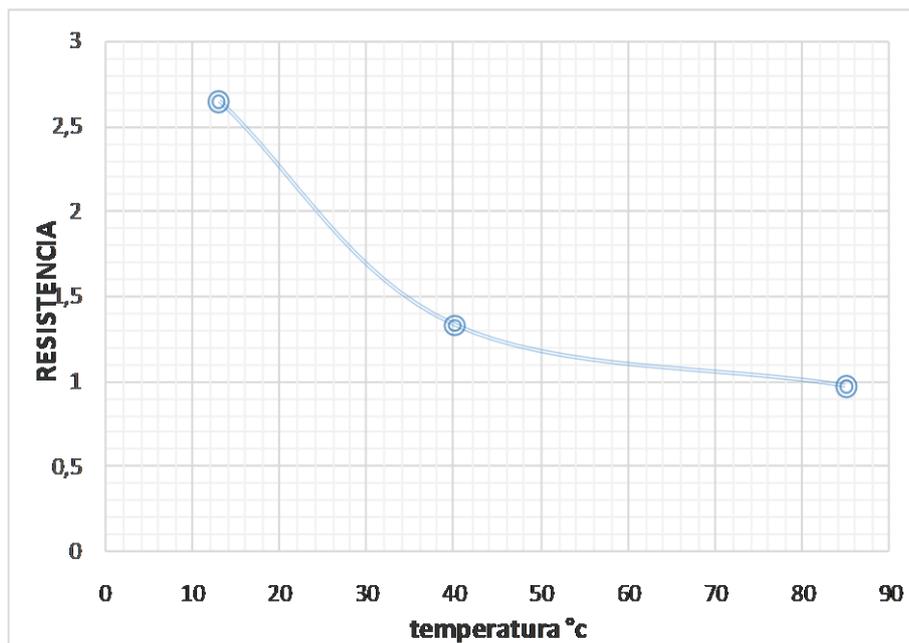


Gráfico 3. Temperatura / Resistencia del sensor EFT

Análisis

En la Gráfico se muestra la resistencia del sensor EFT donde se tiene en el eje y la resistencia, cada cuadrícula de separación es de 0,5 Khm, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C el voltaje de ésta Gráfica muestra el trabajo del sensor de temperatura del combustible tiene una resistencia de 2.65 KHM a temperatura ambiente de 13°C a medida que aumenta la temperatura del combustible la resistencia del sensor disminuye con lo cual se tiene que a85°C se tiene una resistencia0.97 KHM.

***Prueba de voltaje (Colocado en el motor)***

Sin desconectar el sensor pinchar el conductor de señal del sensor, con la punta de un multímetro en función voltaje, con la otra punta del multímetro conectar a masa del motor, abrir la llave de contacto, medir el valor de voltaje variando la temperatura.

***Parámetros de funcionamiento óptimo (voltaje)***

Cable: azul/amarillo

Alimentación

TEMPERATURA 13°C

TEMPERATURA 85°C



Figura 46. Medición del voltaje cable alimentación del sensor EFT

Tabla 7. Voltaje / Temperatura del cable de alimentación del sensor EFT

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE 13 °C	VOLTAJE 85 °C
Azul / amarillo	Alimentación	4.99 v	2.52
Blanco	Masa	0.01 v	0.01 v

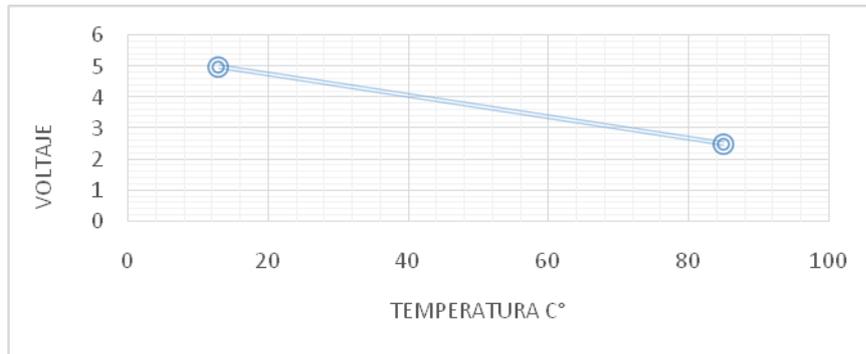


Gráfico4. Voltaje / Temperatura del cable de alimentación del sensor EFT

### Análisis

En la Gráfico se muestra el voltaje del cable de alimentación del sensor EFT donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 1 voltio, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C el voltaje es de 4.99 voltios en temperatura ambiente de 13°C y a temperatura óptima de funcionamiento del motor de 85°C el voltaje es de 2.52 voltios ya que en los sensores que tiene dos cables de masa y alimentación el de alimentación es de 5 voltios en frío y al encender el vehículo se convierte en señal y disminuye el voltaje.

### *Prueba de control de alimentación al sensor.*

Desconectar el conector del sensor, con un multímetro en función voltaje conectar las dos puntas del mismo a los dos terminales del conector de la instalación eléctrica del sensor, abra la llave de contacto, el voltaje a medir debe ser 5 voltios para el buen funcionamiento del sensor.



Figura 47. Prueba de alimentación del sensor EFT.

## **Análisis**

Mediante la medición realizada con el multímetro se pudo medir el voltaje de la alimentación del sensor el cual es de 5.01 lo que demuestra que el sensor está funcionando perfectamente.

### ***Control de forma de onda del sensor***

Con el sensor conectado, con un osciloscopio conectar las dos puntas del mismo una a señal del sensor y otra a masa, puede ser tomada del sensor o de batería, con el motor encendido, la resistencia del mismo va a ir disminuyendo en función del aumento de su temperatura.



Figura 48. Curva sensor EFT en temperatura ambiente

## **Análisis**

La figura muestra el voltaje de señal del sensor de temperatura de combustible en el eje y está el voltaje cada cuadrícula equivale a dos voltios y sobre el eje x se tiene el tiempo que está representado 2ms por cada cuadrícula, los puntos 1 y 2 son ruidos en el sistema ya que la ubicación del sensor es incómoda para realizar la medición.

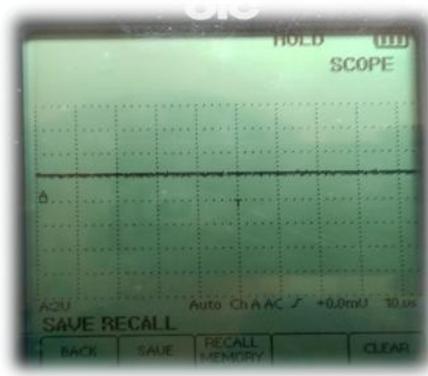


Figura 49. Curva del sensor EFT acelerado

### **Análisis**

En esta Gráficose puede observar que a medida que aumentan las revoluciones aumenta la temperatura como lo demuestra la Gráfico.

### **Síntomas de fallo**

El motor no arranca o le cuesta arrancar, presenta tironeos al andar, consumo de combustible, velocidad irregular, el motor se para o queda acelerado. Además existirá un código de falla, el ventilador del motor se fijará a la velocidad máxima y no habrá operación de la válvula de EGR. En el caso del sensor de temperatura de combustible si hubiese un fallo en este sensor habrá un DTC pero no afectará mayormente la función del motor.

### **Código de falla**

### **P0183 FUEL TEMPERATURE SENSOR A CIRCUIT HIGH IMPUT**

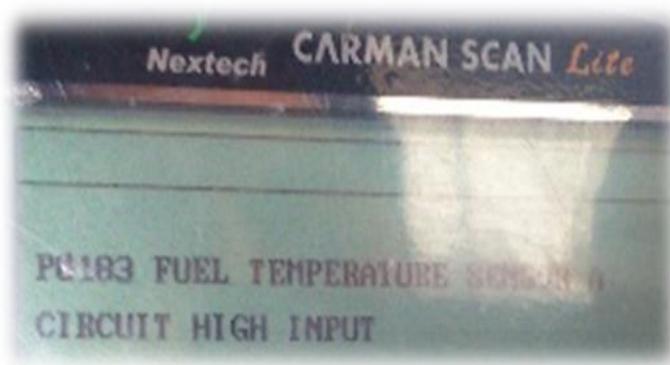


Figura 50. Código de falla del sensor EFT

### 4.2.3 Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)

#### *Ubicación*

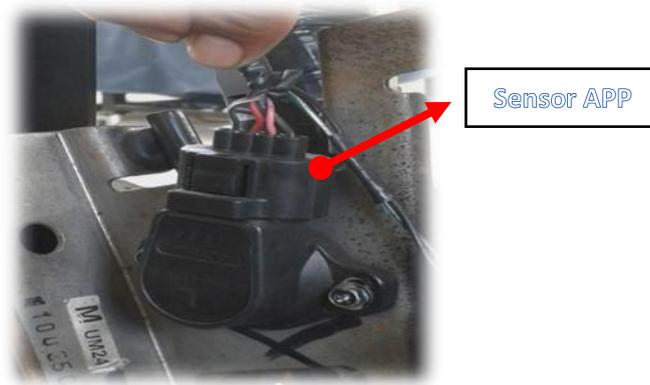


Figura 51. Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)

#### *Función*

El acelerador electrónico anula la conexión mecánica existente entre el pedal del acelerador y la mariposa, siendo sustituida por una conexión eléctrica, habitualmente la misma que controla la gestión del motor, inyección y encendido.

En un acelerador convencional cada posición del pedal corresponde con una única posición de la mariposa. La relación entre el recorrido del pedal y el recorrido de la mariposa determinan el comportamiento del motor.

Si se busca un motor que responda bien a bajas revoluciones, se debe conseguir que el recorrido del acelerador corresponda con pequeños recorridos de la mariposa, sobre todo en los primeros grados de apertura. Lo que origina una respuesta del motor pobre cuando la mariposa está muy abierta, al producirse pequeñas variaciones en caudal de aire que entra al motor. Un motor de carácter deportivo necesita recorridos más amplios de la mariposa cuando está muy abierta, empeorando la respuesta del motor a bajas revoluciones.

En el acelerador electrónico se pueden adoptar infinidad de posiciones de la mariposa teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento del motor. La centralita electrónica conoce en todo momento la posición del pedal del acelerador a través de la variación de la resistencia del potenciómetro. Con este dato y las revoluciones del motor se establece el grado óptimo de apertura de la mariposa.

A bajas revoluciones del motor, la mariposa se abrirá lentamente, mientras a altas revoluciones, la apertura se realizará más rápidamente. Se consigue una buena respuesta del motor a cualquier régimen, impidiendo que aparezcan ahogos por un accionamiento muy rápido del acelerador.

Si se acciona rápidamente el acelerador cuando el motor está reteniendo, se producen tirones a causa de la variación tan repentina en el par suministrado y el motor rebota en sus anclajes elásticos. Esta situación tan molesta se evita retrasando a la apertura del acelerador para que no se produzca de forma tan brusca. El par motor aparece más lentamente, impidiendo que el motor rebote en sus soportes.

