



Universidad Técnica del Norte

Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Tema: Guía de operación del banco de pruebas de
inyectores electrónicos CRDi (MT - 3000)

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

Autor: Palacios Quiroz Walter Vinicio

Director: Ing. Carlos Mafla

Ibarra 2015

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

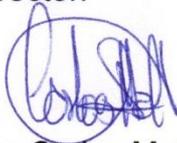
En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT - 3000)”** presentado por el señor Palacios Quiroz Walter Vinicio con número de cédula 0401397161, doy fe de que dicho trabajo, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación privada y evaluación por parte del jurado examinado que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 25 del mes de junio de 2015

Director:



Ing. Carlos Mafla Yépez

DEDICATORIA

Éste trabajo de grado dedico a mis padres por su apoyo incondicional en todo momento, por darme fuerzas de seguir superándome a pesar de cualquier adversidad y porque nunca dejaron de creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer a la Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de culminar mis estudios.

A mi director de tesis que con sus conocimientos y constancia me ayudaron a terminar éste trabajo de grado.

También me gustaría agradecer a todas las personas que de una u otra forma estuvieron brindándome apoyo con su conocimiento y sus palabras de motivación

ÍNDICE

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I	1
1. Problema de Investigación	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Delimitación temporal y espacial	3
1.4.1 Delimitación temporal	3
1.4.2 Delimitación espacial	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Sistemas de Inyección diésel	5
2.1.1 Sistema de inyección diésel Common Rail	5
2.2 Inyector del motor diésel	7

2.2.1 Inyectores mecánicos.....	8
2.2.2 Inyectores HEUI	8
2.2.3 Inyectores piezoeléctricos	8
2.2.4 Inyectores electrónicos.....	18
2.3 Control electrónico inyectores.....	24
2.3.1 Inyectores Delphi.....	24
2.4 Mantenimiento inyectores electrónicos.....	28
2.5 Comprobador de inyectores electrónicos.....	29
2.6 Diseño de partes del inyector del motor a diésel Mazda mediante Software SolidWorks.	31
CAPÍTULO III.....	34
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1 Tipo de Investigación	34
3.1.1 Investigación bibliográfica	34
3.1.2 Investigación tecnológica	34
3.2 Métodos.....	35
3.2.1 Deductivo	35
3.2.2 Análisis	35
3.2.3 Síntesis.....	35
3.3 Técnicas	35
3.3.1 La entrevista.....	36
3.3.2 La observación	36
3.4 Instrumentos.....	36
CAPÍTULO IV.....	37
4. PROPUESTA.....	37
4.1 Diagnóstico del sistema de inyección	37

4.1.1 Diagnóstico baja presión.	37
4.1.2 Diagnóstico alta presión	38
4.2 Diagnóstico de inyectores.....	41
4.2.1 Inspección visual	41
4.2.2 Medición del voltaje con osciloscopio.....	42
4.3 Desmontaje de inyectores	43
4.4 Prueba de inyectores en el banco MT - 30000	44
4.4.1 Inspección visual y limpieza exterior de inyectores	44
4.4.2 Comprobación de resistencias	44
4.4.3 Prueba de inyección	45
4.4.4 Prueba de inyección durante el arranque	46
4.4.5 Prueba de inyección principal.....	46
4.4.6 Prueba de la inyección piloto.....	47
4.4.7 Limpieza de inyectores.....	47
4.5 Montaje de inyectores.....	47
4.6 Diagnóstico de códigos de falla de inyectores	48
4.7 Diagnóstico del sistema de inyección en el motor de la camioneta Mazda BT-50 con motor 2.5 CRDi	49
4.7.1 Diagnóstico baja presión	50
4.7.2 Diagnóstico alta presión	50
4.7.3 Medición de presión en el riel mediante scanner.....	51
4.7.4 Medición de presión en el riel mediante multímetro	53
4.7.5 Medición de presión en el riel mediante osciloscopio.....	55
4.7.6 Diagnóstico de códigos de falla del riel	56
4.8 Diagnóstico de inyectores.....	58
4.8.1 Inspección visual	58

4.8.2 Medición voltaje de trabajo con osciloscopio.....	58
4.8.3 Desmontaje de inyectores	62
4.9 Prueba de inyectores en el banco MT 3000	62
4.9.1 Comprobación de resistencias	63
4.9.2 Prueba de inyección	64
4.9.3 Prueba de inyección de arranque.....	67
4.9.4 Prueba de inyección principal.....	69
4.9.5 Prueba de la inyección piloto.....	71
4.9.6 Limpieza de inyectores.....	74
4.10 Diagnóstico del sistema de inyección en el motor de la camioneta Volkswagen Amarok 2.0 TDI.....	76
4.11 Diagnóstico del sistema de inyección	76
4.11.1 Diagnóstico baja presión	76
4.11.2 Diagnóstico alta presión	77
4.12 Medición de presión en el riel mediante scanner.....	78
4.13 Medición de presión en el riel mediante multímetro.....	80
4.14 Medición de presión en el riel mediante osciloscopio	82
4.15 Diagnóstico de códigos de falla del riel.....	82
4.16 Diagnóstico de inyectores.....	83
4.16.1 Inspección visual	83
4.16.2 Medición voltaje de trabajo con osciloscopio.....	84
4.16.3 Desmontaje de inyectores	87
4.17 Prueba de inyectores en el banco MT 3000	87
4.17.1 Comprobación de resistencias	88
4.17.2 Prueba de inyección	89
4.17.3 Inyección de arranque	92

4.17.4 Inyección principal	94
4.17.5 Inyección piloto	96
4.17.6 Limpieza de inyectores	98
4.17.7 Montaje de inyectores en el motor	99
4.18 Diseño del inyector electrónico a diésel del motor de la camioneta Mazda BT - 50 por medio del software SolidWorks	100
CAPÍTULO V	104
5. Conclusiones y Recomendaciones	104
5.1 Conclusiones	104
5.2 Recomendaciones	104
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	109

Índice Figuras

Figura 1. Esquema Sistema de inyección diésel Common-Rail	6
Figura 2. Estructura inyector piezoeléctrico	9
Figura 3. Inyecciones en un ciclo	10
Figura 4. Elemento piezoeléctrico	12
Figura 5. Estructura elemento piezoeléctrico	12
Figura 6. Módulo acoplador en reposo	13
Figura 7. Módulo acoplador accionado	14
Figura 8. Inyector en posición de reposo	15
Figura 9. Comienzo de inyección	16
Figura 10. Fin de inyección	17
Figura 11. Valor de adaptación	18
Figura 12. Inyector diésel	19
Figura 13. Componentes inyector electrónico	20
Figura 14. Inyector en posición de reposo (A) Inyector cerrado (B)	21
Figura 15. Energiza bobina (A) Elevación válvula (B) Inicia la inyección (C)	22

Figura 16. Inyección de combustible.....	23
Figura 17. Fin de la inyección	24
Figura 18. Componentes del inyector Delphi	25
Figura 19. Inyector Cerrado	26
Figura 20. Inyector abierto	27
Figura 21. Fin de la inyección	27
Figura 22. Corrientes de excitación y trabajo.....	28
Figura 23. Banco de pruebas MT - 30000	30
Figura 24. Ventana de trabajo.....	32
Figura 25. Selección de tipo de diseño	32
Figura 26. Partes inyector	33
Figura 27. Medición sistema de baja presión.....	37
Figura 28. Presión del riel de combustible	39
Figura 29. Conector sensor presión del riel	40
Figura 30. Presión en el riel	41
Figura 31. Parte superior del motor	42
Figura 32. Inyectores diésel CRDi	43
Figura 33. Orificios inyector diésel piezoeléctrico	46
Figura 34. Presión en el riel	50
Figura 35. Localización de componentes.....	51
Figura 36. Presión en el riel a 0 rpm	52
Figura 37. Presión en el riel a 722 RPM	52
Figura 38. Presión en el riel a 2548 RPM	53
Figura 39. Sensor presión riel	54
Figura 40. Voltajes del sensor de presión del riel	54
Figura 41. Curva de trabajo del sensor de presión de riel	56
Figura 42. Sensor depresión del riel	57
Figura 43. Código de falla	57
Figura 44. Parte superior motor	58
Figura 45. Curvas inyector 1	59
Figura 46. Curvas inyector 2	60
Figura 47. Curvas inyector 3	60

Figura 48. Curvas inyector 4.....	61
Figura 49. Inyectores electrónicos	62
Figura 50. Instalación inyectores banco de comprobación	63
Figura 51. Valor resistencias inyectores	64
Figura 52. Valores de la prueba de inyección	65
Figura 53. Trabajo inyectores prueba de inyección	66
Figura 54. Valores de entrega y retorno de combustible prueba de inyección.....	66
Figura 55. Parámetros de funcionamiento en la prueba de arranque	68
Figura 56. Entrega y retorno de los inyectores en la prueba de arranque. ...	68
Figura 57. Parámetros de trabajo para la prueba de inyección principal.	70
Figura 58. Valores de entrega y retorno de combustible inyección principal.	70
Figura 59. Parámetros de funcionamiento prueba de inyección piloto.....	72
Figura 60. Valores de entrega y retorno inyección piloto.	72
Figura 61. Parámetros de funcionamiento para la limpieza de los inyectores.	75
Figura 62. Presión en el riel	77
Figura 63. Localización de componentes.....	77
Figura 64. Presión en el sistema con el motor apagado	78
Figura 65. Presión en el riel en ralentí.	79
Figura 66. Presión en el riel a 2517 RPM	79
Figura 67. Sensor presión riel.....	80
Figura 68. Voltajes del sensor de presión del riel	81
Figura 69. Curva de trabajo del sensor de presión de riel	82
Figura 70. Código de falla.....	83
Figura 71. Curvas inyector 1	84
Figura 72. Curvas inyector 2.....	85
Figura 73. Curvas inyector 3.....	85
Figura 74. Curvas inyector 4.....	86
Figura 75. Desmontaje inyectores	87
Figura 76. Instalación inyectores banco de comprobación	88

Figura 77. Valor resistencias inyectores	89
Figura 78. Valores de la prueba de inyección	90
Figura 79. Rocío toberas	91
Figura 80. Valores de entrega y retorno de combustible prueba de inyección.....	91
Figura 81. Parámetros de funcionamiento en la prueba de arranque.....	92
Figura 82. Entrega y retorno de los inyectores en la prueba de arranque. ...	93
Figura 83. Parámetros de trabajo para la prueba de inyección principal.	94
Figura 84. Valores de entrega y retorno de combustible inyección principal.	95
Figura 85. Parámetros de funcionamiento prueba de inyección piloto.....	96
Figura 86. Valores de entrega y retorno inyección piloto.	97
Figura 87. Parámetros de funcionamiento para la limpieza de los inyectores.	99

Índice Gráficos

Gráfico 1. Sensor presión riel.....	55
Gráfico 2. Sensor presión riel.....	81

Índice Tablas

Tabla 1. Inyección de combustible.....	7
Tabla 2. Especificaciones banco MT - 30000	29
Tabla 3. Parámetros de medición de resistencia en inyectores electrónicos	45
Tabla 4. Inyectores que trabajan en el equipo MT - 30000.....	47
Tabla 5. Características del motor	49
Tabla 6. Voltajes sensor presión del riel	54
Tabla 7. Valores de los inyectores obtenidos con el osciloscopio.....	61
Tabla 8. Valores de prueba de inyección	67
Tabla 9. Valores de prueba de inyección de arranque.....	69
Tabla 10. Valores de prueba de inyección principal.....	71

Tabla 11. Valores de prueba de inyección piloto	73
Tabla 12. Parámetros de funcionamiento de inyectores electrónicos diésel.	73
Tabla 13. Valores de las pruebas de los inyectores en el banco MT - 30000	74
Tabla 14. Datos motor camioneta Volkswagen Amarok	76
Tabla 15. Voltajes sensor presión del riel	80
Tabla 16. Valores de los inyectores obtenidos con el osciloscopio.....	86
Tabla 17. Valores de prueba de inyección	92
Tabla 18. Valores de prueba de inyección de arranque.....	93
Tabla 19. Valores de prueba de inyección principal.....	95
Tabla 20. Valores de prueba de inyección piloto	97
Tabla 21. Parámetros de funcionamiento de inyectores electrónicos diésel.	97
Tabla 22. Valores de las pruebas de los inyectores en el banco MT - 30000	98

RESUMEN

La presente investigación se trata sobre la elaboración de una guía para la manipulación de inyectores a diésel CRDi en el banco de pruebas MT – 3000 ya que estos inyectores necesitan de un mantenimiento preventivo, para el buen funcionamiento en los motores. Los componentes principales del sistema de inyección diésel son la bomba de alta presión los inyectores y el sensor de presión de riel, la presión en el sistema es medida a través del sensor mediante un multímetro un scanner o un osciloscopio lo cual indica el funcionamiento óptimo del sistema. Los inyectores electrónicos funcionan con presiones de combustible de 1500 BAR y voltajes de 70V que son menores y a las que funcionan los inyectores piezoeléctricos ya que manejan presiones de trabajo de 2000 bares y un voltaje de 125V con la utilización del escáner se logra medir el voltaje de trabajo de los inyectores en donde nos muestra las curvas de las tres inyecciones que son capaces de realizar los inyectores como son pre inyección, inyección principal y post inyección. En el banco de pruebas se realiza las pruebas de caudal y entrega de los inyectores donde también se observa el rocío de la tobera que es muy importante al momento de entregar el combustible dentro de la cámara de combustión y también se puede realizar una limpieza interna del inyector. El objetivo de la investigación es complementar los conocimientos de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte con una guía de manejo del banco de pruebas de inyectores electrónicos y piezoeléctricos diésel.

ABSTRACT

The present investigation is about the elaboration of a guide for the manipulation of injectors to diesel CRDi in the bank of tests MT - 3000 since these injectors need of a preventive maintenance, for the good operation in the motors. The main components of diesel injection system are the high pressure pump, injectors, and rail pressure sensor, the pressure in the system is measured by a sensor with a tester or oscilloscope, a scanner which indicates the operation optimal of the system. The electronic injectors operate with fuel pressures of 1500 bar and voltages of 70V which are smaller, and the piezoelectric injectors operate because they handle pressures of 2000 bar and a voltage of 125V with the use of the scanner it is possible to measure the voltage of work of the injectors where it shows us the curves of the three injections that are able to carry out the injectors like they are pre injection, main injection and post injection. In the bank of tests, it is carried out the flow tests and deliver the injectors where it observes the dew of the nozzle that is very important at the moment of giving the fuel inside of the combustion camera and it can also carries out to an internal cleaning of the injector. The objective of the investigation is to supplement the knowledge of the students of the Engineering career in Automotive Maintenance of the Technical University of the North with a guide of handling of the bank of testing of electronic injectors and piezoelectric diesel.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado tiene el propósito de informar a los estudiantes el procedimiento correcto de comprobación de inyectores diésel CRD-i que vienen instalados tanto en los motores de las camionetas Mazda BT- 50 como en las camionetas Volkswagen Amarok.

El marco teórico está direccionado a la investigación del funcionamiento y las partes de los inyectores electrónicos y piezoeléctricos a diésel. Es muy importante mencionar con claridad los componentes de los cuales están hechos los inyectores para una correcta comprensión de su trabajo en el motor.

La metodología de investigación se realiza a través de una investigación bibliográfica y tecnológica para entender el funcionamiento del inyector en los motores a diésel, también se utiliza el método de mediciones para verificar los parámetros de funcionamiento tanto en el banco como en el motor.

El diagnóstico de los inyectores electrónicos se realiza en el motor Mazda BT – 50 y los inyectores piezoeléctricos en el motor Volkswagen Amarok de donde se observa los parámetros de funcionamiento a través de instrumentos de medición como son el multímetro el scanner y el osciloscopio. Para la comprobación del correcto funcionamiento se realiza diferentes pruebas en el banco MT – 30000 donde se observa con mayor detalle los parámetros a los cuales se encuentra en funcionamiento el inyector.

CAPÍTULO I

1. Problema de Investigación

1.1 Antecedentes

El motor diésel consta de varios sistemas para su normal funcionamiento, entre los más importantes se encuentra el sistema de alimentación de combustible. Este sistema consta con dos componentes primordiales los cuales son: Bomba de inyección e inyector.

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización del combustible y dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión y de ésta manera se produzca la combustión en toda su totalidad.

El sistema de inyección Common-Rail o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores de inyección directa, en el que el diesel es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores con alta presión que posteriormente será depositado dentro del cilindro.

Este sistema fue desarrollado por el grupo industrial italiano Fiat Group, en el Centro Ricerche Fiat en colaboración con Magneti Marelli filial del grupo especializada en componentes automovilísticos y electrónicos. Cabe señalar que la industrialización la llevó a cabo la empresa Bosch. El primer vehículo en equipar éste sistema fue Alfa Romeo 156 con motor JTD en 1997. En 1998 recibió el Premio "Paul Pietsch Preis" para Bosch y Fiat por el sistema Common Rail como innovación técnica para el futuro.

La idea esencial que rige el diseño es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el diésel, principio básico del ciclo diésel. Para ello se recurre hacer unos orificios mucho más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.

La principal ventaja de este sistema es que puede controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 preinyecciones antes de la inyección principal con lo que se consigue preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad la mayoría de vehículos a diésel están equipados con el sistema Common Rail, tomando en cuenta para su óptimo funcionamiento los inyectores de este sistema se rigen a un mantenimiento preventivo y correctivo donde los futuros profesionales deben contar con el conocimiento adecuado de la manipulación, comprobación y despiece de dichos elementos.

1.3 Formulación del problema

Carencia de una guía de prácticas para la utilización del banco de prueba de inyectores electrónicos a diésel.

1.4 Delimitación temporal y espacial

1.4.1 Delimitación temporal

Este proyecto se desarrollará desde la cuarta semana del mes de junio de 2013 hasta el mes de junio de 2015.

1.4.2 Delimitación espacial

Este proyecto se realizará en la ciudad de Ibarra en los talleres de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT-3000)

1.5.2 Objetivos Específicos

- Investigar bibliográficamente acerca de inyectores electrónicos en motores a diésel
- Elaborar guía de prácticas sobre los inyectores electrónicos
- Diseñar las partes del inyector mediante software de diseño automotriz.
- Implementar inyectores electrónicos y mecánicos en el taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.6 Justificación

En nuestra Universidad dentro de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz existe la necesidad de elaborar una Guía de operación para un banco de pruebas de inyectores electrónicos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas ya que el conocimiento teórico se lo puede fomentar de mejor manera llevándolo a la práctica.

Actualmente los sistemas de combustible de motores diésel han ido evolucionando a pasos agigantados y por ende sus sistemas complementarios, un inyector necesita de una calibración exacta para entregar el combustible tanto en caudal y pulverización.

La utilización de una Guía para la calibración de inyectores electrónicos es de gran importancia ya que manipulando de manera adecuada el equipo de calibración se tendrá un buen desempeño en el funcionamiento de los inyectores.

Con este proyecto se benefician los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, mediante la realización de prácticas sobre inyectores electrónicos, guiándose en procedimientos adecuados y organizados para que de esta forma se llegue a un alto nivel de entendimiento sobre lo que es el manejo adecuado de los inyectores.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de Inyección diésel

El sistema de inyección diésel tiene la responsabilidad de que se cumplan los requerimientos de entrega de combustible en el motor diésel. Para esto debe cumplir con las siguientes funciones básicas:

- Introducir el combustible al interior de la cámara de combustión
- Atomizar o pulverizar el combustible
- Mezclar el combustible con el aire que se encuentra dentro de la cámara.

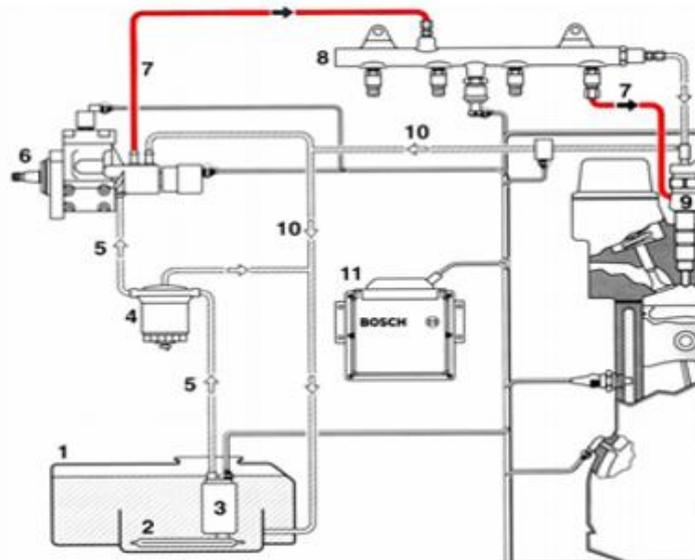
Según el rango de presiones de trabajo se distinguen dos partes en un sistema de inyección: Baja presión (desde presión atmosférica hasta una presión alrededor de 0,3MPa) y alta presión (desde 10 hasta 200MPa, dependiendo del punto de funcionamiento y del sistema considerado)

La presión de combustible requerida para la inyección es generada en el circuito de alta presión del sistema. Dicha generación depende del tipo de sistema de que se trate. El modo en que se produce la inyección es directamente en la cámara de combustión (inyección directa) o en una cámara auxiliar (inyección indirecta)

2.1.1 Sistema de inyección diésel Common Rail

El sistema de Common-Rail o conducto común es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección

directa en el que el diésel es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro.



1 Depósito de combustible. 2 Filtro previo. 3 Bomba previa. 4 Filtro de combustible.
5 Tuberías de combustible de baja presión. 6 Bomba de alta presión. 7 Tuberías de combustible de alta presión. 8 Rail. 9 Inyector. 10 Tubería de retorno de combustible.
11 Unidad de control

Figura 1. Esquema Sistema de inyección diésel Common-Rail

Fuente: (Founder, 2006)

Actualmente en su mayoría los automóviles nuevos fabricados con motor diésel incorporan Common-Rail identificados bajo distintas siglas según el fabricante (CRDI, CDTI, HDI, JDT, DCI, DTI, HDI, TDCI). Entre los sistemas mencionados existen diferencias considerables en cuanto a la regulación de la presión y el funcionamiento eléctrico de los inyectores, pero básicamente se rigen por la misma forma de trabajo mecánico. Los sistemas más comunes son Bosch, Siemens y Delphi.

Existen algunas ventajas sobre los otros sistemas de inyección diésel:

- La presión de trabajo es prácticamente independiente del régimen del motor.
- Reduce el consumo de combustible.
- La cantidad de combustible inyectado es lo óptimo.

- Disminuye la cantidad de emisiones contaminantes en el escape.
- El control del sistema es gobernada por una centralita la cual decide el momento en el cual se debe realizar la inyección.
- Puede realizar varias inyecciones dentro de un mismo ciclo.
- Disminución en el ruido del motor.

Este sistema se caracteriza por poder realizar pre y pos inyecciones tomando en cuenta algunas variables del motor como son; régimen del motor, par motor, temperatura del motor entre las más importantes como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Inyección de combustible

ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	CONDICIÓN	TIPO DE INYECCIÓN REALIZADA		
Potencia motor	Máxima		Inyección principal	
Par motor	Elevado		Inyección principal	
Temperatura motor	Superior a 60°C	Pre-inyección	Inyección principal	Post-inyección (reducción de emisiones)
Temperatura del motor	Inferior a 60°C	2 pre-inyecciones	Inyección principal	
Par motor	Bajo		Inyección principal	
Temperatura del motor	Inferior a 60°C	Pre-inyección	Inyección principal	
Par motor	Medio			

Fuente: (Circuitos auxiliares del motor, 2010)

2.2 Inyector del motor diésel

Los inyectores son los encargados de la inyección del combustible al interior de la cámara de combustión o de pre-combustión. También son responsables de pulverizar o atomizar el combustible procedente de la línea de presión dentro del conducto, es en esencia una refinada electroválvula capaz de abrirse y cerrarse muchos millones de veces sin

escape de combustible y que reacciona muy rápidamente al pulso eléctrico que la acciona.

2.2.1 Inyectores mecánicos

Éstos son los más antiguos entre los inyectores que trabajan con combustible diésel, son los cargados por resortes, aún son empleados en diversas aplicaciones industriales. Su funcionamiento se basa en un sistema de válvulas de rápida acción, capaces de inyectar el combustible dentro de la cámara o pre-cámara de combustión en cuanto éste adquiere la presión necesaria.

2.2.2 Inyectores HEUI

HEUI (Hydraulic Electronic Unit Injection) Es una unidad de inyección activada hidráulicamente y controlada electrónicamente. La presión hidráulica se obtiene mediante un diafragma accionado por aceite el cual presiona e inyecta la cantidad de combustible necesaria para el correcto funcionamiento del motor.

