



Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI

Alulema Teneda, Christian Mauricio y Lasinquiza Gancino, Gloria Nataly

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington German Msc.

17 agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos



TESIS INYECTORES DIÉSEL CRDI DELP...

Scan details

Scan time: August 17th, 2023 at 3:23 UTC

Total Pages: 92

Total Words: 22922

Plagiarism Detection

Types of plagiarism		Words	
0.7%	Identical	0.4%	88
	Minor Changes	0.1%	33
	Paraphrased	0.1%	25
	Omitted Words	13%	2986

AI Content Detection

Text coverage	
N/A	AI text
	Human text

Plagiarism Results: (2)

Copyleaks Internal Database

0.7%

No introduction available.

Copyleaks Internal Database

0.2%

No introduction available.

Firma:

.....

Ing. Erazo Laverde Washington Germán

0501432637



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI."** fue realizado por los señores **Lasinquiza Gancino Gloria Nataly, Alulema Teneda Christian Mauricio**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 agosto 2023

Firma:

Ing. Erazo Laverde Washington Germán

0501432637



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros Alulema Teneda, Christian Mauricio y Lasinquiza Gancino, Gloria Nataly con cédulas de ciudadanía n°1804884490 y 0504437609, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI"**.es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga,17 agosto 2023

Firma


.....
Alulema Teneda Christian Mauricio
1804884490

Firma


.....
Lasinquiza Gancino Gloria Nataly
0504437609



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros Alulema Teneda, Christian Mauricio y Lasinquiza Gancino, Gloria Nataly con cédulas de ciudadanía n° 1804884490 y 0504437609, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI". en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 17 agosto 2023

Firma


.....
Alulema Teneda Christian Mauricio
1804884490

Firma


.....
Lasinquiza Gancino Gloria Nataly
0504437609

Dedicatoria

Dedico este trabajo de integración curricular a mis queridos padres Miguel Alulema y Mónica Teneda que durante todos estos años me han inculcado valores que me han forjado como una buena persona.

A mis hermanos y familia en general que estuvieron durante todo este proceso de mi carrera en la universidad dándome todo ese apoyo incondicional.

Christian Mauricio Alulema Teneda

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por darme esa sabiduría y todas las bendiciones para yo poder formarme como
un gran profesional.

Agradezco a mis padres Miguel Alulema y Mónica Teneda por brindarme todo el apoyo tanto moral
como económico para poder culminar una carrera profesional.

A mis hermanos quién estuvieron en el proceso de mi formación día a día dándome apoyo moral y así
como a mi familia que siempre confiaron en mi sabiduría y estuvieron apoyándome constantemente.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por darme esa oportunidad de pertenecer
a una gran institución de renombre dónde en sus aulas forjé todos mis conocimientos y habilidades para
desarrollarme como un buen profesional.

Al Ingeniero Washington Erazo tutor de la unidad de integración curricular, por guiar cada una de las
etapas para poder culminar mi trabajo de integración curricular.

Christian Mauricio Alulema Teneda

Dedicatoria

Dedico con mucho amor y cariño el siguiente trabajo de integración curricular a mis amados padres Osvaldo Lasinquiza y Rosa Gancino, por el esfuerzo y dedicación en formarme como persona con principios y valores.

A mis hermanitos, Roberth y Emili en especial a mi querida sobrina Jasmín por su comprensión y apoyo incondicional en el trayecto de mi vida universitaria.

GLORIA NATALY LASINQUIZA GANCINO

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por brindarme salud y vida para cumplir uno de mis sueños más anhelados desde
pequeña.

Agradezco a mis padres Osvaldo Lasinquiza y Rosa Gancino por apoyarme incondicionalmente durante
este largo camino por su amor y comprensión en mis momentos difíciles.

A mi único hermanito menor Roberth Lasinquiza por siempre confiar en mí, por ayudarme y nunca
dejarme sola, también a mis dos pequeñitas que son la luz de mi vida, hermanita Emili y mi sobrina
Jazmín les agradezco con todo el corazón por contribuir en mi formación como persona.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga por permitirme ser parte de tan grata
institución y formarme profesionalmente, de igual manera a los todos los docentes que de alguna
manera aportaron con un granito de arena en mi carrera.

Al Ingeniero Washington Erazo tutor de la unidad de integración curricular, por impartir sus
conocimientos e instrucción en el presente trabajo.

GLORIA NATALY LASINQUIZA GANCINO

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento	9
Índice de contenido	10
Índice de tablas.....	18
Índice de figuras.....	20
Resumen.....	25
Abstract	26
Capítulo I: Marco metodológico	27
Antecedentes investigativos	27
Planteamiento del problema	29
Justificación e importancia	30
Objetivos.....	32

<i>Objetivo general</i>	32
<i>Objetivos específicos</i>	32
Metas del proyecto	33
Hipótesis.....	33
Variables de investigación	33
<i>Variable independiente</i>	33
<i>Variable dependiente</i>	33
Metodología de desarrollo del proyecto.....	33
<i>Método deductivo e inductivo</i>	33
<i>Método analítico y experimental</i>	34
<i>Método comparativo y medición</i>	35
Capítulo II:Marco Teórico	36
Evolución de los sistemas de riel común	36
La inyección directa.....	37
Ventajas del uso del sistema CRDI DELPHI	39
<i>La reducción del ruido</i>	39
<i>Una reducción de las emisiones contaminantes</i>	40
<i>Una reducción del consumo de combustible</i>	41
<i>Un aumento de las prestaciones</i>	41
Sistema de control hidráulico	42

Sistema de alta presión de combustible.....	43
Bomba de transferencia	46
Cañerías de alta presión	46
Common rail	47
Inyectores con tecnología DELPHI.....	47
Funcionamiento del inyector Delphi	50
Características de los inyectores DELPHI	53
Nomenclatura de los inyectores Delphi	58
Parámetros de inyección	59
<i>C2I: Corrección individual de inyector</i>	59
Reajuste de la inyección piloto	60
Inicio de la inyección	61
Curva de la inyección.....	62
Control de los inyectores.....	62
Punto de drenaje.....	63
Suministro de combustible inactivo.....	63
Prueba de fugas: prueba de sellado.....	64
Geometría de los ángulos de operación del sistema	64
Síntomas de averías y diagnóstico	65
Sistema de control electrónico	68

<i>Inyección Delphi con PCM controla directo a los inyectores.</i>	69
<i>Inyección Delphi con IDM (Injector Drive Module) y PCM</i>	70
<i>Control electrónico de los inyectores</i>	71
Figura de Lissajous	73
Control voltaje e intensidad	76
Apertura de la inyección	77
Activación y cierre del inyector inductivo Delphi	77
Capítulo III: Protocolo de verificación, mantenimiento, pruebas y puesta a punto de inyectores	
Delphi	80
Levantamiento de requerimientos	80
<i>Osciloscopio Hantek 1008c</i>	80
<i>Banco de pruebas tester CRDI V-3500 VNP</i>	81
<i>Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400</i>	83
<i>Multímetro</i>	84
<i>Pinza amperimétrica OTC</i>	86
<i>Compresor MZB</i>	87
<i>Probador de resistencia de aislamiento</i>	87
<i>Comparador de carátula</i>	89
Especificaciones del sistema e inyección DELPHI	92
<i>Inyector CRDI Delphi R03701D</i>	92
<i>Inyector CRDI Delphi R04601D</i>	94

Recomendaciones de manipulación de los inyectores.....	95
Despiece y nomenclatura del inyector DELPHI	96
Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector.....	99
<i>Desarmado del inyector CRDI Delphi R03701D</i>	99
<i>Desarmado del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	101
<i>Armado del inyector CRDI Delphi R03701D</i>	104
<i>Armado del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	106
Puesta en el banco de pruebas KOMTEST	108
Verificación y control de inyectores	111
Requisitos de pruebas	112
<i>Verificación de la estanqueidad</i>	112
<i>Verificación de entrega de combustible</i>	113
<i>Prueba de fugas: prueba de sellado</i>	113
Análisis de resultados.....	114
Análisis de pruebas en función de la presión	114
<i>TEST 0: Estanqueidad</i>	114
<i>TEST 1: Plena carga</i>	114
<i>TEST 2: Emisiones</i>	115
<i>TEST 3: Ralentí</i>	115
<i>TEST 4: Preinyección</i>	115

<i>TEST 5: Emisiones</i>	115
Análisis y comparación de caudales de inyección y retorno del Inyector CRDI Delphi R03701D	116
Análisis y comparación de caudales de inyección y retorno del Inyector CRDI Delphi R04601D	119
<i>LEAK TEST</i>	123
<i>VL</i>	123
<i>VL</i>	123
<i>EM</i>	124
<i>LL</i>	124
<i>VE</i>	124
<i>Comparación de las tablas</i>	124
Verificación de la pulverización y dirección del chorro	125
Ángulo de pulverización	125
Calibración de inyector delphi	129
Análisis de las pruebas eléctricas del inyector.....	131
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector.....	132
Oscilograma de voltaje y corriente del inyector CRDI Delphi R04601D	133
<i>Oscilograma con un tiempo 1ms con un número 300 STRK a 500 Bar</i>	133
<i>Oscilograma con un tiempo 1.5 ms con un número 300 STRK a 500 Bar</i>	134
<i>Oscilograma con un tiempo 2ms con un número 300 STRK a 500 Bar</i>	134
<i>Oscilograma con un tiempo 1ms con un número 500 STRK a 500 Bar</i>	135

<i>Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número 500 STRK a 500 Bar</i>	136
<i>Oscilograma con un tiempo 2ms con un número 500 STRK a 500 Bar</i>	137
Oscilograma de voltaje y corriente del inyector CRDI Delphi R03701D	137
<i>Oscilograma con un tiempo 1ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar</i>	137
<i>Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar</i>	138
<i>Oscilograma con un tiempo 2ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar</i>	139
<i>Oscilograma con un tiempo 1ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar</i>	139
<i>Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar</i>	140
<i>Oscilograma con un tiempo 2ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar</i>	141
Ajuste de recorridos, inductancias, caudal y retorno.....	142
<i>Figura lissajous inyector CRDI Delphi R04601D</i>	143
<i>Figura lissajous inyector CRDI Delphi R03701D</i>	145
Capítulo IV: Marco administrativo	148
Recursos	148
<i>Recursos humanos.....</i>	148
<i>Recursos tecnológicos.....</i>	148
<i>Recursos materiales.....</i>	149
<i>Análisis de costos del proyecto de investigación.....</i>	150
<i>Análisis costo – beneficio</i>	150
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	151

Conclusiones	151
Recomendaciones	152
Bibliografía	153
Anexos.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de inyección de un inyector Delphi</i>	57
Tabla 2 <i>Soluciones para factores responsables de una diferencia de caudal respecto al caudal nominal</i> 61	61
Tabla 3 <i>Especificaciones técnicas del osciloscopio Hantek 1008c</i>	81
Tabla 4 <i>Especificaciones técnicas del banco de pruebas tester CRDI V - 3500VNP</i>	82
Tabla 5 <i>Características del banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400</i>	84
Tabla 6 <i>Especificaciones técnicas del multímetro automotriz Proskit</i>	85
Tabla 7 <i>Especificaciones técnicas del compresor MZB</i>	87
Tabla 8 <i>Especificaciones del probador de resistencia de aislamiento</i>	88
Tabla 9 <i>Especificaciones del comparador de carátula</i>	89
Tabla 10 <i>Herramientas</i>	90
Tabla 11 <i>Características y aplicación inyector CRDI Delphi R03701D</i>	93
Tabla 12 <i>Características y aplicación inyector CRDI Delphi R04601D</i>	94
Tabla 13 <i>Partes del inyector CRDI Delphi R03701D</i>	97
Tabla 14 <i>Nomenclatura del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan</i>	98
Tabla 15 <i>Nomenclatura del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	99
Tabla 16 <i>Desarmado del inyector CRDI Delphi R03701D</i>	99
Tabla 17 <i>Desarmado del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	101
Tabla 18 <i>Armado del inyector CRDI Delphi R03701D</i>	104
Tabla 19 <i>Armado del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	106
Tabla 20 <i>Puesta en el banco de pruebas del inyector CRDI Delphi</i>	109
Tabla 21 <i>Tabla de caudales del inyector CRDI Delphi en el banco de pruebas KOMTEST</i>	113
Tabla 22 <i>Caudal de inyección y retorno del inyector CRDI Delphi R03701D obtenido a 500 bar variando el número de strk y tiempo de activación</i>	116