***Parámetros de funcionamiento óptimo (voltaje)***

Tabla 8. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor APP

<b>Activación del pedal (%)</b>	<b>APP 1 Voltaje</b>	<b>APP 2 Voltaje</b>
0	0,50	1,50
5	0,65	1,65
10	0,80	1,80
15	0,85	1,85
20	1,10	2,10
25	1,25	2,25
40	1,70	2,70
50	2,00	3,00
60	2,30	3,30
75	2,75	3,75
80	2,90	3,90
100	3,50	4,50

### *Terminales del conector*

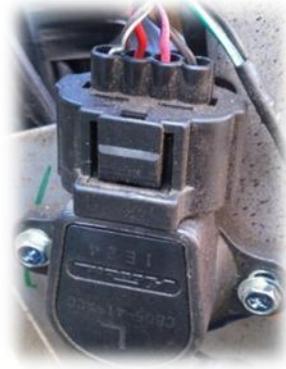


Figura 52. Terminales del sensor APP

Tabla 9. Terminales del sensor APP

CABLE	FUNCIÓN
Café/blanco	Alimentación
Rojo/azul	Señal
Rosado/azul	Señal
Café/negro	Masa

### *Comprobaciones*

Datos obtenidos (voltaje)

Cable café - blanco

Alimentación



Figura 53. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor APP

Cable rojo – azul

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 54. Medición del voltaje del cable señal del sensor APP

Cable rosado - azul

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 55. Medición del voltaje del cable señal del sensor APP

Tabla 10. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor APP

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a RPM	
		800	3000
Café/blanco	Alimentación	4.98 v	4.98 v
Rojo/azul	Señal 1	0.50 v	2.91 v
Rosado/azul	Señal 2	1.5 v	3.65 v
Café/negro	Masa	0.01 v	0.01 v

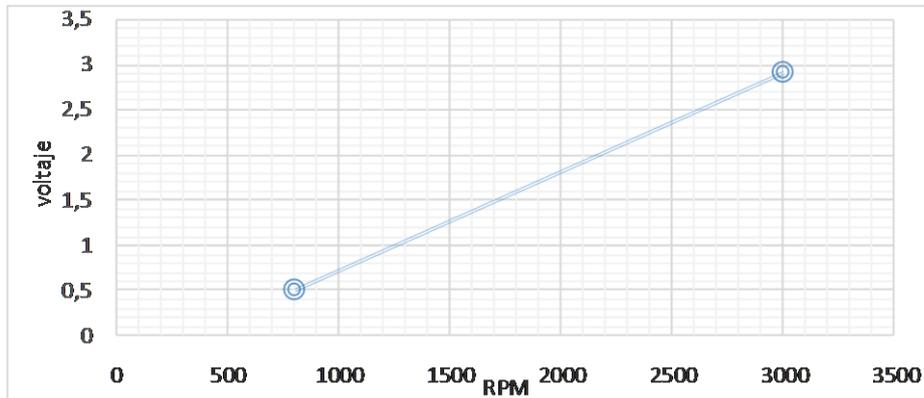


Gráfico 5. Voltaje / RPM del cable señal del sensor APP

### **Análisis**

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor APP donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 0.5 voltios, en el eje x están las RPM, cada cuadrícula de separación es de 500 RPM, el voltaje es de 0.50 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es de 2.91 en esta Gráfico se puede observar que el voltaje del cable de señal es directamente proporcional a las RPM, es decir, a mayor RPM mayor será el voltaje.

### ***Prueba de control de alimentación y masa del sensor.***

Si el sensor no tiene señal de salida verifique con un multímetro en función voltaje, separando el conector y midiendo desde la misma, que llegue alimentación y tenga correcta masa los dos potenciómetros. Si después de efectuar esta prueba y es correcto el valor de tensión (5 V) que llegan al sensor, reemplace el mismo.



Figura 56. Prueba de control de alimentación

### **Análisis**

Con el multímetro se mide el voltaje del sensor y se comprueba que está en óptimas condiciones de funcionamiento ya que el voltaje es de 4.99 voltios.

### ***Control de forma de onda del sensor.***

Con un osciloscopio de dos canales se puede observar la forma de onda característica del sensor (Voltaje en función de Tiempo), colocando una punta del osciloscopio en cada terminal de señal del sensor. Accione el pedal de aceleración comprobando los valores especificados y la continuidad en todo su recorrido sin cortes.

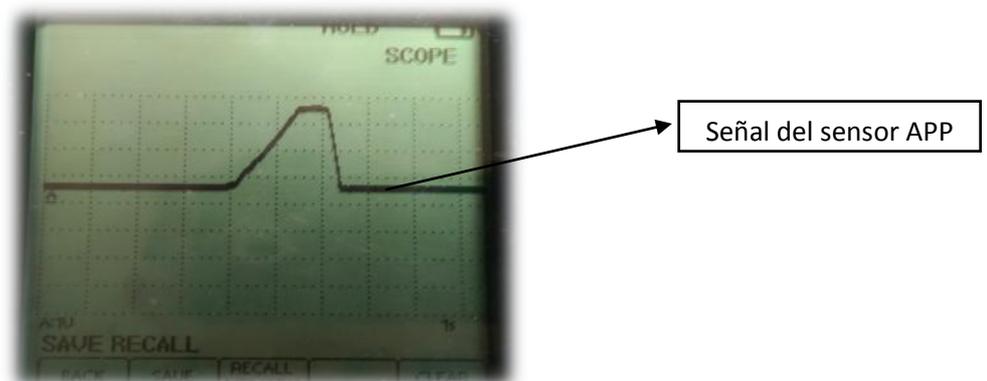


Figura 57. Curva del sensor APP

### **Análisis**

En la figura se muestra la señal del sensor APP, en el eje y está el voltaje cada cuadrícula de separación es de 1 voltio, en el eje x se tiene el tiempo, cada

cuadrícula de separación es de 1 segundo, el APP es un potenciómetro, en la figura se puede observar que donde empieza la curva el motor se encuentra en ralentí y el pico más alto de la curva es aceleración a fondo, si existiera alguna caída en la Gráfico es señal de que el APP se encuentra en mal estado.

### ***Síntomas de fallo***

Excesivo consumo de combustible, ralentí y marcha irregular, tironeos, arranque brusco. Si hubiese un fallo en el sensor, la UCE activara el estado de seguridad limitando la señal del acelerador y controlaría la operación de inyección permitiendo que las revoluciones suban a 1250 RPM.

### ***Código de falla***

#### **P0122 TP SENSOR CIRCUIT LOW IMPUT**



Figura 58. Código de falla del sensor APP

#### **4.2.4 Sensor de presión del riel de combustible (FRP)**

##### ***Ubicación***

El sensor de presión del combustible se encuentra ubicado en el acumulador de alta presión (Rail) en la parte superior izquierda del múltiple de admisión.

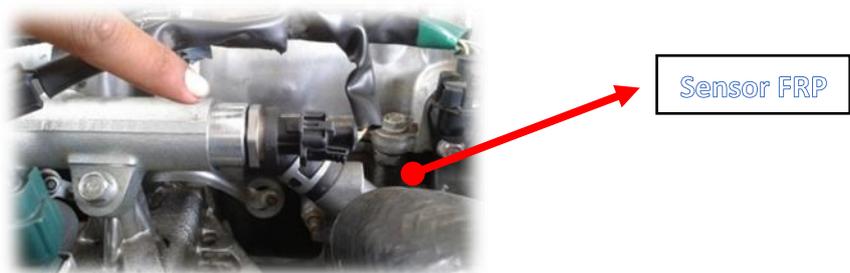


Figura 59. Sensor presión del riel de combustible FRP

### ***Función***

Controla la presión de inyección, contiene un elemento sensor compuesto por un diafragma de acero dotado de franjas extenso métricas.

A través del empalme de alta presión se aplica la presión del combustible contra el elemento sensor. Al variar la presión se modifica la flexión del diafragma de acero, modificándose con ello también la magnitud de la resistencia eléctrica de las franjas extensométricas.

El analizador electrónico calcula una señal de tensión a partir de la magnitud de resistencia medida y la transmite a la unidad de control para sistema de inyección directa diésel. Con ayuda de una curva característica programada en la unidad de control se calcula la presión momentánea del combustible.

### ***Parámetros de funcionamiento óptimo***

Tabla 11. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor FRP

<b>Voltaje</b>	<b>Presión (Bar)</b>
0,5	0
1,3	300
2,15	650
3	1000
3,6	1300
4,2	1600

### ***Terminales del conector***



Figura 60. Terminales del conector, sensor FRP

Tabla 12. Terminales del conector, sensor FRP

CABLE	FUNCIÓN
Tomate	masa
Blanco	señal
Verde / café	Alimentación

**Comprobaciones**

**Prueba de voltaje.**

Con un multímetro en función voltaje, sin desconectar el sensor con una de las puntas pinchando el cable de señal a la computadora y con la otra a masa, arranque el motor, mida el voltaje.

Sin desconectar el multímetro efectúe una prueba de ruta para darle carga al motor y funcionamiento. El voltaje será mayor cuanto mayor sea la presión.

**Datos obtenidos (voltaje)**

Tabla 13. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor FRP

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE RPM 800	VOLTAJE RPM 3000
Tomate	Masa	0.01 v	0.01 v
Blanco	Señal	0.05 v	1.30 v
Verde / café	Alimentación	4.99 v	4.99 v

Cable blanco

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 61. Medición del voltaje del cable señal del sensor FRP

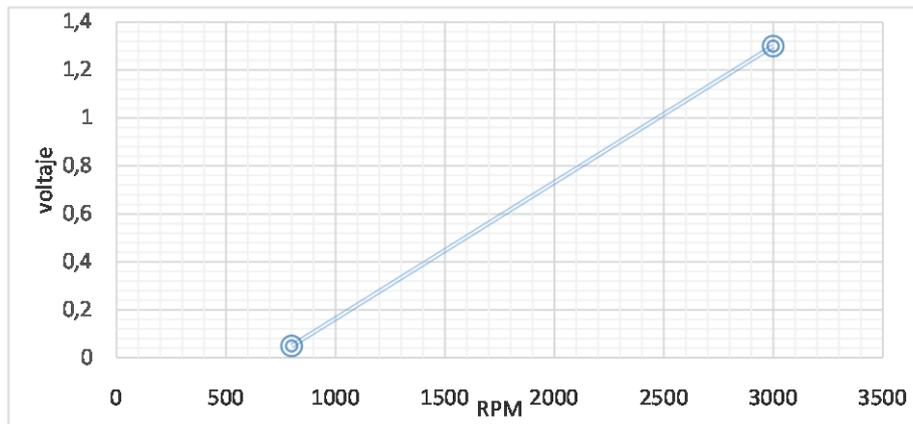


Gráfico6. Voltaje / RPM del cable señal del sensor FRP

### **Análisis**

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor FRP donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 0.2 voltios, en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM el voltaje es de 0.05 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es de 1.30 voltios, en esta Gráfico se puede observar la variación del voltaje del cable de señal, es decir, como aumentan las RPM aumenta el voltaje.

### ***Control de alimentación y masa al sensor.***

Si el sensor no tiene señal de salida verifique con un multímetro en función voltaje que llegue a la misma alimentación y tenga correcta masa.

Si después de efectuar esta prueba el valor de alimentación es el correcto 5 voltios, reemplace el sensor.

Cable verde - café

Alimentación



Figura 62. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor FRP

### ***Prueba de control de la forma de onda.***

Con un osciloscopio se puede observar la forma de onda característica de este sensor conectando la punta al pin de señal y la otra a masa.



Figura 63. Curva del sensor FRP

### **Análisis**

La figura muestra el voltaje de señal representada en el osciloscopio del sensor FRP a ralentí sobre el eje y está el voltaje, cada cuadrícula representa 1 voltio y sobre el eje x se tiene el tiempo que es de 0.2s por cuadro de división, en la figura se puede observar que en la parte mas baja de la curva es cuando se encuentra en ralentí, es decir, no existe aceleración y al momento que sube la curva existe una mayor presión en el sistema y por ende un mayor voltaje.

### ***Síntomas de fallo***

- Sensor defectuoso.
- Problema en la instalación o conector del sensor.
- Problemas de presión en la rampa debido a taponamientos o fugas.
- También es posible que el problema esté en el regulador y el sistema culpe al sensor.

### *Código de falla*

#### **P0193 FUEL RAIL PRESSURE SENSOR HIGH INPUT**

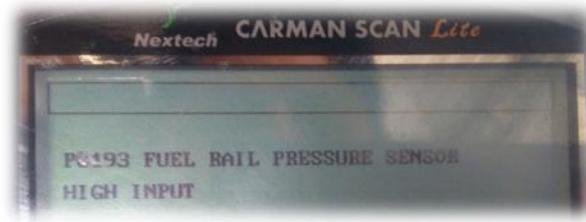


Figura 64. Código de falla del sensor FRP

#### **4.2.5 Sensor de caudal y temperatura del aire (MAF y IAT)**

##### *Ubicación*

Se encuentra instalado en la parte superior del depurador, exactamente en la tapa del mismo.

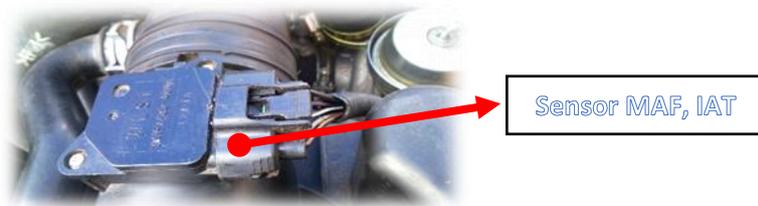


Figura 65. Sensor MAF y IAT

##### *Función*

El motor para su correcto funcionamiento debe cumplir las normas de control ambiental, esto se logra teniendo un funcionamiento eficiente del sistema de alimentación. Su función es medir los parámetros de funcionamiento establecidos sin que influya la retro alimentación de los gases para evitar comportamientos inapropiados.