2.2.3 Inyectores piezoeléctricos

Estos inyectores son montados en motores diésel de última generación donde la eficiencia en el sistema de inyección es muy grande. Los inyectores son excitados por medio de un actuador piezoeléctrico. La velocidad de conmutación de un actuador de efecto piezoeléctrico es aproximadamente cuatro veces superior a la válvula electromagnética.

También se puede señalar que la tecnología de los inyectores piezoeléctricos tiene un 75% de menor masa en movimiento en la aguja en comparación a los inyectores electromagnéticos diésel.

Estos inyectores tienen varias ventajas sobre los demás:

- Tiempos de conmutación muy rápidos
- Pueden realizar varias inyecciones en un mismo ciclo de trabajo
- Cantidad de inyección muy exacta

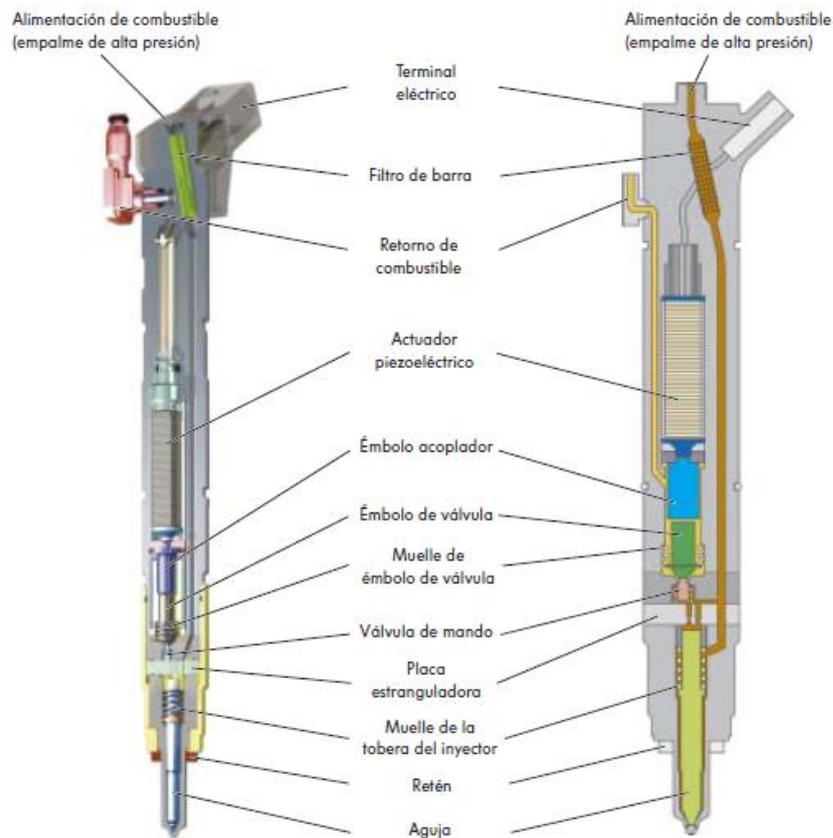


Figura 2. Estructura inyector piezoeléctrico
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Ciclo de inyección

El inyector piezoeléctrico al tener tiempos muy rápidos donde puede conmutar es posible controlar de una forma flexible y muy exacta las cantidades y fases de la inyección. De esta se logra adaptar al ciclo de la

inyección las exigencias que presentan las condiciones de operación del motor. En cada ciclo se pueden lograr hasta cinco inyecciones parciales.

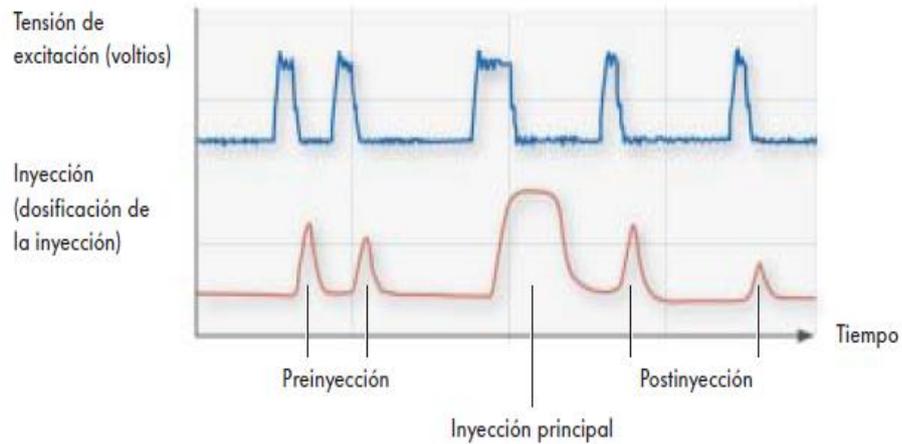


Figura 3. Inyecciones en un ciclo
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Preinyección

Antes de la inyección principal se inyecta una pequeña cantidad de combustible dentro de la cámara de combustión. Al realizar esto provoca un crecimiento de temperatura y presión dentro de la cámara. Con lo cual se reduce el periodo de retraso de auto ignición de la cantidad correspondiente a la inyección principal, logrando disminuir el desnivel del ascenso de la presión y reduciéndose los picos de presión en la cámara. Como resultado se obtiene un menor ruido de la combustión y bajas emisiones de escape. Al entrar en funcionamiento a plena carga y a régimen superiores se elimina la preinyección, por ser necesario inyectar una gran cantidad de combustible en un solo ciclo para que de esta forma exista un alto rendimiento.

Inyección principal

Seguido a la preinyección se intercala un breve intervalo de espera, donde se inyecta la cantidad principal de combustible en la cámara de

combustión. La magnitud de la presión de la inyección se mantiene casi invariable durante todo el ciclo de la inyección.

Postinyección

Para efectos de regeneración del filtro de partículas diésel se ejecuta dos ciclos de postinyección. Con la ayuda de estas postinyecciones se realiza un aumento en la temperatura de los gases de escape, con lo cual se logra un mejoramiento en la combustión de las partículas de hollín en el filtro.

Actuador piezoeléctrico

Para el trabajo del inyector se utiliza un actuador piezoeléctrico. Va ubicado en la carcasa del inyector y es excitado por la unidad de control a través de un terminal eléctrico. El actuador piezoeléctrico tiene una alta velocidad de conmutación. Conmuta en menos de unas diez milésimas de segundo. Para el trabajo del actuador piezoeléctrico se realiza un efecto piezoeléctrico inverso.

Efecto piezoeléctrico

La palabra piezo viene del griego que significa oprimir. Una de las aplicaciones más comunes que se puede encontrar es en los sensores. En un elemento piezoeléctrico se ejerce presión y surge una tensión eléctrica medible. Este comportamiento de una estructura cristalina recibe el nombre efecto piezoeléctrico.

Efecto piezoeléctrico inverso

Para el empleo de un actuador piezoeléctrico se utiliza el efecto piezoeléctrico, la estructura cristalina reacciona con una variación de su longitud.

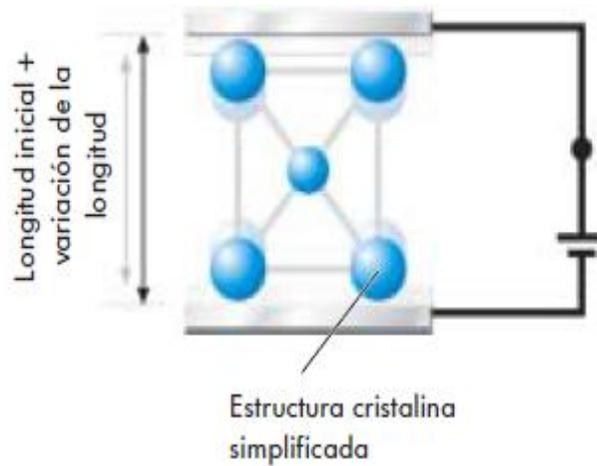


Figura 4. Elemento piezoeléctrico
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Actuador piezoeléctrico

El actuador piezoeléctrico está constituido por un gran conjunto de elementos piezoeléctricos, para de esta forma tener un recorrido de suficiente magnitud para la gestión del inyector.

Al aplicarse tensión, el actuador piezoeléctrico se dilata hasta 0,03mm. (Para tener en cuenta: Un cabello humano tiene un diámetro de aproximadamente 0,06mm)

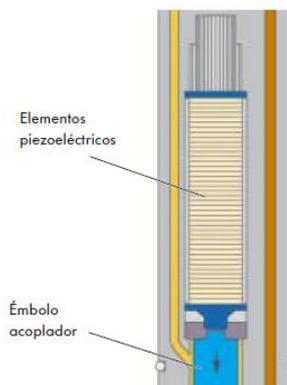


Figura 5. Estructura elemento piezoeléctrico
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Para que puedan trabajar los actuadores piezoeléctricos se excitan con una tensión de 110 – 148 voltios.

Módulo acoplador

El módulo acoplador consta de dos elementos: El émbolo acoplador y el émbolo de válvula. El módulo acoplador actúa como un cilindro hidráulico. Efectúa la conversión hidráulica de la rápida dilatación del actuador y acciona una válvula de mando. A causa de la transmisión de la fuerza hidráulica la válvula de mando abre de una forma amortiguada y realiza una inyección gestionada con exactitud.

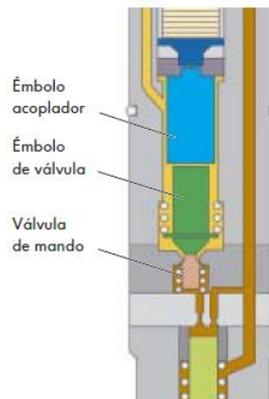


Figura 6. Módulo acoplador en reposo
Fuente: **(VOLKSWAGEN AG, 2005)**

Existen algunas ventajas de la transmisión de la fuerza hidráulica:

- Reducción en las fuerzas de fricción
- Amortiguación de los componentes móviles
- Compensación en las variaciones de longitud de cada uno de los componentes como resultado de la dilatación térmica
- Sin ningún efecto de fuerza mecánica sobre la aguja del inyector.

Principio hidráulico

El módulo acoplador es un sistema hidráulico en el que las fuerzas se comportan entre sí como las superficies del émbolo. En el módulo acoplador la superficie del émbolo acoplador es más grande que la superficie del émbolo de válvula. Por tal razón, la fuerza del émbolo acoplador acciona al émbolo de válvula.

La relación de la superficie del émbolo acoplador con respecto a la de la válvula de mando en múltiples veces mayor. De ahí que la válvula de mando puede ser accionada por el módulo acoplador en contra de la presión reinante en el conducto común (rail).

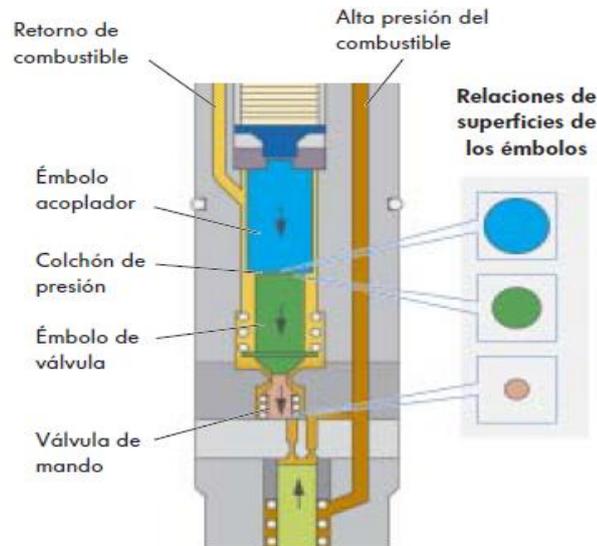


Figura 7. Módulo acoplador accionado
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

En el módulo acoplador la presión del combustible se mantiene a unos 10 bares por la válvula mantenedora de presión en el retorno de combustible. Esta presión del combustible se utiliza como amortiguación para la transmisión de fuerza hidráulica entre el émbolo acoplador y el émbolo de válvula.

inyector en posición de reposo

El inyector se encuentra cerrado en la posición de reposo. El actuador no se encuentra excitado. En el sitio de la cámara de control por encima de la aguja de la tobera y en la válvula de mando se encuentra aplicada la alta presión del combustible. La válvula de mando es oprimida contra su asiento por la gran presión del combustible y por la fuerza del muelle. De esta forma queda separada la parte de alta presión con respecto a la parte de retorno del combustible.

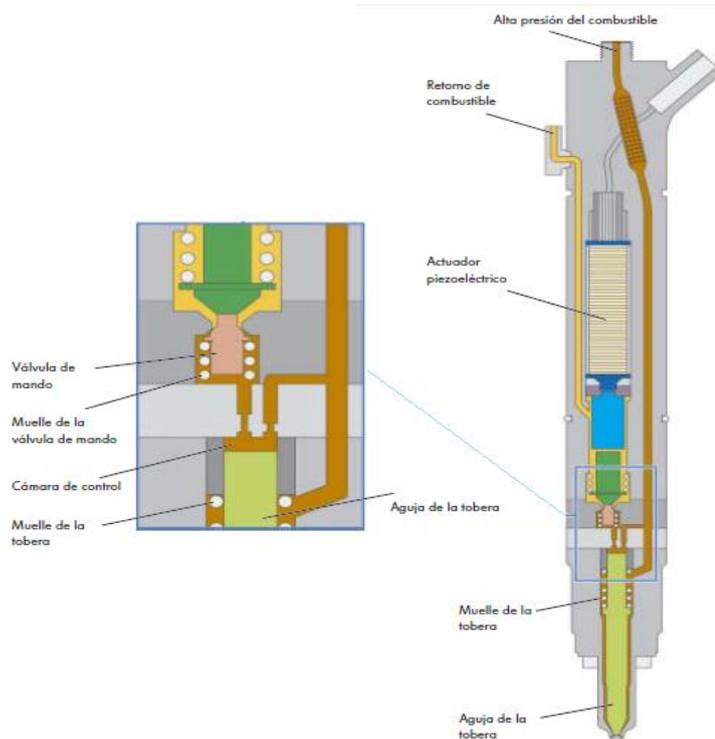


Figura 8. Inyector en posición de reposo
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

En la tobera la aguja es cerrada por la alta presión del combustible en la cámara de control que se encuentra por encima de la aguja y por la fuerza ejercida del muelle de la tobera. En la zona de retorno el combustible tiene una presión aproximada de 10 bares, esta es establecida por una válvula que mantiene la presión en el retorno de combustible de los inyectores.

Comienzo de la inyección

La parte electrónica en el sistema de inyección diésel es la encargada de iniciar el comienzo de la inyección para lo cual excita el actuador piezoeléctrico. Este actuador se dilata y transmite el movimiento de dilatación sobre el émbolo acoplador.

Al descender el émbolo acoplador genera una presión hidráulica en el émbolo acoplador la cual actúa a través del émbolo de válvula sobre la válvula de mando. Esta última válvula abre obedeciendo a la fuerza

hidráulica del módulo acoplador y abre así el paso del combustible a elevada presión hacia el lugar de retorno del combustible.

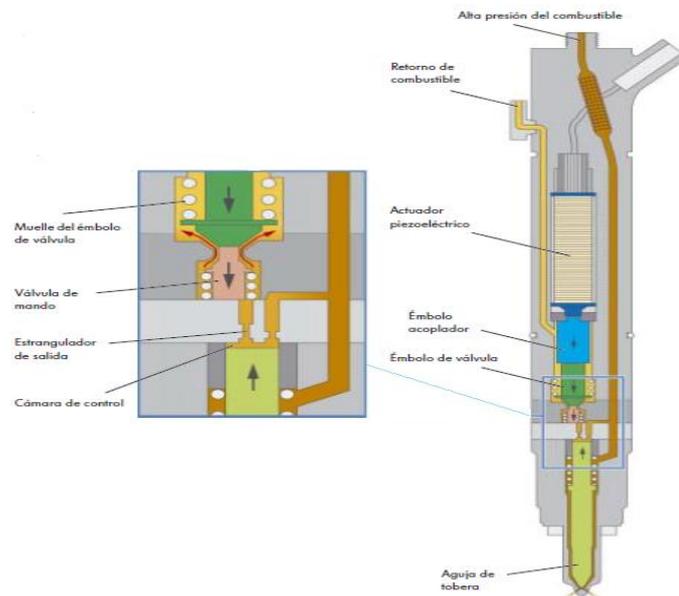


Figura 9. Comienzo de inyección
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

En la cámara de control fluye el combustible a través del estrangulador de salida en dirección al retorno. Esto obliga a que la presión del combustible caiga de su asiento y la inyección empieza.

Fin de la inyección

El fin de la inyección llega cuando la unidad de control detiene el sistema de inyección donde deja de excitar el actuador piezoeléctrico y este vuelve a su posición de partida. Los dos émbolos del módulo acoplador se desplazan hacia arriba y la válvula de mando es oprimida contra su asiento. Con este proceso se cierra el paso de la elevada presión del combustible hacia el retorno. Mediante el estrangulador de alimentación fluye combustible en dirección a la cámara de control por encima de la aguja de tobera. La presión del combustible en la cámara de control aumenta de nuevo a la magnitud que tiene en el acumulador de alta presión y cierra la aguja de la tobera. De esta forma la operación de

inyección queda terminada y el inyector se encuentra nuevamente en posición de reposo.

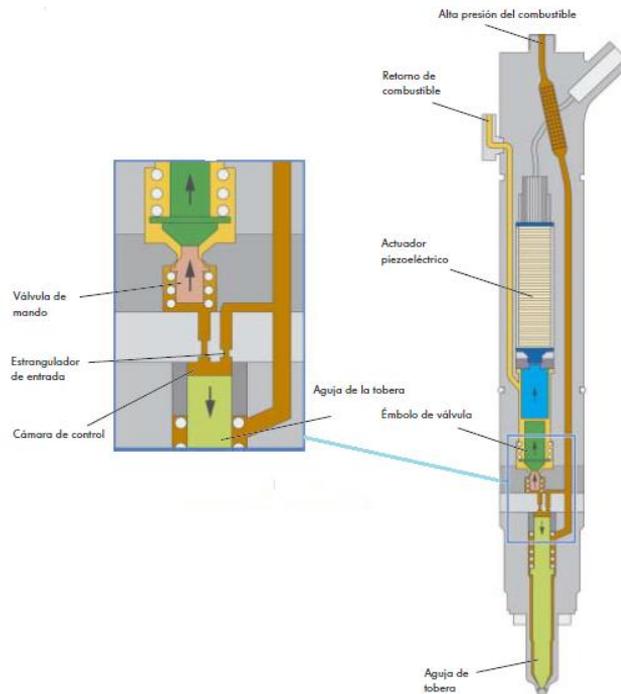


Figura 10. Fin de inyección
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

La cantidad inyectada se determina a través del tiempo que dura la excitación del actuador piezoeléctrico y por medio de la presión del riel. Los rápidos tiempos de conmutación del actuador hacen posible efectuar varias inyecciones por ciclo de trabajo y ajustar con gran exactitud la cantidad inyectada en la cámara.

Equilibrado de la inyección

El equilibrado de la inyección es una función que se realiza con software donde se programa la unidad de control para el sistema de inyección que se utiliza para la excitación específica de cada inyector. Con esta función se logra corregir las cantidades inyectadas de forma específica por cada inyector en los sistemas Common Rail, con lo cual se logra la exactitud del sistema.



Figura 11. Valor de adaptación
Fuente: (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Cada inyector lleva impreso un valor de adaptación de 7 caracteres, este valor suele estar compuesto por letras y números. El valor que viene especificado en los inyectores expresa la diferencia con respecto al valor teórico y describe así el comportamiento individual de cada inyector en el sistema, para que de esta forma la unidad de control pueda calcular con exactitud los tiempos de excitación que son muy necesarios para la inyección específica. Cuando se sustituye un inyector es necesario adaptarlo al sistema de inyección para poder realizar un equilibrado de la inyección.

2.2.4 Inyectores electrónicos

Se emplean tanto en motores diésel como en motores de gasolina. Funcionan por medio de señales electrónicas enviadas por un computador las cuales activan un electroimán que separa las válvulas

de entrega de su asiento con la frecuencia prevista. El cierre de las válvulas es realizado a cargo de un pequeño muelle que hace en el momento donde el magneto se desenergiza.

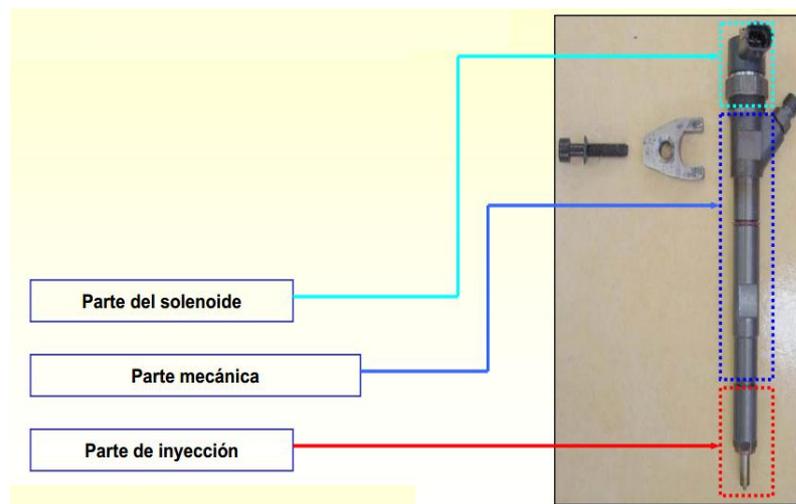


Figura 12. Inyector diésel
Fuente:(Motors, 2008)

Componentes

Cuentan con una electroválvula de mando situada en la parte superior, un sistema hidráulico de gestión junto con los canales por donde circula el combustible y una tobera de inyección con 5 o 6 finos orificios. El combustible circula desde la conexión de alta presión a través de un canal hasta la tobera de inyección, al igual que lo hace hacia la zona llamada volumen de control a través del estrangulador.

Esta zona está comunicada con el retorno de combustible a través del estrangulador de salida, normalmente cerrado y que se abre en función de la excitación de la electroválvula. Mediante el control del caudal de combustible desalojado del volumen de control se modifica la presión que se ejerce sobre la cabeza del pistón, por lo tanto del caudal inyectado.

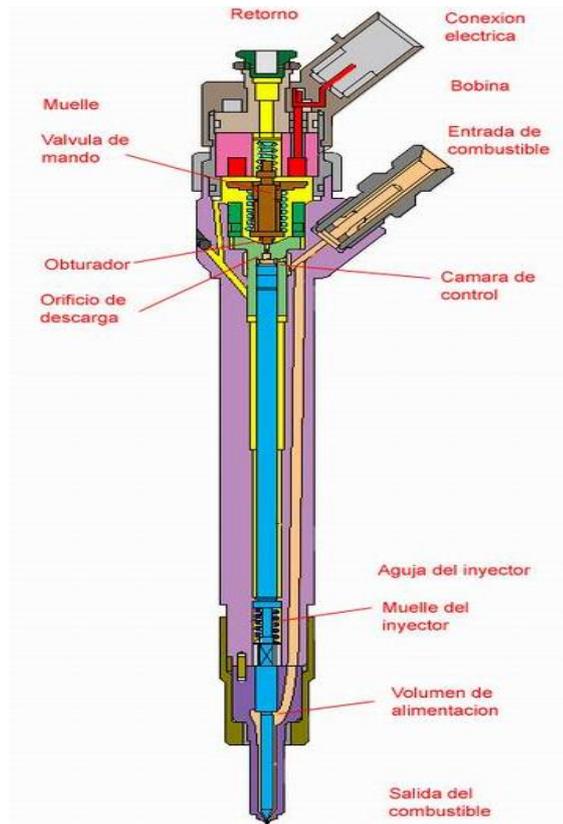


Figura 13. Componentes inyector electrónico
Fuente: (Founder, 2006)

Funcionamiento

El funcionamiento del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio con el motor y bomba en funcionamiento.

- Inyector cerrado
- Inyector posición abierto
- Inyector totalmente abierto
- Inyector cerrado (fin de inyección)

La presión de trabajo está alrededor de 200 bares como mínimo y hasta un máximo de 1350 bar.

Inyector cerrado (estado en reposo)

La electroválvula no está activada (estado de reposo), por lo tanto se encuentra cerrado el estrangulamiento de salida que hace que la presión

del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera, por lo que la aguja del inyector permanece apretado sobre su asiento por el muelle del inyector, pero sobre todo la aguja se mantiene cerrada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera (que son iguales) actúan sobre áreas distintas. La primera actúa sobre el émbolo de control y por tanto la fuerza que empuja a la aguja contra el asiento es mayor que la fuerza en sentido contrario, que tendería a abrirla.