Tabla 23 <i>Caudal de inyección y retorno del inyector CRDI Delphi R04601D obtenido a 500 bar variando el número de strk y tiempo de activación</i>	119
Tabla 24 <i>Resultados del test inyector EJBR03701D</i>	122
Tabla 25 <i>Resultados del test inyector EJBR04601D</i>	123
Tabla 26 <i>Recursos humanos</i>	148
Tabla 27 <i>Recursos tecnológicos</i>	149
Tabla 28 <i>Recursos materiales</i>	149
Tabla 29 <i>Análisis de costos del proyecto de investigación</i>	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Composición del sistema common rail</i>	37
Figura 2 <i>Línea de tiempo de la inyección</i>	38
Figura 3 <i>Esquema con las normas de descontaminación EURO3, EURO4, EURO 5.</i>	39
Figura 4 <i>Influencia del λ en los contaminantes, el par y el consumo</i>	40
Figura 5 <i>Particularidades de los diferentes sistemas Delphi</i>	41
Figura 6 <i>Aumento de las prestaciones</i>	42
Figura 7 <i>Circuito hidráulico common rail Delphi</i>	43
Figura 8 <i>Constitución bomba de alta presión</i>	44
Figura 9 <i>Circuito de alta presión</i>	45
Figura 10 <i>Bomba de transferencia</i>	46
Figura 11 <i>Conjunto rail</i>	47
Figura 12 <i>Inyector Delphi</i>	48
Figura 13 <i>Constitución externa un Inyector Delphi</i>	49
Figura 14 <i>Constitución interna de un Inyector Delphi</i>	50
Figura 15 <i>Generación de presión en un Inyector Delphi</i>	51
Figura 16 <i>Generación de presión en un Inyector Delphi</i>	52
Figura 17 <i>Generación de presión en un Inyector Delphi.</i>	53
Figura 18 <i>Aguja de tobera del inyector</i>	54
Figura 19 <i>Características del inyector Delphi</i>	55
Figura 20 <i>Partes del inyector Delphi</i>	56
Figura 21 <i>Inyección de inyector Delphi</i>	57
Figura 22 <i>Nomenclatura del inyector Delphi</i>	58
Figura 23 <i>Codificación del inyector Delphi</i>	59

Figura 24 <i>Impulso de inyección de inyector Delphi</i>	62
Figura 25 <i>Ángulo de pulverización</i>	64
Figura 26 <i>Inyector averiado por contaminación de diésel</i>	66
Figura 27 <i>Bobina dañada del inyector Delphi</i>	67
Figura 28 <i>Sistema de control electrónico</i>	68
Figura 29 <i>La ECM con sensores y actuadores</i>	69
Figura 30 <i>Inyección Delphi con PCM</i>	70
Figura 31 <i>Inyección Delphi con IDM y PCM</i>	71
Figura 32 <i>Inyector abierto</i>	72
Figura 33 <i>Inyector cerrado fin de la inyección</i>	73
Figura 34 <i>Figuras de Lissajous</i>	74
Figura 35 <i>Plano cartesiano figura de Lissajous</i>	75
Figura 36 <i>Corriente de mando del inyector</i>	77
Figura 37 <i>Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función pilot</i>	78
Figura 38 <i>Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función main</i>	79
Figura 39 <i>Osciloscopio Hantek</i>	80
Figura 40 <i>Banco de pruebas tester CRDI V - 3500VNP</i>	82
Figura 41 <i>Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400</i>	83
Figura 42 <i>Multímetro automotriz</i>	85
Figura 43 <i>Pinza amperimétrica OTC</i>	86
Figura 44 <i>Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica</i>	86
Figura 45 <i>Compresor MZB</i>	87
Figura 46 <i>Probador de resistencia de aislamiento</i>	88
Figura 47 <i>Comparador de carátula</i>	89

Figura 48 <i>Inyector CRDI Delphi R03701D</i>	92
Figura 49 <i>Inyector CRDI Delphi R04601D</i>	94
Figura 50 <i>Despiece del inyector CRDI Delphi R03701D.</i>	96
Figura 51 <i>Despiece del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan</i>	97
Figura 52 <i>Despiece del inyector CRDI Delphi R04601D</i>	98
Figura 53 <i>Descripción de la interfaz gráfica del banco de pruebas KOMTEST</i>	108
Figura 54 <i>Pruebas del inyector CRDI Delphi R03701D de 500 bar con números (300,500) SRTK y los caudales de inyección y caudal de retorno, además el voltaje de activación.</i>	118
Figura 55 <i>Pruebas del inyector CRDI Delphi R04601D de 500 bar con números (300,500) SRTK, los caudales de retorno y caudales de inyección además el voltaje de activación.</i>	121
Figura 56 <i>Pulverización del inyector CRDI Delphi</i>	125
Figura 57 <i>Número de agujeros del inyector</i>	126
Figura 58 <i>Ángulos que posee el inyector</i>	126
Figura 59 <i>Número de agujeros del inyector</i>	128
Figura 60 <i>Ángulos que posee el inyector</i>	128
Figura 61 <i>Pin de calibración del inyector Delphi</i>	129
Figura 62 <i>Medición de micro pin con micrómetro digital</i>	130
Figura 63 <i>Medición de la capacitancia del inyector</i>	131
Figura 64 <i>Medición de voltaje del inyector</i>	132
Figura 65 <i>Nomenclatura oscilograma de voltaje y corriente del inyector</i>	132
Figura 66 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 300 STRK a presión 500 Bar</i>	133
Figura 67 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 300 STRK presión 500 Bar</i>	134

Figura 68 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 300 STRK a presión</i>	
500 Bar	135
Figura 69 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 500 STRK a presión</i>	
500 Bar	135
Figura 70 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 500 STRK presión</i>	
500 Bar	136
Figura 71 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 500 STRK a presión</i>	
500 Bar	137
Figura 72 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 300 STRK a presión</i>	
500 Bar	138
Figura 73 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 300 STRK presión</i>	
500 Bar	138
Figura 74 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 300 STRK a presión</i>	
500 Bar	139
Figura 75 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 500 STRK a presión</i>	
500 Bar	140
Figura 76 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 500 STRK presión</i>	
500 Bar	141
Figura 77 <i>Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 500 STRK a presión</i>	
500 Bar	142
Figura 78 <i>Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D</i>	143
Figura 79 <i>Curva elíptica de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D</i>	144
Figura 80 <i>Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D</i>	144
Figura 81 <i>Curva elíptica de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D</i>	145

Figura 82 *Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.* 146

Figura 83 *Curva de comparación de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D y R04601D.* 147

Resumen

En el trabajo de integración curricular se basa en la reparación, calibración y mantenimiento de inyectores CRDI Delphi, del sistema de alimentación de motores diésel. En el capítulo I se considera el marco metodológico de la investigación, se define y se fijan cada uno de los parámetros que se va a alcanzar en la investigación. En el capítulo II está el marco teórico se recopila información relevante de diferentes fuentes confiables para entender tanto la estructura interna y externa, así como también el funcionamiento de los inyectores CRDI Delphi en referencia al desempeño mecánico, eléctrico y electrónico, para dar un diagnóstico del estado de funcionamiento del inyector. En el capítulo III se define los equipos y herramientas necesarias con las que se realiza la verificación, reparación, ajustes, calibración y puesta punto en los bancos de pruebas especializados y con tecnología de punta, así como la aplicación de pruebas de desempeño eléctrico y electrónicos con diferentes instrumentos de medida tanto para voltaje e intensidad de los mencionados inyectores. Finalmente, en el capítulo IV se establece el marco administrativo de la investigación, los recursos tecnológicos, recursos materiales, recursos de apoyo y los investigadores en el cual se detalla cada parámetro que es utilizado en la toda la investigación, posteriormente presentar las conclusiones con respeto a la actividad desarrollada y recomendaciones a tomar en cuenta para llevar a cabo el trabajo de integración curricular.

Palabras clave: Inyector CRDI Delphi, riel común, mantenimiento de inyectores

Abstract

The curricular integration work is based on the repair, calibration and maintenance of CRDI Delphi injectors, of the diesel engine feeding system. Chapter I considers the methodological framework of the investigation, defines and sets each of the parameters that will be achieved in the investigation. In chapter II is the theoretical framework, relevant information is collected from different reliable sources to understand both the internal and external structure, as well as the operation of CRDI Delphi injectors in reference to mechanical, electrical and electronic performance, to give a diagnosis of the injector operating status. Chapter III defines the necessary equipment and tools with which verification, repair, adjustments, calibration and set-up are carried out in specialized test benches and with state-of-the-art technology, as well as the application of electrical and electronic performance tests. with different measuring instruments for both voltage and intensity of the mentioned injectors. Finally, in chapter IV the administrative framework of the investigation is established, the technological resources, material resources, support resources and the researchers in which each parameter that is used in the entire investigation is detailed, later presenting the conclusions with respect to the activity developed and recommendations to take into account to carry out the work of curricular integration.

Key words: Delphi CRDI injector, common rail, injector maintenance

Capítulo I

Marco metodológico del proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI

Antecedentes investigativos

El sistema de inyección CRDI (Common Rail Direct Injection) es una tecnología avanzada de inyección de combustible para motores diésel. Fue desarrollado en la década de 1990 por la empresa alemana Bosch y se lanzó por primera vez en 1997.

De acuerdo con (Lara & Monteros, 2016) en el país el incremento exponencial de los vehículos que usan sistemas de alimentación CRDI es una realidad, y uno de los principales problemas que experimenta los usuarios de estos, son las averías en sus vehículos (pérdida de potencia, alto consumo de combustible, exceso de humos negros, etc.) por el desgaste o daños en las toberas de los inyectores.

(Tigre & Villa, 2015) mencionan que: Los inyectores CRDI Delphi trabajan con presiones que van desde los 200 a 1600 Bar, son de tipo electromagnético de un diámetro aproximado de 17 mm y de resistencia de 0,2 Ω , son activados con una tensión de 12 V y una corriente de apertura de (12-25) A para su apertura y (6-15) A de corriente para mantenerlo abierto

De acuerdo con (Palacios, 2015) los inyectores tienen condiciones mecánicas diferentes y su vida útil va cambiando existe un proceso de adaptación que realiza el IDM (Módulo driver identificador) el cual tarda cerca de 900 milisegundos 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 las condiciones estables en la cual 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.

Los inyectores CRDI (Common Rail Direct Injection) son una tecnología de inyección de combustible en motores diésel que permite mayor control sobre el proceso de combustión, lo que se traduce en una mejora en la eficiencia y en la reducción de emisiones contaminantes.

El primer sistema de riel común fue desarrollado por la compañía italiana Magneti Marelli en 1986. Sin embargo, fue la empresa alemana Bosch la que popularizó el sistema de riel común para motores diésel en la década de 1990. Desde entonces, el sistema de riel común se ha convertido en el estándar de la industria para la inyección de combustible en motores diésel y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde automóviles de pasajeros hasta vehículos pesados y maquinaria industrial.

Los inyectores CRDI (Common Rail Direct Injection) son un tipo de inyectores de combustible de alta presión que se utilizan en motores diésel modernos para mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones contaminantes. El desarrollo de los inyectores CRDI ha sido el resultado de años de investigación y desarrollo por parte de diversas empresas y organizaciones.

En particular, la empresa Delphi fue una de las primeras en desarrollar y comercializar inyectores CRDI para motores diésel en la década de 1990. A través de su división de sistemas de combustible diésel, Delphi trabajó en colaboración con fabricantes de automóviles y proveedores de motores para desarrollar sistemas de inyección de combustible más avanzados y eficientes.