El principio de la lámina caliente que es el más apto para este tipo de sensor, se fundamenta en la transferencia de calor desde una unidad sensor que está acalorado, al flujo de aire. Se utiliza un método de medición que permite el cálculo del flujo de aire y la localización de la dirección del mismo. Los flujos

reversos también se detectan en caso que se causen flujos de aire con enérgica percusión.

El IAT evalúa la temperatura del aire entrante. En este motor, se localiza en el MAF y MAP, el IAT se encuentra en un paso de aire de admisión. El IAT trabaja receptando las temperaturas del ambiente mientras el motor calienta el aire en la admisión.

### *Parámetros de funcionamiento óptimo*

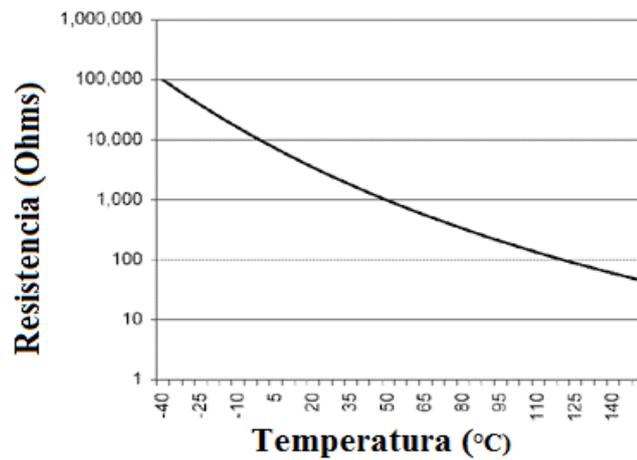


Gráfico7. Parámetros de funcionamiento Sensor MAF

### *Terminales del conector*



Figura 66. Terminales sensor MAF y IAT

Tabla 14. Terminales sensor MAF

CABLE	FUNCIÓN
Negro / azul	alimentación
Morado	masa
Café / blanco	señal

### *Comprobaciones*

#### *Prueba de voltaje sensor MAF*

Con un multímetro en función voltaje, sin desconectar el sensor con una de las puntas pinchando el cable de señal a la computadora y con la otra a masa, arrancar el motor, medir el voltaje a las diferentes entradas de aire al motor. El voltaje será mayor cuanto mayor sea la entrada de aire al motor

Datos obtenidos (voltaje)

Cable negro - azul

Alimentación



Figura 67. Medición del voltaje del cable de alimentación del sensor MAF

Cable café - blanco

Señal

TEMPERATURA 13°C      TEMPERATURA 85°C



Figura 68. Medición del voltaje del cable señal del sensor MAF

Tabla 15. Voltaje / Temperatura de los cables del sensor MAF

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13 °C	VOLTAJE a 85 °C
Negro / azul	Alimentación	11.66	11.66
Morado	Masa	0.01	0.01
Café / blanco	Señal	0.63	2.52

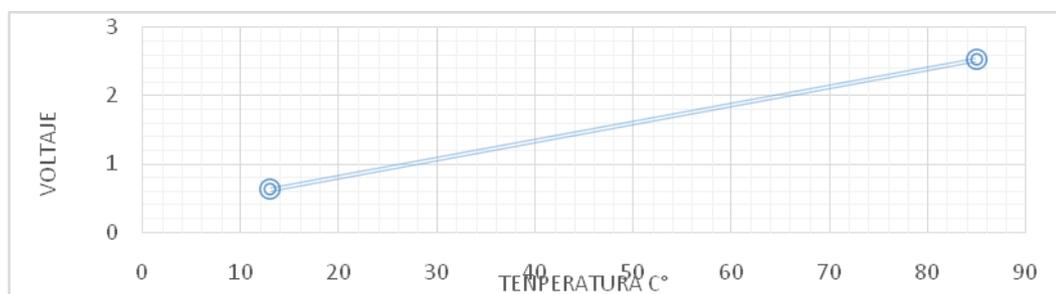


Gráfico8. Voltaje / Temperatura del cable señal del sensor MAF

**Análisis**

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor MAF donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 0.5 voltios, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C el voltaje es

de 0.63 voltios en temperatura ambiente de 13°C y a temperatura óptima de funcionamiento del motor de 85°C el voltaje es de 2.52 voltios en esta Gráfico se puede observar la variación del voltaje del cable de señal, es decir, a mayor temperatura mayor será el voltaje.

### ***Prueba de control de alimentación y masa del sensor MAF***

Si el sensor no tiene señal de salida verifique con un multímetro en función voltaje que llegue a la misma alimentación y tenga correcta masa, una punta del multímetro colóquela a masa del sensor y la otra punta a alimentación del mismo. Si después de efectuar esta prueba y si el sensor es alimentado correctamente 12 voltios, caso contrario, reemplace el sensor.

Alimentación



Figura 69. Prueba de alimentación del sensor MAF

### ***Control de la forma de onda del sensor MAF***

Para la medición de la señal entregada por este sensor se debe colocar una punta de diagnóstico en el cable de salida de señal del sensor y la otra a masa

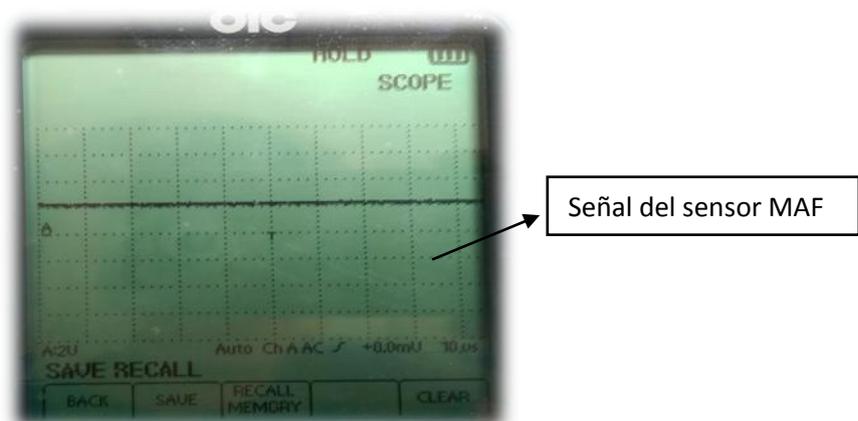


Figura 70. Curva del sensor MAF ralenti

## Análisis

La figura muestra el trabajo del sensor MAF en el eje y se tiene las divisiones de 2 voltios y en el eje x cada cuadrícula es de 10 micro segundos la curva se mantiene uniforme ya que no existe aceleración, es decir, no existe variación en la entrada de aire por lo que se va a conservar en una línea recta.

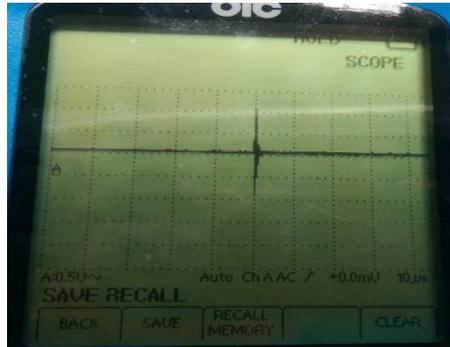


Figura 71. Curva del sensor MAF acelerado

## Análisis

En la figura se observa la señal del sensor MAF con el motor acelerado donde en el eje y cada cuadrícula equivale a 0.5 voltios y el eje x a 10 m segundos aquí se observa que el voltaje aumenta esto se debe a que acelerado existe mayor entrada de aire y se observa mayor presencia de ruido.

## Medición de voltaje

Tabla 16. Voltaje sensor IAT

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13 °C	VOLTAJE a 85 °C
Negro / azul	Alimentación	12,50	12.50
Plomo	Señal	1.97	2.15
Negro / tomate	Masa	0.01	0.01

### Alimentación



Figura 72. Medición del voltaje en el sensor IAT

### Cable plomo

### Señal

TEMPERATURA 13°C

TEMPERATURA 85°C



Figura 73. Medición del voltaje en el sensor IAT

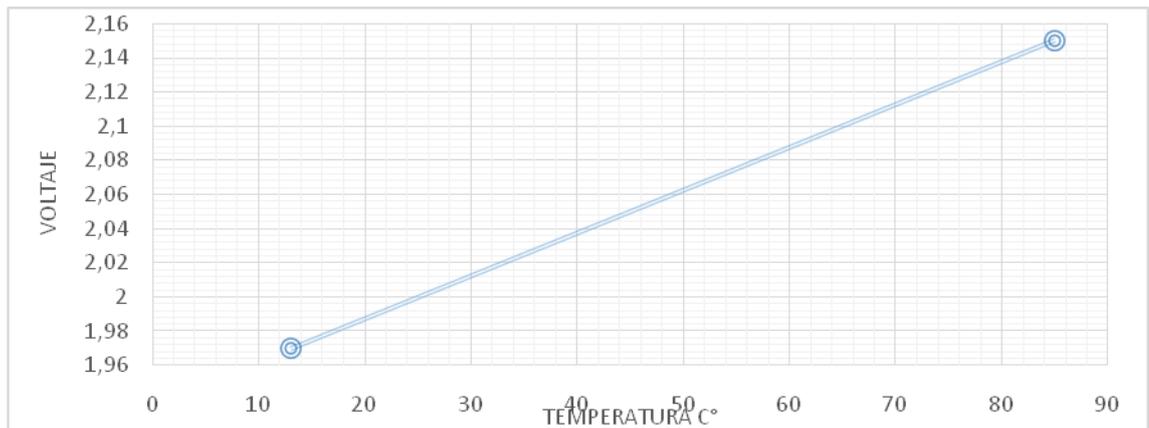


Gráfico9. Voltaje / Temperatura del cable señal del sensor IAT

## **Análisis**

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor IAT donde se tiene en el eje y el voltaje, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C el voltaje es de 1.97 voltios en temperatura ambiente de 13°C y a temperatura óptima de funcionamiento del motor de 85°C el voltaje es 2.15 voltios con que se demuestra que a mayor temperatura mayor será el voltaje de este cable.

### ***Prueba de control de alimentación al sensor IAT.***

Desconectar el conector del sensor, con un multímetro en función voltaje conecte las dos puntas del mismo a los dos terminales del conector de la instalación eléctrica del sensor. Abrir la llave de contacto, el voltaje a medir debe ser 5 voltios para el buen funcionamiento del sensor.



Figura 74. Prueba de control de alimentación

## **Análisis**

Utilizando el multímetro se mide el voltaje y se comprueba que el sensor está en óptimas condiciones de funcionamiento ya que el voltaje es de 4.99 voltios

### ***Síntomas de fallo***

- Cortos en el circuito por conexión incorrecta.
- Filtro de aire tapado.
- Problema con la lámina caliente.
- Suciedad en el conector.
- Voltaje de señal inadecuado.

- Mezcla estequiométrica lejana.
- Mezcla rica.
- Consumo excesivo de combustible
- Escape de humo negro
- Cantidades voluminosas de hollín
- Rendimiento del motor bajo
- Tendencias de ahogamiento del motor.
- Excesivo volumen de Monóxido de Carbono
- Señal de avería.

### *Código de falla*

#### **P0113 IAT SENSOR CIRCUIT HIGH INPUT**



Figura 75. Código de falla sensor MAF

#### **4.2.6 Sensor de presión absoluta (MAP y IAT)**

##### *Ubicación*

Se encuentra instalado en la parte superior de mismo, sobre el múltiple de admisión.

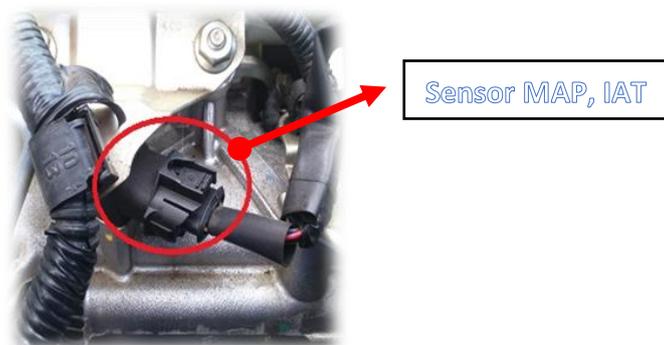


Figura 76. Sensor MAP

### ***Función***

Se encarga de testar la presión existente en el múltiple de admisión, durante y después del funcionamiento del motor para generar datos de cuánto se dosifica la mezcla estequiométrica.