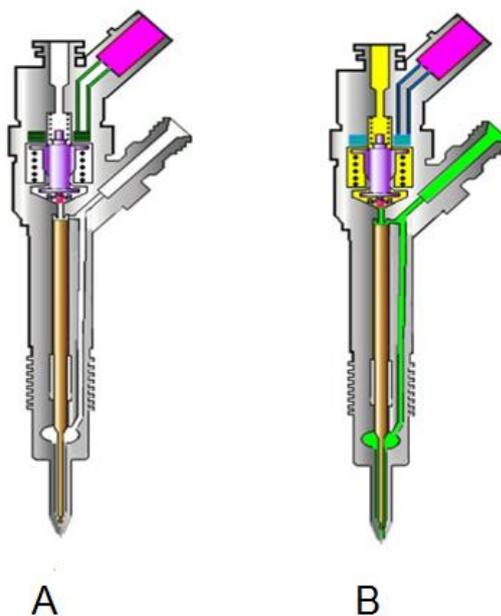


Figura 14. Inyector en posición de reposo (A) Inyector cerrado (B)
Fuente:(Gonzales, 2014)

Inyector abierto (comienzo de la inyección)

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula. La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de la válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima y volver al depósito de combustible a través de las tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la

presión en la cámara de control de la válvula. Esto conduce a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión existente en la cámara de la tobera. La presión disminuida en la cámara de control de la válvula conduce a una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector. Comienza ahora la inyección.

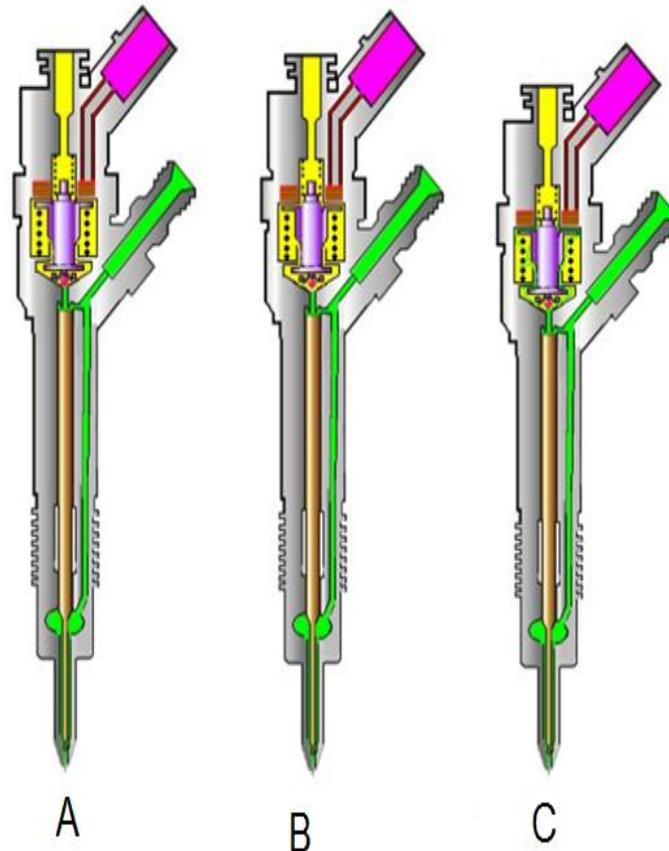


Figura 15. Energiza bobina (A) Elevación válvula (B) Inicia la inyección (C)

Fuente:(Gonzales, 2014)

Inyector totalmente abierto

El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector está ahora totalmente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de

combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el Riel. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la fase de apertura.

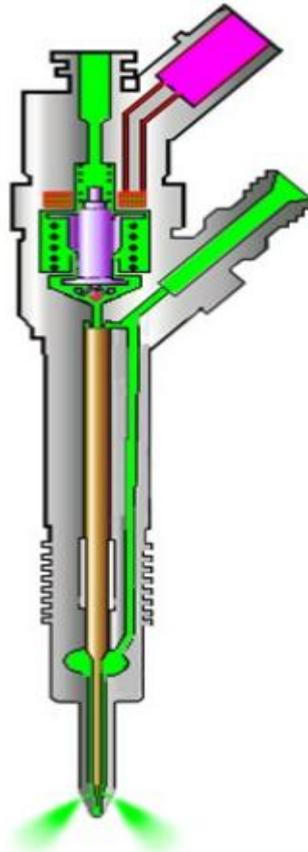


Figura 16. Inyección de combustible
Fuente: (Gonzales, 2014)

Inyector cerrado (fin de inyección)

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de la válvula y la bola cierra el estrangulador de salida. Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el rail, a través del estrangulador de entrada.

Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el émbolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y

la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su asiento la aguja del inyector.

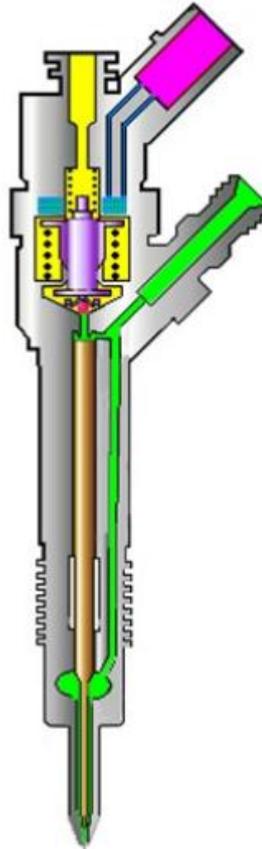


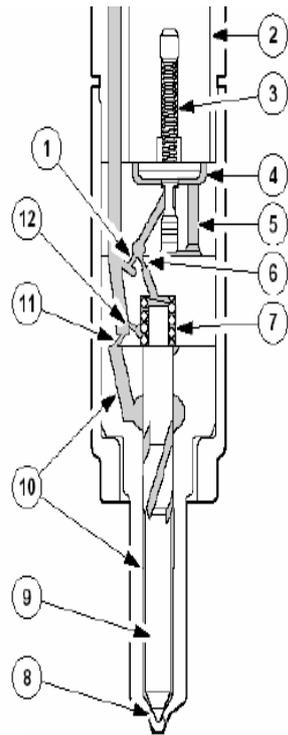
Figura 17. Fin de la inyección
Fuente: (Gonzales, 2014)

2.3 Control electrónico inyectores

Para el control electrónico de los inyectores se puede analizar el funcionamiento de forma individual de acuerdo a la marca de procedencia.

2.3.1 Inyectores Delphi

El inyector está compuesto por los siguientes componentes:



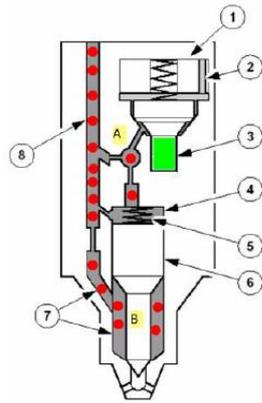
- Paso superior de alimentación de la cámara de control
- Solenoide
- Muelle del solenoide
- Aguja de válvula
- Orificio de salida
- Paso de salida de la cámara de control
- Cámara de control
- Orificios del inyector
- Aguja del inyector
- Pre cámara del inyector
- Paso de alimentación de la pre cámara del inyector
- Paso inferior de alimentación de la cámara de control

Figura 18. Componentes del inyector Delphi
Fuente: (Electrónica, 2013)

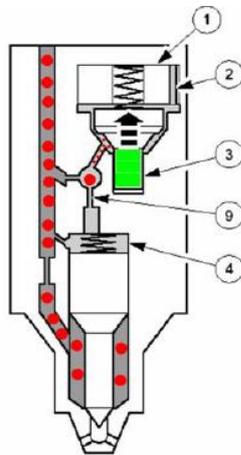
En la entrada de combustible del inyector se encuentra disponible en todo momento alta presión la cual es regulada por el sistema de la bomba de inyección. El funcionamiento del inyector está provisto de una reacción tan rápida que alcanza activaciones a los 0.3 ms.

Inicialmente el inyector se encuentra cerrado, aunque se tenga la presión máxima en la rampa si no circula corriente por el inyector no existirá inyección.

El inyector se encuentra cerrado tanto en el punto B la presión es igual y con la ayuda del resorte 5 se mantiene cerrado el vástago 6 sobre la tobera, el color rojo representa la presión alta, y la válvula verde en esta condición se encuentra cerrada.



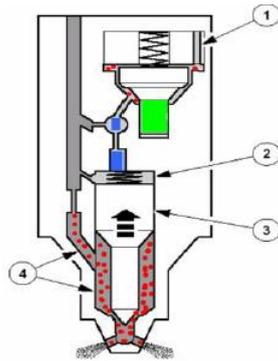
1. Solenoide
2. Retorno de combustible
3. Aguja de válvula
4. Cámara de control
5. Muelle del inyector
6. Aguja del inyector
7. Pre cámara del inyector
8. Alimentación de combustible



En este momento comienza a circular corriente por la bobina del inyector la válvula 3 sombreada con verde comienza a desplazarse puesto solenoide alivia la presión del resorte con el campo electromagnético, pero en estas condiciones todavía se encuentra la tobera en condición cerrada, esta activación se puede realizar por parte del PCM o puede ser como es el caso de DELPHI que utiliza un módulo llamado IDM(Inyector Driver Module)

Figura 19. Inyector Cerrado
Fuente:(Electrónica, 2013)

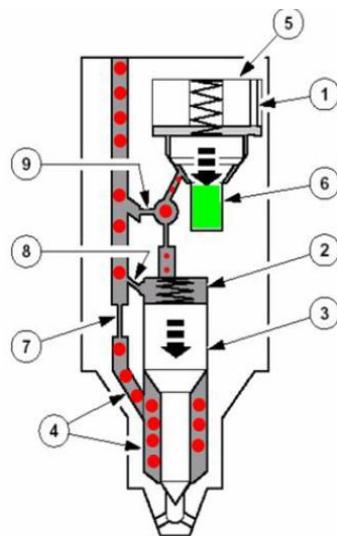
Una vez que se logra una apertura del pasaje de descarga sombreado con verde existe una diferencia de presiones entre la parte inferior del vástago y la cámara superior sombreada de color azul con lo cual se vence la tensión del resorte y de esta forma la presión inferior logra desplazar el vástago y el combustible sale por el orificio de la tobera ahora descubierta, en este momento el control del inyector que se necesita 12 A para mover la bobina puede permitir mantenerla abierta con una corriente cercana a los 6 A, esta estrategia lo hace directamente el módulo de control que puede ser el PCM o el IDM. El tiempo que permanece el inyector en la posición abierto es el tiempo que el combustible ingresa a la cámara.



Retorno de combustible
 Cámara de control
 Aguja del inyector
 Precámara del inyector

Figura 20. Inyector abierto
Fuente: (Electrónica, 2013)

El inyector llega al fin de su inyección, en este momento es necesario cortar el suministro de corriente al inyector para que el sector sombreado de color verde se cierre y de esta manera las dos cámaras superior e inferior se encuentran al mismo nivel de presión y sobre el vástago queda la presión adicional del resorte que lo coloca en una disposición de cerrado taponando la tobera y no permitiendo la salida de combustible.



Retorno de combustible
 Cámara de control
 Aguja del inyector
 Precámara del inyector
 Solenoide
 Aguja de válvula
 Paso de alimentación de la precámara del inyector
 Paso inferior de alimentación de la cámara de control
 Paso superior de alimentación de la cámara de control

Figura 21. Fin de la inyección
Fuente:(Electrónica, 2013)

Este tipo de inyectores es activado mediante una conexión de dos cables los cuales conducen la corriente requerida para la apertura de los inyectores, la inyección se da en varias fases en donde se coloca

aproximadamente una corriente de 12 A y luego se mantiene abierto con una corriente inferior.

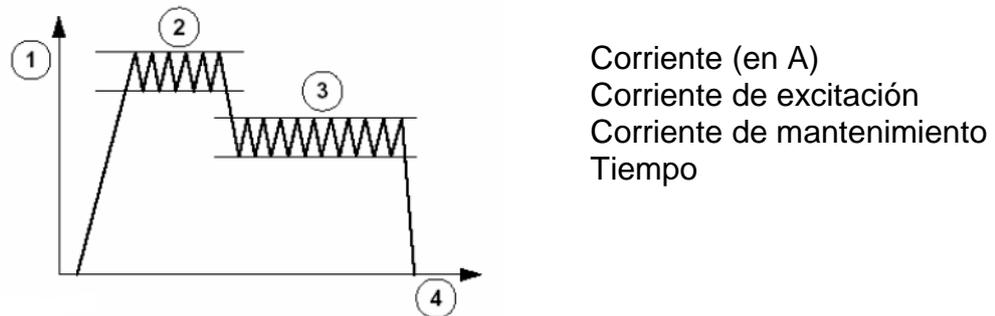


Figura 22. Corrientes de excitación y trabajo
Fuente:(Electrónica, 2013)

Los inyectores tienen condiciones mecánicas diferentes y su vida útil va cambiando existe un proceso de adaptación que realiza el IDM el cual tarda cerca de 900 segundos donde de acuerdo al orden de encendido analiza la corriente que circula por las bobinas y así corrige los valores de tiempo en este momento se suspende la pre inyección para realizar esta adaptación el IDM debe reportar unas condiciones estables en las cual es el motor debe estar cercano a 3500 RPM, velocidad del vehículo cercana a los 50 Km/h y una temperatura de 70°C, el IDM compara la corriente con la señal enviada del KS y de esta forma adapta valores para un buen funcionamiento. Si en algún momento se suspende la adaptación el IDM debe esperar hasta una próxima oportunidad donde pueda realizar el proceso completo.

2.4 Mantenimiento inyectores electrónicos

El mantenimiento en inyectores de sistemas CRDi se debe realizar periódicamente para prevenir daños por presencia de residuos sólidos dentro de los orificios. Esto a consecuencia de la presencia de partículas que taponan los diminutos orificios del inyector. El mantenimiento debe

ejecutarse cada 40000 km. Se debe seguir un procedimiento para realizar el mantenimiento de los inyectores:

- Extraer el o los inyectores del motor
- Llevar al comprobador
- Colocar en limpieza por ultrasonido
- Comprobar su correcto funcionamiento
- Instalar en el motor

2.5 Comprobador de inyectores electrónicos

El equipo de diagnóstico CRDi (MT-3000) es un equipo de procedencia coreana en el cual se puede realizar pruebas y limpieza tanto de inyectores diésel eléctricos o piezoeléctricos.

Tabla 2. Especificaciones banco MT - 3000

PRODUCTO	CRDI
Modelo	MT-3000
Tipo de control	Regulador de aire y regulador digital
Pantalla	2 x 3 FND , 9 led
Entrada de corriente	AC 220 (110V opcional)
Salida	2Ch, DC 0 – 200V
Inyectores	Bosch, Delphi, Siemens, Denso, Piezo
Presión de trabajo apropiada	6 bar
Salida de presión máxima	800bar (con pruebas en aceite)
Temperatura ambiente de trabajo	10 – 50C
Fusible	220V, 10 A
Peso	55 kgs
Dimensiones	550 x 410 x 800 mm
ACCESORIAS	Conector Bosch, conector Delphi, cables AC, cañerías

Fuente: (System, 2011)
Elementos del equipo

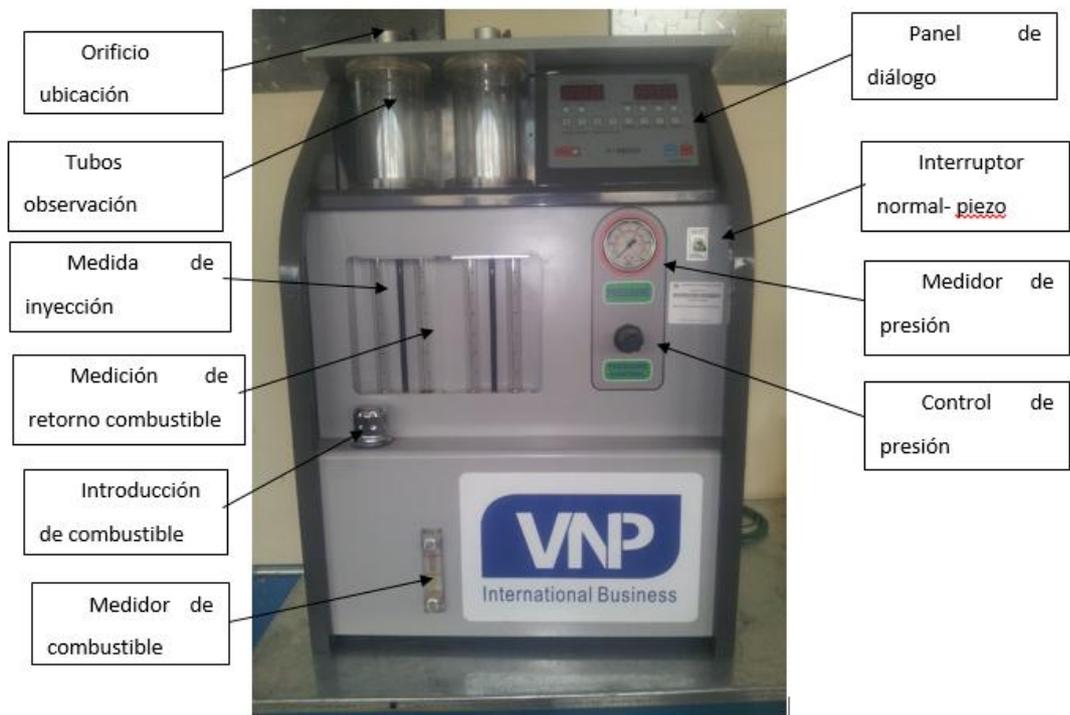


Figura 23. Banco de pruebas MT - 3000

El equipo CRDi puede realizar el diagnóstico si la bobina en el inyector se encuentra dañada, también brinda la opción de observar las diferentes inyecciones de combustible. De igual forma ayuda en el diagnóstico del inyector, si este se encuentra con un daño en las inyecciones principales o en las preinyecciones y pos inyecciones.

Las funciones que este equipo puede brindar son las siguientes:

- Características eléctricas para el test de inyectores Bosch y Delphi que sean CRDi
- Máxima presión de prueba es de 800bar
- Rocío variable para la mezcla del combustible
- Prueba de inyección principal
- Prueba de inyección piloto

Características principales del equipo;

- Diagnostica el modelo de rocío muy claramente con la succión
- Verifica el estado de los inyectores en tiempos de inyección diferentes
- Mide la cantidad de inyección, cantidad de retorno y si existiera goteo
- Verifica la presión de inicio del inyector
- Limpieza de inyectores

El equipo tiene seis opciones de diagnóstico tanto para inyectores eléctricos e inyectores piezoeléctricos.

- Comprobación de resistencias
- Prueba de inyección
- Prueba de inyección de arranque
- Prueba de inyección principal
- Prueba de la inyección piloto
- Limpieza de inyectores

2.6 Diseño de partes del inyector del motor a diésel Mazda mediante Software SolidWorks.

SolidWorks es un software de diseño mecánico en 3D el cual realiza un modelado mecánico de sólidos.

Las herramientas de diseño que utiliza éste programa son capaces de simular el movimiento del sólido con todas sus variables que afecten al mismo.

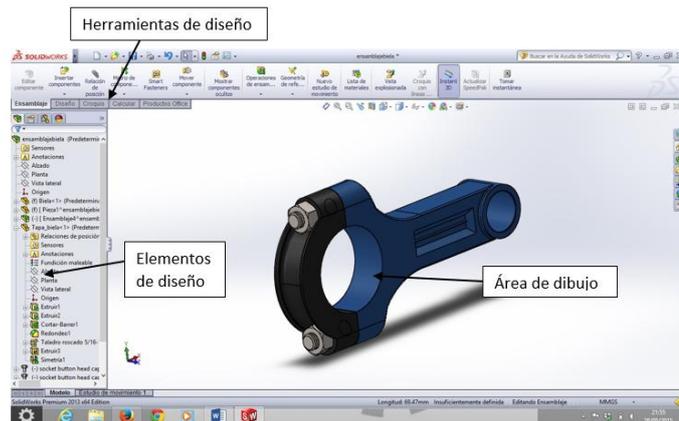


Figura 24. Ventana de trabajo
Fuente: Solidworks 2013

La figura 24 muestra una vista general del programa de diseño donde se realizan los dibujos.

Procedimiento de dibujo de los elementos de un inyector electrónico diésel.

- Abrir el programa de diseño
- Se selecciona **Nuevo** y en la ventana de diálogo se da click en **Pieza**

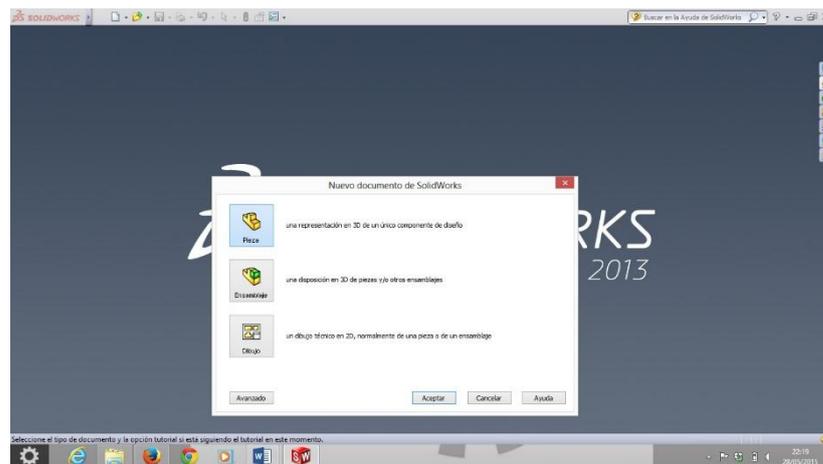


Figura 25. Selección de tipo de diseño
Fuente: Solidworks 2013

- Finalmente se tiene la ventana principal donde se empieza a realizar el diseño del elemento.

Para el ensamble de los elementos dibujados se realiza un procedimiento similar al mencionado anteriormente.

- Abrir el programa de diseño
- Se selecciona **Nuevo** y en la ventana de diálogo se da click en

Ensamblaje.

Dibujo de las partes del inyector



Figura 26. Partes inyector
Fuente: Solidworks 2013

La figura 26 muestra las partes de las cuales consta un inyector electrónico diésel y se distingue las piezas muy pequeñas con la que consta.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

El trabajo de grado será desarrollado por medio de investigación bibliográfica y tecnológica, donde los conocimientos adquiridos en las prácticas se aplicarán, y mediante consultas en libros, revistas, documentos científicos, catálogos e internet se fundamentará la investigación.

3.1.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica permitió desarrollar el funcionamiento y definiciones del sistema de inyección electrónica diésel y a profundidad el funcionamiento de los inyectores electrónicos diésel.

Las consultas realizadas a expertos en el funcionamiento de inyección electrónica diésel junto a los conocimientos adquiridos durante los estudios dentro del aula y en la realización de prácticas pre profesionales se lograron realizar el análisis del funcionamiento de la inyección electrónica diésel. Diferentes manuales, documentos científicos, proyectos de titulación previos que se encuentran dentro del área de mantenimiento automotriz ayudaron a mejorar la información para el desarrollo del proyecto.

3.1.2 Investigación tecnológica

La investigación se realiza para conocer el correcto funcionamiento que deben realizar los inyectores electrónicos diésel, mediante la utilización de

equipos de diagnóstico y bancos de pruebas para hallar soluciones a funcionamientos incorrectos de los mismos.

Actualmente en su mayoría los vehículos a diésel vienen con inyectores de combustible electrónicos de tal manera que el diagnóstico debe ser realizado por equipos especializados.

3.2 Métodos

3.2.1 Deductivo

Este método ayuda a estudiar y analizar el funcionamiento de los inyectores electrónicos a diésel para lograr interpretar el funcionamiento en el motor.

3.2.2 Análisis

El análisis permite diferenciar los dos tipos de inyectores como son: Electrónico y piezoeléctrico, y de tal forma poder diferenciar el funcionamiento correcto de cada uno de ellos.

3.2.3 Síntesis

La síntesis consiste en reunir los datos obtenidos y definir un resultado acerca de las pruebas realizadas.

3.3 Técnicas

Para ésta investigación no es necesario la realización de encuestas a una determinada población de tal manera se convierte en una investigación técnica.

3.3.1 La entrevista

Esta técnica ayudará a conocer el funcionamiento óptimo de los inyectores electrónicos y piezoeléctricos.

3.3.2 La observación

Se aplicará ésta técnica con el fin de diferenciar el funcionamiento de los dos tipos de inyectores a investigar

3.4 Instrumentos.

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

Mediciones.-

Al diagnosticar los inyectores a través de elementos de medición se puede conocer el estado de funcionamiento.