Desde entonces, los inyectores CRDI de Delphi se han utilizado en una amplia variedad de aplicaciones, desde automóviles y camiones hasta maquinaria pesada y locomotoras. El diseño y la tecnología de los inyectores CRDI de Delphi han evolucionado continuamente para mejorar la eficiencia y

reducir las emisiones, y se han convertido en un componente fundamental de muchos motores diésel modernos.

Delphi es una empresa estadounidense proveedora de tecnología automotriz que ha sido uno de los principales actores en el desarrollo de sistemas de inyección de combustible CRDI. En 2001, Delphi lanzó al mercado su primer sistema de inyección CRDI, que fue utilizado por varios fabricantes de automóviles en todo el mundo.

Desde entonces, Delphi ha seguido innovando en la tecnología CRDI y ha desarrollado varios tipos de inyectores, como los inyectores piezoeléctricos, que ofrecen una mayor precisión y rapidez en la inyección de combustible. También ha trabajado en la integración de sensores y sistemas electrónicos para mejorar aún más la eficiencia y la reducción de emisiones.

La investigación continua en el desarrollo de inyectores CRDI y otras tecnologías relacionadas sigue siendo una prioridad para la industria automotriz en su búsqueda de motores más eficientes y limpios. Sobre inyectores CRDI es un área activa de desarrollo en la industria automotriz y de motores diésel, y se están explorando nuevas tecnologías y enfoques para mejorar aún más la eficiencia y reducir las emisiones de estos motores.

Planteamiento del problema

En la actualidad, los vehículos diésel equipados con inyectores CRDI de Delphi se han vuelto cada vez más comunes en todo el mundo, especialmente en países en desarrollo. Aunque estos inyectores ofrecen una mejora significativa en la eficiencia y reducción de emisiones, existen preocupaciones sobre su durabilidad y confiabilidad a largo plazo.

En este sentido, el planteamiento del problema a investigar podría ser: ¿Cuáles son los procesos de mantenimiento, reparación y ajustes que garanticen la confiabilidad a largo plazo de los inyectores CRDI de Delphi en vehículos diésel?

La investigación de este problema es importante para determinar si los inyectores CRDI de Delphi son una tecnología viable a largo plazo para los vehículos diésel, y para identificar las áreas que necesitan mejoras para garantizar su rendimiento óptimo. Además, esta investigación es útil para los proveedores de tecnología para mejorar la calidad de sus productos y satisfacer las necesidades de los consumidores.

La industria automotriz se enfrenta a la necesidad de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos diésel, a la vez que se busca mejorar la eficiencia y el rendimiento de los motores. En este contexto, los inyectores CRDI de Delphi se presentan como una solución tecnológica prometedora.

Sin embargo, a pesar de los avances en el desarrollo de esta tecnología, aún se desconocen aspectos importantes sobre el desempeño y reparación y calibraciones de los inyectores Delphi CRDI en diferentes condiciones de uso y mantenimiento.

Justificación e importancia

La justificación para analizar los inyectores DELPHI CRDI es que estos componentes son esenciales en los motores diésel modernos y su correcto funcionamiento es crucial para lograr un rendimiento óptimo, reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

Si bien la investigación de los inyectores Delphi CRDI es importante y relevante, también es necesario considerar otras soluciones tecnológicas disponibles en el mercado.

En este sentido, los inyectores de la marca Delphi también son ampliamente utilizados en la industria automotriz, han demostrado ser una opción confiable y eficiente para los motores diésel.

Por lo tanto, justificar la investigación de los inyectores Delphi es importante para tener una comparación más completa y precisa de las diferentes soluciones tecnológicas en el mercado y ayudar a los fabricantes de automóviles y usuarios a tomar decisiones informadas sobre qué tipo de inyectores son más adecuados para sus necesidades.

La investigación sobre los inyectores ayuda a identificar posibles ventajas y desventajas en comparación con los inyectores Delphi CRDI, y aportar información útil para la mejora continua de la tecnología en el futuro.

Una investigación del funcionamiento y parámetros de inyectores Delphi incluye parámetros de funcionamiento de los diferentes parámetros que afectan el rendimiento de los inyectores, como la presión de combustible, la temperatura, caudal, la duración de la inyección, voltaje y corriente de activación.

Análisis de los datos de los inyectores: Los motores diésel modernos disponen de sensores que permiten medir diferentes parámetros de funcionamiento.

Comparación con otros inyectores: también podría ser útil comparar el funcionamiento y los parámetros de los inyectores Delphi con los de otros fabricantes, para entender mejor las diferencias y similitudes.

En general, el alcance de una investigación del funcionamiento y parámetros de inyectores Delphi podría ser bastante amplio, y dependería en gran medida de los objetivos específicos de la investigación y del nivel de detalle deseado.

Sin embargo, estos inyectores también pueden presentar problemas que afectan su desempeño y confiabilidad, lo que puede llevar a un aumento del consumo de combustible, emisiones contaminantes y disminución del rendimiento del motor. Por lo tanto, es importante investigar y analizar los problemas más comunes que pueden surgir, sus causas y posibles soluciones.

La investigación y análisis de los inyectores DELPHI CRDI proporciona información valiosa para los mecánicos y usuarios de motores diésel, permitiendo una mejor comprensión de estos componentes y su impacto en el funcionamiento del motor.

El alcance de la investigación del funcionamiento y parámetros de inyectores DELPHI incluye:

Evaluación del desempeño y eficiencia de los inyectores en bancos de pruebas para medir la caudal, la presión y la precisión del inyector en la entrega de combustible, corriente y voltaje de activación.

La identificación de las mejores prácticas en el mantenimiento y reparación de los inyectores DELPHI CRDI proporciona recomendaciones para el mantenimiento y reparación de los inyectores para prevenir problemas y mejorar su desempeño y eficiencia.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar el proceso de diagnóstico, mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI.

Objetivos específicos

- Desarrollar el proceso de armado, desarmado, verificación la medición de especificaciones por medio de pruebas de caudal, retorno y presión.
- Verificar el desempeño eléctrico/electrónico de los inyectores a través de la obtención de intensidad voltaje de activación.

Metas del proyecto

Realizar el proceso de diagnóstico, calibración, ajuste y reparación con una precisión del 90% en función a los parámetros y hoja de característica.

Hipótesis

¿El desarrollar del proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI permite obtener las variables necesarias para el desempeño óptimo del motor de combustión interna diésel?

Variables de investigación

Variable independiente

- Diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento de inyectores.

Variable dependiente

- Puesta a punto de los sistemas CRDI Delphi.

Metodología de desarrollo del proyecto

Para dar el soporte correspondiente al aspecto metodológico, se obtiene información de fuentes confiables como libros, lugares web, artículos científicos, publicaciones, boletines de revistas, bibliotecas virtuales y espacios de investigación.

Método deductivo e inductivo

El método deductivo se basa en partir de una teoría general para hacer afirmaciones específicas sobre un objeto de estudio. En este caso, se parte de la teoría sobre el funcionamiento de los inyectores CRDI en general para hacer afirmaciones específicas sobre los inyectores Delphi CRDI. Por ejemplo, si se sabe que los inyectores CRDI deben cumplir ciertos requisitos para funcionar adecuadamente, se analiza

si los inyectores Delphi cumplen con esos requisitos específicos. De esta manera, llegar a una conclusión específica a partir de una teoría general.

Por otro lado, el método inductivo se basa en partir de datos específicos para llegar a conclusiones generales. En este caso, con los datos específicos sobre el funcionamiento de los inyectores Delphi CRDI para llegar a una conclusión general sobre el funcionamiento de los inyectores CRDI en general. Por ejemplo, si se recolectan datos específicos sobre la presión de combustible que requieren los inyectores Delphi CRDI para funcionar adecuadamente, se podría llegar a una conclusión general sobre la presión de combustible que deben cumplir todos los inyectores CRDI.

Estos métodos son útiles en la investigación de inyectores Delphi CRDI y pueden ser utilizados de manera complementaria para obtener una comprensión más completa del objeto de estudio.

Método analítico y experimental

En la investigación de inyectores Delphi CRDI, se pueden aplicar tanto el método analítico como el experimental.

El método analítico se basa en la utilización de técnicas matemáticas, estadísticas o de modelación para analizar y entender un fenómeno o sistema. En este caso, el método analítico se utiliza para analizar datos recopilados sobre el funcionamiento de los inyectores Delphi CRDI. Por ejemplo, se utiliza el análisis de regresión para evaluar la relación entre la presión del combustible y el flujo de combustible en los inyectores Delphi CRDI.

El método experimental se basa en la realización de experimentos para recopilar datos y evaluar hipótesis sobre un objeto de estudio. En este caso, el método experimental verifica la hipótesis sobre el funcionamiento de los inyectores Delphi CRDI en un entorno controlado. Se lleva a cabo experimentos

para evaluar cómo cambia el caudal en los inyectores Delphi CRDI en diferentes condiciones de presión de combustible y temperatura.

El método analítico como el experimental son útiles en la investigación de inyectores Delphi CRDI y se usa de manera complementaria para obtener una comprensión más completa del objeto de estudio.

Método comparativo y medición

En la investigación de inyectores DELPHI CRDI, se pueden aplicar tanto el método comparativo como el de medición.

El método comparativo se basa en la comparación de diferentes variables o factores entre dos o más objetos de estudio para determinar las similitudes y diferencias. En este caso, se utiliza el método comparativo para comparar los inyectores Delphi CRDI con otros inyectores CRDI de diferentes fabricantes.

El método de medición recopila los datos y la medición de diferentes variables para obtener información detallada sobre el objeto de estudio. En este caso, se podría utilizar el método de medición para medir diferentes parámetros del funcionamiento de los inyectores Delphi CRDI, como la presión de combustible, el caudal, la duración de la inyección, voltaje y corriente. El método comparativo selecciona dos inyectores DELPHI CRDI para comparar, como diferentes modelos o diferentes lotes de producción.

Identificar las características y especificaciones técnicas de los inyectores seleccionados.

Realizar pruebas y mediciones en los inyectores para evaluar su rendimiento y características, como la caudal y retorno, la presión de inyección, la duración del pulso de inyección, voltaje y corriente.

Analizar los datos y establecer comparaciones entre los inyectores seleccionados, identificando similitudes y diferencias en su rendimiento y características.

Capítulo II

Marco Teórico

Evolución de los sistemas de riel común

De acuerdo con (Garrido & Álvarez, 2016) el sistema common rail tuvo su origen en la década de los años ochenta y principios de los noventa, cuando fue creado y desarrollado en países europeos, como Alemania e Italia.

La evolución de la inyección a diésel se basa en dos compendios; la inyección de aire e inyección de gasoil.

Según (Tizón, 2013) los primeros pasos, se realizaron con los motores de antecámara de combustión externa con poco rendimiento y mucha contaminación, altas vibraciones y mucho ruido”, con la necesidad de un motor más eficiente se instauró la antecámara el cual en su interior constituye los sistemas de inyección mecánica bombas inyectoras en línea u bombas rotativas.

Las bombas inyectoras son capaces de regular el régimen de giro para proteger el motor mediante un regulador centrífugo en su interior y de forma mecánica mientras que las bombas rotativas constan de un embolo solidario a un eje que, en un movimiento alternativo en su parte posterior genera presión necesaria para la inyección de gasoil.

La siguiente evolución nace la exigencia de mantener el aire procedente del turbo frío, para lo cual aparece el intercooler. Como también el control del avance de la bomba eléctricamente, atenuando ruidos en frío y el control de las caídas de vueltas del motor cuando se conectan a sistemas auxiliares.

La inyección directa

Se tiene la primera fase según (Tizón, 2013) “la estructura de las puntas del inyector con orificios demasiado pequeños, con el calculador electrónico que controla los sensores y actuadores, en cuanto al acelerador de la bomba es electrónico. Procede a desaparecer la antecámara”.