### ***Parámetros de funcionamiento óptimo MAP***

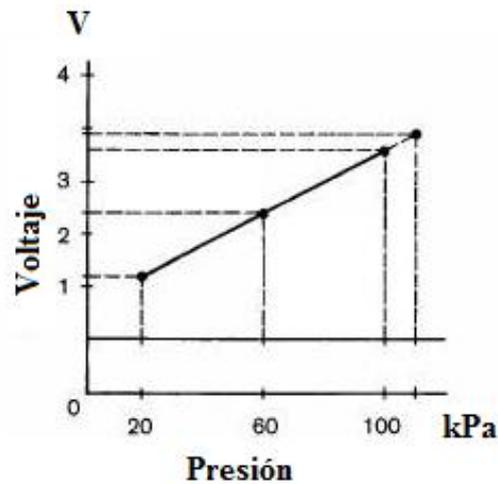


Gráfico10. Parámetros de funcionamiento óptimo sensor MAP

### ***Terminales del conector***



Figura 77. Terminales conector MAP

Tabla 17. Terminales conector MAP

CABLE	FUNCIÓN
Negro / amarillo	Masa
Plomo / azul	Señal
Morado / rojo	Alimentación

### Comprobaciones

Las respectivas mediciones del sensor MAP se las realiza tomando en cuenta que este tiene incorporado el IAT 1, que mide la temperatura del aire que sale del turbo-compresor, por lo que se debe tomar en consideración los cables a tomar de referencia.

Tabla 18. Datos de voltajes en los cables del sensor MAP

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a RPM 800	VOLTAJE a RPM 3000
Negro / amarillo	Masa	0.01	0.01
Plomo / azul	Señal	1.26	2.07
Morado / rojo	Alimentación	4.99	4.99

Datos obtenidos (voltaje)

Cable plomo – azul

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 78. Voltaje señal

Cable morado - rojo

Alimentación



Figura 79. Voltaje alimentación

Cable rojo - amarillo

Señal

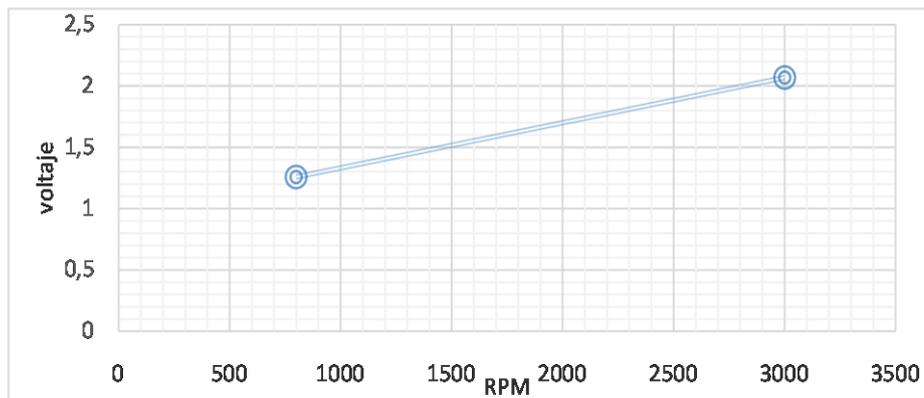


Gráfico11. Voltaje / RPM del cable señal del sensor MAP

### Análisis

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor MAP donde se tiene en el eje y el voltaje donde cada cuadrícula de separación es de 0.5 voltios, en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM el voltaje es de 1.26 voltios a 800 RPM donde la presión es de 30 KPa y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es 2.07 voltios donde la presión es de 50 KPa con lo que se demuestra que a mayor RPM mayor será el voltaje de este cable.

### *Parámetros de funcionamiento óptimo IAT*

Tabla 19. Funcionamiento óptimo del sensor IAT

CABLE	FUNCIÓN	RPM 800	RPM 3000
Negro / amarillo	Masa	0.01	0.01
Morado / rojo	Alimentación	4.99	4.99
Rojo / amarillo	Señal	1.25	1.55

Alimentación



Figura 80. Voltaje alimentación

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 81. Voltaje señal

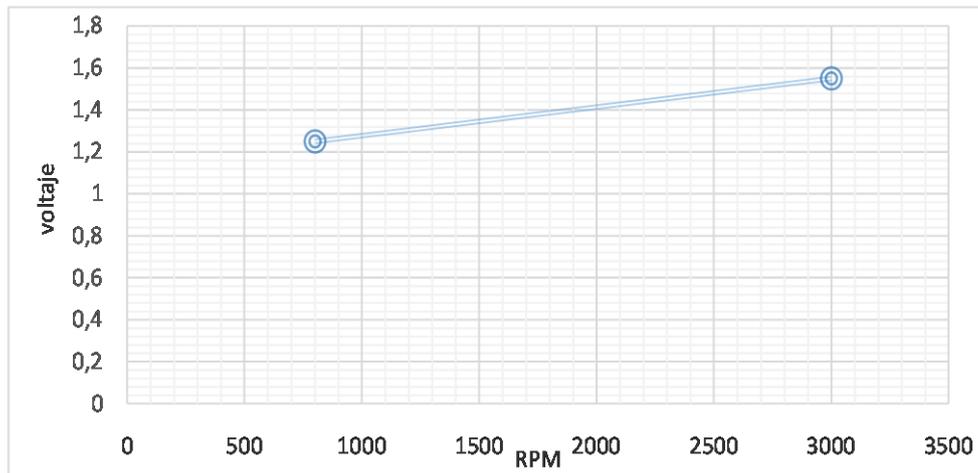


Gráfico12. Voltaje / RPM del cable señal del sensor IAT

### Análisis

En la Gráfico se muestra el voltaje del cable de señal del sensor IAT donde se tiene en el eje y el voltaje, donde cada cuadrícula de separación es de 0.2 voltios y en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM el voltaje es de 1.25 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es de 3000 RPM el voltaje es 1.55 voltios con que se demuestra que a mayor RPM mayor será el voltaje de este cable.

### *Síntomas de fallo*

- Mezcla estequiométrica lejana.
- Mezcla rica.
- Consumo excesivo de combustible
- Escape de humo negro
- Cantidades voluminosas de hollín
- Rendimiento del motor se vuelve vago.
- Tendencias de ahogamiento del motor.
- Excesivo volumen de Monóxido de Carbono
- Señal de avería.

### *Código de falla*

#### **PO107 MAP / BARO SENSOR CIRCUIT LOW INPUT**

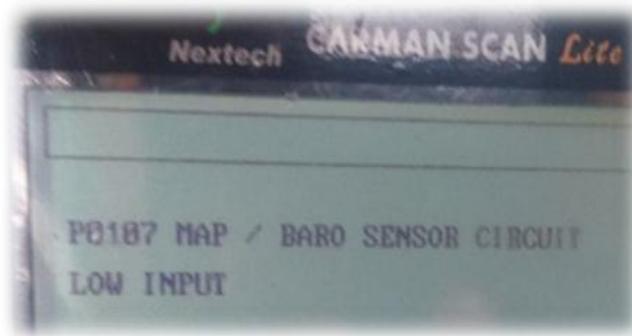


Figura 82. Código de falla sensor MAP

#### **4.2.7 Sensor de posición del cigüeñal (CKP)**

##### *Ubicación*

Se encuentra en la parte posterior, sobre el volante de inercia. El pulso rueda se instala en la masa primaria del volante, y tiene 58 proyecciones con un espacio de  $6^\circ$  de ángulo del cigüeñal entre cada proyección. Un espacio de  $18^\circ$  define una determinada posición del cigüeñal.

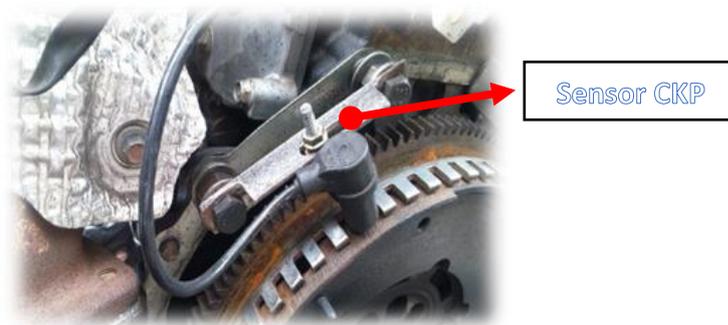


Figura 83. Sensor CKP

### ***Función***

Son los elementos que informan, mediante la transformación diversas magnitudes físicas en señales eléctricas, a la unidad de control sobre los parámetros indicados.

Para conseguir una señal perfectamente concretada, sin interferencias posibles y que no obedezcan de sistemas mecánicos como en el caso de los platinos, se utiliza ahora una señal formada por un sensor inductivo, el cual concibe una señal de corriente alterna.

Para ello se coloca un sensor inductivo adyacente a la rueda volante, la misma que tiene instalada la rueda denticulada para recibir el movimiento del motor de arranque. Los dientes de la cinta transitan muy cerca del sensor inductivo y por cada diente se crea una sístole de corriente alterna.

### ***Terminales del conector***



Figura 84. Conectores sensor CKP

Tabla 20. Conectores sensor CKP

CABLE	FUNCIÓN
Verde	Señal
Azul	Alimentación
Café / amarillo	Masa

## Comprobaciones

### Prueba de resistencia

Con un multímetro en función resistencia (ohm), desconectar el sensor, medir la resistencia de la bobina del sensor entre el cable verde y el cable azul.



Figura 85. Medición resistencia sensor CKP

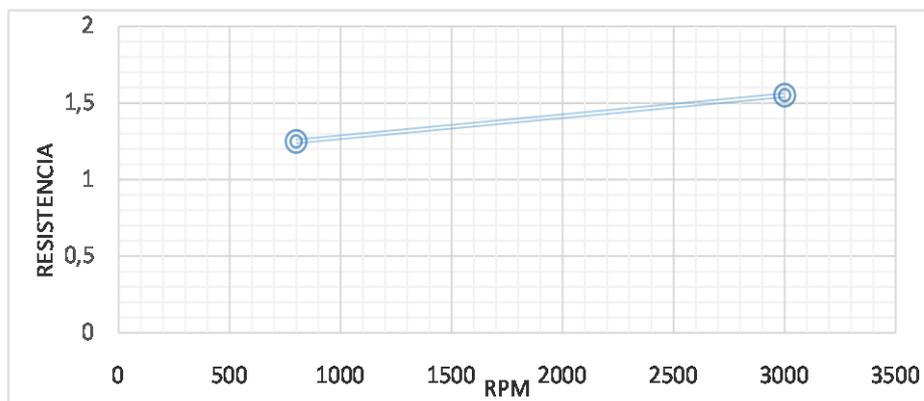


Gráfico13. Resistencia / RPM del sensor CKP

### Análisis

En la Gráfico se muestra el trabajo del sensor de temperatura del combustible donde se tiene en el eje y la resistencia, cada cuadrícula de separación es de 0.2 KOHM, en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM este cable mide una resistencia de 2.65 KOHM a 800 RPM a medida que

aumentan las RPM la resistencia del sensor disminuye con lo cual se tiene que a 3000 RPM que es el trabajo óptimo del motor se tiene una resistencia 0.97KOHM, es decir, a mayores RPM menor será la resistencia.

***Prueba por tensión de corriente alterna***

Con un multímetro en función tensión o voltaje de corriente alterna (AC), desconectar el sensor o pinchando el cable de señal a la computadora.

Gire el motor por intermedio del motor de arranque, mida la tensión en el mismo (este sensor no necesita alimentarse con tensión).

La tensión generada será mayor cuanto mayor sea la velocidad de la rueda fónica

**Datos obtenidos (voltaje)**

Tabla 21. Voltajes de los cables del sensor CKP

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a RPM 800	VOLTAJE a RPM 3000
Verde	Señal	2.07	2.52
Azul	Alimentación	4.99	2.52
Café / amarillo	Masa	0.01	0.01

Cable verde

Señal

RPM 800



RPM 3000



Figura 86. Voltaje señal

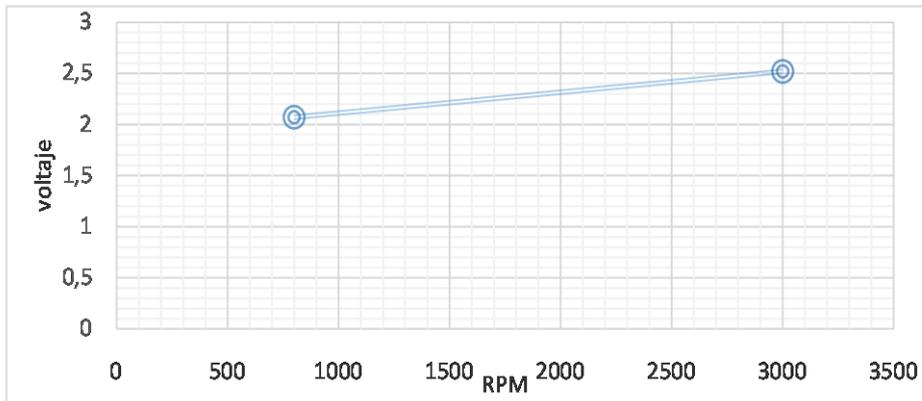


Gráfico 14. Voltaje / RPM del cable señal del sensor CKP

### Análisis

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor CKP donde se tiene en el eje y el voltaje, donde cada cuadrícula de separación es de 0.5 voltios y en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM el voltaje es de 2.07 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es 2.52 voltios con que se demuestra que a mayor RPM mayor será el voltaje de este cable.