Simulación.-

Con el banco de pruebas MT – 30000 se obtendrá una simulación del funcionamiento de los inyectores y se verificará el buen estado de los mismos.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1 Diagnóstico del sistema de inyección

4.1.1 Diagnóstico baja presión.

Para la verificación del sistema de baja presión de combustible en el sistema de inyección CRDi hay que contar con un manómetro para medición de presión en líquidos, se toma en cuenta donde empieza y termina el circuito ya que si se toma la presión en un sector que no corresponda al sistema se tendrá valores irreales o a su vez el diagnóstico se hace inseguro ya que el sistema maneja elevadas presiones. La presión de trabajo debe estar entre 1.5 y 3.5 bares de presión.

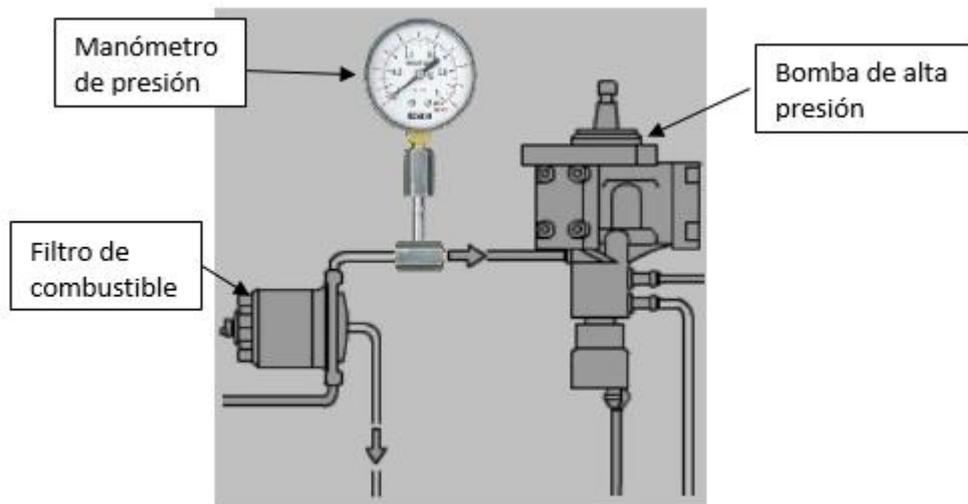


Figura 27. Medición sistema de baja presión
Fuente:(Bosch, 2013)

En la figura 27 se observa la conexión del manómetro de presión antes de la bomba de alta presión, se instala en esa posición ya que el sistema de baja presión se encuentra desde las cañerías que salen del tanque de combustible hasta la bomba de alta presión.

El mal funcionamiento de la presión de combustible puede causar los siguientes problemas

- El motor no arranca.
- No existe alimentación de combustible en los ductos que se dirigen hacia la bomba de alta presión.

4.1.2 Diagnóstico alta presión

El sistema de alta presión se encuentra entre las conexiones de la bomba de alta presión y los inyectores, la comprobación de la presión de combustible se puede realizar en el sensor de presión de riel. Tomar en cuenta que existe una elevada presión y no es recomendable medir con un manómetro.

Existen tres formas de medir la presión de combustible que son las siguientes:

- Medición de presión en el riel mediante scanner automotriz
- Medición de presión en el riel mediante multímetro
- Medición de presión en el riel mediante osciloscopio

Medición de presión en el riel mediante scanner automotriz

- Se conecta el scanner en el socket de diagnóstico del vehículo
- Identificar en el scanner la marca, modelo y año del vehículo
- Verificar la información que entrega el sensor de presión de riel



Figura 28. Presión del riel de combustible
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 28 se observa la utilización del scanner para medir la presión de combustible como valor numérico y también se puede observar una representación gráfica de los valores que se pueda seleccionar en este caso se tomó el valor de la presión de combustible en el riel representada con la línea roja en la figura y las revoluciones del motor con la línea azul.

Medición de presión en el riel mediante multímetro

Identificar en el socket del sensor el cable de voltaje de señal a la ECM

Se selecciona en el multímetro la opción voltímetro y se verifica el voltaje en el sensor.

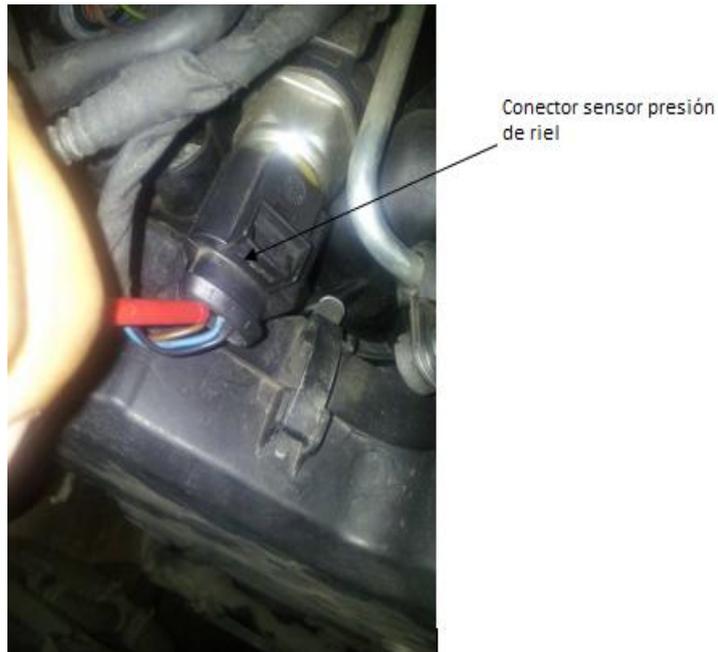


Figura 29. Conector sensor presión del riel

En la figura 29 se observa el sensor de presión de riel con su conector y donde se mide el voltaje al cable número 1 que es la alimentación del sensor, con la otra punta del multímetro se fija al borne negativo de la batería.

El sensor de presión en su conector tiene tres cables los cuales son:

- El primer cable o número 1 es el voltaje de alimentación del sensor
- El segundo cable o número 2 es el voltaje de señal del sensor
- El tercer cable o número 3 es el voltaje de masa del sensor

Medición de presión en el riel mediante osciloscopio

Utilizando el osciloscopio se obtendrá con mayor exactitud los parámetros de funcionamiento del sensor.



Figura 30. Presión en el riel
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura 30 muestra la variación del voltaje del sensor, la línea baja representa el voltaje antes de arrancar el auto y el resto de la figura es cuando el motor ya está en marcha. También se observa que el voltaje, la presión y las revoluciones del motor son directamente proporcionales ya que a más revoluciones mayor presión y mayor voltaje. Causas del mal funcionamiento

- Con baja presión en el riel el motor no funcionará
- Con alta presión el motor consume mayor cantidad de combustible.
- Existe golpeteo en los inyectores al existir una elevada presión.
- Problemas de arranque del motor.
- Problemas en la aceleración.

4.2 Diagnóstico de inyectores

4.2.1 Inspección visual

Mediante una inspección visual se puede ver si existe fugas de combustible en el exterior del inyector lo cual señalaría que existe pérdida de presión en el sistema y por ende un mal funcionamiento.

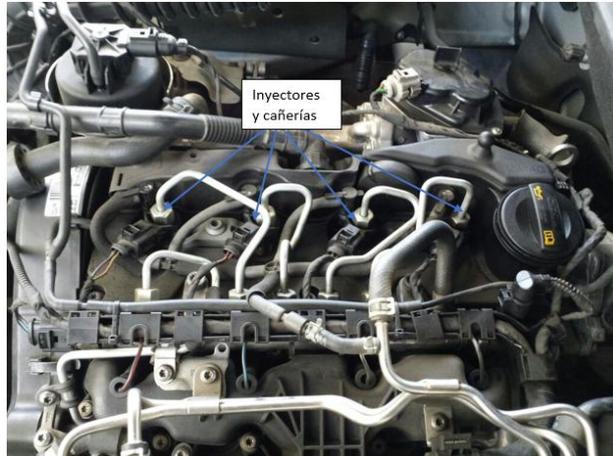


Figura 31. Parte superior del motor

En la figura 31 se muestra la parte superior del motor donde se encuentra los inyectores, el riel de presión y las cañerías en los cuales se observará si existe presencia de combustible.

4.2.2 Medición del voltaje con osciloscopio

Al utilizar un osciloscopio para la medición de voltaje, el trabajo de comprobación se hace minucioso ya que este equipo de diagnóstico es capaz de graficar la medición que se realice y la interpretación es exacta.

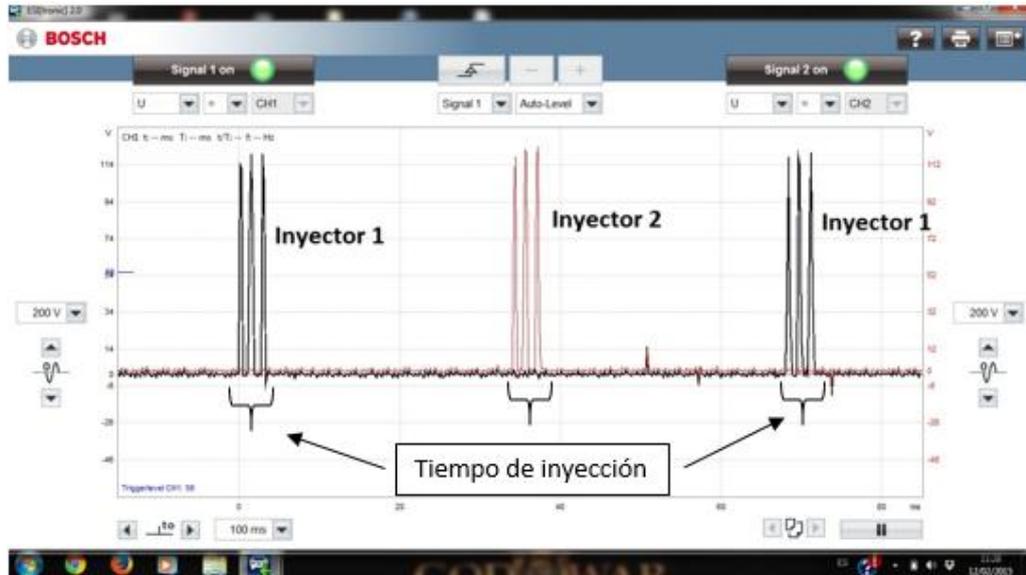


Figura 32. Inyectores diésel CRDi
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura 32 se observa el trabajo de los inyectores sobre el eje y se tiene el voltaje y sobre el eje X se tiene el tiempo. En el inyector número 1 se observa detalladamente las tres inyecciones al igual que en el inyector 2. Mediante la curva generada por el trabajo de los inyectores se puede verificar los voltajes máximos de trabajo y el tiempo de inyección muy detalladamente.

4.3 Desmontaje de inyectores

En el desmontaje de inyectores hay que tomar en cuenta que pueden sufrir averías tanto las partes mecánicas como la persona que se encuentre realizando el desmontaje, estos sistemas CRDi manejan presiones de 250 bar en ralentí hasta 2000 bar a plena carga en los ductos de combustible.

Una vez desmontado los inyectores se debe tomar en cuenta del cilindro del cual fue extraído ya que estos cuentan con códigos de funcionamiento individuales y con el cual la ECM identifica el inyector y en que cilindro se encuentra.

De igual manera los inyectores no deben sufrir golpes ya que cuentan con bobinas que pueden sufrir averías. Al momento de proceder la limpieza interna del inyector se debe tomar en cuenta las partes del mismo ya que en éstos se cuenta con componentes muy pequeños.

Para el desmontaje se utiliza el siguiente procedimiento:

- Dejar el vehículo apagado por 3 minutos para disminuir la presión en el sistema de combustible
- Desconectar la corriente en el motor (batería)
- Limpieza parte superior del motor
- Desconexión inyectores parte eléctrica
- Desconexión inyectores parte mecánica
- Extraer inyectores con el equipo adecuado

4.4 Prueba de inyectores en el banco MT - 30000

4.4.1 Inspección visual y limpieza exterior de inyectores

La inspección visual ayuda a detectar fugas de combustible en el inyector, también se detecta si el inyector tuvo algún problema de recalentamiento ya que esto afecta directamente a la punta del inyector.

Primeramente se realiza una limpieza exterior de los inyectores, el propósito es quitarles la carbonilla acumulada en la tobera y todas sus partes que están expuestas tanto dentro y fuera del motor, de esta forma no contaminen el combustible del banco de pruebas. La limpieza de los inyectores se realiza con un cepillo de cerdas de cobre acompañado de un líquido desengrasante.

4.4.2 Comprobación de resistencias

Comprobación de la resistencia en Ohm de los inyectores electrónicos

Tabla 3. Parámetros de medición de resistencia en inyectores electrónicos

INYECTOR	RESISTENCIA EN OHM	DESCRIPCIÓN
BOSCH	0,4 a 0,6	Si el valor es menor la bobina se encuentra averiada
DELPHI	0,2 a 0,4	Si el valor es menor la bobina se encuentra averiada
DENSO	0,8 a 1	Si el valor es menor la bobina se encuentra averiada

Es difícil que la resistencia del inyector en algún caso sea mayor. Si fuera el caso la bobina estaría averiada.

Fuente. (System, 2011)

La tabla 3 indica la resistencia la cual deben tener los inyectores electrónicos, para inyectores Bosch la resistencia debe estar entre 0.4 y 0.6 Si los valores medidos no cumplen lo especificado la bobina está defectuosa y el inyector no trabaja. Para los inyectores Delphi se tiene el valor de resistencia tiene que estar entre 0.2 y 0.4. Para inyectores Denso la resistencia debe estar entre 0.8 y 1. Los inyectores electrónicos trabajan a presiones altas y es directamente proporcional a su resistencia, es decir, a mayor resistencia mayor presión.

4.4.3 Prueba de inyección

Comprueba el patrón de inyección y orificios defectuosos en el inyector. En los inyectores electrónicos constan de seis orificios de inyección y en los inyectores piezoeléctricos constan de ocho orificios de inyección, según (Bosch, 2013) cada orificio mide aproximadamente 0.25mm^2 .

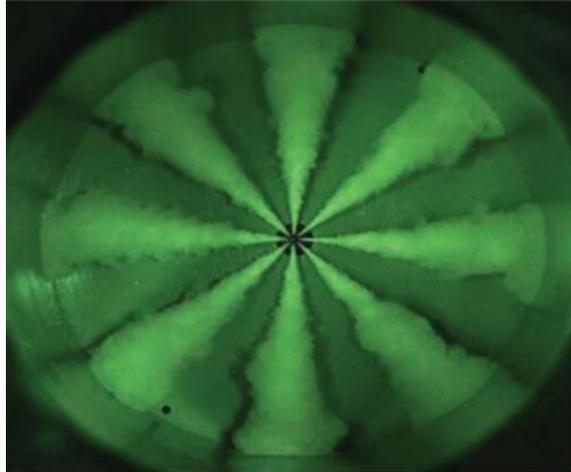


Figura 33. Orificios inyector diésel piezoeléctrico
Fuente: (Priyanka Desai, 2009)

La figura 33 se observa los rocíos que salen de la punta de la tobera del inyector que tienen que ser homogéneos y muy bien definidos para una excelente combustión.

4.4.4 Prueba de inyección durante el arranque

Comprueba la inyección en el arranque del motor. Determina valores de arranque, éstos deben tener la cantidad necesaria de combustible para vencer la inercia del motor y así poder lograr su funcionamiento. Si no se obtiene la cantidad necesaria de combustible en el arranque, el motor no podrá encender.

4.4.5 Prueba de inyección principal

Comprueba el volumen de entrega y caudal de los inyectores. Entre mayores revoluciones funcione el motor más consumo de combustible, determinando así la potencia y torque del vehículo. Entre más combustible consume el vehículo se obtendrá mayor cantidad de emisiones de gases de escape.

4.4.6 Prueba de la inyección piloto

También conocidas como pre inyección. Provoca que la cámara de combustión se mantenga en una temperatura óptima para la combustión y lograr que se queme toda la mezcla existente de igual manera se logra disminuir el ruido del motor.

4.4.7 Limpieza de inyectores

Realiza una limpieza interna de los orificios de los inyectores para conservar el rocío de combustible homogéneo dentro de la cámara de combustión. Entre más pulverizado se encuentre el combustible más fácil se realiza la combustión del mismo. Es importante recordar que el equipo MT 3000 realiza las pruebas de funcionamiento en los inyectores CRDi de marca Bosch, Siemens y Denso.

Tabla 4. Inyectores que trabajan en el equipo MT - 3000

MARCA DEL INYECTOR	ELECTRÓNICO	PIEZOELÉCTRICO
BOSCH	V	V
SIEMENS	V	
DENSO	V	V

Fuente:(System, 2011)

La tabla 4 muestra los inyectores que se pueden comprobar en el equipo MT – 3000 como son Bosch y Denso electrónicos y pieza electrónicos y Siemens solo electrónicos.

4.5 Montaje de inyectores

Para el montaje de los inyectores en el motor se debe tomar en cuenta que los inyectores irán en el mismo cilindro de donde fueron extraído, es decir, el inyector que se extrajo del cilindro uno irá al cilindro uno nuevamente, esto evitará algún problema a la parte electrónica en reconocer a los inyectores y su posición de trabajo.

4.6 Diagnóstico de códigos de falla de inyectores

Para la lectura de códigos de falla se utiliza un scanner el cual dará a conocer el número de fallo y la descripción del mismo. Existen códigos de falla que son los siguientes:

- P0200

Localización de averías: Inyector circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0201

Localización de averías: Inyector 1 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0202

Localización de averías: Inyector 2 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0203

Localización de averías: Inyector 3 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0204

Localización de averías: Inyector 4 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0205

Localización de averías: Inyector 5 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0206

Localización de averías: Inyector 6 circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector, módulo de control del motor

- P0213

Localización de averías: Inyector de arranque en frío 1 – circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector de arranque en frío, módulo de control del motor

- P0214

Localización de averías: Inyector de arranque en frío 2 – circuito defectuoso

Causa probable: Cableado, inyector de arranque en frío, módulo de control del motor

4.7 Diagnóstico del sistema de inyección en el motor de la camioneta

Mazda BT-50 con motor 2.5 CRDi

Tabla 5. Características del motor
2500

CILINDRAJE DEL MOTOR	
Número de cilindros	4. En línea
Alimentación	Sistema de inyección de combustible Common Rail
Año de fabricación	2009

Fuente: (Corporation, 2009)

La tabla 5 muestra las características principales de la camioneta Mazda BT – 50 como es el cilindraje, número de cilindros, tipo de alimentación y año de fabricación.

4.7.1 Diagnóstico baja presión

Se realiza una medición del sistema de baja presión diagnosticando el sensor de presión de riel mediante un scanner. Con la llave del vehículo en la posición ON se conecta el scanner, seguidamente se selecciona en el scanner los datos a ser observados.

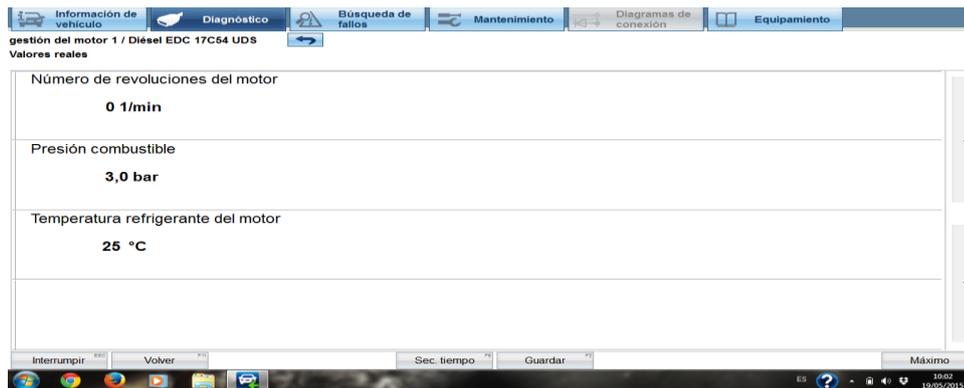


Figura 34. Presión en el riel
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura. 34 muestra la baja presión en el sistema, ésta es generada por la bomba que se encuentra en el depósito de combustible. El valor de la presión es de 3 bar o 43.5 psi.

4.7.2 Diagnóstico alta presión

El sistema de alta presión se encuentra en la parte derecha del motor donde está la bomba de alta presión, la cañería hacia el riel y las cañerías hacia cada uno de los inyectores como se observa en la figura 4.9.



Figura 35. Localización de componentes

4.7.3 Medición de presión en el riel mediante scanner

Conectar el cable del scanner en la parte baja del tablero a la altura de los pedales del conductor, es un conector de OBD II 16 pines

- Encender el scanner
- Seleccionar diagnóstico de vehículo
- Ingresar la marca Mazda modelo BT – 50
- Buscar en el flujo de datos el valor del sensor de presión en el riel

El primer dato se obtiene sin encender el motor, con la llave de encendido en la posición ON.

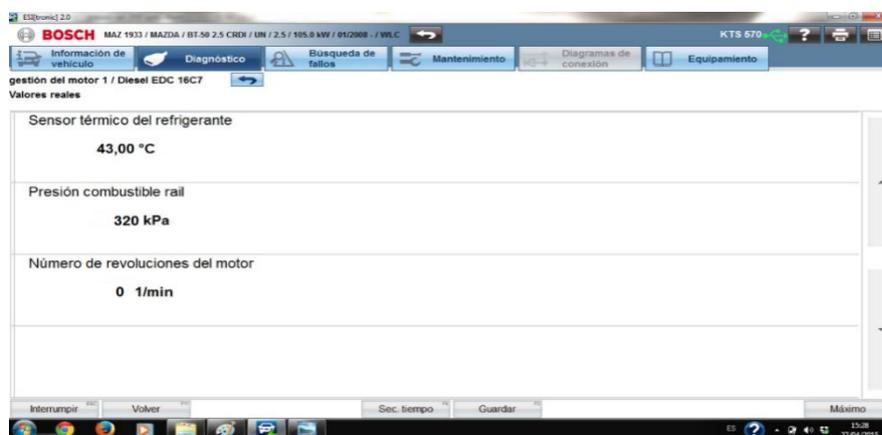


Figura 36. Presión en el riel a 0 rpm
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura 36 muestra tres datos del motor que son: Número de revoluciones, presión de combustible y temperatura del refrigerante del motor. En ésta prueba se verifica si existe presencia de presión en el sistema que es generada por la bomba que se encuentra en el depósito de combustible. La presión es de 320kPa o 3.2 bar. El segundo dato se obtiene con el motor encendido a ralentí donde ya se encuentra en funcionamiento la bomba de alta presión.

A continuación se realiza las pruebas con el motor encendido.

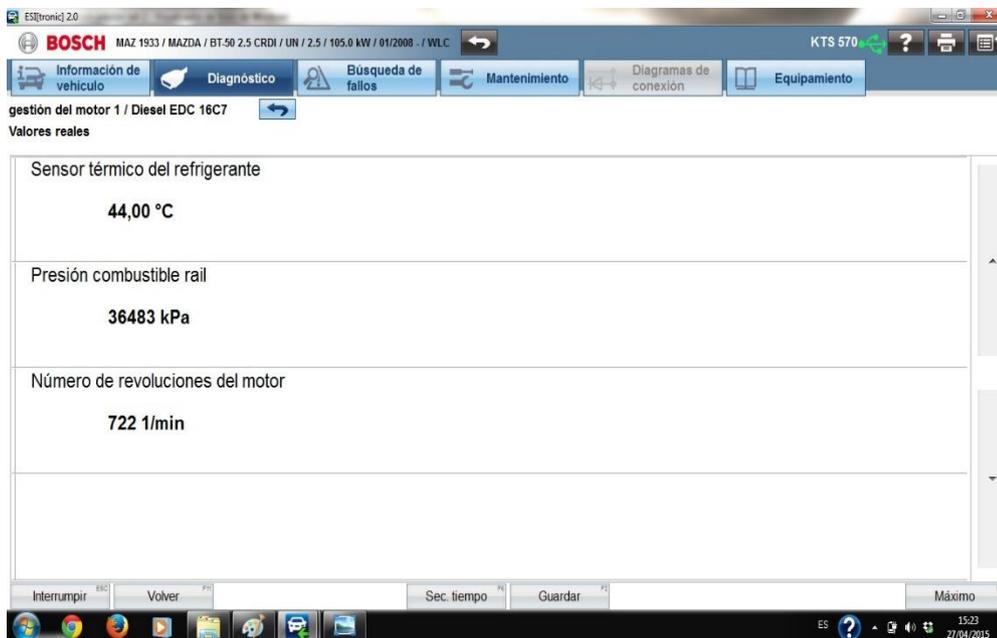


Figura 37. Presión en el riel a 722 RPM
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 37 se observa que la presión se encuentra en 36483 kPa o 364.83 bar a 722 RPM que sería a ralentí. La presión medida si está dentro de los parámetros como se observa en la gráfica 4.1 por tal razón el motor se encuentra trabajando en perfectas condiciones.