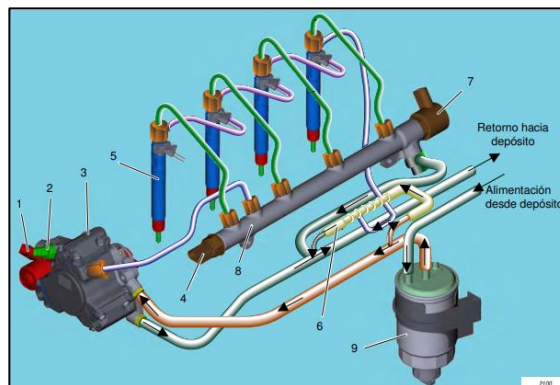
La siguiente fase pertenece al inyector grupo VAG (Volkswagen, Audi, Skoda).

En la segunda fase: desaparece la bomba de inyección, cada uno de los inyectores trabajan con su alta presión por el accionamiento de empuje del árbol de levas de gran tamaño, los inyectores se encuentran dentro de la culata.

Con la aparición del common rail, la bomba cambia su estructura y funciones pasando a ser quien suministre de combustible de alta presión al common rail y seguidamente a los inyectores.

Figura 1

Composición del sistema common rail



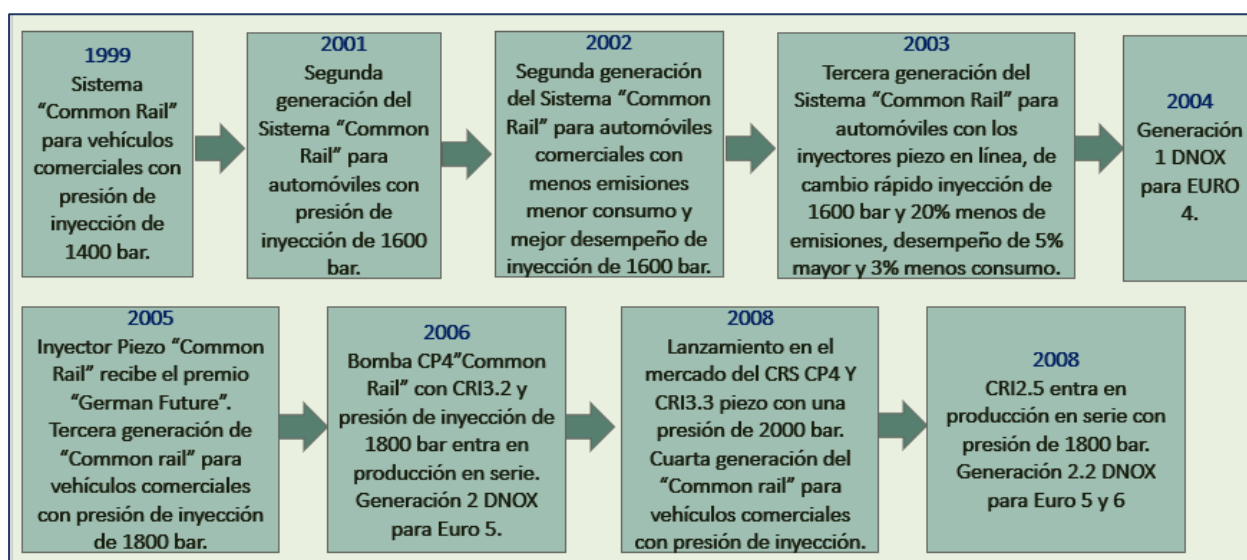
Nota. En la figura se puede observar el sistema common rail. Donde 1 es el IMV (Válvula de control de ingreso de combustible), 2 Sensor de temperatura de gasóleo, 3 Bomba de alta presión (Tipo DFP3), 4

Sensor de presión del raíl, 6 Venturi, 7 HPV 8 Raíl, 9 Filtro de gasóleo, 5 Inyector. (Delphi, Manual Common Rail Principio de funcionamiento, 2007).

El sucesivo cambio a realizarse son las culatas multiválvulas de gran rendimiento con el propósito de ajustar la posición del inyector en el cilindro.

Figura 2

Línea de tiempo de la inyección



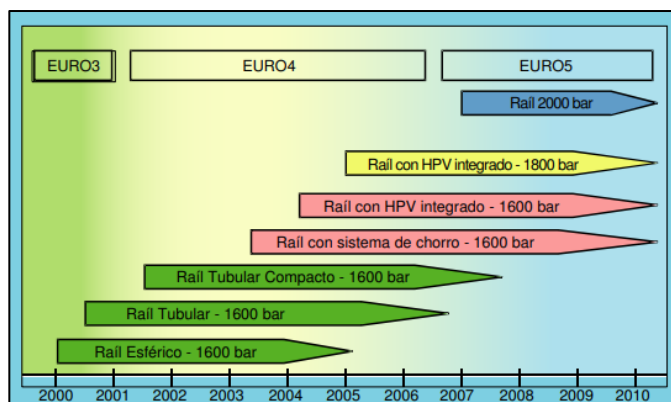
Nota. En la figura se puede observar la línea de tiempo en la inyección del sistema common rail.

La evolución de los sistemas de riel común a lo largo de los años ha propiciado la eficiencia de la combustión en el proceso de inyección a comparación de los primeros sistemas, el mismo tiene como objetivo minorizar los gases de escape hacia el medio ambiente y ganar en economía.

El conjunto rail, al cabo de los años ha presentado significativas evoluciones con respecto a la norma de descontaminación EURO, como se muestra a continuación.

Figura 3

Esquema con las normas de descontaminación EURO3, EURO4, EURO 5.



Nota. En la siguiente figura se representa la evolución de la norma de descontaminación Euro. (Delphi, 2007)

Según (Andrango, 2017) “El sistema Delphi es un cambio fundamental en el proceso de alimentación para motores modernos diésel de inyección directa, pues el sistema mejora la fiabilidad, rendimiento y ahorro de combustible”.

Ventajas del uso del sistema CRDI DELPHI

La reducción del ruido

De acuerdo con (Delphi, Manual Common Rail Principio de funcionamiento, 2007) el ruido de combustión resulta del aumento rápido de la presión en el cilindro. Este aumento de presión se debe a una inflamación brutal de la mezcla aire/combustible. Para disminuir el ruido de combustión, hay que reducir pues el plazo de inflamación. La disminución de este plazo pasa por un aumento de la temperatura y de la presión en el cilindro. Para ello son posibles varios métodos:

- Disminución de las cantidades inyectadas

- Precalentamiento
- Recalentamiento del aire de sobrealimentación
- Multinyección (Añadido de una inyección antes de la inyección principal).

Una reducción de las emisiones contaminantes

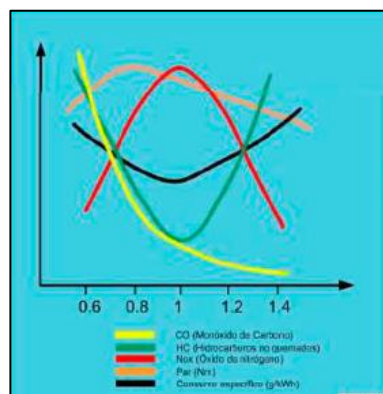
En el manual (Delphi, 2007) la combustión se realiza comparativamente a un motor de gasolina, la mezcla aire/carburante en un motor diésel es mucho más homogénea ya que la inyección del gasóleo empieza poco antes de la inflamación de la mezcla. El motor diésel funciona principalmente con un exceso de aire. Si el excedente de aire es demasiado bajo. Las emisiones contaminantes aumentan.

El coeficiente de aire/carburante llamado comúnmente lambda (λ) es igual a 1 cuando la mezcla aire/carburante es estequiométrica (14.7:1).

$\lambda < 1$ Déficit de aire, mezcla rica; $\lambda > 1$ Exceso de aire, mezcla pobre.

Figura 4

Influencia del λ en los contaminantes, el par y el consumo



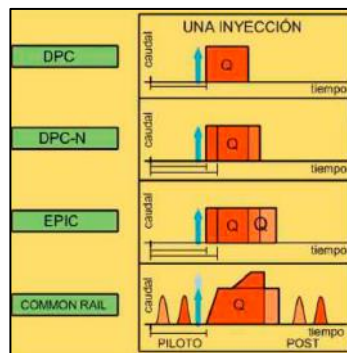
Nota. Se puede observar la influencia del λ en los contaminantes, el par y el consumo. Tomado de (Delphi, 2007).

Una reducción del consumo de combustible

Según (Delphi, 2007) la reducción del consumo se obtiene mejorando el control de la combustión, es decir, adaptando el coeficiente de aire, el caudal inyectado, el avance y la presión de inyección en función de las necesidades del motor en toda la banda de funcionamiento.

Figura 5

Particularidades de los diferentes sistemas Delphi

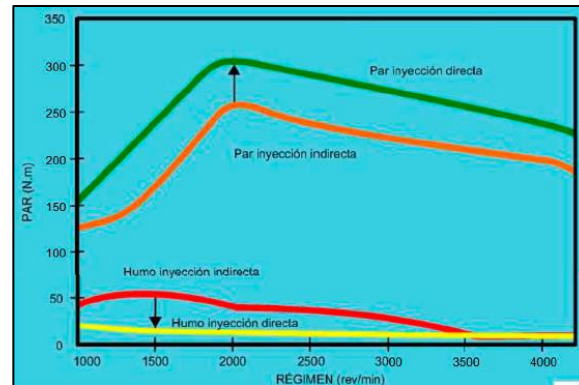


Nota. A continuación, se puede observar las particularidades de los diferentes sistemas Delphi. Tomado de (Delphi, 2007)

Un aumento de las prestaciones

Para (Delphi, 2007) el aumento del par de bajo régimen necesita poder inyectar una fuerte cantidad de carburante desde los regímenes más bajos. La cantidad inyectada es proporcional a la duración de inyección y a la presión de inyección.

Al realizar el procedimiento de incremento de la presión de inyección obtenemos como resultado un mayor caudal.

Figura 6*Aumento de las prestaciones*

Nota. A continuación, se puede observar el aumento de las prestaciones. Tomado de (Delphi, 2007).

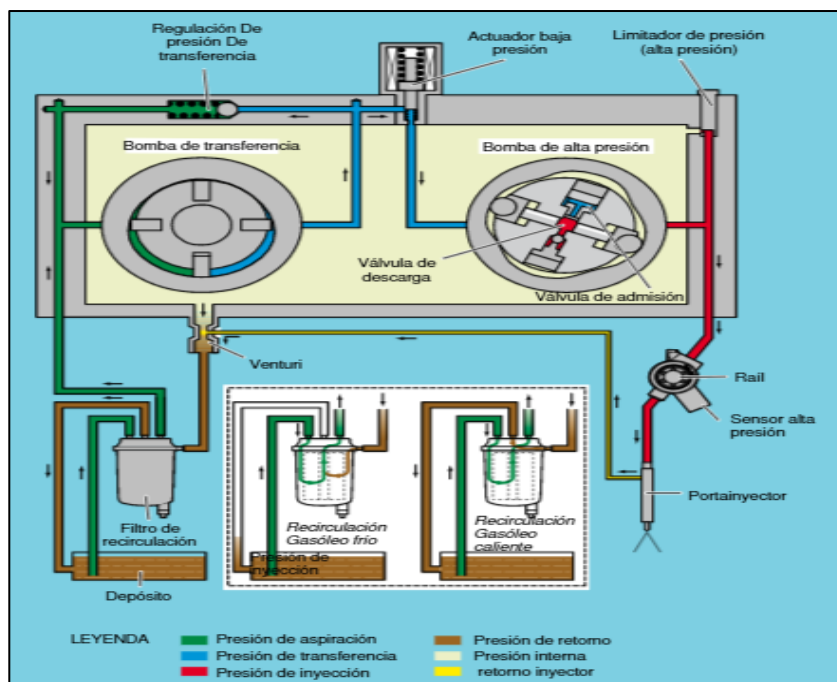
Sistema de control hidráulico

El sistema de control hidráulico está constituido por dos bombas de transferencia y alta presión.