Cable azul

Alimentación

RPM 800



RPM 3000



Figura 87. Voltaje alimentación

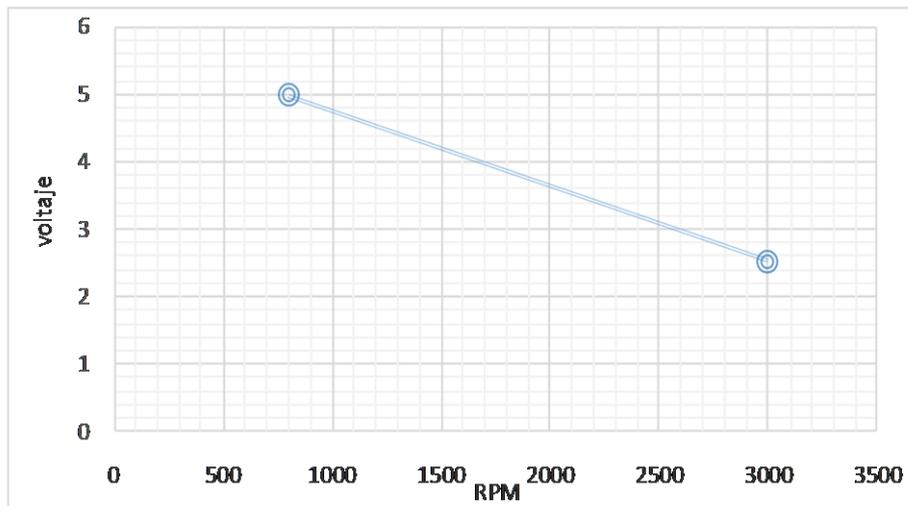


Gráfico15. Voltaje / RPM del cable alimentación del sensor CKP

### Análisis

En la Gráfico se muestra el voltaje del cable de alimentación del sensor CKP donde en eje y se tiene el voltaje cada cuadrícula de separación es de 1 voltio, en el eje x están las RPM donde cada cuadrícula de separación es de 500 RPM, el voltaje es de 4.99 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es de 2.52 voltios ya que en los sensores que tiene dos cables de masa y alimentación el de alimentación es de 5 voltios en frío y al encender el vehículo se convierte en señal y disminuye el voltaje.

### *Prueba por frecuencia.*

Con un multímetro en función frecuencia (Hz), desconectar el sensor o pinchando el cable de señal a la computadora, girar el motor por intermedio del motor de arranque, medirla frecuencia en el mismo. La frecuencia será mayor cuanto mayor sea la velocidad de la rueda fónica.

Frecuencia en ralentí

Frecuencia en 3000 RPM



Figura 88. Medición de frecuencia CKP

### ***Medición de frecuencia***

Con el multímetro se mide la frecuencia del sensor CKP en Hertz la cual es de 1643Hertz en ralentí y a 3000 revoluciones la frecuencia obtenida es de 2094 Hertz donde se llega a la conclusión que cuando aumentan las revoluciones del motor automáticamente la frecuencia aumenta.

### ***Comprobación de la forma de onda del sensor.***

Es necesario conectar el osciloscopio entre el cable de señal hacia la UCE y el otro a masa del sensor o masa de batería.

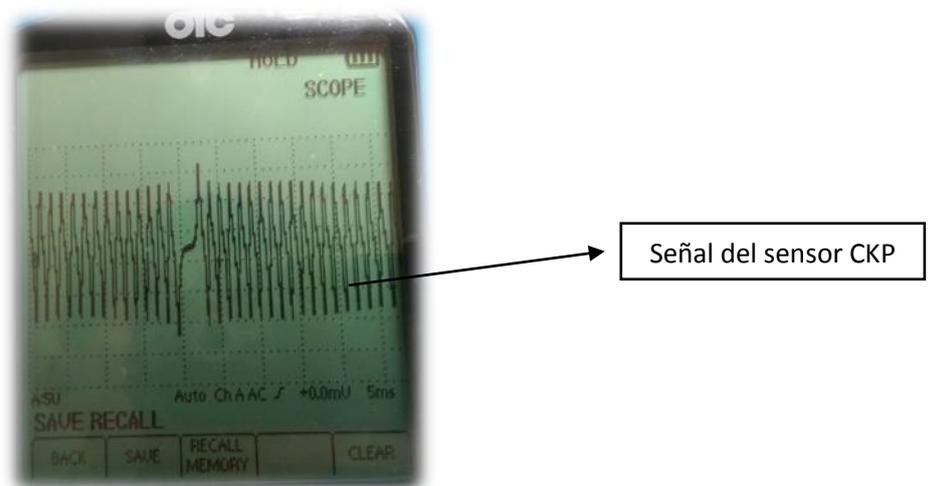


Figura 89. Curva del sensor CKP

## **Análisis**

La Gráfico muestra el trabajo del sensor CKP donde cada curva representa el paso del diente de la rueda fónica cada onda representa un diente y donde el espacio es mas grande representa el diente perdido, cuando el cigüeñal ha girado 360 grados, en el eje Y cada cuadrícula es de 5 voltios y el eje X cada cuadrícula es de 5 m segundos,

### ***Síntomas de fallo***

- Detonaciones incorrectas en la cámara de combustión.
- El motor no arranca.
- Tirones repentinos del motor.
- Corte de encendido del motor (se apaga).
- Señal de avería.

### ***Código de falla***

#### **P0335 USE CPS CIRCUIT FAULT**

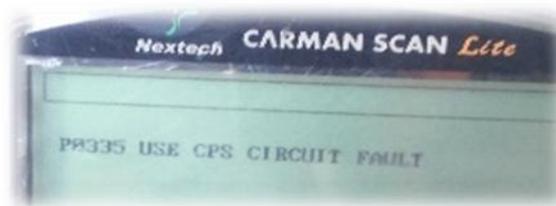


Figura 90. Código de falla del sensor CKP

#### **4.2.8 Sensor de posición del árbol de levas (CMP)**

##### ***Ubicación***

Se ubica en la parte frontal, superior, izquierda junto a la tapa de la correa de la distribución del motor.

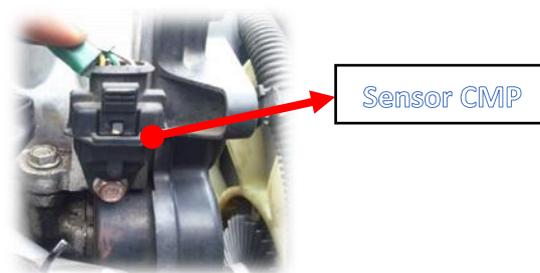


Figura 91. Sensor CMP

### ***Función***

Cuando se enciende el motor, los pistones realizan su trabajo recorriendo una distancia como la carrera del pistón, abriendo y cerrando válvulas. Para determinar estas posiciones tanto en PMS Y PMI no es suficiente la lectura del sensor CKP. Por lo que se utilizará un sensor que determine el giro del árbol de levas.

El sensor CMP trabaja bajo las condiciones de efecto hall el cual actúa mediante un diente magnético u discos metálicos que al momento de pasar por ellos la acción magnética los desvía en ángulo recto causando la primera señal determinando que el pistón está la fase de compresión.

### ***Terminales del conector***



Figura 92. Terminales del sensor CMP

Tabla 22. Terminales sensor CMP

CABLE	FUNCIÓN
Amarillo	Masa
Verde / amarillo	Señal
Blanco / negro	Alimentación

## ***Comprobaciones***

### ***Prueba en función frecuencia.***

Con un multímetro en función frecuencia (Hz), sin desconectar el sensor pinchando el cable de señal a la computadora, girar el motor por intermedio del motor de arranque, medir la frecuencia en el mismo. La frecuencia será mayor cuanto mayor sea la velocidad de giro.

Frecuencia en ralentí



Frecuencia en 3000 RPM



Figura 93. Medición de frecuencia CMP

## **Análisis**

Con el multímetro se mide la frecuencia del sensor CMP en Hertz la cual es de 0.691 Hertz en ralentí y a 3000 revoluciones la frecuencia obtenida es de 1286 Hertz donde se llega a la conclusión que cuando aumentan las revoluciones del motor automáticamente la frecuencia aumenta.

### ***Prueba de control de alimentación y masa del sensor.***

Si el sensor no tiene señal de salida verifique con un multímetro en función voltaje que llegue a la misma alimentación y tenga correcta masa.

Si después de efectuar esta prueba y el sensor no presenta defectos mecánicos en su transmisión de giro, reemplace el mismo.

**Datos obtenidos (voltaje)**

Tabla 23. Voltajes de los cables del sensor CMP

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a RPM 800	VOLTAJE a RPM 3000
Amarillo	Masa	0.01	0.01
Verde / amarillo	Señal	4.62	4.99
Blanco / negro	Alimentación	4.99	4.99

Cable verde amarillo

Señal

RPM 800

RPM 3000



Figura 94. Voltaje señal

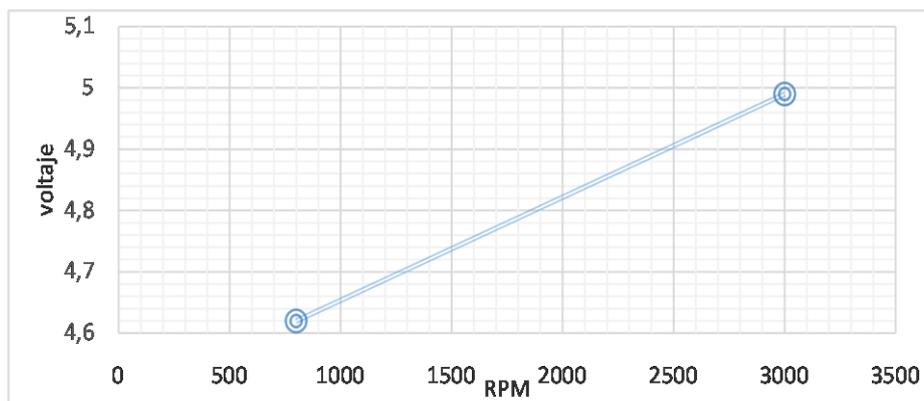


Gráfico16. Voltaje / RPM del cable señal del sensor CMP

## Análisis

En la Gráfica se muestra el voltaje del cable de señal del sensor CMP donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 0.05 voltios y en el eje x están las RPM cada cuadrícula de separación es de 500 RPM el voltaje es de 4.62 voltios a 800 RPM y el trabajo óptimo del motor que es a 3000 RPM el voltaje es 4.99 voltios con que se demuestra que a mayor RPM mayor será el voltaje de este cable.

Cable blanco – negro

Alimentación



Figura 95. Voltaje alimentación

## Análisis

En la Gráficose muestra el voltaje del cable de alimentación del sensor CMP donde se tiene en el eje y el voltaje, cada cuadrícula de separación es de 1 voltio, en el eje x está la temperatura cada cuadrícula de separación es de 10°C el voltaje es de 4.99 voltios en temperatura ambiente de 13°C y a temperatura óptima de funcionamiento del motor de 85°C el voltaje es el mismo ya que este cable por ser alimentación no varía es el mismo en frío o en caliente

### ***Control de forma de onda del sensor.***

Es necesario conectar el osciloscopio entre el cable de señal (rojo) hacia la UCE y el otro a masa del sensor o masa de batería.