Presión del riel con el motor a 2548RPM

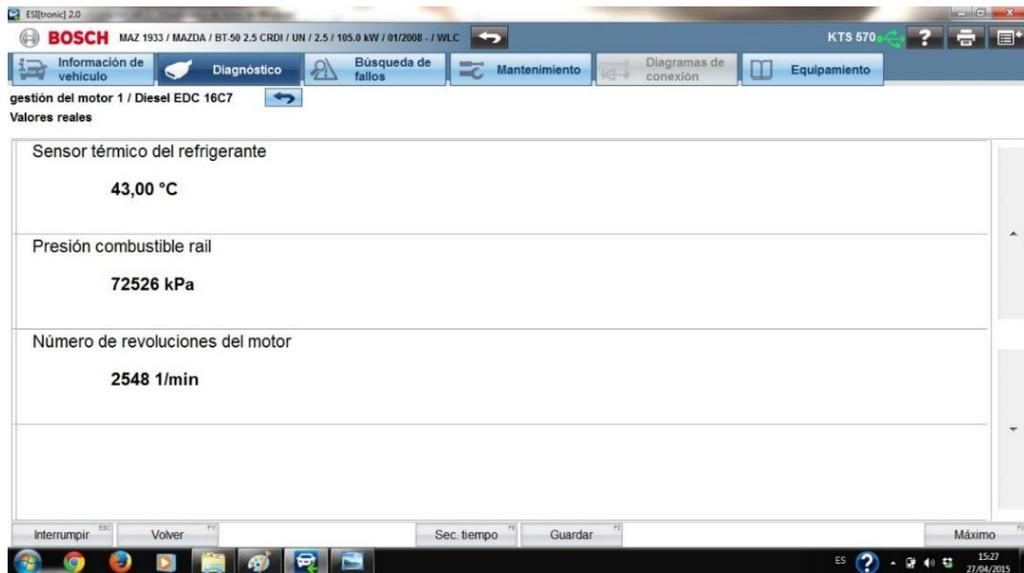


Figura 38. Presión en el riel a 2548 RPM
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 38 se observa la presión del sistema a 2548 RPM es 72526 kPa o 725.26 bar, se puede señalar que las revoluciones son directamente proporcionales a la presión, esto quiere decir que si el número de revoluciones se eleva la presión hará lo mismo.

4.7.4 Medición de presión en el riel mediante multímetro

El sensor de presión en el riel tiene tres cables en su conector. Los cuales son:

- Voltaje de referencia: Éste cable viene directamente del computador y su voltaje es 5 voltios.
- Voltaje de señal: Éste cable viene directamente del computador y es el encargado de llevar el voltaje que es generado por el sensor.
- Voltaje de masa: Éste cable viene directamente del computador y es el encargado de dar el voltaje de masa al sensor y su voltaje es 0 voltios.

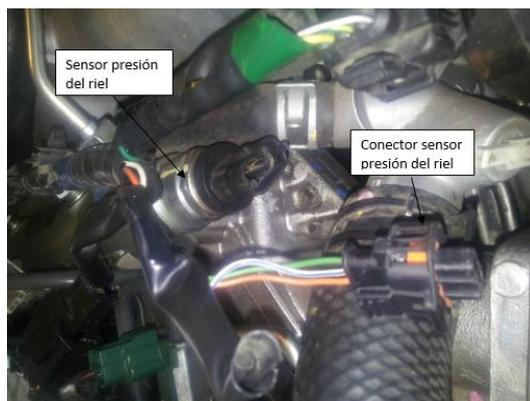


Figura 39. Sensor presión riel

La figura 39 muestra al sensor de presión de riel y a su conector que consta de tres cables los cuales hacen de masa para el sensor, voltaje de alimentación y señal.

Tabla 6. Voltajes sensor presión del riel

CABLE	DESCRIPCIÓN	MOTOR A RALENTÍ 850 RPM	MOTOR A 2500 RPM
NARANJA CLARO	Voltaje de referencia (V)	4,99	4,99
BLANCO / AZUL	Señal (V)	0,98	1,66
VERDE	Masa sensor (V)	0,02	0,01

El voltaje de señal del sensor es directamente proporción a la presión del sistema y a las revoluciones del motor lo cual se observa en la medición del voltaje de señal del sensor que a más revolución mayor es el voltaje, como lo indica la tabla 6.



Figura 40. Voltajes del sensor de presión del riel

En la figura 40 A se observa el voltaje de 0.98 a ralentí o a 850 RPM que es un valor menor al de la figura 40 B que es 1.66 voltios a 2500 RPM. Se puede decir que a mayor presión y mayor revoluciones del motor el voltaje también es mayor.

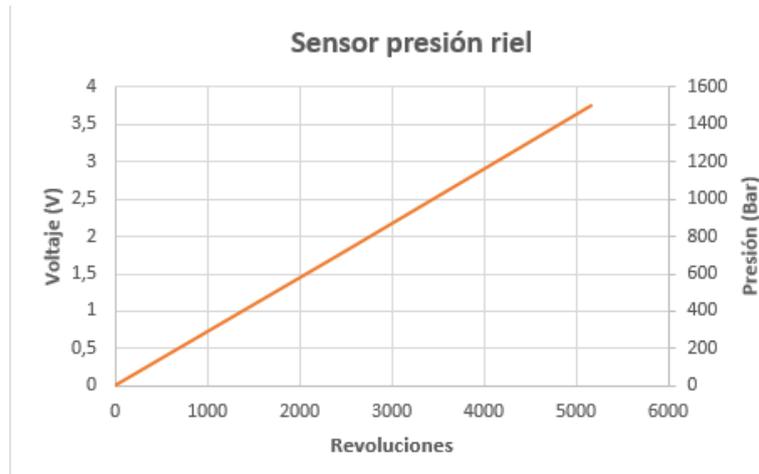


Gráfico 1. Sensor presión riel

La gráfico 1 muestra la presión versus voltaje del motor donde se observa que la presión es directamente proporcional al voltaje.

4.7.5 Medición de presión en el riel mediante osciloscopio

Se utiliza un osciloscopio para observar el trabajo del sensor de presión de riel mediante la curva que se genere. La punta del osciloscopio se la conecta al cable de señal del conector del sensor que se realiza la medición.

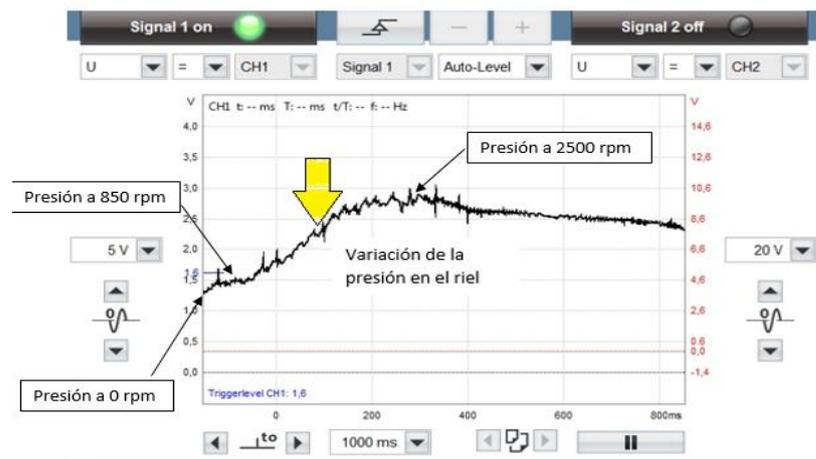


Figura 41. Curva de trabajo del sensor de presión de riel
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

Con la utilización del osciloscopio en la figura 41 se observa la representación gráfica de la señal del sensor, para lo cual se puede interpretar la curva. El inicio representa la presión de ralentí y el punto más alto de la curva representa la presión a 2500 RPM. Si existiera en la curva alguna caída repentina se puede interpretar como pérdida de presión y por tal razón existiría algún problema en el funcionamiento del motor. Las pequeñas curvas como la señalada con flecha amarilla son variaciones de presiones muy bajas producidas por el trabajo de los inyectores.

4.7.6 Diagnóstico de códigos de falla del riel

Para la lectura de códigos de falla se utiliza un scanner el cual dará a conocer el número de fallo y la descripción del mismo.

Para que exista un código de falla se desconecta el conector del sensor del riel. En el cuadro de instrumentos de la camioneta se ha presentado el foco del checkengine, el cual es el encargado de informar al mecánico o conductor sobre un fallo en el sistema del motor.



Figura 42. Sensor depresión del riel

La figura 42 muestra el sensor de presión de riel desconectado de tal manera que se produzca en fallo electrónico y se registre en la ECU.

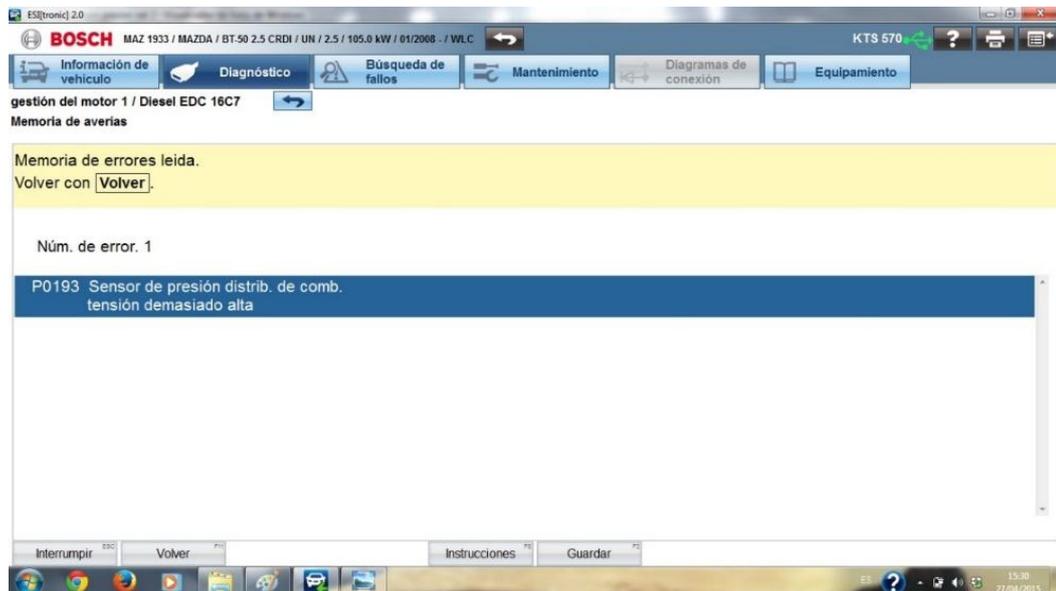


Figura 43. Código de falla
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

El código que se observa en la figura 43 es identificado por el scanner y es el número P0193 que se refiere al sensor de presión de riel de combustible circuito alto. Las posibles causas a que aparezca éste código son las siguientes:

- Ninguna o poca presencia de combustible en el riel
- Sensor de presión de combustible defectuoso en el riel

- Conector del sensor de presión en el riel está desconecta o en corto circuito.
- Mala conexión del circuito del sensor de presión de riel
- Bomba de combustible defectuosa

4.8 Diagnóstico de inyectores

4.8.1 Inspección visual

Mediante la inspección se ve que no existe presencia de combustible en los alrededores de los inyectores.



Figura 44. Parte superior motor

En la figura 44 se observa que no existe presencia de combustible en la parte superior del motor donde se encuentran los inyectores y las cañerías de combustible.

4.8.2 Medición voltaje de trabajo con osciloscopio

Se conecta el osciloscopio al cable del inyector y se define la escala para la interpretación de la curva.

Hay que tomar en cuenta que la conexión de las dos puntas del osciloscopio se conectará a los dos cables del conector del inyector

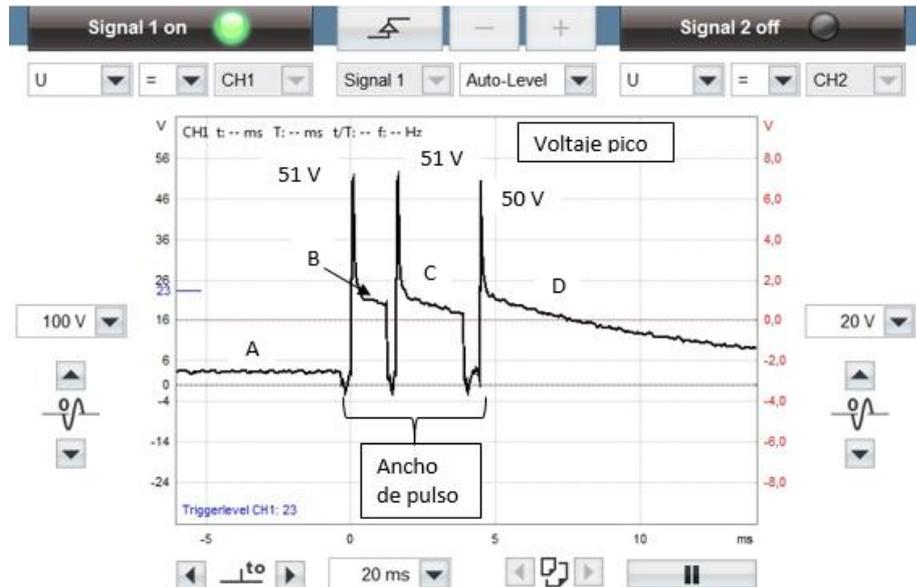


Figura 45. Curvas inyector 1
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 45 se observa las tres curvas que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, también se diferencia que los voltajes picos son diferentes, la pre inyección tiene un pico de 51V y la pos inyección tiene un voltaje pico de 50V mientras tanto la inyección principal está en un voltaje de 51V.

El ancho de pulso o el tiempo de duración de las tres inyecciones son alrededor de 5ms. El punto A es la tensión del inyector que se encuentra alrededor de 3V.

El punto B el inyector se encuentra des energizado para realizar la segunda inyección. El punto C es la des energización de la inyección principal y por tal manera el tiempo es mayor como se ve en la figura.

El punto D realiza una des energización armónica y de esta forma estaría listo el inyector para realizar las inyecciones en el siguiente ciclo.

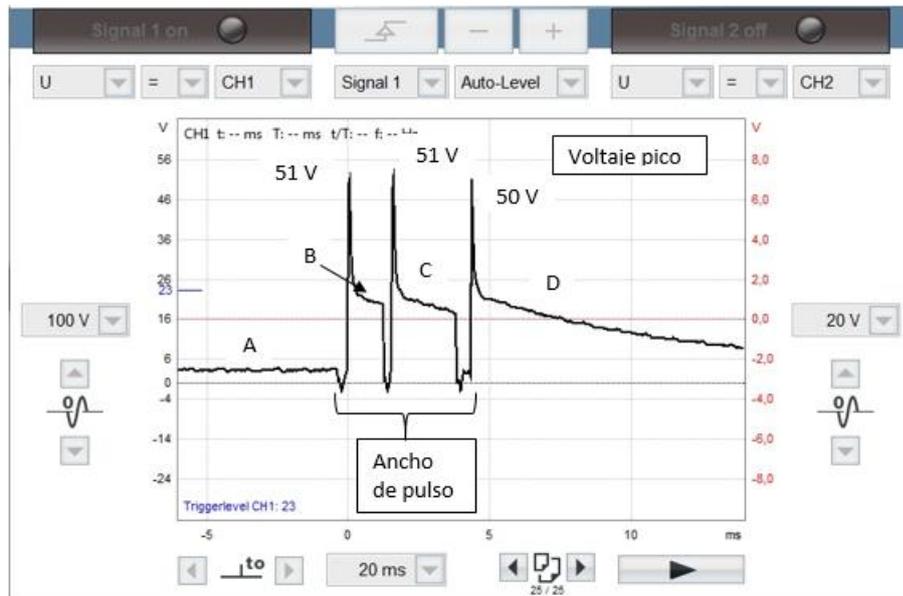


Figura 46. Curvas inyector 2
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 46 se observa que los valores y curvas son iguales a la figura del inyector número 1 sin tener diferencias considerables entre lo que es voltajes pico, ancho de pulso y número de inyecciones.

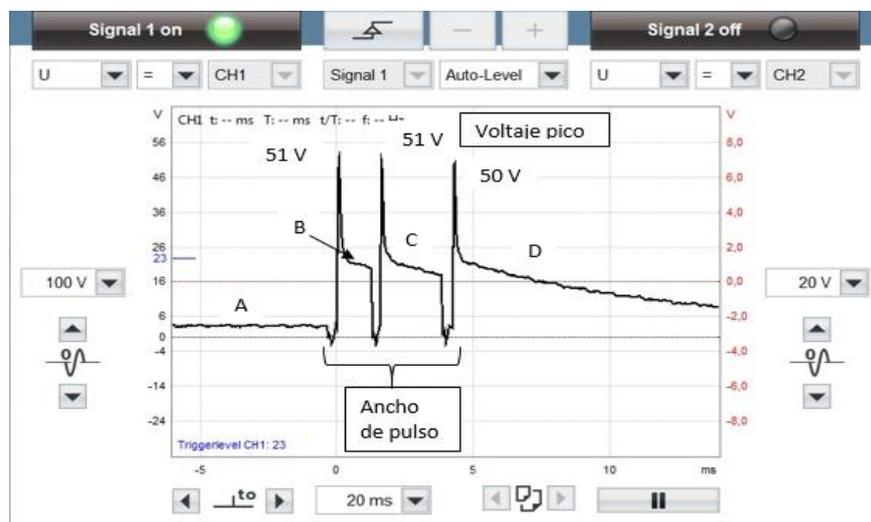


Figura 47. Curvas inyector 3
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 47 se observa el trabajo del inyector y es idéntico al inyector número 1 e inyector número 2, coinciden los valores pico y ancho de pulso sin diferencia alguna.

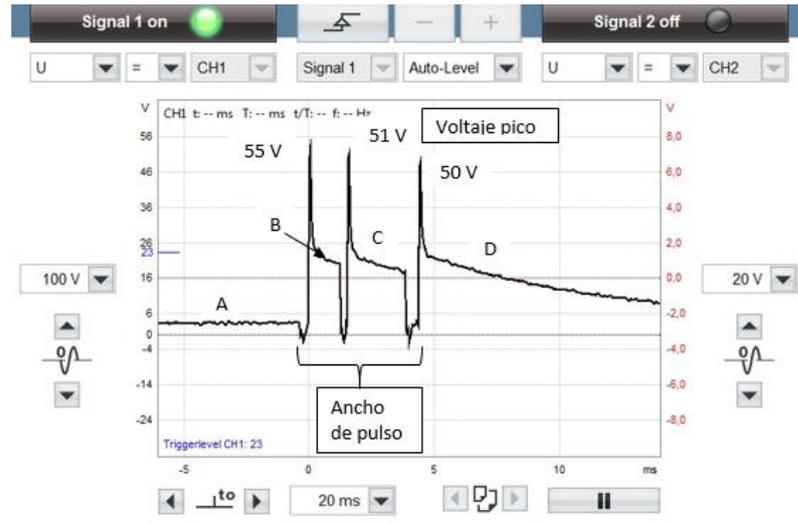


Figura 48. Curvas inyector 4
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 48 se observa que existe una diferencia con las curvas del sensor 1, sensor 2 y sensor 3. La pre inyección tiene el valor del voltaje pico en 55 que es 4 voltios mayor que los voltajes picos de los otros sensores, al existir una diferencia pequeña no hay presencia de mal funcionamiento del inyector.

Tabla 7. Valores de los inyectores obtenidos con el osciloscopio.

	Inyector 1			Inyector 2			Inyector 3			Inyector 4		
Número de inyecciones	3			3			3			3		
Ancho de pulso(ms)	5			5			5			5		
Voltajes pico(v)	P1	P2	P3									
	51	51	50	51	51	50	51	51	50	55	51	50

P1= Preinyección. P2= Inyección Principal. P3= Post inyección

La tabla 7 se observa los valores de trabajo de los inyectores como es el ancho de pulso, el número de revoluciones y los voltajes picos, analizando todos éstos valores se puede decir que el desempeño de los inyectores es bueno tomando en cuenta los datos que genera el osciloscopio, todas las inyecciones se realizan dentro del tiempo y voltaje requerido, en el voltaje pico de la pre inyección del inyector número cuatro

se tiene un aumento pero no es muy considerable y por ende no afecta al buen funcionamiento de los cuatro inyectores en general.

4.8.3 Desmontaje de inyectores

Para el desmontaje correcto de los inyectores se sigue el procedimiento del punto 4.3. Es recomendable tener un cuidado especial en no golpear los inyectores ya que pueden sufrir daños la parte eléctrica de los mismos.



Figura 49. Inyectores electrónicos

La figura 49 muestra los inyectores diésel ya extraídos del motor listo para realizar las pruebas en el banco.

4.9 Prueba de inyectores en el banco MT 3000

Para instalar los inyectores en el banco de prueba primero se realiza una rápida limpieza el exterior de los inyectores, posterior a esto se conecta las cañerías y cables para la activación de los inyectores. Una vez ajustado las cañerías se enciende el equipo y se verifica que no exista fuga de combustible.



Figura 50. Instalación inyectoros banco de comprobación

La figura 50 indica los inyectoros ya instalados en el banco comprobador con las cañerías de alta presión los ductos de retorno y los cables que llevan la corriente hacia la bobina del inyector.

4.9.1 Comprobación de resistencias

Comprobación de la resistencia en Ohm de los inyectoros

Una vez instalados los inyectoros en el banco de pruebas se realiza la primera medición que sería el valor de las bobinas de cada uno de los inyectoros.

Se enciende el banco y se selecciona la primera prueba

- Una vez instalados los inyectoros se enciende la máquina presionando el botón *START* por 3 segundos.
- Seguidamente se selecciona la primera prueba presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 1.
- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.

- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 51. Valor resistencias inyectores
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 30000

En la figura 51 se puede observar que el valor de las resistencias de los inyectores es 0,5 y 0,6 quiere decir que se encuentran en buen estado como se observa en la tabla 4.4, por lo tanto se puede seguir a la segunda prueba en el banco.

Si los valores medidos no cumplen lo especificado la bobina está defectuosa y no funciona el inyector.

4.9.2 Prueba de inyección

Comprueba el patrón de inyección y orificios defectuosos en el inyector, con esta prueba se observa los orificios que están trabajando en perfectas condiciones y aquellos que se encuentran taponados en la punta de la tobera.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la segunda prueba presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 2.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 52. Valores de la prueba de inyección
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 30000

La figura 52 muestra los parámetros a los cuales se realizan las pruebas de inyección donde se observa si los orificios de la tobera no están obstruidos.

El equipo de pruebas selecciona automáticamente el ancho de pulso de 0.90 y el tiempo de inyección 500, son parámetros estándares que utiliza el equipo para obtener resultados óptimos en la prueba seleccionada, si es necesario.

Se selecciona la prueba número dos en el banco para verificar el funcionamiento de los inyectores.

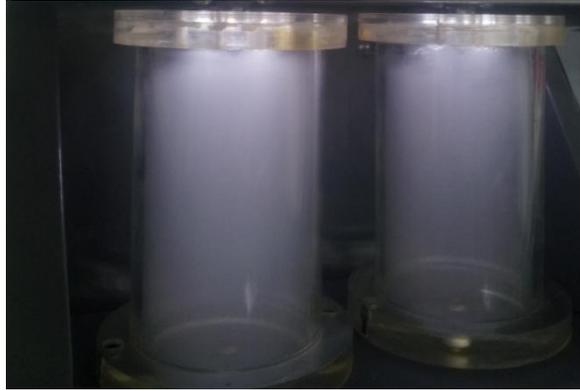


Figura 53. Trabajo inyectores prueba de inyección
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 30000

En la figura 53 se ve que los dos inyectores están pulverizando el combustible y no existe presencia de goteo en la punta del inyector.