El funcionamiento del mismo inicia por medio del depósito donde se almacena el diésel seguidamente por medio de la succión continua su recorrido a través del filtro, con dirección hacia la bomba de transferencia pasa por el actuador de baja presión antes de ingresar a la bomba de alta presión como su nombre lo indica la presión se incrementa por lo cual se tiene un limitador de presión y un sensor de alta presión dirigiéndose así a los inyectores donde realiza su función principal la inyección de combustible, cuando termina el ciclo de trabajo regresa mediante una línea de retorno que pasa por el Venturi, el filtro de recirculación y de nuevo al depósito.

Figura 7

Circuito hidráulico common rail Delphi



Nota. En la figura se puede observar cada uno de los componentes del circuito hidráulico common rail.

Tomado de (Delphi, 2007).

Sistema de alta presión de combustible

La bomba de alta presión en los sistemas de inyección de riel común Delphi compuesta por: La bomba de alimentación o bomba de transferencia y la bomba misma de alta presión.

En el manual (Delphi, s.f) la bomba de alimentación succiona el combustible desde el depósito, a través del filtro y la presiona hacia el conducto de ingreso de la bomba de alta presión. La Bomba de alta presión se encarga de elevar la baja presión hasta valores muy altos, para que alimenten al rail y este a los inyectores por medio de cañerías de alta presión. En la carcasa de la bomba se

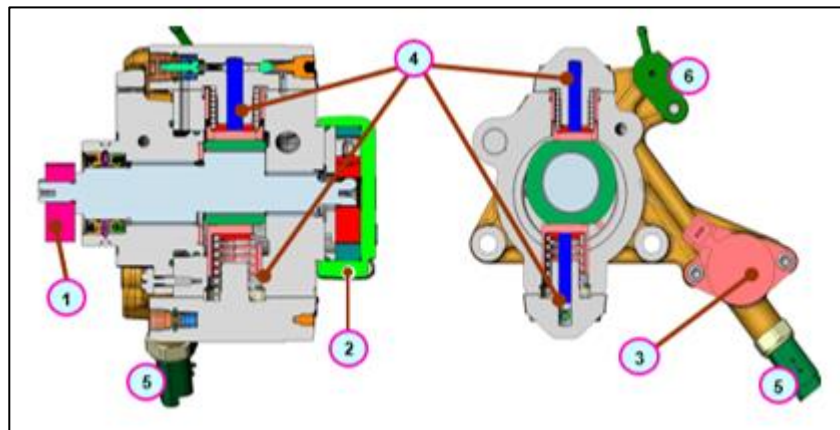
aloja el sensor de temperatura del combustible y la válvula de control del ingreso del combustible (Inlet Metering Valve IMV):

El sistema de combustible de alta presión inicia su recorrido cuando el diésel ingresa a la bomba de alta presión dirigiéndose así por medio de sus conductos(cañerías) al common rail, el combustible se encuentra a altas presiones alrededor de 1400 bar por el cual en el sistema existe un limitador de presión para que la presión suministrada a cada uno de los inyectores sea el adecuado. Una vez terminada la fase de inyección, el combustible restante regresa al depósito mediante la línea de retorno.

De acuerdo con (Peugeot, 2023) la bomba de alta presión crea la presión carburante independientemente del régimen y de la posición del motor.

Figura 8

Constitución bomba de alta presión

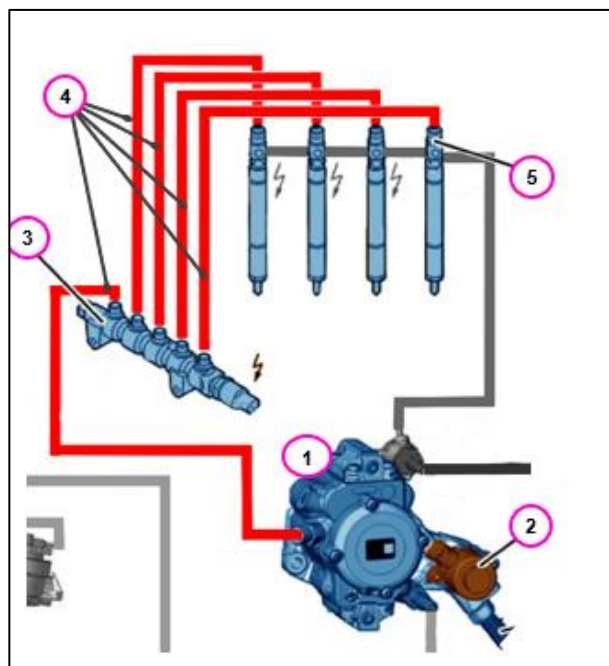


Nota. Se puede apreciar la constitución de la bomba de alta presión, 1 limitador mecánico de presión, 2 bomba de baja presión, 3 regulador de caudal carburando (IMV), 4 dos elementos de alta presión, 5 un captador de temperatura carburante, 6 un bloque vénturi para el circuito de retorno inyector. Tomado de (Peugeot, 2023).

Como se puede observar en la imagen, el combustible proporcionado por la bomba de alta presión el cual se encuentra regulado mediante un dispositivo de regulador de caudal se dirige hacia el common riel, donde se orienta por medio de los conductos de alta presión hacia cada uno de los inyectores con la presión necesaria.

Figura 9

Circuito de alta presión



Nota. Se puede apreciar los componentes del circuito de alta presión, 1 la bomba de alta presión, 2 regulador de caudal, 3 la rama común, 4 conductos de alta presión, 5 inyectores. Tomado de (Peugeot, 2023)

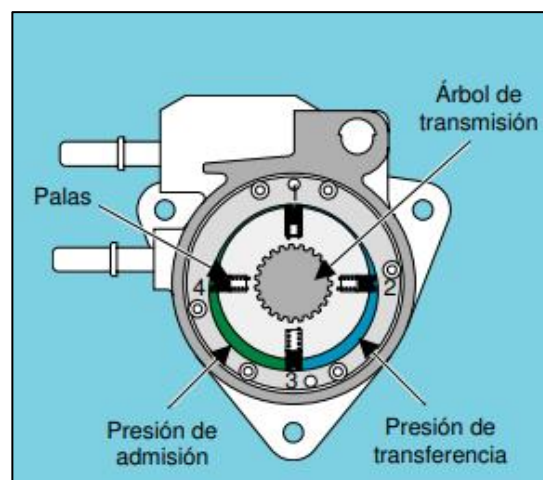
Bomba de transferencia

Para (Delphi, 2007) la bomba de transferencia aspira el combustible a partir del depósito del vehículo, a través del filtro, y lo envía hacia la bomba principal a una presión de transferencia (aproximadamente 6 bar).

De acuerdo con (Kia, s.f) la bomba de transferencia tiene el concepto de aspa integrada a la bomba HP una presión regulada a 6 Bar, una capacidad de la bomba de 5,6 cc/rev el flujo de combustible de 90 l/h a 300 rpm y 650 l/h a 2500 rpm y aspiración de 65 mBar a 100 rpm.

Figura 10

Bomba de transferencia



Nota. Se puede apreciar los componentes de la bomba de transferencia. Tomado de (Delphi, 2007).

Cañerías de alta presión

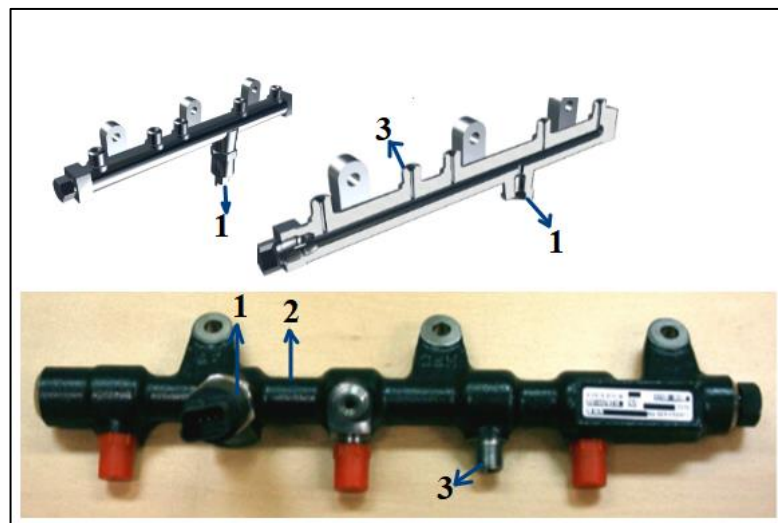
Tienen la función de llevar el combustible a altas presiones a cada uno de los inyectores.

Common rail

Para (Kia, s.f) el riel es un acumulador de alta presión contiene sensor de presión del riel se usa para transmitir hacia el ECM el valor de presión en el riel este valor se usa para el cálculo anticipado del caudal y la inyección con la presión máxima de funcionamiento de 1.600 bar.

Figura 11

Conjunto rail



Nota. Se puede apreciar los componentes del conjunto riel, 1 Limitador de presión (válvula de descarga de presión), 2 rampa, 3 Amortiguador de flujo. (Kia, s.f.)

Inyectores con tecnología DELPHI

En el manual (Delphi, 2007) en función de las generaciones de inyector, las presiones de inyección máximas son del orden de 1800 bar. Los esfuerzos que hay que vencer para levantar la aguja del inyector son pues muy importantes. Por ello, es imposible pilotar directamente la aguja del inyector con ayuda de un actuador electromagnético, a menos que se empleen corrientes muy

importantes cuyos tiempos de establecimiento serían incompatibles con los tiempos de reacción requeridos para las inyecciones múltiples.

Por otra parte, la utilización de corrientes fuertes requiere una electrónica de potencia voluminosa lo que genera un calentamiento importante del actuador y del calculador. La aguja del inyector se pilota pues indirectamente gracias a una válvula que controla la puesta en presión o la descarga de la cámara de control situada encima de la aguja:

Cuando la aguja debe levantarse (al principio de la inyección), la válvula se abre de manera que descarga la cámara de control en el circuito de retorno.

Cuando la aguja debe volver a cerrarse (al final de la inyección), la válvula se vuelve a cerrar de tal forma que la presión se establece nuevamente en la cámara de control

Según (Madero, 2014) este sistema permite una mejora en el diseño de la culata y así disminuye las emisiones de gases. Se puede instalar por primera vez en la culata o tapa de cilindro, con ello se logra modular mejor la presión del inyector que también superan los 3000 Bar de presión. Delphi así se adelanta las nuevas normas que controlan muy severamente emisiones de CO₂.

Figura 12

Inyector Delphi

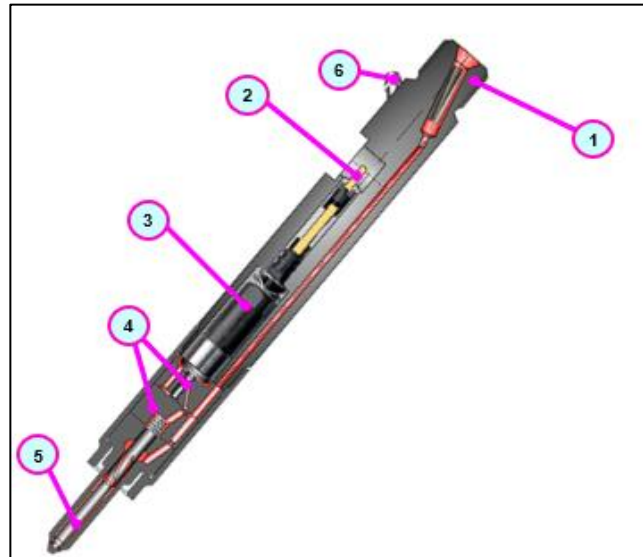


Nota. A continuación, se puede observar un inyector Delphi tipo lápiz. Tomado de (Delphi, 2007)

Los inyectores de tipo lápiz son comandados por un accionador electromagnético y un dispositivo hidráulico específicos al sistema Delphi.