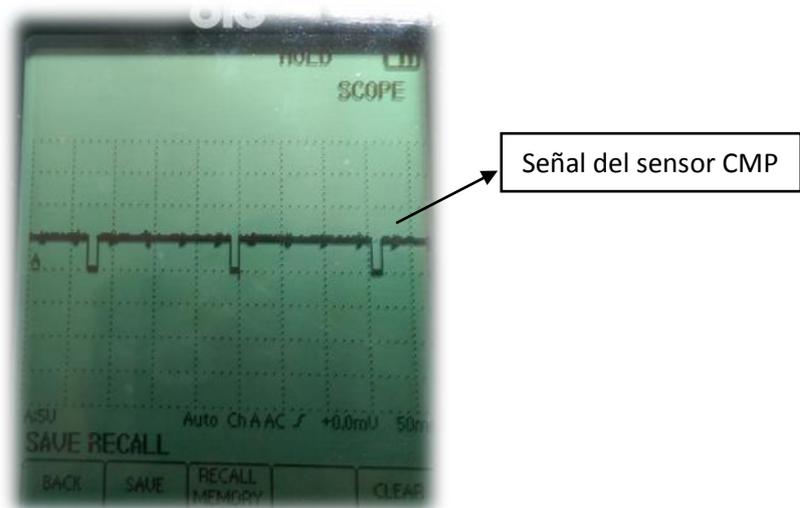


Figura 96. Curva del sensor CMP

### **Analisis**

La figura muestra el trabajo del sensor CMP, en el eje Y se tiene el voltaje cada cuadrícula de separacion es 5 voltios en el eje X está el tiempo el cual equivale a 50 m segundos en esta Gráficose puede observar que cada punta que baja es un giro del árbol de levas por lo tanto se puede observar que en la figura se ha producido tres giros del árbol.

### **Síntomas de fallo**

- Detonaciones.
- Cascabeleo
- Retraso o adelanto de la combustión
- Señal de avería.

### **Código de falla**

#### **P0340 SGC SIGNAL – NO SGC SIGNAL**

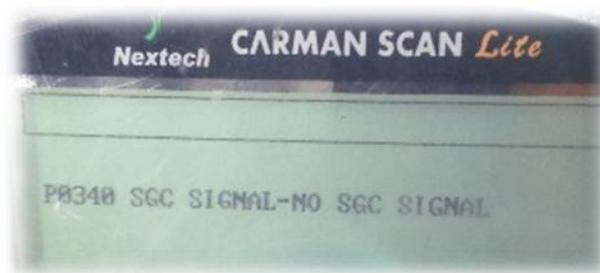


Figura 97. Código de falla sensor CMP

#### 4.2.9 Sensor de altitud (Barométrico)

##### *Ubicación*

Este sensor se encuentra en la parte interior de la ECM

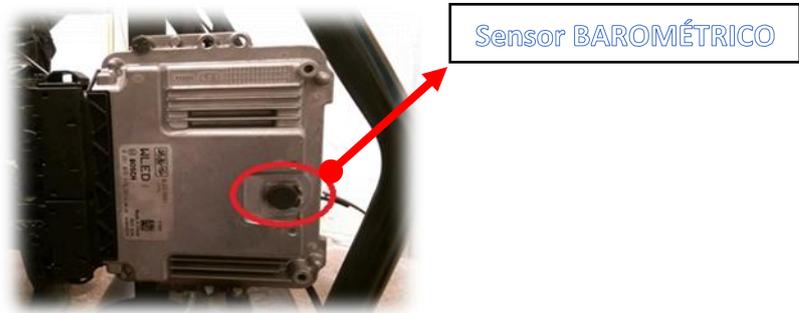


Figura 98. Sensor de altitud (BAROMÉTRICO)

##### *Función*

Este sensor le comunica a la ECM la presión atmosférica, para que corrija de manera racional el tiempo de inyección de acuerdo a la presión barométrica.

La forma básica de medir la presión barométrica se hace con el método de Whetstone, que conforma un grupo de resistencias de brazo oscilante a calcular la presión latente del entorno.

Junto a un lado está el vacío de referencia para medir y al otro lado se encuentra el mecanismo evaluatorio actuando entonces como referencia del tipo piezo-resistivo.

##### *Comprobaciones*

Al estar el sensor ubicado dentro de la ECM no se puede realizar ninguna comprobación.

##### *Síntomas de fallo*

- El motor no desarrolla.
- Dosificaciones erróneas de combustible.
- Señal de avería.

### 4.3 Diagnóstico actuadores motor Mazda BT50 CRDi

#### 4.3.1 Bujías de precalentamiento

##### *Ubicación*

Las bujías de pre calentamiento, se encuentran instaladas en la parte superior izquierda junto al múltiple de admisión.

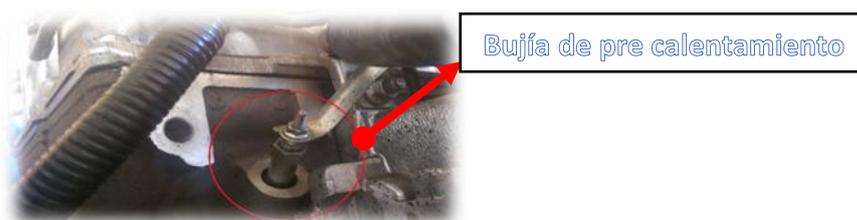


Figura 99. Bujía de precalentamiento

##### *Función*

Las bujías de precalentamiento son responsables de asegurar un arranque eficiente en frío. Acortando el período de calentamiento, un hecho que es altamente relevante para las emisiones de gases de escape.

El tiempo de precalentar es una función de la ECM y de la temperatura del líquido refrigerador, controlando la operación del relé de la bujía de precalentamiento. Las bujías son capaces de alcanzar 850°C en segundos.

##### *Parámetros de funcionamiento óptimo*

Tabla 24. Parámetros de funcionamiento bujías de pre calentamiento

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE
Rojo	Alimentación	12 v

### ***Tiempo de encendido***

El tiempo de encendido de la bujía de pre calentamiento es 00:00:09 <sup>65</sup> segundos desde el instante en que se pone en señal contacto el motor hasta que los 12 voltios calienten a las cuatro bujías



Figura 100. Tiempo de encendido de la bujía de pre calentamiento

### ***Terminales del conector***



Figura 101. Terminales del conector de las bujías de pre calentamiento

### ***Comprobaciones***

#### ***Visualización de la luz testigo en el tablero.***

La lámpara indicadora de la bujía de precalentamiento se enciende brevemente (función de auto-prueba) cuando la llave está en ON.

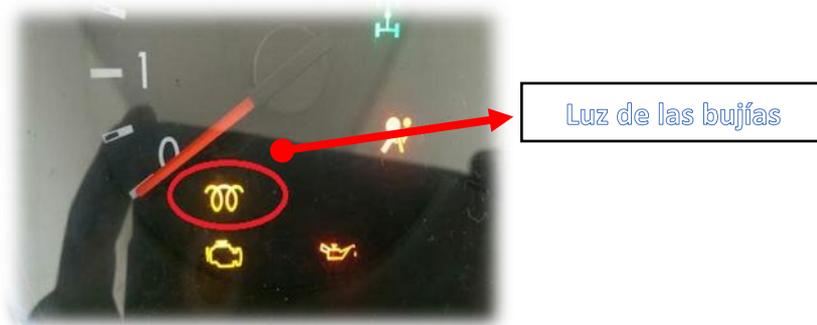


Figura 102. Luz de las bujías en el tablero

***Revisar el fusible de protección.***

En fundamental realizar el análisis del fusible que comanda o protege al circuito de las bujías de pre-calentamiento, ya que el fusible en mal estado o cortado no permitirá el funcionamiento del sistema



Figura 103. Fusible de las bujías de pre calentamiento

***Comprobación a través de aplicación de tensión directa.***

Una de las comprobaciones que se deben realizar es aquella en la que se aplica una tensión directa de batería, la bujía en pocos segundos debe de calentarse de tal manera que se pueda apreciar a simple vista



Figura 104. Prueba de bujía con tensión directa desde la batería



Figura 105. Bujía de precalentamiento

### ***Prueba de resistencia.***

La medición de resistencia de cada bujía debe estar dentro de un rango de 0,3 a 0,9 ohmios



Figura 106. Prueba de resistencia de la bujía de precalentamiento

### ***Síntomas de fallo***

- Bujías se quedan conectadas.
- No calienta bujías.
- No se puede encender el motor en las mañanas
- Ahogamiento.
- Señal de avería.

### 4.3.2 Inyectores

#### *Ubicación*

Los inyectores se encuentran ubicados en la parte superior del motor, empotrado en el cabezote.

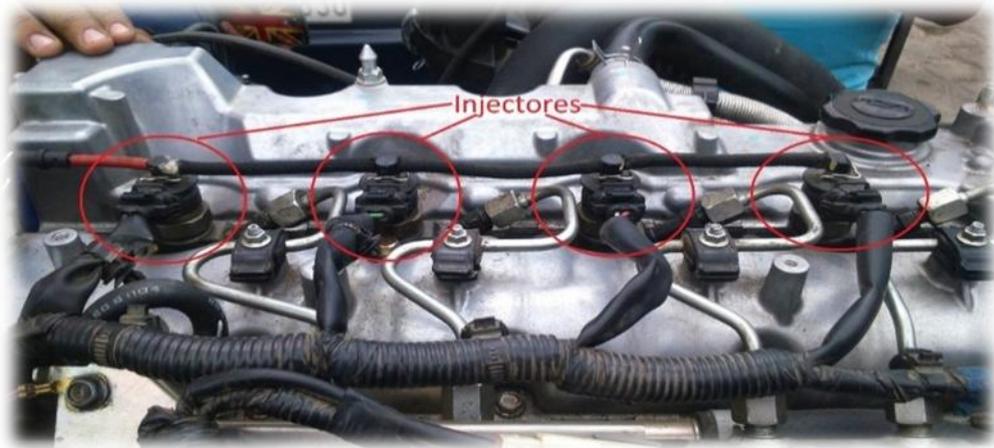


Figura 107. Inyectores CRDi

#### *Función*

Estos son especiales que trabajan con un sistema servo-hidráulico y un dispositivo de ejecución eléctrica que solo se manejan con el sistema Common Rail para conseguir eficiencia al inicio de la inyección y dosificar la cantidad de combustible introducido. Al inicio de la inyección, se aplica una enaltecida corriente al inyector, de tal forma que se abra avivadamente la válvula solenoide.

Inmediatamente que la aguja de la boquilla haya viajado su carrera completa, y la boquilla se haya abierto totalmente, se disminuye la corriente energizante a un valor de conservación mínimo.

La cantidad de combustible introducido está definida por el tiempo de apertura del inyector y la presión del riel. La inyección acaba cuando la válvula solenoide es desactivada y como consecuencia se obstruye.

## Parámetros de funcionamiento óptimo

### INYECTOR N° 1

Tabla 25. Voltajes de los cables del inyector N° 1

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13°C	VOLTAJE a 85°C
Rosado	Señal	0.39 v	0.39 v
Morado Blanco	Alimentación	6,38 v	6,38 v

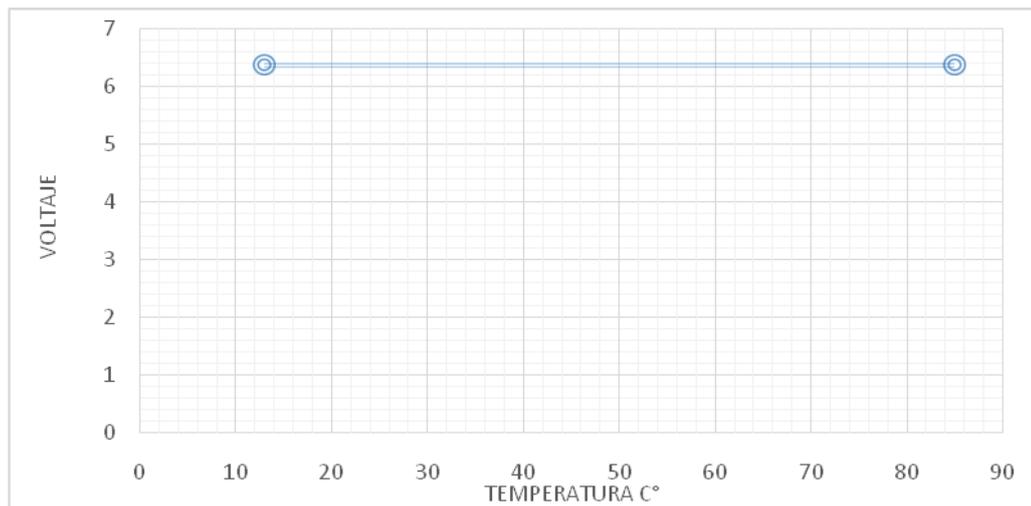


Gráfico17. Alimentación inyector 1

### Análisis

En esta Gráfico se puede ver que el voltaje no varía es el mismo desde que el motor está frío hasta la temperatura óptima de funcionamiento es el mismo no varía