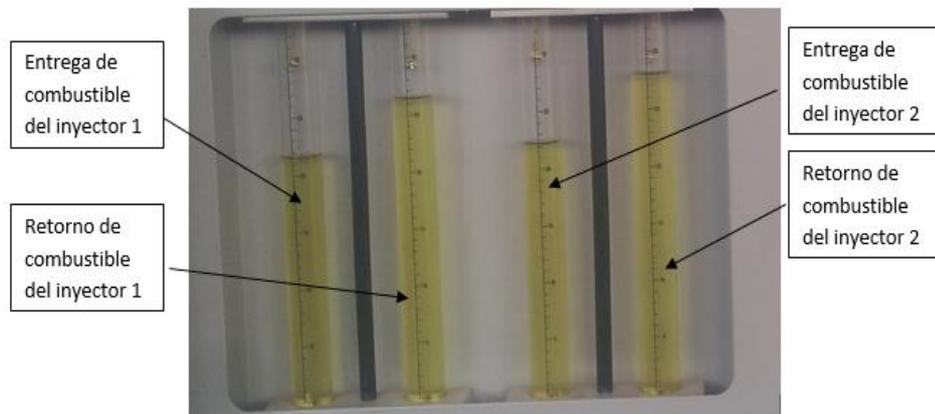


Figura 54. Valores de entrega y retorno de combustible prueba de inyección.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 30000

En la figura 54 se observa las cantidades de entrega para el inyector número 1 es 21cm³ y para el inyector dos es 23cm³, el retorno de combustible para el inyector 1 es 26cm³ y para el inyector 2 es 27cm³, no existe una diferencia notable entre los dos inyectores lo cual indica que están en buen funcionamiento y se encuentran dentro de los parámetros de funcionamiento que son para entrega 20±4 y para retorno 25±4.

Tabla 8. Valores de prueba de inyección

PRUEBA	EQUIPO	INYECTOR 1	INYECTOR 2			
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
PRUEBA DE INYECCIÓN	0.90	500	21	26	23	27

La tabla 8 muestra los valores obtenidos en la prueba de inyección los cuales para la entrega de combustible es 21cm³ y 23cm³ para los inyectores 1 y 2 respectivamente y retorno de combustible 26 cm³ y 27 cm³ para los inyectores 1 y 2 respectivamente.

4.9.3 Prueba de inyección de arranque

Comprueba la inyección en el arranque del motor. Con esta prueba se puede definir si la cantidad de combustible es la adecuada para que el motor pueda empezar a funcionar.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 3 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 3.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.

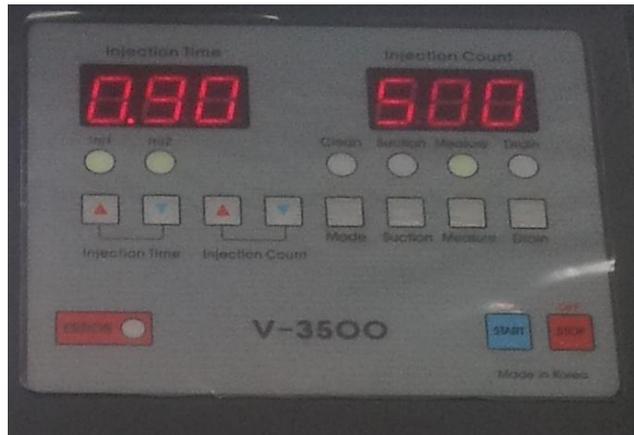


Figura 55. Parámetros de funcionamiento en la prueba de arranque
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 55 muestra los parámetros como son ancho de pulso que está en 90 y es el ancho de pulso más alto a excepción de la prueba número 6, esto se debe a que en el momento del arranque se debe entregar una mayor cantidad de combustible y tiempo de desarrollo de la prueba de arranque está en 500 que es un tiempo promedio para verificar la cantidad de combustible en las probetas del equipo.

Se selecciona el modo dos en el cuadro de diálogo del banco y se espera a que desarrolle la prueba.

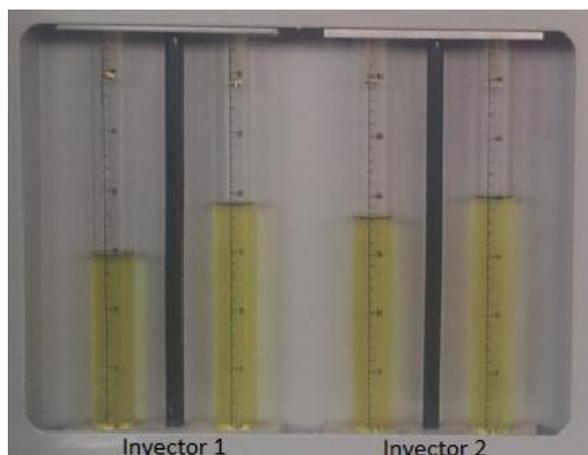


Figura 56. Entrega y retorno de los inyectores en la prueba de arranque.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 56 la entrega y retorno de combustible se encuentran dentro de los valores especificados para un normal funcionamiento del inyector que son 14 ± 4 para entrega y para retorno 20 ± 4 .

Tabla 9. Valores de prueba de inyección de arranque

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
Prueba inyección de arranque	0.90	500	15	20	18	22

En la tabla 9 se muestra los resultados de la prueba de arranque, para el inyector 1 y 2 se tiene una entrega de 15cm³ y 18cm³ respectivamente y un retorno de 20cm³ y 22cm³ respectivamente.

4.9.4 Prueba de inyección principal

En esta prueba se observa la entrega de combustible principal al motor, es con la cual el motor puede trabajar en diferentes regímenes obteniendo un desarrollo adecuado.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 4 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 4.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 57. Parámetros de trabajo para la prueba de inyección principal.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

Se observa que en la figura 57 los parámetros para la prueba de inyección principal varían, en donde, el tiempo de inyección es 0.70 us y el tiempo de entrega de combustible 400 seg. Los dos valores de la prueba disminuyen en respecto a las pruebas 2 y 4 ya que están simulando un funcionamiento del motor y cuando existe mayores revoluciones el tiempo de inyección disminuye.

Se selecciona la prueba número cuatro en el banco para verificar el funcionamiento de los inyectores.

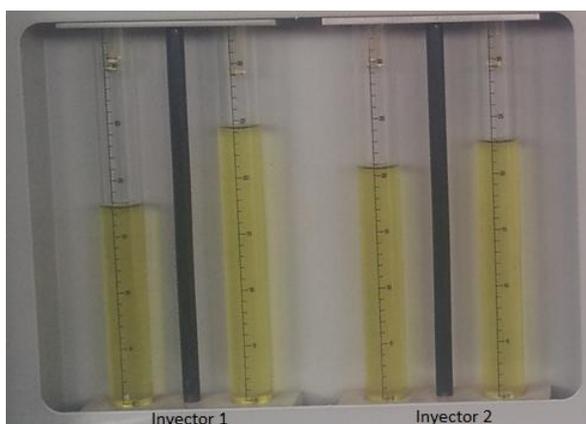


Figura 58. Valores de entrega y retorno de combustible inyección principal.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 58 se observa la cantidad de entrega y retorno de combustible, en la entrega el inyector número dos es mayor que la

entrega del inyector número uno y retorno se encuentra de forma contraria, pero las diferencias entre los dos inyectores es mínima, por lo cual los inyectores se encuentran trabajando en forma normal. La entrega mínima de combustible debe ser no menor a 15 y el retorno no menor a 20.

Tabla 10. Valores de prueba de inyección principal

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
Prueba de inyección principal	0.70	400	17	24	21	23

En la tabla 10 se registra los resultados de la prueba de inyección principal, en entrega de combustible se tiene 17cm³ y 21cm³ para el inyector 1 y 2 respectivamente y los valores de retorno son 24cm³ y 23 cm³ para los inyectores 1 y 2 respectivamente.

4.9.5 Prueba de la inyección piloto

También conocidas como preinyección. Son las encargadas de elevar la temperatura de combustible de la cámara para una buena combustión.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 5 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 5.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 59. Parámetros de funcionamiento prueba de inyección piloto.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 59 indica los parámetros de funcionamiento que es 0.25 el ancho de pulso y 400 segundos la duración de la prueba, en este caso el ancho de pulso disminuye en comparación con otras pruebas ya que se va realizar el análisis de la preinyección que normalmente tiene un ancho de pulso menor a la inyección principal.

Se selecciona la prueba número cinco en el banco para verificar el funcionamiento de los inyectores.

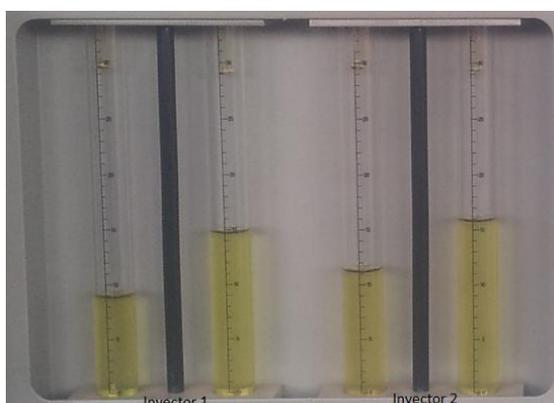


Figura 60. Valores de entrega y retorno inyección piloto.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 60 se observa la cantidad de combustible tanto en entrega como en retorno, se sigue manteniendo una mínima diferencia entre los dos inyectores, lo cual señala que los inyectores se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento. La entrega mínima de combustible no

debe estar menor a 10cm^3 y el valor para retorno de combustible no debe estar menor a 15cm^3 y un máximo de 14cm^3 y 19cm^3 respectivamente.

Tabla 11. Valores de prueba de inyección piloto

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba de inyección piloto	0.25	400	8	15	11	16

En la tabla 11 muestra los resultados de la prueba de inyección piloto, el valor de entrega para el inyector número 1 y 2 son 8cm^3 y 15cm^3 respectivamente y retorno es 15cm^3 y 16cm^3 respectivamente.

Tabla 12. Parámetros de funcionamiento de inyectores electrónicos diésel

PRUEBAS EQUIPO MT -30000	INYECTOR	
Resistencia inyectores (ohm)	0.5 \pm 0.2	
	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba de inyección	20 \pm 4	25 \pm 4
Prueba inyección de arranque	14 \pm 4	20 \pm 4
Prueba de inyección principal	15 \pm 4	20 \pm 4
Prueba de inyección piloto	10 \pm 4	15 \pm 4

Fuente:(System, 2011)

La tabla 12 muestra los parámetros los cuales deben de cumplir al realizar las pruebas en el equipo de diagnóstico MT – 30000 los inyectores electrónicos diésel para que puedan funcionar con normalidad en el motor.

Tabla 13. Valores de las pruebas de los inyectores en el banco MT - 30000

Prueba	Equipo	Inyector 1		Inyector 2		
		0.5	0.6	0.5	0.6	
Resistencia inyectores (Ohm)	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
Prueba de inyección	0.90	500	21	26	23	27
Prueba de inyección de arranque	0.90	500	15	20	18	22
Prueba de inyección principal	0.70	400	17	24	21	23
Prueba de inyección piloto	0.25	400	8	15	11	16

La tabla 13 muestra los resultados de las pruebas en el banco MT – 30000 para los dos inyectores, realizando una comparación de los resultados de cada prueba con los parámetros que se tiene en la tabla 4.4 se puede decir que los inyectores están dentro de los valores de funcionamiento óptimos de tal manera pueden funcionar correctamente en el motor.

4.9.6 Limpieza de inyectores

Realiza una limpieza interna de los ductos del inyector ya que internamente se generan residuos sólidos por el paso de combustible a gran presión y la temperatura de trabajo a la que están expuestos.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 6 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 6.

- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 61. Parámetros de funcionamiento para la limpieza de los inyectores.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 61 indica los parámetros de funcionamiento que es 1.20 el ancho de pulso y un máximo 900 segundos la duración de la prueba, en este caso el ancho de pulso aumenta en comparación con otras pruebas ya que se va realizar una limpieza interna de los residuos que se encuentra dentro de los ductos del inyector.

Una vez realizada la prueba de limpieza de los inyectores, se procedió a realizar todas las pruebas. Donde se obtuvo las mismas medidas, dando a lugar que la falla del inyector es mecánica.

Montaje de inyectores en el motor

Se colocará los inyectores en el motor tomando en cuenta del lugar que se sacará, es decir, si se saca del cilindro número uno se tendrá que

instalar en el cilindro uno ya que los inyectores tienen un código el cual es leído por la ECU para identificarlo en la posición que este se encuentre.

4.10 Diagnóstico del sistema de inyección en el motor de la camioneta Volkswagen Amarok 2.0 TDI

Tabla 14. Datos motor camioneta Volkswagen Amarok
CILINDRAJE DEL MOTOR 2000
(CC)

Número de cilindros	4
Alimentación	Sistema de inyección de combustible Common Rail
Año de fabricación	2011

Fuente: (Volkswagen, 2011)

4.11 Diagnóstico del sistema de inyección

En el sistema de inyección de la camioneta Volkswagen Amarok se divide en:

- Baja presión
- Alta presión

4.11.1 Diagnóstico baja presión

Se realiza una medición del sistema de baja presión diagnosticando el sensor de presión de riel mediante un scanner.

Con la llave del vehículo en la posición ON se conecta el scanner, seguidamente se selecciona en el scanner los datos a ser observados.

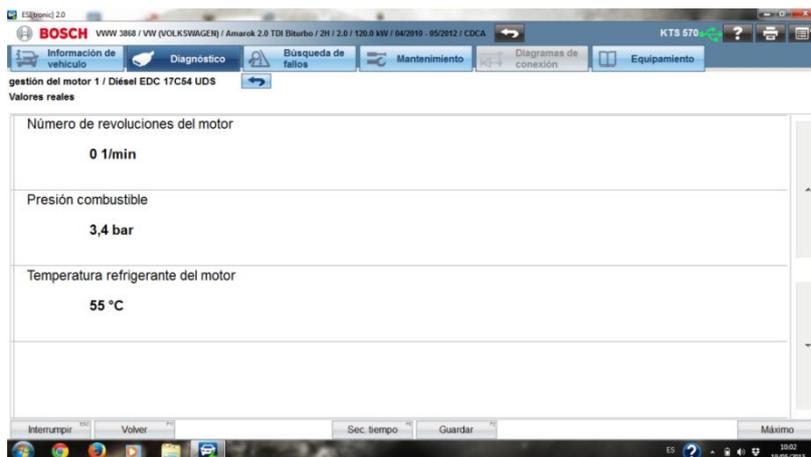


Figura 62. Presión en el riel
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 62 se observa la baja presión en el sistema de combustible que es de 3.4 bar, esta presión es baja ya que el vehículo se encuentra apagado. La temperatura se encuentra alta por que el motor ya estuvo en funcionamiento.

4.11.2 Diagnóstico alta presión

El sistema de alta presión se encuentra en la parte derecha del motor donde se encuentra la bomba de alta presión, la cañería hacia el riel y hacia cada uno de los inyectores como se observa en la figura 62



Figura 63. Localización de componentes

4.12 Medición de presión en el riel mediante scanner

Conectar el cable del scanner en la parte baja del tablero a la altura de los pedales del conductor, es un conector de OBD II 16 pines

- Encender el scanner
- Seleccionar diagnóstico de vehículo
- Ingresar la marca Volkswagen modelo Amarok
- Buscar en el flujo de datos el valor del sensor de presión en el riel

El primer dato se obtiene sin encender el motor, con la llave de encendido en la posición ON.

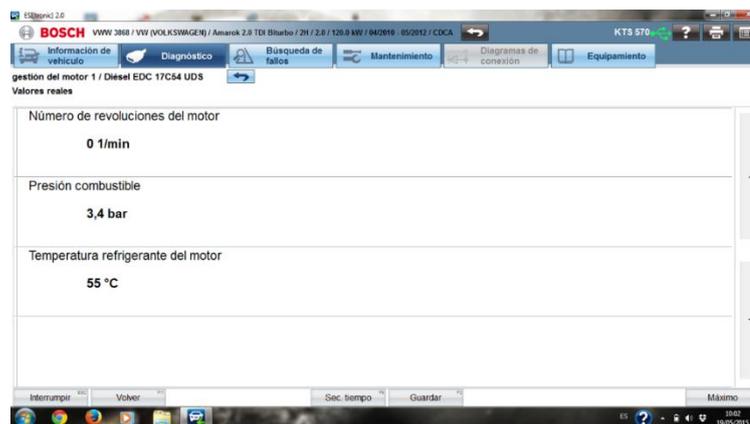


Figura 64. Presión en el sistema con el motor apagado
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura 64 muestra tres datos del motor que son: Número de revoluciones, presión de combustible y temperatura del refrigerante del motor. En esta prueba se verifica si existe presencia de presión en el sistema que es generada por la bomba que se encuentra en el depósito de combustible.

A continuación se realiza las pruebas con el motor encendido.

El segundo dato se obtiene con el motor encendido a ralentí donde ya se encuentra en funcionamiento la bomba de alta presión.

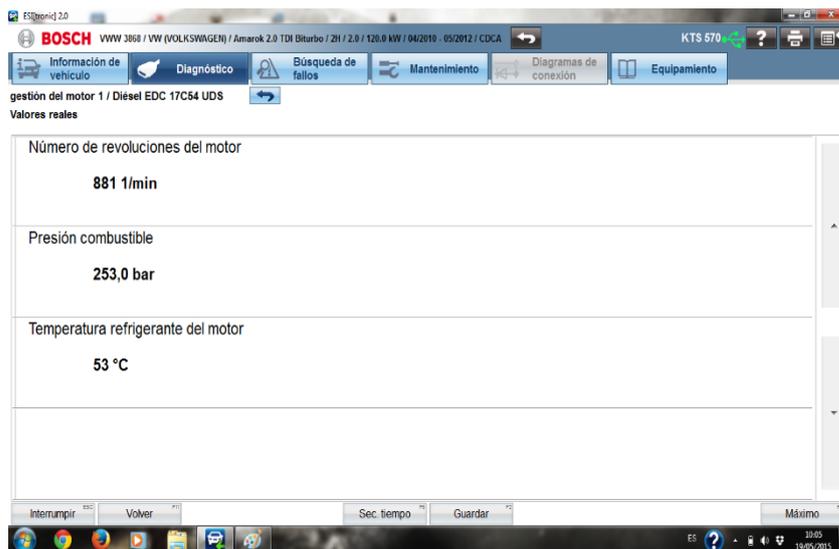


Figura 65. Presión en el riel en ralentí.
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 65 se observa que la presión se encuentra en 253 bares a 881 RPM que sería a ralentí. La presión medida está dentro de los parámetros, por tal razón el motor se encuentra trabajando en perfectas condiciones.

Medición de presión del riel con el motor a 2517 RPM

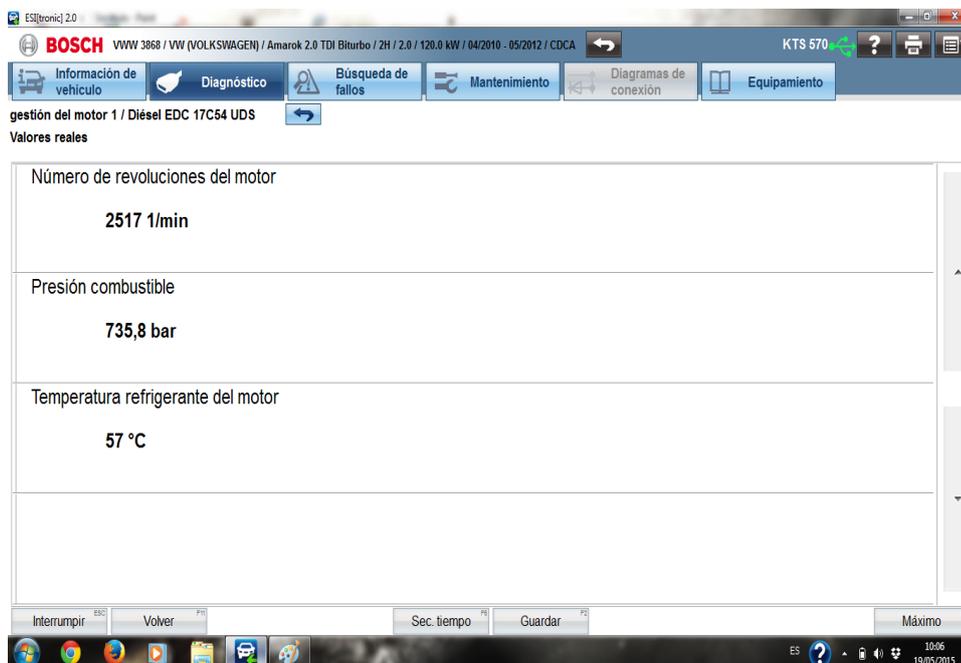


Figura 66. Presión en el riel a 2517 RPM
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La presión del sistema a 2517 RPM es 735.8 BAR, observando los datos de las dos figuras anteriores se puede señalar que las revoluciones son directamente proporcionales a la presión, esto quiere decir que si el número de revoluciones se eleva la presión hará lo mismo.

4.13 Medición de presión en el riel mediante multímetro

El sensor de presión en el riel tiene tres cables en su conector los cuales vienen de la ECM.

- Voltaje de referencia: 5.01 voltios.
- Voltaje de señal: entre 0 y 4.5 voltios
- Voltaje de masa: 0.01 voltios

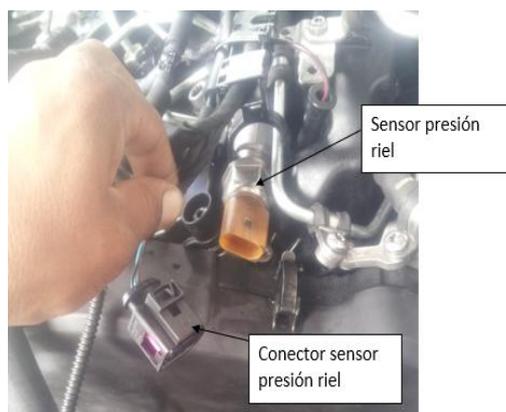


Figura 67. Sensor presión riel

La figura 67 muestra al sensor de presión de riel y a su conector que está compuesto por tres cables.

Tabla 15. Voltajes sensor presión del riel

CABLE	DESCRIPCIÓN	MOTOR A RALENTÍ	MOTOR A 2500 RPM
Café	Voltaje de referencia	5,01	5,01
Celeste	Voltaje Señal	1,10	1,85
Negro	Masa sensor	0,01	0,01

El voltaje de señal del sensor es directamente proporción a la presión del sistema y a las revoluciones del motor lo cual se observa en la medición del sensor que a más revolución mayor es el voltaje.

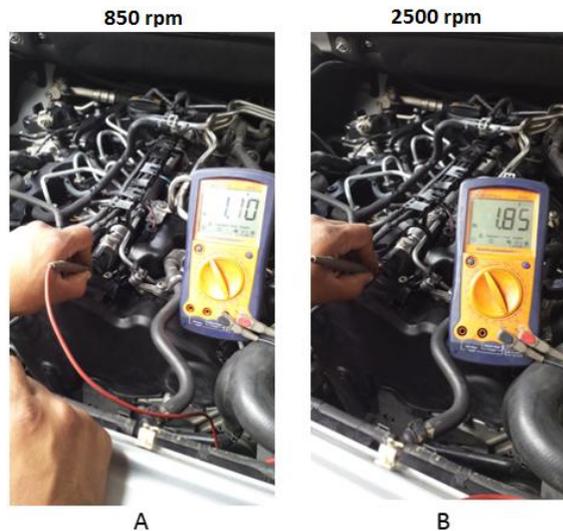


Figura 68. Voltajes del sensor de presión del riel

En la figura 68 A se observa el voltaje de 1.10 a ralentí o a 850 RPM que es un valor menor al de la figura 68 B que es 1.85 voltios a 2500 RPM. Se puede decir que a mayor presión y mayor revoluciones del motor el voltaje también es mayor.

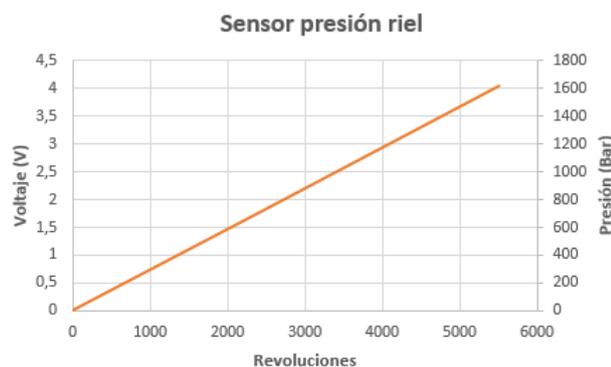


Gráfico 2. Sensor presión riel

La gráfica 2son los parámetros teóricos de trabajo donde muestra la presión, el voltaje y las revoluciones las cuales las tres variables son directamente proporcionales entre ellas.

4.14 Medición de presión en el riel mediante osciloscopio

Se utiliza un osciloscopio para observar el trabajo del sensor de presión de riel mediante la curva que se genere. La punta del osciloscopio se la conecta al cable de señal del conector del sensor que se realiza la medición



Figura 69. Curva de trabajo del sensor de presión de riel
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

La figura superior indica el trabajo del sensor de presión de riel, la parte más alta de la curva es el momento de la aceleración las partes bajas de la curva se encuentran sin aceleración el motor.