Figura 13

Constitución externa un Inyector Delphi



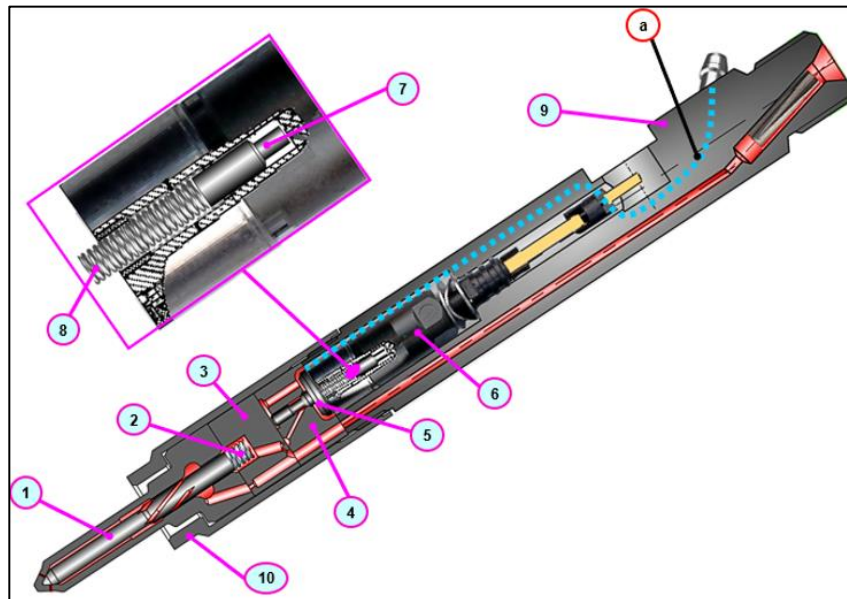
Nota. A continuación, se puede observar la constitución interna de un inyector Delphi. Tomado de (Peugeot, 2023)

- 1 – Racor de presión, con filtro laminar.
- 2 - Plots de conexión machos (el racor está integrado a la cablería).
- 3 - Accionador electromagnético.
- 4 – Dispositivo hidráulico de mando.
- 5 - Inyector (aguja ranurada).
- 6 - Retorno carburante.

La aguja de inyector posee ranuras para darle un movimiento helicoidal. Este movimiento mejora la homogeneidad de los chorros.

Figura 14

Constitución interna de un Inyector Delphi



Nota. A continuación, se observará la constitución de los elementos internos de un inyector Delphi 1 - Aguja de inyector, 2 - Resorte de retorno (100 Bar), 3 - Espaciador, 4 - Cuerpo de válvula, 5 - Válvula, 6 - Bobina, 7 - Pión (núcleo magnético), 8 - Resorte de pión, 9 - Porta inyector, 10 - Tuerca, a - Conducto retorno inyector. Tomado de (Peugeot, 2023).

Funcionamiento del inyector Delphi

Según (Peugeot, 2023) como la electroválvula de mando no está alimentada, la válvula (5) está pegada a su asiento por su resorte de retorno (8). La cámara de mando (b) está aislada del canal de retorno (a). La alta presión se instala de forma idéntica en la cámara de mando (b) y en la aguja del inyector (c). La aguja, ayudada por el resorte (2) se mantiene inmóvil.

La aguja de inyector está sometida a tres esfuerzos:

F1 = Esfuerzo ejercido por la presión que reina en el volumen de mando.

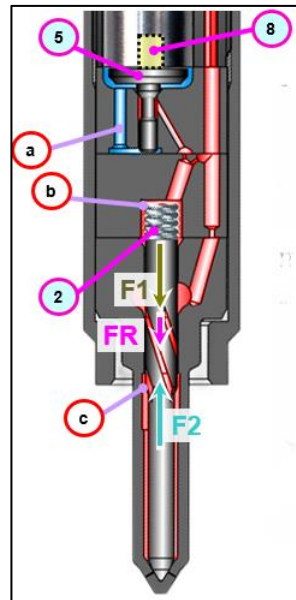
F2 = Esfuerzo ejercido sobre la sección de la aguja de inyector.

FR = Calibrado del resorte de retorno de la aguja de inyector.

Si $F2 < F1 + FR$ entonces significa que el inyector está cerrado

Figura 15

Generación de presión en un Inyector Delphi



Nota. Funcionamiento de un inyector Delphi. Tomado de (Peugeot, 2023)

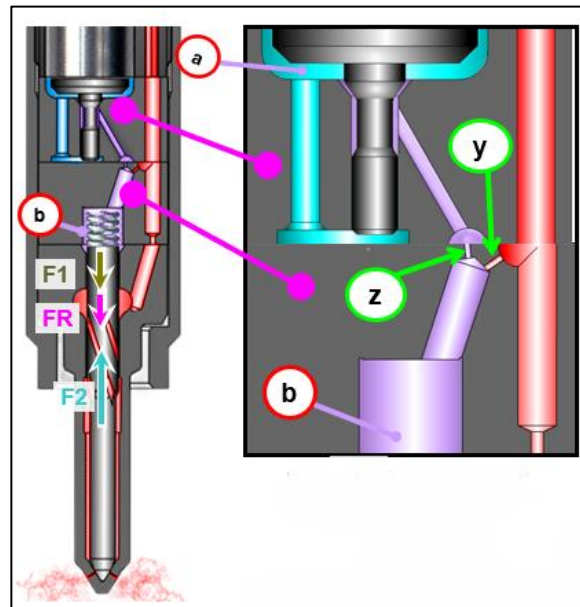
Para (Peugeot, 2023) con el motor en funcionamiento el inyector está comandado en el momento oportuno, el calculador alimenta la electroválvula que, ayudada hidráulicamente, levanta la válvula. Con la válvula levantada, la cámara de mando (b) está en comunicación con el circuito retorno carburante (a) a través del orificio (z). Se rompe el equilibrio entre la presión

ejercida sobre la aguja, que no ha variado, y la presión en la cámara de mando (b). La aguja de inyector se levanta.

Si $F_2 > F_1 + FR$ entonces significa que el inyector está abierto.

Figura 16

Generación de presión en un Inyector Delphi

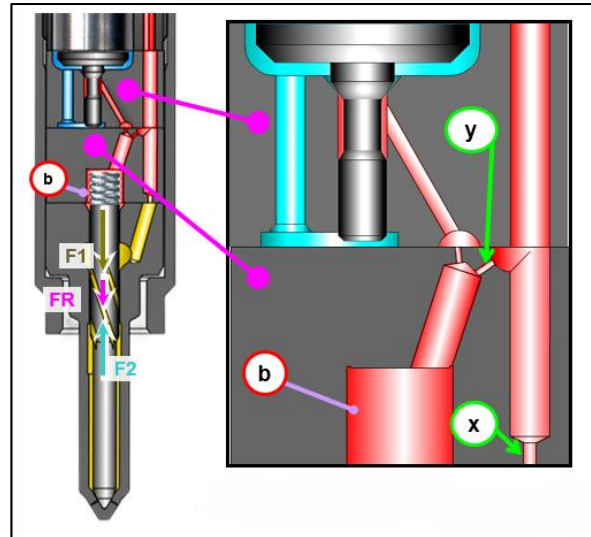


Nota. A continuación, se puede observar que de la relación entre “z” e “y” depende la velocidad de abertura. Tomado de (Peugeot, 2023)

De acuerdo con (Peugeot, 2023) otro de los parámetros que se debe tomar en cuenta es que con el motor en funcionamiento el inyector no comandado se cierra. El CMM corta la alimentación de la electroválvula, - La válvula está pegada por su resorte al asiento, cesa el escape de carburante hacia el circuito de retorno. La presión sube más rápidamente en la cámara de mando (b) de la aguja del inyector, lo que provoca el cierre del inyector. Se alcanza el equilibrio de las presiones y el inyector está listo para un nuevo ciclo. Si $F_2 < F_1 + FR$ entonces el inyector permanece cerrado.

Figura 17

Generación de presión en un Inyector Delphi.



Nota. A continuación, se puede observar que de la relación entre “x” e “y” depende la velocidad de cierre.

Tomado de (Peugeot, 2023)

Características de los inyectores DELPHI

Para (Delphi, 2007) los inyectores Delphi han sido desarrollados para:

- Disminuir la sensibilidad a las variaciones de depresión del circuito de retorno de fuga.
- Disminuir la deriva mediante nuevos tratamientos de superficie.
- Funcionar con más alta presión.
- Las evoluciones técnicas para responder a estos criterios han sido:
 - Aumentar la presión de tarado del muelle de llamada de la válvula. (1)
 - Modificar el circuito de retorno interno de la válvula. (2)
 - Cambiar el tratamiento de superficie de la válvula para DLC (2).

- Modificar el conducto de alimentación y la galería del inyector (3).

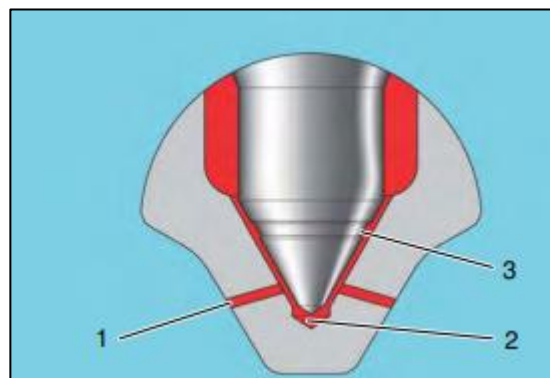
En el manual (Delphi, 2007) el inyector del sistema Common Rail ha sido diseñado para responder a las nuevas normas de descontaminación.

Para ello, debe:

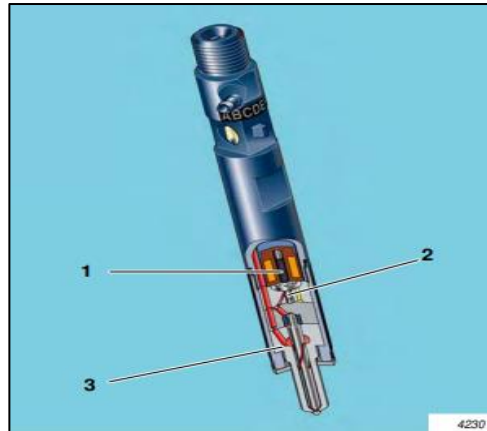
- Permitir inyecciones múltiples. (hasta 5 inyecciones por ciclo)
- Permitir inyectar cantidades cada vez más pequeñas (0,5mg/cp)
- Inyectar a presiones cada vez más elevadas (1800bar)
- Tener interacciones hidráulicas débiles entre 2 inyecciones sucesivas
- Distribuir de manera homogénea la cantidad inyectada.

Figura 18

Aguja de tobera del inyector



Nota. En la figura se puede observar la aguja de tobera 1 agujero de inyección cónico, en el 2 al volumen μ sac optimizado y 3 geometría aguja inyector. (Delphi, 2007).

Figura 19*Características del inyector Delphi*

Nota. A continuación, se puede observar las diferentes características del inyector Delphi. Tomado de (Delphi, 2007)

En el manual (Delphi, 2007) la inyección produce caída de presión en la cámara de control de la placa separador interno de cavidades del inyector common rail. En efecto, la diferencia de presión ejercida en los 2 polos de la aguja genera su desequilibrio.

El portainyector del sistema Common Rail se compone de los elementos siguientes:

- Una tobera de agujeros con su aguja.
- Un cuerpo de porta inyector provisto de los orificios de alimentación y de retorno.
- Una bobina integrada en el cuerpo del portainyector.
- Un conector implantado en la parte superior del portainyector.
- Un filtro varilla implantado a nivel del orificio de alimentación en carburante.
- Una placa separador provista de una cámara de control y de los inyectores calibrados necesarios para asegurar el pilotaje de la aguja.

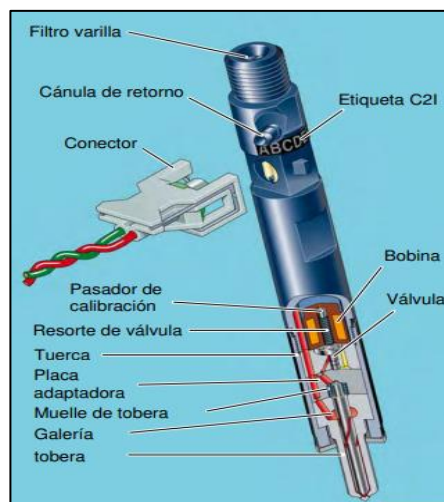
- Una válvula y su soporte.
- Una tuerca.