### INYECTOR N° 2

Tabla 26. Voltajes alimentación inyector N° 2

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13°C	VOLTAJE a 85°C
Rojo	Señal	0.37 v	0.37 v
Blanco	Alimentación	6,29 v	6,29 v

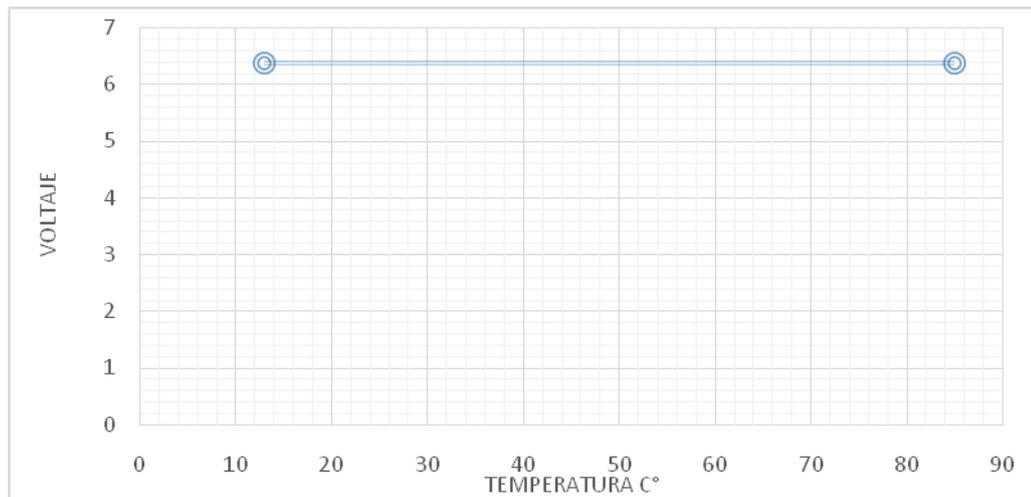


Gráfico18. Alimentación inyector 2

### Análisis

En esta Gráficoose puede ver que el voltaje no varía es el mismo desde que el motor está frío hasta la temperatura óptima de funcionamiento es el mismo no varía.

### INYECTOR N° 3

Tabla 27. Voltajes de alimentación del inyector N° 3

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13°C	VOLTAJE a 85°C
Verde	Señal	0.37 v	0.37 v
Negro / amarillo	Alimentación	7.80 v	7.80 v

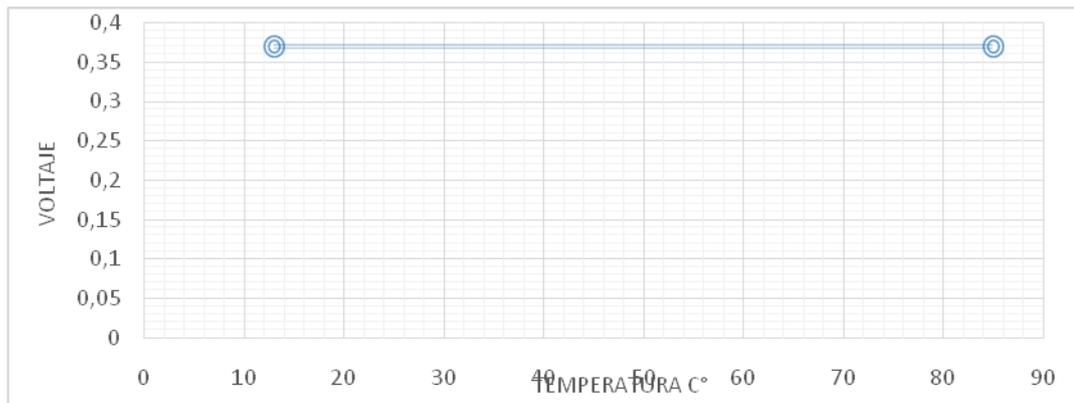


Gráfico19. Voltaje de cable de señal

### Análisis

En esta Gráfica se puede ver que el voltaje no varía es el mismo desde que el motor está frío hasta la temperatura óptima de funcionamiento es el mismo no varía.

### Alimentación

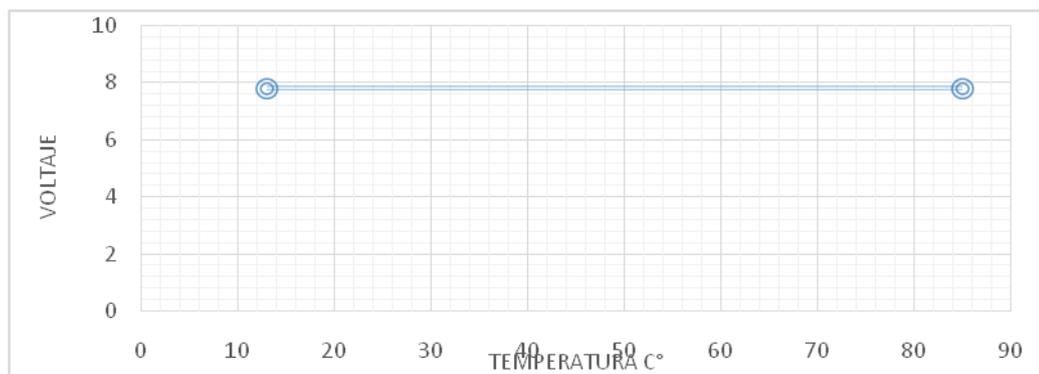


Gráfico20. Voltaje de alimentación

### Análisis

En esta Gráfica se puede ver que el voltaje no varía es el mismo desde que el motor está frío hasta la temperatura óptima de funcionamiento es el mismo no varía.

## INYECTOR N° 4

Tabla 28. Voltajes de los cables del inyector N° 4

CABLE	FUNCIÓN	VOLTAJE a 13°C	VOLTAJE a 85°C
Café / blanco	Señal	2.69 v	2.69 v
Café	Alimentación	6.84 v	6.84 v

### Señal

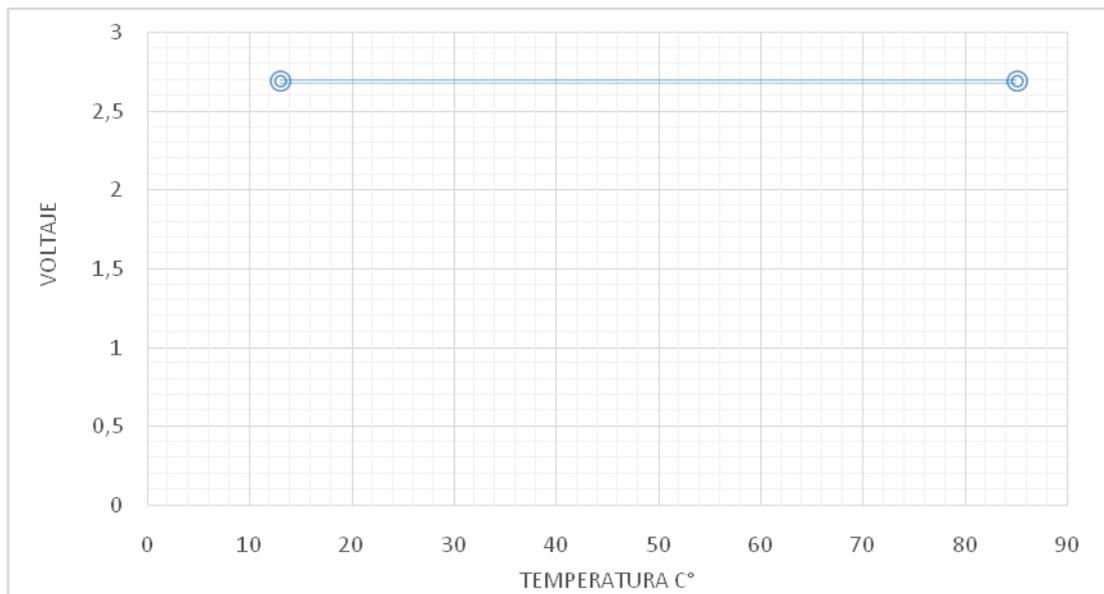


Gráfico21. Voltaje cable señal

### *Terminales del conector*



Figura 108. Terminal inyectores

## ***Comprobaciones***

### ***Prueba de medición de resistencia.***

Separar el conector del inyector, con un multímetro en función resistencia colocarlas dos puntas del multímetro, medir la resistencia de la misma, comparar las resistencias con las especificadas, pero generalmente este valor de su resistencia interna esta alrededor de los 0,4 ohmios.



Figura 109. Medición de resistencia Inyector

### ***Medición de resistencia***

Al realizar la medición de la resistencia del inyector se pudo observar que la medición obtenida es  $0.03\Omega$  que por lo general se encuentra en el rango establecido.

### ***Control de la forma de onda.***

Se verifica su proceso de trabajo, para realizarlo correctamente se debe utilizar un osciloscopio.

La señal reflejada deberá comprender la tensión de apertura de 80 voltios con una intensidad de alrededor 20 amperios y una duración de 0.3 milisegundos, por otro lado para la fase de mantenimiento, los inyectores son alimentados con una tensión de 50 voltios y una intensidad de 12 amperios.

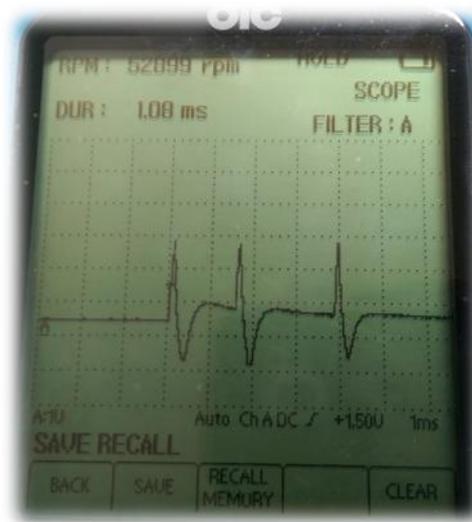


Figura 110. Curva del inyector N° 1

### Análisis

En la figura se observa la inyección del inyector donde en el eje Y se tiene el voltaje cada cuadrícula representa 1 voltio en el eje X está el tiempo cada cuadrícula representa 1 m segundo, en esta figura se tiene las tres curvas que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, la de pre inyección la de post inyección y la inyección principal, estas tres inyecciones las realiza alrededor de 8 m segundos

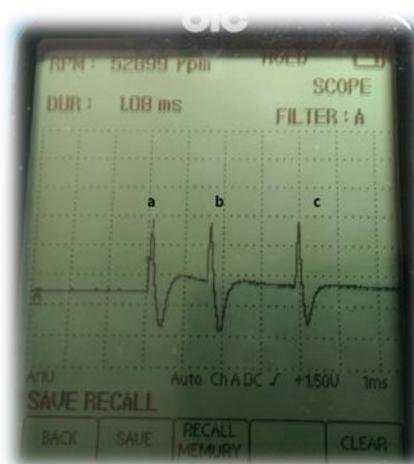


Figura 111. Curva inyector N° 2

## Análisis

En la figura se observa la inyección del inyector N° 2 donde en el eje Y está el voltaje cada cuadrícula representa 1 voltio en el eje X está el tiempo cada cuadrícula representa 1 m segundo, en esta figura se tiene las tres curvas a, b, c que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, la punta (a) corresponde a la pre inyección la punta (b) corresponde a la post inyección y la inyección principal es la punta (c), estas tres inyecciones las realiza alrededor de 8 m segundos

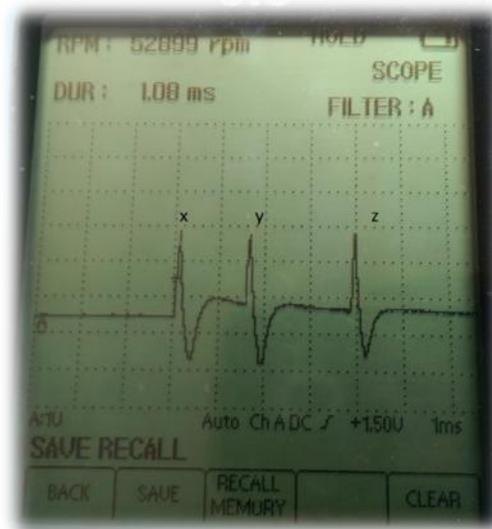


Figura 112. Curva del inyector N° 3

## Análisis

En la figura se observa la inyección del inyector N° 3 donde en el eje Y se tiene el voltaje cada cuadrícula representa 1 voltio en el eje X está el tiempo cada cuadrícula representa 1 m segundo, en esta figura se tiene las tres curvas x, y, z que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, la punta (x) corresponde a la pre inyección la punta (y) corresponde a la post inyección y la inyección principal es la punta (z), estas tres inyecciones las realiza alrededor de 8 m segundos