4.15 Diagnóstico de códigos de falla del riel

Para la lectura de códigos de falla se utiliza un scanner el cual dará a conocer el número de fallo y la descripción del mismo.

Para que exista un código de falla se desconecta el conector del sensor del riel como se observa en la gráfica 4.44. En el cuadro de instrumentos de la camioneta se ha presentado el foco del checkengine, el cual es el encargado de informar al mecánico o conductor sobre un fallo en el sistema del motor.

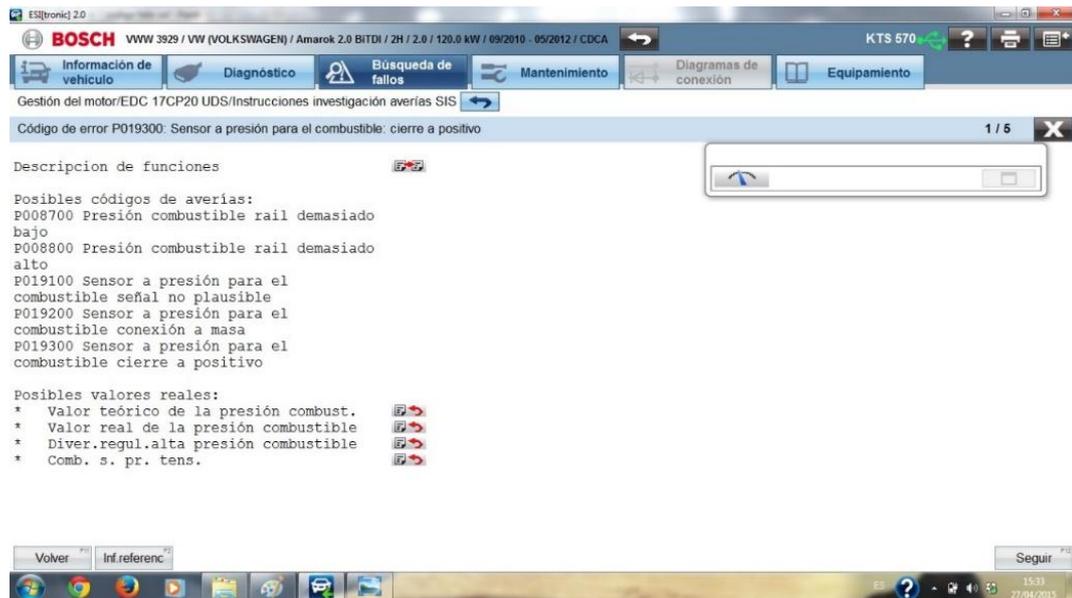


Figura 70. Código de falla
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

El código que se observa en la figura, es identificado por el scanner y es el número P0193 que se refiere al sensor de presión de riel de combustible circuito alto. Las posibles causas a que aparezca éste código son las siguientes:

- Ninguna o poca presencia de combustible en el riel
- Sensor de presión de combustible defectuoso en el riel
- Conector del sensor de presión en el riel está desconecta o en corto circuito.
- Mala conexión del circuito del sensor de presión de riel
- Bomba de combustible defectuosa

4.16 Diagnóstico de inyectores

4.16.1 Inspección visual

Mediante la inspección se verifica que no existe presencia de combustible en los alrededores de los inyectores.

4.16.2 Medición voltaje de trabajo con osciloscopio

Se conecta el osciloscopio al cable del inyector y se define la escala para la interpretación de la curva. Hay que tomar en cuenta que la conexión de las dos puntas del osciloscopio se conectará a los dos cables del conector del inyector

Análisis inyector 1

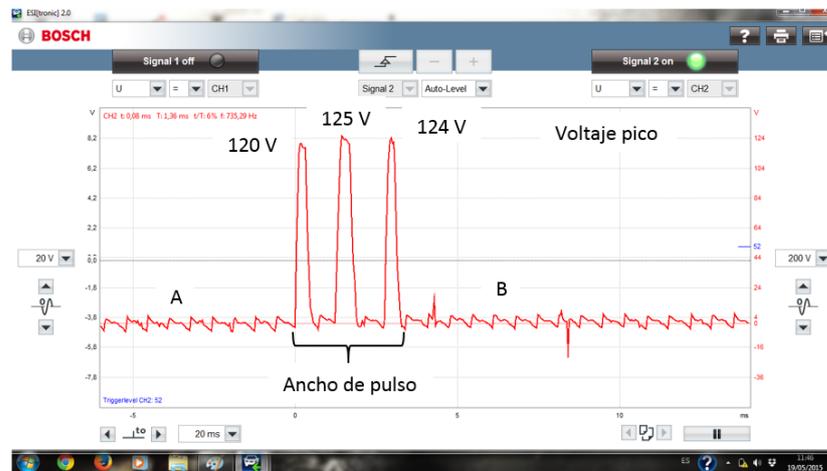


Figura 71. Curvas inyector 1
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 71 se observa las tres curvas que corresponden a las tres inyecciones que realiza en un ciclo el inyector, también se diferencia que los voltajes picos son diferentes, la pre inyección tiene un pico de 120V, su función es calentar la cámara de combustión y la pos inyección tiene un voltaje pico de 124V, su función es quemar los residuos de la mezcla y reducir el ruido del motor, mientras tanto la inyección principal está en un voltaje de 125V es la encargada de entregar el combustible a la cámara de combustión. El ancho de pulso o el tiempo de duración de las tres inyecciones están alrededor de 4ms. El punto A y B son oscilaciones de voltajes pequeños que están alrededor de 4 voltios, esto es para que la bobina no esté des energizada completamente y pueda reaccionar con rapidez el momento de trabajo del inyector. Los voltajes picos de las tres inyecciones son diferentes ya que cada una tiene su función y la inyección

principal es la que mayor voltaje necesita y por ende entrega una mayor cantidad de combustible.

Análisis inyector 2

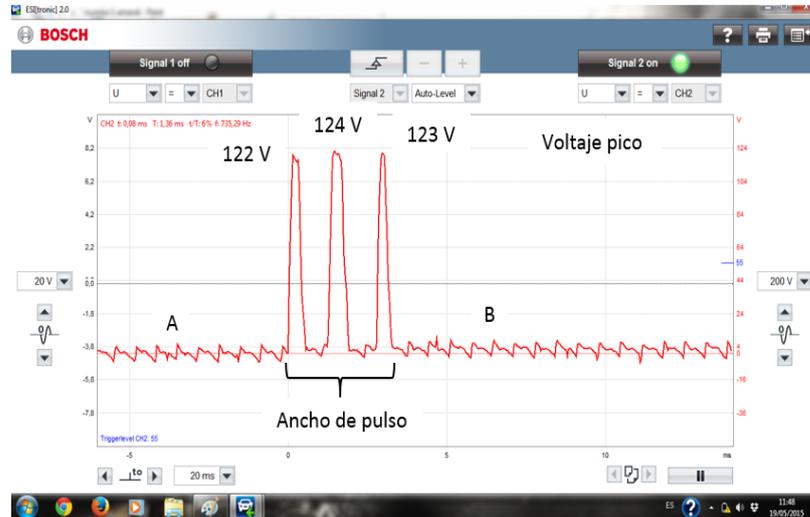


Figura 72. Curvas inyector 2
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 72 se observa que los valores y curvas son iguales a la figura del inyector número 1 con pequeñas diferencias en sus voltajes picos como son 122 V para la pre inyección, 123V para la post inyección y 124V para la inyección principal. Como se puede observar la diferencia es de 1V, donde este parámetro no afecta en el funcionamiento del inyector.

Análisis inyector 3

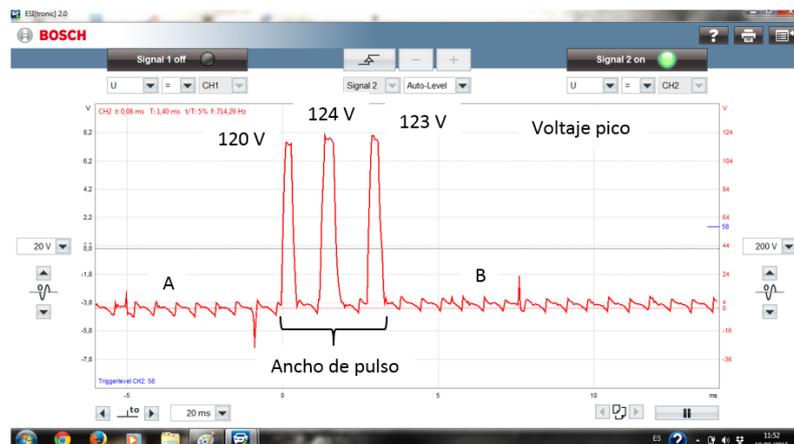


Figura 73. Curvas inyector 3
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 73 se observa el trabajo del inyector y es idéntico al inyector número 1 e inyector número 2, con diferencias pequeñas de voltajes en sus inyecciones como es para la pre inyección de 120 V para la post inyección 123V y para la inyección principal 124V.

Análisis inyector 4

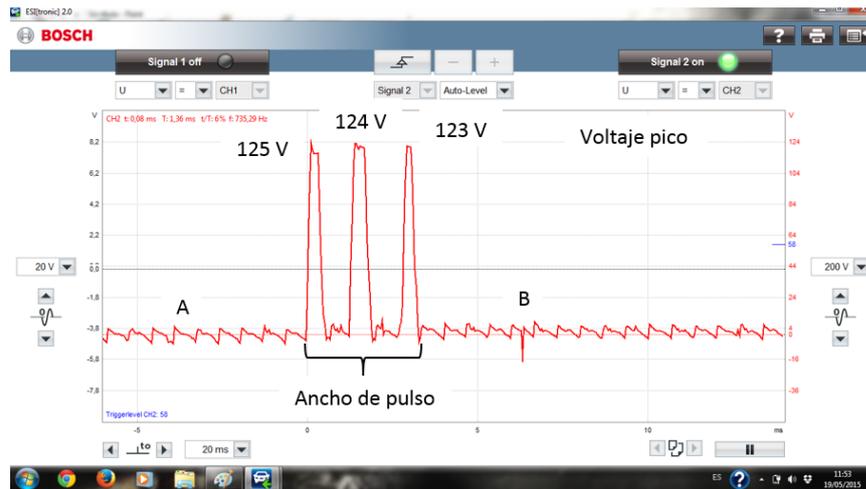


Figura 74. Curvas inyector 4
Fuente. Scanner Bosch KTS 570

En la figura 74 se observa que los valores y curvas son iguales a la figura del inyector número uno, número dos y número tres con pequeñas diferencias en sus voltajes picos como son 125 V para la pre inyección, 123V para la post inyección y 124V para la inyección principal.

Tabla 16. Valores de los inyectores obtenidos con el osciloscopio

	INYECTOR 1			INYECTOR 2			INYECTOR 3			INYECTOR 4		
Número de inyecciones	3			3			3			3		
Ancho de pulso(ms)	4			4			4			4		
Voltajes pico(v)	P1	P2	P3									
	120	125	124	122	124	123	120	124	123	125	124	123

P1= Preinyección

P2= Inyección Principal

P3= Post inyección

La tabla 16 se observa los valores de trabajo de los inyectores como es el ancho de pulso, el número de revoluciones y los voltajes picos,

analizando todos éstos valores se puede decir que el desempeño de los inyectores es bueno tomando en cuenta los datos que genera el osciloscopio, todas las inyecciones se realizan dentro del tiempo y voltaje requerido, la diferencia que existe entre los voltajes picos entre los cuatro inyectores no es significativa ya que manejan un voltaje de trabajo muy alto.

4.16.3 Desmontaje de inyectores

Para el desmontaje correcto de los inyectores se sigue el procedimiento del punto 4.3. Es recomendable tener un cuidado especial en no golpear los inyectores ya que pueden sufrir daños la parte eléctrica de los mismos.



Figura 75. Desmontaje inyectores

La figura 75 muestra los inyectores uno y dos en proceso de desmontaje del motor, ya han sido extraídas las cañerías que conducen el combustible desde el riel hasta los inyectores.

4.17 Prueba de inyectores en el banco MT 3000

Para instalar los inyectores en el banco de prueba primero se realiza una rápida limpieza el exterior de los inyectores, posterior a esto se conecta las cañerías y cables para la activación de los inyectores. Una

vez ajustado las cañerías se enciende el equipo y se verifica que no exista fuga de combustible.



Figura 76. Instalación inyectores banco de comprobación
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 76 indica los inyectores ya instalados en el banco comprobador con las cañerías de alta presión los ductos de retorno y los cables que llevan la corriente hacia la bobina del inyector.

4.17.1 Comprobación de resistencias

Comprobación de la resistencia en Ohm de los inyectores

Una vez instalados los inyectores en el banco de pruebas se realiza la primera medición que sería el valor de las bobinas de cada uno de los inyectores.

Se enciende el banco y se selecciona la primera prueba.

Procedimiento

- Una vez instalados los inyectores se enciende la máquina presionando el botón *START* por 3 segundos

- Seguidamente se selecciona la primera prueba presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 1.
- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 77. Valor resistencias inyectoros
Fuente. Banco de inyectoros electrónicos MT 3000

En la figura 77 se puede observar que el valor de las resistencias de los inyectoros es 15.8 y 16.5 Ohm quiere decir que se encuentran en buen estado como se observa en la tabla 4.19, por lo tanto se puede seguir a la segunda prueba en el banco.

Si los valores medidos no cumplen lo especificado la bobina está defectuosa ya que puede encontrarse roto el bobinado, por lo tanto no se tiene entrega de combustible a la cámara.

4.17.2 Prueba de inyección

Comprueba el patrón de inyección y orificios defectuosos en el inyector, con esta prueba se observa los orificios que están trabajando en

perfectas condiciones y aquellos que se encuentran taponados en la punta de la tobera.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la segunda prueba presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 2.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 78. Valores de la prueba de inyección
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 78 muestra los parámetros a los cuales se realizan las pruebas de inyección donde se observa si los orificios de la tobera no están obstruidos de carbón en la mayoría de casos o de impurezas que se encuentran en el diésel.

El equipo de pruebas selecciona automáticamente el ancho de pulso de 0.90 y el tiempo de inyección 500, son parámetros estándares que utiliza el equipo para obtener resultados óptimos en la prueba seleccionada, si es necesario se puede modificar éstos parámetros.



Figura 79. Rocío toberas
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 79 se ve que el inyector está pulverizando el combustible y no existe presencia de goteo en la punta del inyector, también se observa el trabajo de cada uno de los orificios es homogéneo.

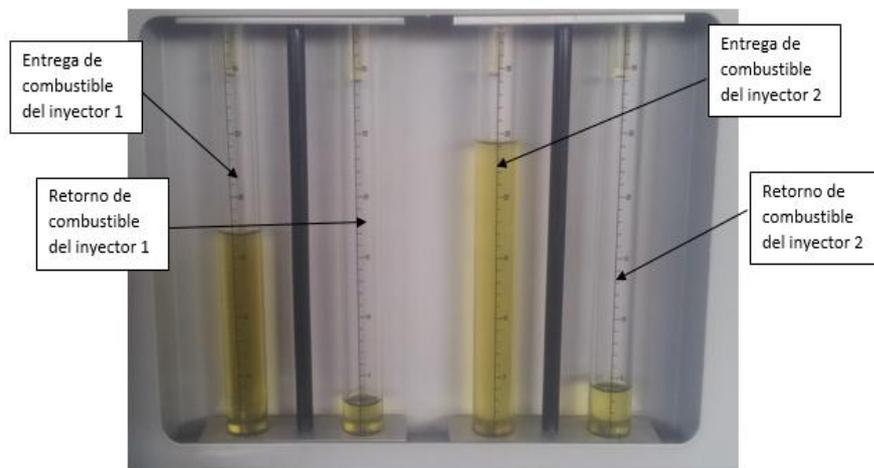


Figura 80. Valores de entrega y retorno de combustible prueba de inyección.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 80 se observa las cantidades de entrega para el inyector número 1 es 16cm^3 y para el inyector 2 es 24cm^3 , el retorno de combustible para el inyector 1 es 3cm^3 y para el inyector 2 es 4cm^3 , no existe una diferencia notable entre los dos inyectores lo cual indica que están en buen funcionamiento y se encuentran dentro de los parámetros de funcionamiento que son para entrega $20\pm 4\text{cm}^3$ y para retorno de 0 a 3cm^3 .

Tabla 17. Valores de prueba de inyección

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
Prueba de inyección	0.90	500	16	3	24	4

La tabla 17 muestra los valores obtenidos en la prueba de inyección los cuales para entrega de combustible es 16 cm³ y 24 cm³ para los inyectores 1 y 2 respectivamente y retorno de combustible 3 cm³ y 4 cm³ para los inyectores 1 y 2 respectivamente.

4.17.3 Inyección de arranque

Comprueba la inyección en el arranque del motor. Con esta prueba se puede definir si la cantidad de combustible es la adecuada para que el motor pueda empezar a funcionar.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llegará el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 3 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 3.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 81. Parámetros de funcionamiento en la prueba de arranque.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 81 muestra los parámetros como son ancho de pulso que está en 90 y es el ancho de pulso más alto a excepción de la prueba número 6, esto se debe a que en el momento del arranque se debe entregar una mayor cantidad de combustible y tiempo de desarrollo de la prueba de arranque está en 500 que es un tiempo promedio para verificar la cantidad de combustible en las probetas del equipo.

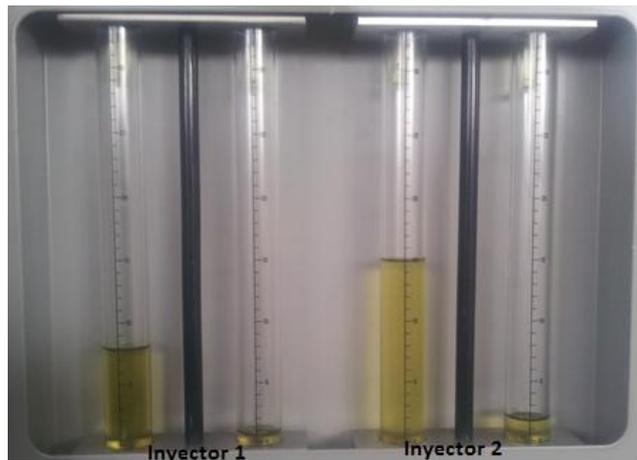


Figura 82. Entrega y retorno de los inyectores en la prueba de arranque.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 82 la entrega y retorno de combustible se encuentran dentro de los valores especificados para un normal funcionamiento del inyector que son $11 \pm 4 \text{ cm}^3$ para entrega y para retorno de 0 a 2 cm^3 .

Tabla 18. Valores de prueba de inyección de arranque

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba inyección de arranque	0.90	500	8	1.5	15	2

En la tabla 18 se muestra los resultados de la prueba de arranque, para el inyector 1 y 2 se tiene una entrega de 8 cm^3 y 15 cm^3 respectivamente y un retorno de 1.5 cm^3 y 2 cm^3 respectivamente. El inyector número 1 genera una baja entrega de combustible pero el retorno se mantiene

dentro de los márgenes por lo cual no presenta problemas en el funcionamiento del motor, la baja entrega de combustible está ligada a un deficiente trabajo mecánico en el interior del inyector.

4.17.4 Inyección principal

En esta prueba se observa la entrega de combustible principal al motor, es con la cual el motor puede trabajar en diferentes regímenes obteniendo un desarrollo adecuado.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 4 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 4.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 83. Parámetros de trabajo para la prueba de inyección principal.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

Se observa que en la figura 83 los parámetros para la prueba de inyección principal varían, en donde, el tiempo de inyección es 0.70us y el tiempo de entrega de combustible 400seg. Los dos valores de la prueba

disminuyen en respecto a las pruebas 2 y 4 ya que están simulando un funcionamiento del motor y cuando existe mayores revoluciones el tiempo de inyección disminuye.

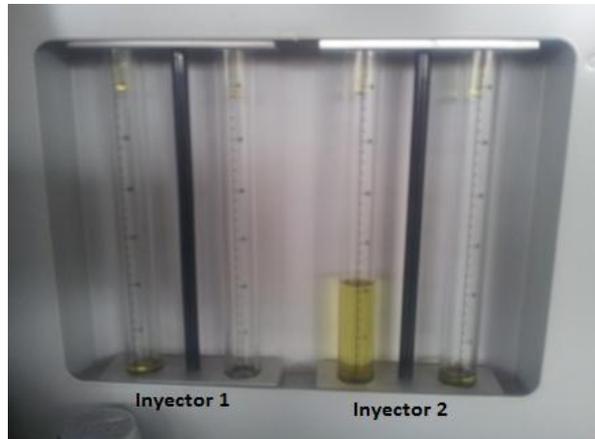


Figura 84. Valores de entrega y retorno de combustible inyección principal.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 84 se observa la entrega de combustible del inyector número dos es mayor que la entrega y retorno del inyector número uno. El inyector número uno presenta una anomalía en su funcionamiento. La entrega de combustible para esta prueba es $10 \pm 4 \text{cm}^3$ y retorno de 0 a 2cm^3 .

Tabla 19. Valores de prueba de inyección principal

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba de inyección principal	0.70	400	1	0	10	2

En la tabla 19 se registra los resultados de la prueba de inyección principal, en entrega de combustible se tiene 1cm^3 y 10cm^3 y los valores de retorno son 0cm^3 y 2cm^3 para los inyectores 1 y 2 respectivamente. La entrega de combustible del inyector 1 es deficiente en esta prueba, analizando los parámetros de funcionamiento donde se puede afirmar que

no afecta al funcionamiento del motor ya que el retorno está dentro de las especificaciones de trabajo.

4.17.5 Inyección piloto

También conocidas como preinyección. Son las encargadas de elevar la temperatura de combustible de la cámara para una buena combustión.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 5 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 5.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 85. Parámetros de funcionamiento prueba de inyección piloto.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 85 indica los parámetros de funcionamiento que es 0.25 el ancho de pulso y 400 segundos la duración de la prueba, en este caso el ancho de pulso disminuye en comparación con otras pruebas ya que se va realizar el análisis de la preinyección que normalmente tiene un ancho de pulso menor a la inyección principal.

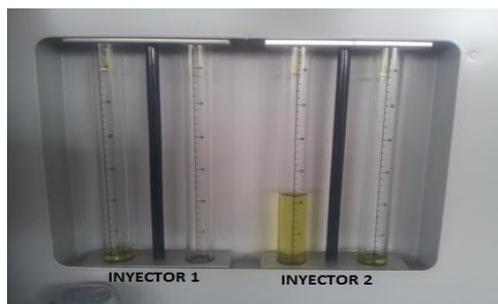


Figura 86. Valores de entrega y retorno inyección piloto.
Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

En la figura 86 se observa que el inyector número 1 la entrega de combustible sigue siendo menor al inyector dos y el retorno se mantiene con una diferencia mínima. La entrega óptima es $10 \pm 4 \text{ cm}^3$ y el retorno es de 0 a 2 cm^3 .

Tabla 20. Valores de prueba de inyección piloto

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba de inyección piloto	0.25	400	2	0.5	11	2

En la tabla 20 muestra los resultados de la prueba de inyección piloto, el valor de entrega para el inyector número 1 y 2 son 2 cm^3 y 0.5 cm^3 y retorno es 11 cm^3 y 2 cm^3 respectivamente. El inyector 1 no tiene una suficiente entrega de combustible, el retorno está dentro de los parámetros de funcionamiento por lo cual no afecta mayormente el funcionamiento del motor.

Tabla 21. Parámetros de funcionamiento de inyectores electrónicos diésel

PRUEBAS EQUIPO MT - 30000	INYECTOR	
Resistencia inyectores (ohm)	16 ± 0.5	
	Entrega (cm^3)	Retorno (cm^3)
Prueba de inyección	20 ± 4	0 - 3
Prueba inyección de arranque	11 ± 4	0 - 2
Prueba de inyección principal	10 ± 4	0 - 2
Prueba de inyección piloto	10 ± 4	0 - 2

Fuente: (System, 2011)

La tabla 21 muestra los parámetros los cuales deben de cumplir al realizar las pruebas en el equipo de diagnóstico MT – 30000 los inyectores electrónicos diésel para que puedan funcionar con normalidad en el motor.

Tabla 22. Valores de las pruebas de los inyectores en el banco MT - 30000

PRUEBA	EQUIPO		INYECTOR 1		INYECTOR 2	
	RESISTENCIA INYECTORES (OHM)		15.8		16.5	
	Tiempo de inyección (us)	Cantidad de inyección (seg)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)	Entrega (cm ³)	Retorno (cm ³)
Prueba de inyección	0.90	500	16	3	24	4
Prueba inyección de arranque	0.90	500	8	1.5	15	2
Prueba de inyección principal	0.70	400	1	0	10	2
Prueba de inyección piloto	0.25	400	2	0.5	11	2

La tabla 22 muestra los resultados de las pruebas en el banco MT – 30000 para los dos inyectores, realizando una comparación de los resultados de cada prueba con los parámetros que se tiene en la tabla 8 se puede afirmar que el inyector número uno a excepción de la prueba de inyección principal e inyección piloto cumple con los parámetros de funcionamiento, su mal funcionamiento se debe a averías mínimas en el funcionamiento mecánico interno del inyector, el inyector número dos cumplen todas las pruebas por tal razón se encuentra en normal funcionamiento.