El posicionamiento angular entre el inyector, la placa separadora, el soporte de válvula y el portainyector se realiza mediante pasadores de centrado desviados para evitar los errores de montaje.

El ajuste de la precarga aplicada al muelle de la válvula se realiza mediante un pasador de calibración implantado entre la bobina y el muelle.

Figura 20

Partes del inyector Delphi



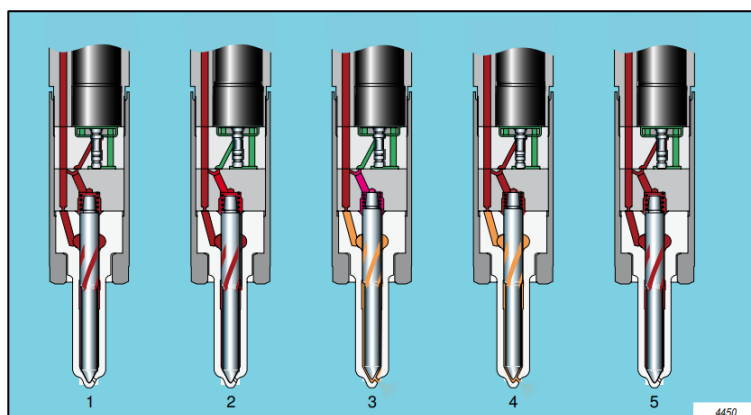
Nota. A continuación, se puede observar las diferentes partes del inyector Delphi. Tomado de (Delphi, 2007)

En el manual (*Delphi, 2007*) después del cierre de la válvula, el circuito sube en presión. Sin embargo, la aguja permanece siempre levantada el único medio de volverla a cerrar consiste en aplicar presiones diferentes en cada uno de estos extremos. Esta diferencia de presión para

volver a cerrar el inyector se crea por la pérdida de carga del inyector de llenado NPO que se opone a la presión en la cámara de control que es sensiblemente igual a la presión raíl. Cuando la presión en la cámara de control se vuelve superior a la aplicada en la tobera de la aguja, la inyección se para presión.

Figura 21

Inyección de inyector Delphi



Nota. La inyección - Rojo: Alta presión (Presión raíl) / Verde: Baja Presión / Naranja: Presión de inyección (Presión raíl - Pérdida de carga del NPO). Tomado de (Delphi, 2007)

Tabla 1

Características de inyección de un inyector Delphi

Características	DFI 1.2	DFI 1.3	DFI 1.3_1800	DFI 1.4
Presión de funcionamiento (bar)	1400	1600	1800	1800
Número de inyecciones	2	3	3 a 5	3 a 5

Nota. En la tabla anterior tiene que ponderarse en función del modo de descarga de la presión raíl.

Tomado de (Delphi, 2007)

En efecto, si los inyectores se utilizan para descargar la presión en el raíl, las válvulas serán más solicitadas que si el sistema está equipado con un HPV: en este ejemplo, las válvulas son empleadas únicamente para inyectar.

Nomenclatura de los inyectores Delphi

Según (Peugeot, 2023) “el código alfanumérico posee 20 caracteres repartidos en dos líneas (L1 y L2). Se lee de la línea superior arriba a la derecha hasta la línea inferior abajo a la derecha”.

Figura 22

Nomenclatura del inyector Delphi

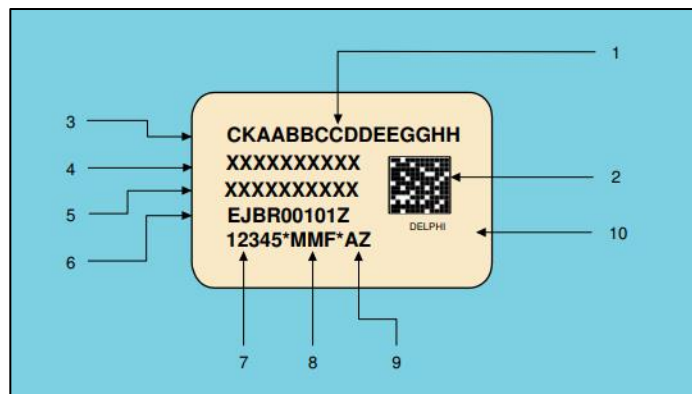


Nota. A continuación, se puede observar la descripción de la nomenclatura del inyector Delphi. Tomado de (Peugeot, 2023)

Según (Delphi, 2007) la codificación de la etiqueta es una operación compleja, ya que para optimizar este método (y limitar el tamaño de la etiqueta), se ha utilizado la resolución estrictamente necesaria. Para ello, cada coeficiente está codificado con un número de bits que le es propio.

Figura 23

Codificación del inyector Delphi



Nota. A continuación, se puede observar la descripción de la codificación de inyector Delphi 1 Etiqueta ,2 Código data matrix (Lectura fábrica), 3 Factores de corrección (C2i), 4 Referencia fabricante vehículo, 5: N.º de homologación fabricante, 6 Referencia Delphi Diesel del portainyector, 7 Número de serie cronológico ,8 Fecha y lugar de fabricación,9 Día de fabricación del portainyector, 10 Logo Delphi.

Tomado de (Delphi, 2007)

Parámetros de inyección

C2I: Corrección individual de inyector

Para (Delphi, 2007) el caudal inyectado es proporcional al tiempo de inyección (el impulso) y a la presión raíl. Las curvas de caudal en función del impulso y de la presión raíl son llamadas características del inyector. Los inyectores del sistema Common Rail son piezas de una precisión muy grande.

Son capaces de inyectar caudales que varían de 0,5 a 100 mg/cp a presiones de 150 a 1800 bar. La precisión solicitada requiere tolerancias de fabricación extremadamente bajas (algunos μm) en el diámetro de los inyectores y del juego funcional entre las

diferentes piezas en movimiento. Sin embargo, debido a las dispersiones de mecanizado, las pérdidas de carga, los frotamientos mecánicos entre las piezas en movimiento y el esfuerzo magnético varían de un inyector a otro. Por ello, se constatan dispersiones en los caudales que pueden alcanzar 5 mg/cp. Si se aplica un mismo impulso a dos inyectores, se puede obtener una diferencia de 5mg/cp.

Es imposible controlar eficazmente un motor con esta dispersión entre los inyectores, pues es necesario aplicar una corrección que permitirá inyectar la cantidad deseada de combustible cualquier que sea la característica inicial del inyector. Para ello, es necesario conocer esta característica y corregir el impulso aplicado al inyector en función de la diferencia entre esta característica y la que se utiliza en el calculador.

La característica registrada en el calculador se llama el objetivo. Corresponde a la característica media de los caudales medidos en un lote representativo de inyectores. Este objetivo se utiliza para convertir la demanda de caudal Q en impulso T. Pero, este impulso no puede ser aplicado directamente al inyector ya que las características de este último son diferentes del objetivo. Es pues necesario corregir el impulso T con ayuda de la característica propia del inyector. Esta característica se determina por una medición de los caudales para diferentes valores de presión. La C2I es una modelización de estas características.

Reajuste de la inyección piloto

Según (Peugeot, 2023) “Un desplazamiento de la inyección piloto provoca un desplazamiento de la combustión (temperatura en la cámara diferente), este desplazamiento se mide gracias al captador de ruidos”.

Esta deriva en la inyección piloto puede deberse a parámetros como:

- Desgaste (funcionamiento, etc.) del inyector.
- Cambio de las propiedades del combustible (viscosidad, etc.).
- Variaciones de las condiciones de funcionamiento (tensión batería, temperatura gasoil, etc).

Tabla 2

Soluciones para factores responsables de una diferencia de caudal respecto al caudal nominal

Factores responsables de una diferencia de caudal respecto al caudal nominal	Soluciones
Desgaste del inyector	Deriva reducida en la fuente, reajuste por el acelerómetro > 20h.
Cambio limpieza del combustible: viscosidad, módulo de elasticidad, etc.	Reajuste por el acelerómetro: 1 h (<=> 4 reajustes / inyector / llenado de carburante)
Variación de las condiciones de funcionamiento: tensión batería, temperatura del combustible, etc.	Compensación por las cartografías del calculador motor en tiempo real.

Nota. Soluciones para factores responsables de una diferencia de caudal respecto al caudal nominal.

Tomado de (Delphi, 2007)

Inicio de la inyección

De acuerdo con (Delphi, s.f.) El inicio de la inyección se produce cuando la caída de presión se generaliza en la cámara de control de la placa separador. En efecto, la diferencia de presión ejercida en los 2 polos de la aguja genera su desequilibrio. Esto último se traduce por una subida de la aguja ya que la presión a nivel de la tobera de la aguja es superior a la de la cámara de control de la placa separado.

El paso del carburante a través del orificio de alimentación de la tobera (NPO) genera una pérdida de carga que depende de la presión del raíl. Cuando la presión del raíl es máxima, (1600 bar), esta pérdida de carga sobrepasa 100 bar. La presión aplicada en el cono de la aguja, (la presión de inyección) es pues inferior a la presión del raíl.

Curva de la inyección

Control de los inyectores

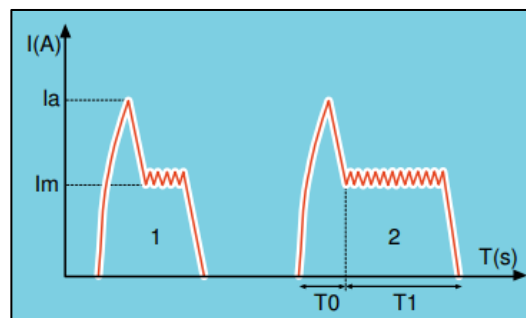
Según (Delphi, 2007) la corriente de control de la bobina recupera la forma del gráfico Impulso de inyección. La corriente discontinua permite reducir las pérdidas por efecto de julios a nivel del calculador y del inyector. La corriente de llamada (I_a) es superior a la corriente de mantenimiento (I_m) ya que en la fase de mantenimiento:

El entrehierro entre la válvula y la bobina se reduce (el valor de la carrera de la válvula, o sea aproximadamente $30\ \mu\text{m}$) por lo que la fuerza electromagnética que hay que aplicar a la válvula puede ser reducida.

No es necesario vencer la inercia de la válvula.

Figura 24

Impulso de inyección de inyector Delphi



Nota. A continuación, se puede observar el impulso de la inyección. Tomado de (Delphi, 2007)

Donde:

1: Inyección piloto

2: inyección principal

la: Corriente de llamada

Im: Corriente de mantenimiento

T0: Duración de la Corriente de llamada

T1: Duración de la Corriente de mantenimiento

Punto de drenaje

Para (Pérez & Sevilla, 2020) el paso similar al torque del tradicional punto de torque del sistema euro 2, y logra el propósito de la descarga. Si la cantidad de combustible es demasiado pequeña, el motor es débil, la velocidad es lenta, la potencia es insuficiente, el humo es demasiado grande y no se alcanza el estándar de emisión. Las juntas AH, DNH, VFK y DFK se pueden ajustar para obtener una curva de aceleración satisfactoria.

Suministro de combustible inactivo

De acuerdo con (Pérez & Sevilla, 2020) simula las condiciones de ralentí del motor, este paso debe garantizar que el combustible al ralentí esté en el rango dentro del perímetro, si la consistencia no es buena, la velocidad es inestable, es fácil de apagar y el ruido es fuerte. La mayor cantidad de combustible al ralentí causa una excesiva velocidad y humo, si es pequeña la cantidad de combustible al ralentí, el motor es fácil de apagar y no es fácil arrancar el motor o desacelerarlo.