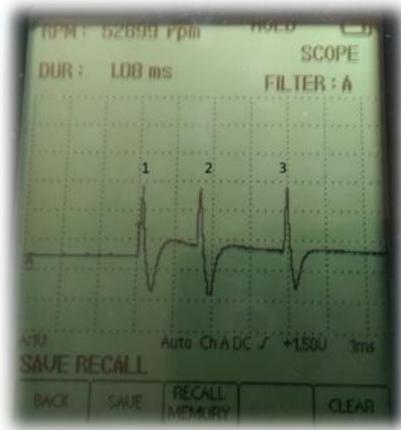


Figura 113. Curva del inyector N° 4

### **Análisis**

En la figura se observa la inyección del inyector N° 4 donde en el eje Y se tiene el voltaje cada cuadrícula representa 1 voltio en el eje X está el tiempo cada cuadrícula representa 1 m segundo, en esta figura se tiene las tres curvas 1, 2, 3 que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, la punta (1) corresponde a la pre inyección la punta (2) corresponde a la post inyección y la inyección principal es la punta (3), estas tres inyecciones las realiza alrededor de 8 m segundos

### **Síntomas de fallo**

- Dificultad en el arranque
- Tironeo
- Excesivo consumo de combustible

### **Código de falla**

Inyector N° 1

**P0201 INJECTOR CIRCUIT/OPEN – CYLINDER 1**

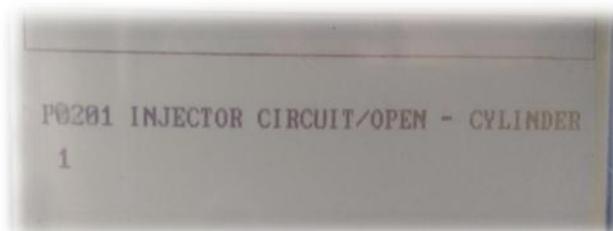


Figura 114. Código de falla del inyector N° 1

Inyector N° 2

**P0202 INJECTOR CIRCUIT/OPEN – CYLINDER 2**

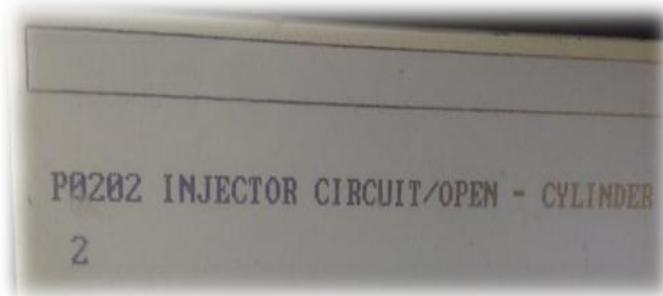


Figura 115. Código de falla del inyector N° 2

Inyector N° 3

**P0203 INJECTOR CIRCUIT/OPEN – CYLINDER 3**

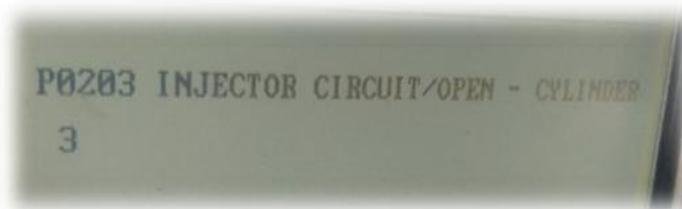


Figura 116. Código de falla del inyector N° 3

Inyector N° 4

**P0204 INJECTOR CIRCUIT/OPEN – CYLINDER 4**



Figura 117. Código de falla del inyector N° 4

### 4.3.3 Válvula de solenoide de vacío

#### *Ubicación*

Esta válvula se encuentra ubicada junto al depurador del motor.



Figura 118. Válvula del solenoide de vacío

#### *Función*

Tiene como misión variar, momentáneamente, el límite de la presión de soplado del turbocompresor. Es una válvula de accionamiento de la mariposa del tubo de admisión, esta válvula de accionamiento de la mariposa del turbo de admisión ajusta el vacío en el actuador de la mariposa.

#### *Parámetros de funcionamiento óptimo*

Tabla 29. Voltajes de los cables de la válvula de solenoide

CABLE	VOLTAJE 800 RPM
Amarillo/negro	3.19 v
Blanco	12.54 v

## ***Comprobaciones***

### ***Prueba de medición por voltaje***

Sin desconectar el sensor pinchar el conductor de señal del sensor, con la punta de un multímetro en función voltaje.

### **Datos obtenidos (voltaje)**

Cable amarillo / negro

RPM 800



Figura 119. Voltaje válvula solenoide cable amarillo negro

Cable blanco

RPM 800



Figura 120. Voltaje válvula solenoide cable blanco

### *Síntomas de fallo*

- Bajo rendimiento del motor.
- Ruido diferente; aumentado en el escape.
- La válvula se queda abierta
- Señal de avería.

### *Código de falla*

**P1879 TRANSFER CASE DISENGAGED SOLENOID OPEN CIRCUIT**

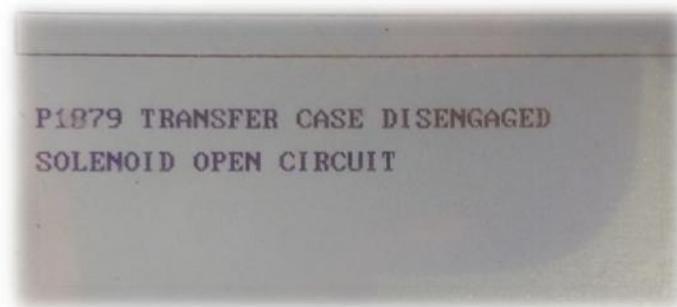


Figura 121. Código de falla de la válvula de solenoide

## CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

Las bujías de precalentamiento del motor Mazda alcanzan una temperatura de 750 grados en apenas 5 segundos, obteniendo una diferencia notable en el tiempo de calentamiento en otros motores ya que están en alrededor de 10 segundos. Obteniendo así en el motor Mazda BT50 una temperatura óptima para el arranque del vehículo y disminuir la emisión de gases contaminantes en el arranque.

El sensor de presión del riel es un sensor que deforma su membrana para generar un voltaje de señal cuando está sometido a una determinada presión, entre mayor sea la membrana se deforma más obteniendo una aumento de voltaje, el voltaje en ralentí es de 1.3V a una presión de 300 bares, y a régimen alto un voltaje de 3,6V a una presión de 1300 bares.

En el sensor del pedal del acelerador se encuentran dos potenciómetros donde uno va de 0,5 a 3 voltios, que sería el ralentí y régimen bajo del motor, el otro potenciómetro va de 1,5 a 3,5 voltios donde se obtiene el régimen alto.

#### 5.2 Recomendaciones

No realizar malas mediciones ya que pueden generar daños a la computadora como por ejemplo medir la resistencia con un multímetro de mala calidad este puede generar circuitos dentro de la computadora ya que al medir una resistencia el multímetro envía un voltaje mediante los cables

Realizar mediante protoboard las salidas de los pines de la computadora con su respectiva función para realizar simulaciones de fallas a cada uno de los sensores del motor.

Diseñar mediante software un diagnosticador de sensores del sistema common rail.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, E. M. (2012). *Motores diesel*. Obtenido de <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-25.html>
- Arpem. (2014). *Bombas de inyección Diesel*. Obtenido de [http://www.arpem.com/tecnica/bombas/bombas\\_p.html](http://www.arpem.com/tecnica/bombas/bombas_p.html)
- Barbadillo, F. (2013). *Formación inyección*. Obtenido de <http://www.tecnomovil.com/Cursos-formacion/Inyeccion-FSI/Cursohtm>
- Berger, J. (2002). *Regulación electrónica diesel (EDC)*. España: Robert Bosch GmbH.
- Bosch. (2010). *Common Rail*. Obtenido de [www.boschmanual.org](http://www.boschmanual.org)
- Bruzos, T. (2013). *Sabelotodo*. Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyecciondiesel.html>
- Bruzos, T. (2013). *Sabelotodo*. Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyecciondiesel.html>
- CATSA. (2012). *Bombas eléctricas*. Obtenido de <http://amigosdelmotor.com/la-bomba-de-combustible-el-corazon-del-vehiculo/>
- Garcia, A. (2011). *Estudio de los efectos de la post inyección: Sobre el proceso de combustión y la formación de hollín en motores a diesel*. Barcelona: Reveté.
- L.S., C. (2013). *Sistema de inyección Common Rail*. Obtenido de [http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/common\\_rail/5\\_reg\\_alta\\_presion.html](http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/common_rail/5_reg_alta_presion.html)
- Lunar, J. M. (2012). *Electricidad Automotriz*. Obtenido de <http://electroaut.blogspot.com/2012/04/componentes-del-sistema-de-inyeccion.html>
- Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail.htm)
- RODES. (2012). *Como detectar averías en inyectores*. Obtenido de <http://www.rodes.com/mecanica/averias-inyectores-coches-gasolina-o-diesel/>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1 ANTES

### COMPONENTES DEL MOTOR



**ANEXO 2 MOTOR COMMON RAIL TERMINADO VISTA FRONTAL**



**ANEXO 3 MOTOR COMMON RAIL TERMINADO VISTA POSTERIOR**



#### ANEXO 4 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CABALLETE PARA EL MOTOR



ANEXO

#### 5 ACOPLE DEL MOTOR A LA BASE



#### ANEXO 6 INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MOTOR



## ANEXO 7 PRUEBAS EN EL MOTOR TERMINADO



## ANEXO 8 SOCIALIZACIÓN





**ANEXO 9 FIRMAS DE ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN LA SOCIALIZACIÓN**

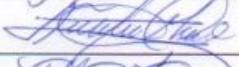
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO:**Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 Diésel.

**AUTORES:** Carapaz Cuasapaz Milton Fausto.  
Vizcaino Escobar Cristian Norman.

**DECIMO SEMESTRE**

NOMBRE	C.I	FIRMA
Robinson Ayala	100354489-5	
Andrés Moreno	100323317-8	
Jefferson López	100256429-5	
Andrés Arévalo	100352440-0	
César Morales	10035100-1	
Jefferson Pérez	040161602-4	
Narciso Arceña	100297373-8	
Francisco Ormaza	100348399-6	
Pablo Espin	100391319-9	
Andrés Torres	100348184-8	
Daniel Villaneda	100369609-1	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040177151-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Carapaz Cuasapaz Milton Fausto		
DIRECCIÓN:	Parroquia Cristóbal Colón		
EMAIL:	mfcc_51@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL	0990864376

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica common rail de un motor Mazda BT-50 diésel.
AUTOR (ES):	Carapaz Cuasapaz Milton Fausto
FECHA: AAAAMMDD	2015/07/01
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Carlos Mafla

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Carapaz Cuasapaz Milton Fausto**, con cédula de identidad Nro.**040177151-4**, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes junio de 2015

**EL AUTOR:**



.....  
Nombre: Carapaz Cuasapaz Milton Fausto  
C.C.040177151-4



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Carapaz Cuasapaz Milton Fausto**, con cédula de identidad Nro.**040177151-4** manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 diésel**. Que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2015

.....  
Nombre: Carapaz Cuasapaz Milton Fausto  
Cédula:040177151-4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN  
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040174639-1	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vizcaíno Escobar Cristian Norman	
DIRECCIÓN:	Parroquia Pioter, Barrio san Vicente, calle 23 de mayo	
EMAIL:	crisvizcaino89@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	(06) 3015167	TELÉFONO MÓVIL 0996963280

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 Diésel.
AUTOR (ES):	Vizcaíno Escobar Cristian Norman
FECHA: AAAAMMDD	2015/07/01
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Carlos Mafla

## 5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Vizcaíno Escobar Cristian Norman**, con cédula de identidad Nro.**040174639-1**, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes junio de 2015

**EL AUTOR:**



Nombre: Vizcaíno Escobar Cristian Norman  
C.C.040174639-1



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Vizcaíno Escobar Cristian Norman**, con cédula de identidad Nro. **040174639-1** manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: **Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección electrónica Common Rail de un motor Mazda BT-50 diésel**. Que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 30 días del mes de junio de 2015

Nombre: Vizcaíno Escobar Cristian Norman  
Cédula: 040174639-1