4.17.6 Limpieza de inyectores

Realiza una limpieza interna de los ductos del inyector ya que internamente se generan residuos sólidos por el paso de combustible a gran presión y la temperatura de trabajo a la que están expuestos.

Procedimiento

- Se verifica que los tubos donde llega el combustible se encuentren vacíos, de no estarlos se drenará aplastando la tecla *Drain*.
- Seguidamente se selecciona la prueba número 6 presionando la tecla *Modey* aparecerá en la pantalla izquierda el número 6.
- Finalmente se presiona la tecla *Measure* con la cual dejarán de drenar los tubos y se podrá presionar la tecla *START* para que empiece la prueba.



Figura 87. Parámetros de funcionamiento para la limpieza de los inyectores.

Fuente. Banco de inyectores electrónicos MT 3000

La figura 87 indica los parámetros de funcionamiento que es 1.20 el ancho de pulso y un máximo 900 segundos la duración de la prueba, en este caso el ancho de pulso aumenta en comparación con otras pruebas ya que se va realizar una limpieza interna de los residuos que se encuentra dentro de los ductos del inyector. Una vez realizada la prueba de limpieza de los inyectores, se procedió a realizar todas las pruebas. Donde se obtuvo las mismas medidas, dando a lugar que la falla del inyector es mecánica.

4.17.7 Montaje de inyectores en el motor

Se colocará los inyectores en el motor tomando en cuenta del lugar que se saque, es decir, si se saca del cilindro número uno se tendrá que

instalar en el cilindro uno ya que los inyectores tienen un código el cual es leído por la ECU para identificarlo en la posición que este se encuentre.

4.18 Diseño del inyector electrónico a diésel del motor de la camioneta Mazda BT - 50 por medio del software SolidWorks

Para realizar el diseño en el software se desarmó el inyector y mediante un instrumento de medida (calibrador vernier) se procedió a medir todas las partes del inyector.

Tuerca fijación
inyector



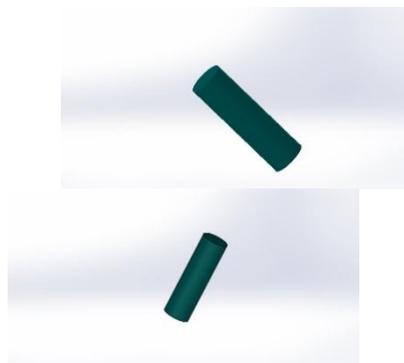
Inyector de
orificios



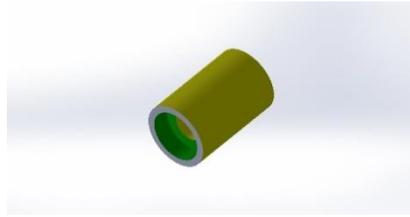
Espiga



Clavija cilíndrica



Casquillo guía



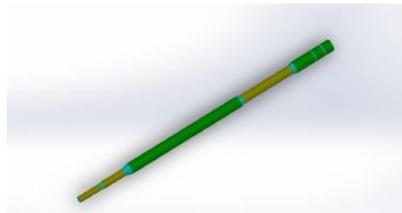
Resorte de inyector



Arandela de ajuste



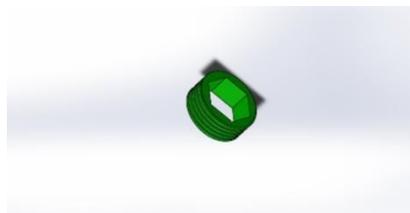
Pistón



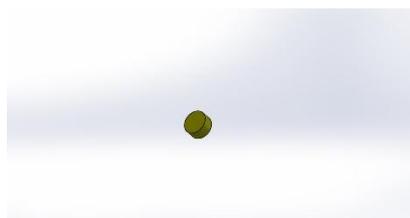
Cuna de la bola



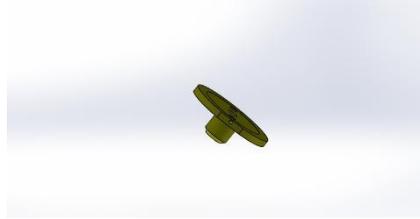
Tornillo tensor



Guía de bolas



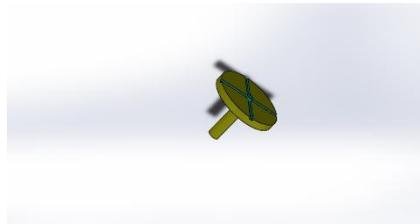
Guía de inducido



Anillo de ajuste



Inducido



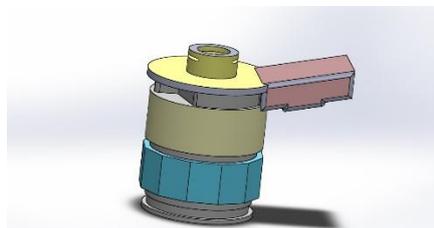
Resorte de inducido



Oring



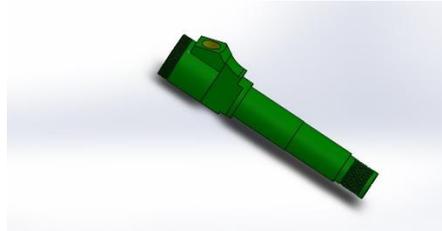
Grupo magneto



Racor de empalme



Cuerpo



CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La cantidad de entrega de combustible está definida por el ancho de pulso y no por su voltaje de trabajo, ya que éste último se mantiene constante durante el trabajo del motor en cualquier circunstancia.

El voltaje de trabajo de los inyectores piezoeléctricos es alrededor de 124 V que es mayor al voltaje de los inyectores electrónicos 55 V y manejan mayores presiones de combustible 735.8 bar y 725.26 bar de trabajo. El voltaje de trabajo de los inyectores piezoeléctricos es mayor en un 55% y la presión de trabajo en un 2.5% a 2500 RPM.

La entrega de combustible es menor en los inyectores piezoeléctricos 16cm^3 entrega y retorno 3cm^3 por su capacidad de pulverización del líquido carburante, la elevada presión ayudan a que se genere este proceso. A menor consumo de combustible menor emisión de gases.

5.2 Recomendaciones

Realizar un estudio sobre el comportamiento de los componentes internos de un inyector piezoeléctrico ya que estos al ser tan pequeños, en algunos casos casi inapreciables, el mínimo desgaste genera un mal funcionamiento.

Para la manipulación de sistemas de combustible CRD i se debe trabajar con equipo de trabajo correcto ya que las presiones en los ductos y cañerías alrededor de 1800 bar a plena carga son elevadas y pueden

afectar la salud de la persona que se encuentra manipulando el sistema de combustible del automotor.

Para la comprobación de inyectores piezoeléctricos se puede utilizar un comprobador exclusivamente para estos inyectores que es el simulador de Common Rail donde se puede manejar elevadas presiones de combustible de hasta 2000 bar.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Pérez, J. M. (2009). *Técnicas del automóvil: motores*. Madrid: Parainfo. 629.2504/.A56/Téc

Alonso, J. (2001). *Técnicas del automóvil - Sistemas de inyección de combustible en los motores diésel*. Madrid: THOMSON PARANINFO. 629ª46

Bosch, R. (2013). *Folleto de inyectores diesel*. Mexico.

Circuitos auxiliares del motor. (18 de Septiembre de 2010). Recuperado el 16 de Julio de 2014, de http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automoci on/circuitos_auxiliares/DIESEL/07_common-rail-al.pdf

Corporation, M. (2009). *Manual del usuario*. Japan.

Electrónica, C. (2013). www.cise.com. Obtenido de Cise Electrónica.

García, A. (2011). *Estudio de los efectos de la post inyección: sobre el proceso de combustión y la formación de hollín en motores diésel*. Barcelona: Reverté. 621.436/.G37/Est

Gimeno, J. (2011). *Estudio de la inyección diésel mediante la medida del flujo de cantidad de movimiento del chorro*. . Barcelona: Reverté S.A. 621436G56

Gonzales, C. A. (2014). *Inyectores para motores Common Rail*. Recuperado el 15 de Junio de 2014, de <http://slideplayer.es/slide/84939/>

Gualteri, P. J. (2008). *Gestión electrónica de motores - Diésel, Nafteros y Gnc*. Buenos Aires: HASA. 629.287/.G83/GES

<http://www.bmwfaq.com>. (13 de Octubre de 2006). *Historia del sistema de inyección Common-Rail*. Recuperado el 15 de Julio de 2014, de

<http://www.bmwfaq.com/threads/historia-del-sistema-de-inyeccion-common-rail.162823/>

Motors, K. (2008). <http://diagramas.diagramasde.com/>. Recuperado el 22 de Julio de 2014, de <http://diagramas.diagramasde.com/otros/SORENTO%20MOTOR.pdf>

Priyanka Desai, S. S. (2009). Vision based Injector Spray pattern Testing System. 6.

System, 2. M. (2011). *CRDi Injector Tester*. Korea.

Volkswagen. (2011). *Manual de taller*. Alemania.

VOLKSWAGEN AG, W. (2005). *Sistema de inyección Common Rail*.

Control Electrónico de la Inyección Diésel. (2002). In J. M. Alonso Pérez, *Técnicas del automóvil* (pp. 709-711). Madrid: Paraninfo. Retrieved from HYPERLINK

"http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2648600260&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=6e8a0b882d1208a1ebcbddb696aaac1a"

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2648600260&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=6e8a0b882d1208a1ebcbddb696aaac1a

Sistemas de Alta Presión e Inyección Directa en Vehículos Ligeros. (2008). In J. Martín Navarro, E. Águeda Casado, J. Gonzalo Gracia, J. L. García Jiménez, & T. Gómez Morales, *Garantía social. Ayudante de reparación de vehículos* (p. 203). Madrid: Paraninfo. Retrieved from HYPERLINK

"http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2134800093&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=fd2d884f2bdd9def1f9f2beb9b50e2be"

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2134800093&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=fd2d884f2bdd9def1f9f2beb9b50e2be

Alimentación en Los Motores Diesel. (2008). In J. Martín Navarro, E. Águeda Casado, J. Gonzalo Gracia, J. L. García Jiménez, & T. Gómez

Morales, Garantía social. Ayudante de reparación de vehículos (pp. 198-202). Madrid: Paraninfo. Retrieved from [HYPERLINK](#)

"http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2134800092&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=2c7cba58256ca688ff2ec6c857badd38"

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX2134800092&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=2c7cba58256ca688ff2ec6c857badd38

RAIL FUEL-INJECTION SIMULATION. (2001, October). Mechanical Engineering-CIME, 123(10), 29. Retrieved from [HYPERLINK](#)

"http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA79790421&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=4bbe85c8c092ffcd649f9de6f4636252"

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA79790421&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=4bbe85c8c092ffcd649f9de6f4636252

RAIL FUEL-INJECTION SIMULATION. (2001, October). Mechanical Engineering-CIME, 123(10), 29. Retrieved from [HYPERLINK](#)

"http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA79790421&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=4bbe85c8c092ffcd649f9de6f4636252"

http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CA79790421&v=2.1&u=utn_cons&it=r&p=GPS&sw=w&asid=4bbe85c8c092ffcd649f9de6f4636252

ANEXOS

Anexo1. Guía de laboratorio

Guía de laboratorio Motores Diésel

1. Datos informativos.

Facultad:

Carrera:

Nombre:

Nivel:

Fecha de realización:

Fecha de entrega:

Docente:

TEMA: Medición resistencia inyector piezoeléctrico a diésel de la camioneta Volkswagen Amarok.

2. Resumen.

(Explicar básicamente de lo que se trata la práctica, sus fundamentos, la importancia.)

La camioneta Volkswagen Amarok viene equipada con un motor a diésel y su principal componente del sistema de inyección diésel son los cuatro inyectores que se encuentran en la parte superior del motor. Éstos funcionan con presiones muy elevadas alrededor de 2000 bar por tal razón su funcionamiento interno es muy preciso para que pueda realizar la cantidad de entrega de combustible exacta para un funcionamiento correcto del motor.

La parte eléctrica de éstos inyectores está compuesta por un cristal de cuarzo que es capaz de cambiar de tamaño cuando se somete a un pulso eléctrico y de ésta forma mediante mecanismos moverla aguja de la tobera.

Para la expulsión del combustible en tiempos muy pequeños alrededor de 2 o 4 mili segundos. La medición de la resistencia del dispositivo se la puede realizar mediante un multímetro o en un banco de pruebas.

3. Objetivos.

- Medir la resistencia del inyector

4. Materiales.

(Todos los materiales utilizados para la realización de la guía.)

- 1 juego de llaves
- 1 juego de dados
- Líquido de limpieza
- Banco de pruebas de inyectores a diésel
- Útiles de oficina

5. Fundamento teórico.

(Dar consistencia al fundamento con ecuaciones, conceptos.)

Para el trabajo del inyector se utiliza un actuador piezoeléctrico. Va ubicado en la carcasa del inyector y es excitado por la unidad de control a través de un terminal eléctrico. El actuador piezoeléctrico tiene una alta velocidad de conmutación. Conmuta en menos de una diez milésima de segundo.

Para el trabajo del actuador piezoeléctrico se realiza un efecto piezoeléctrico inverso.

Efecto piezoeléctrico

La palabra piezo viene del griego que significa oprimir. Una de las aplicaciones más comunes que se puede encontrar es en los sensores. En un elemento piezoeléctrico se ejerce presión y surge una tensión eléctrica medible. Este comportamiento de una estructura cristalina recibe el nombre efecto piezoeléctrico.

Efecto piezoeléctrico inverso

Para el empleo de un actuador piezoeléctrico se utiliza el efecto piezoeléctrico, la estructura cristalina reacciona con una variación de su longitud.

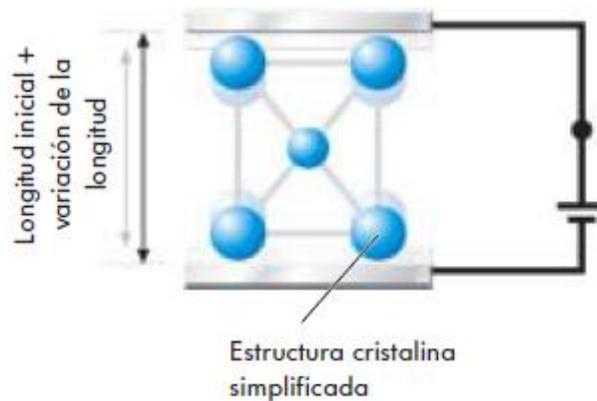


Figura. 1 Elemento piezoeléctrico
Fuente. (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Actuador piezoeléctrico

El actuador piezoeléctrico está constituido por un gran conjunto de elementos piezoeléctricos, para de esta forma tener un recorrido de suficiente magnitud para la gestión del inyector.

Al aplicarse tensión, el actuador piezoeléctrico se dilata hasta 0,03mm. (Para tener en cuenta: un cabello humano tiene un diámetro de aproximadamente 0,06mm)

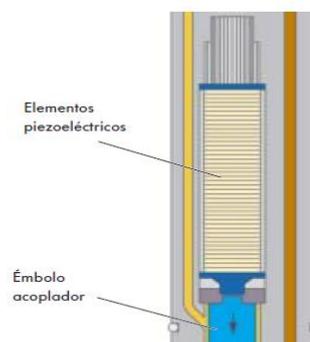


Figura. 2 Estructura elemento piezoeléctrico
Fuente. (VOLKSWAGEN AG, 2005)

Para que puedan trabajar los actuadores piezoeléctricos se excitan con una tensión de 110 – 148 voltios.

6. Procedimiento.

(Detalla los pasos que se siguió para desarrollar la práctica.)

- Extracción inyector del motor
- Limpieza inyector
- Colocación de inyector en el banco de pruebas

7. Resultados.

(Muestra en tablas los procedimientos efectuados.)

Resistencia inyector 15.8 Ohm

8. Análisis de resultados.

(Se detalla el procedimiento que llevó a la obtención de los resultados, cálculos realizados y respuestas hechas por el docente.)

La resistencia que tiene el inyector se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento.

9. Conclusiones.

(Generalmente tienen el mismo número de objetivos y van en completa relación o se puede decir que responden a los objetivos y como se consiguieron.)

El valor de la resistencia del inyector señala que se encuentra en perfectas condiciones de trabajo.

10. Recomendaciones.

(Sugerencias o cualquier observación que pueda mejorar a la elaboración de futuras guías.)

Se debe realizar pruebas de entrega y retorno de combustible del inyector para verificar su correcto funcionamiento.

11. Bibliografía.

(Indicar las fuentes de información utilizadas para el fundamento teórico.)

- Volkswagen. (2011). *Manual de taller*. Alemania.
- VOLKSWAGEN AG, W. (2005). *Sistema de inyección Common Rail*.

12. Anexos.

(Adjuntar fotos del procedimiento, cuadros, modelos de materiales y otros.)

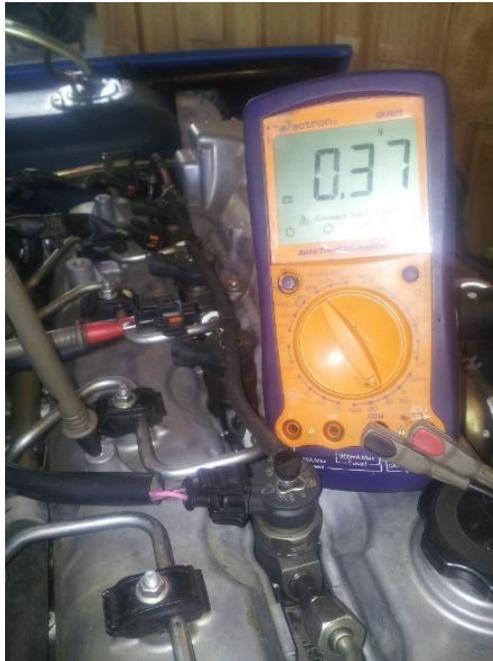
Anexo 2. Evidencias fotográficas



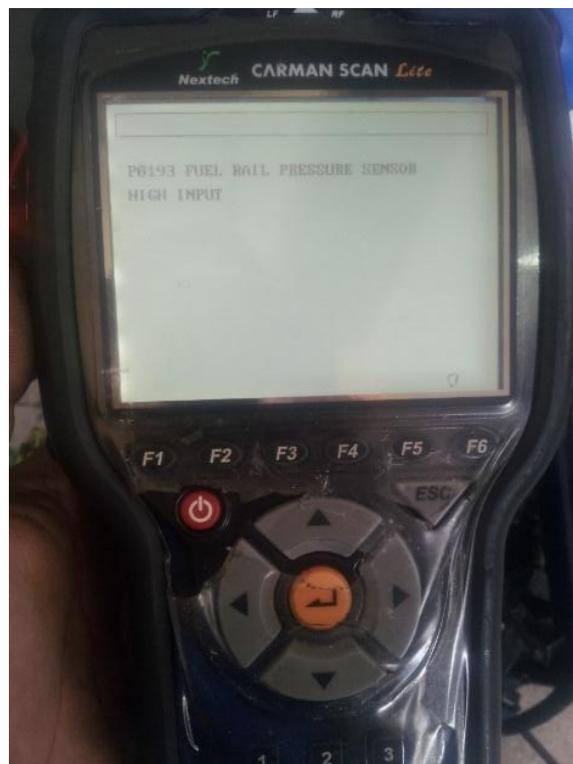
Equipo de diagnóstico MT – 3000 para inyectores electrónicos a diésel de motores CRD i.



Parte superior motor Volkswagen Amarok extracción inyectores.



Medición con multímetro inyectores motor Mazda BT – 50



Lectura códigos de falla del sensor de presión de riel mediante scanner Carman Scan Lite.



Interface del scanner KTS 570 de Bosch

Anexos 3. Socialización

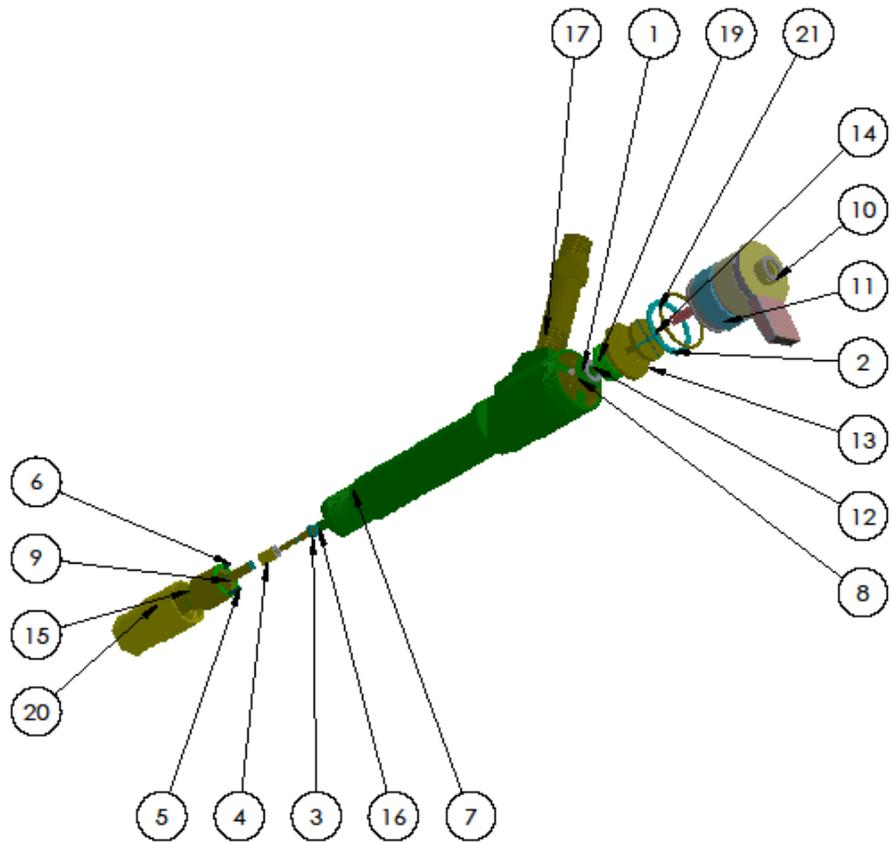


Estudiantes participando en la socialización



Estudiante manipulando el equipo MT – 3000

Anexo 4: Diseño inyector diesel



Si no se indica lo contrario: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	REVISIÓN
NOMBRE: _____ FIRMA: _____ FECHA: _____				título: ENSAMBLE INYECTOR		
DIBUJ.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.						
				PESO:	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 2

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Anillo carga		1
2	Anillo de ajuste		1
3	Arandela de ajuste		1
4	Casquillo guía		1
5	Clavija cilíndrica 1		1
6	Clavija cilíndrica 2		1
7	Cuerpo		1
8	Cuna de la bola		1
9	Espiga		1
10	Selenoide		1
11	TUERCA DEL SOCKET		1
12	Guía de bolas		1
13	Guía de inducido		1
14	Inducido		1
15	Inyector de orificios		1
16	Pistón		1
17	Racor de empalme		1
18	Resorte de inducido		1
19	Tornillo tensor		1
20	Tuerca fijación inyector		1
21	oring1		1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		REVISIÓN
NOMBRE		FIRMA	FECHA	título: COMPONENTES	
DELL.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUD.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4
			PESO:	ESCALA:1:1	HOJA 2 DE 2



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 IDENTIDAD:	DE	0401397161	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Palacios Quiroz Walter Vinicio	
DIRECCIÓN:	Elías Almeida y Fray Vacas Galindo - Ibarra		
EMAIL:	paviq542@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2280983	TELÉFONO MÓVIL	0995454112

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT – 3000)
AUTOR (ES):	Palacios Quiroz Walter Vinicio
FECHA: AAAAMMDD	2015/07
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Mafla

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Palacios Quiroz Walter Vinicio, con cédula de identidad Nro. 0401397161, 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 09 días del mes julio de 2015

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Palacios Quiroz Walter Vinicio

C.C. 0401397161



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

Yo, Palacios Quiroz Walter Vinicio, con cédula de identidad Nro. 0401397161 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: **Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDi (MT – 3000)** 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 09 días del mes de julio de 2015

(Firma)

Nombre: Palacios Quiroz Walter Vinicio

Cédula: 0401397161