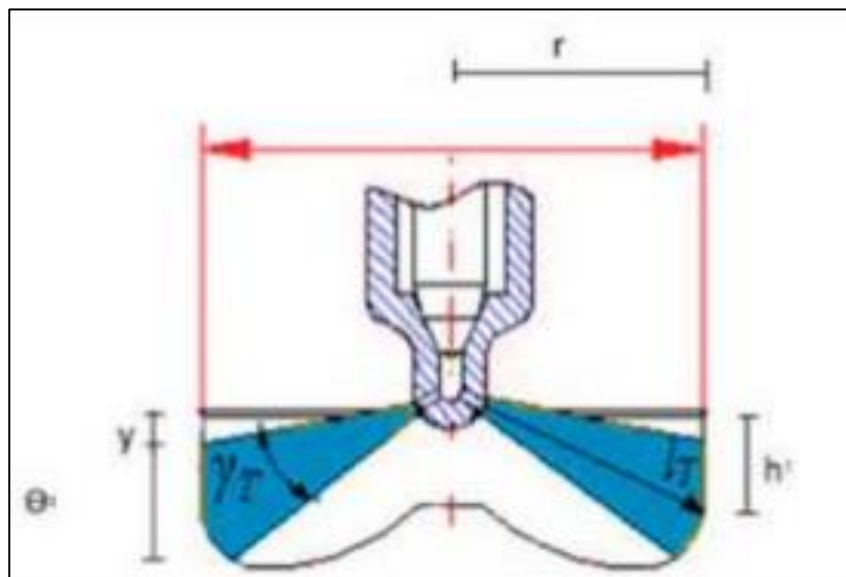
Prueba de fugas: prueba de sellado

De acuerdo con (Pérez & Sevilla, 2020) el sistema de control no dispara el inyector. La presión aumenta lentamente desde 0 bar hasta una presión máxima de 1600 bar. Al ver con los ojos, si la boquilla no gotea combustible, la carcasa del inyector no tiene fugas. El sistema mide simultáneamente el retorno de combustible estático para determinar si el anillo de sello de alta presión, la bola y el asiento están dañados o no (en este paso, si la boquilla gotea combustible, el motor emitirá humo negro, funciona de forma violenta, el volumen de retorno de combustible más grande causa dificultades, llama frecuente, límite de velocidad, unidad de medición excede el valor máximo).

Geometría de los ángulos de operación del sistema

Figura 25

Ángulo de pulverización



Nota. En la figura se puede observar cómo está constituido el ángulo de pulverización. Tomado de (Bombón & Chalco, 2017).

Nomenclatura:

$h = \text{Altura}$

$r = \text{radio del cilindro}$

$\theta = \text{diámetro del chorro}$

$\gamma_T = \text{Ángulo de dispersión}$

$Y = \text{Diferencia de alturas}$

Ángulo de disparo

$$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right)$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T = \arctan\left(\frac{\theta+y}{r}\right) - \arctan\left(\frac{y}{r}\right)$$

Síntomas de averías y diagnóstico

Según (AutoAvance, 2019) la mala filtración de combustible es un problema identificado con mucha frecuencia en los inyectores diésel que están averiados, ya que en este país el combustible es de mala calidad, y con un pobre proceso de filtración.

Los inyectores diésel trabajan con una elevada presión. Por lo tanto, cualquier tipo de contaminación el combustible causa la erosión los componentes internos del inyector, en este caso la válvula de paso del diésel lo cual causa en el motor:

- Humo en el escape excesivo.
- Problemas en el encendido.

- El motor no enciende.

El inyector con este tipo de problema debe ser reparado o reemplazado. Sin embargo, se recomienda cambiar con frecuencia el filtro de combustible, y utilizar filtros de buena calidad. Es preferible incrementar la frecuencia del cambio del filtro que proceder a cambiar un juego de inyectores.

Figura 26

Inyector averiado por contaminación de diésel



Nota. A continuación, se observa el inyector averiado por combustible contaminado. Tomado de (LeceaCol, 2018)

De acuerdo con (AutoAvance, 2019) el combustible contaminado es muy frecuente ya que dentro de los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia están: agua en el combustible diésel, partes por millón de azufre, micropartículas, almacenamiento inadecuado en estaciones de servicio.

Una de las soluciones más sencillas es que cargue combustible en sitios de confianza, no utilice combustible almacenado inadecuadamente. Evite usar aditivos que puedan causar que los sedimentos del tanque se envíen a los inyectores.

Revise el sistema de ventilación del tanque de combustible diésel. Use filtros separadores de agua y combustible de buena calidad y haga mantenimiento periódico del sistema.

Se generan fallas de tipo eléctrico del inyector cuando el voltaje de activación no es el adecuado, ya que estos inyectores usan una bobina para su trabajo de apertura. Por lo tanto, los daños de tipo eléctrico son muy frecuentes, y son identificados así:

- Inyector sin señal de activación.
- Problemas con el conector del inyector que causan desconexión intermitente.
- Bobina del inyector a masa.

Por lo tanto, una posible solución es cambiar la bobina o reemplazar el inyector completamente.

Figura 27

Bobina dañada del inyector Delphi



Nota. A continuación, se observa la bobina dañada del inyector Delphi. Tomado de (LeceaCol, 2018).

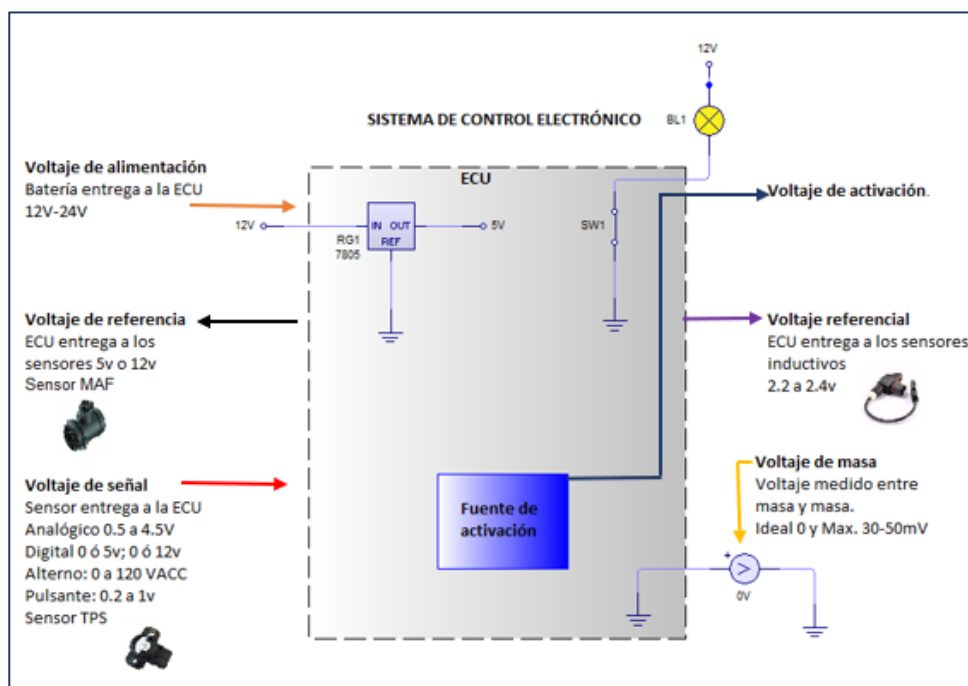
Sistema de control electrónico

Para (Passo et. al, 2017) la generación de presión y el control de inyección son independientes, la computadora central ECU controla la cantidad y el calado de inyección con un alto grado de precisión, es incluso posible múltiples inyecciones en una sola carrera de inyección, con ello garantiza una presión de inyección estable a cualquier régimen del motor”.

De acuerdo con (Andrango, 2017) el riel es un múltiple de distribución que acumula el combustible y lo envía hacia los inyectores por medio de tuberías, este riel común tiene un sensor de presión incorporado el cual envía el valor de la presión en el riel al módulo de control electrónico, el riel puede soportar una presión máxima funcionamiento de 1600 bar.

Figura 28

Sistema de control electrónico

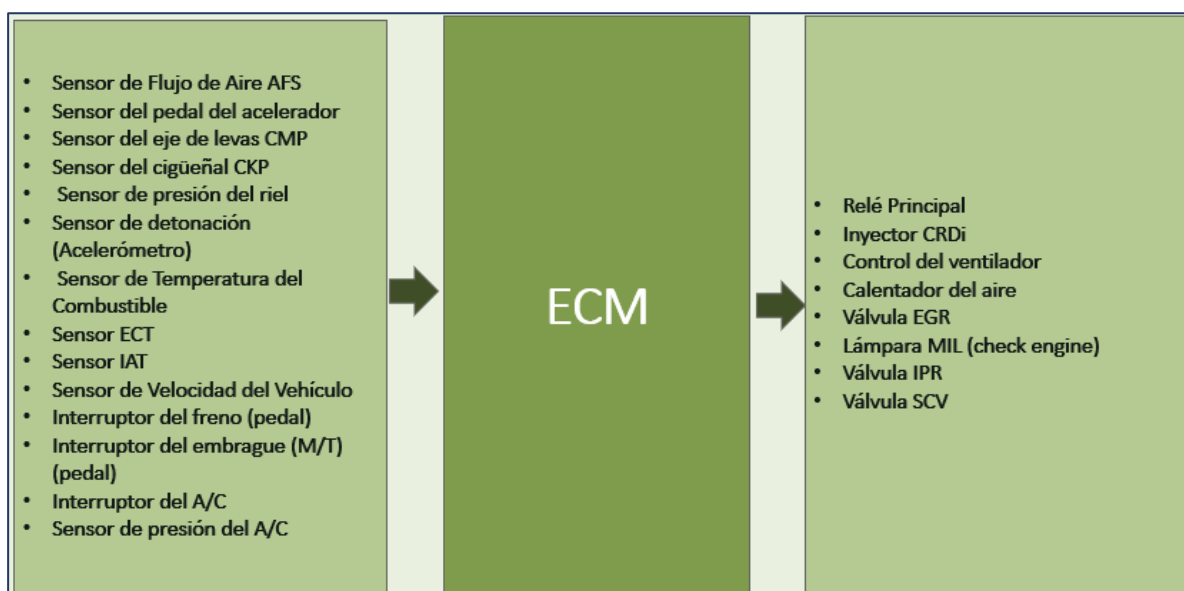


Nota. En la siguiente figura se observa el sistema de control electrónico del sistema common rail.

La unidad de control electrónica es el componente principal del sistema de inyección por lo cual este dispone alimentación a sus sistemas como los accionadores, sensores, la conducción de los accionadores y procesamiento de las señales de los mismos.

Figura 29

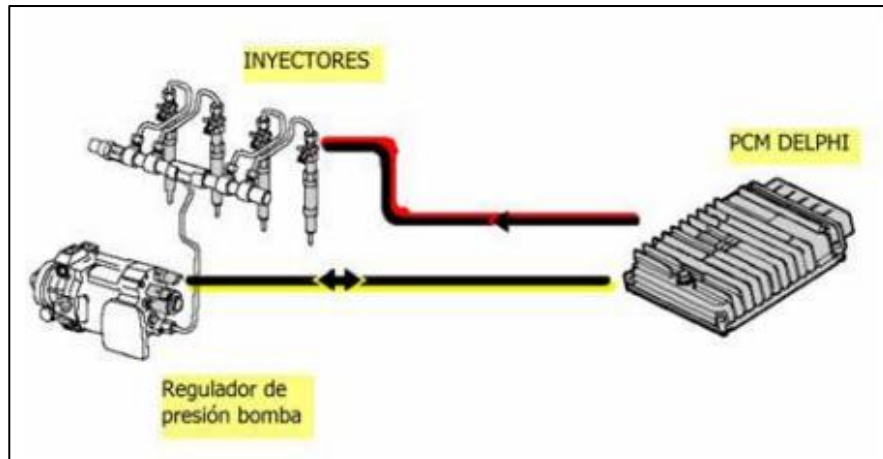
La ECM con sensores y actuadores



Nota. En la siguiente figura se observa los sensores, actuadores y demás elementos que componen la unidad electrónica.

Inyección Delphi con PCM controla directo a los inyectores.

Al actuar la PCM recibe la información completa de cada una de las señales requeridas de los sensores, la activación operara la modulación PWM sobre la válvula reguladora de presión el cual se ubica en la bomba finalmente la PCM maneja a los inyectores de acuerdo al orden de encendido del motor.

Figura 30*Inyección Delphi con PCM*

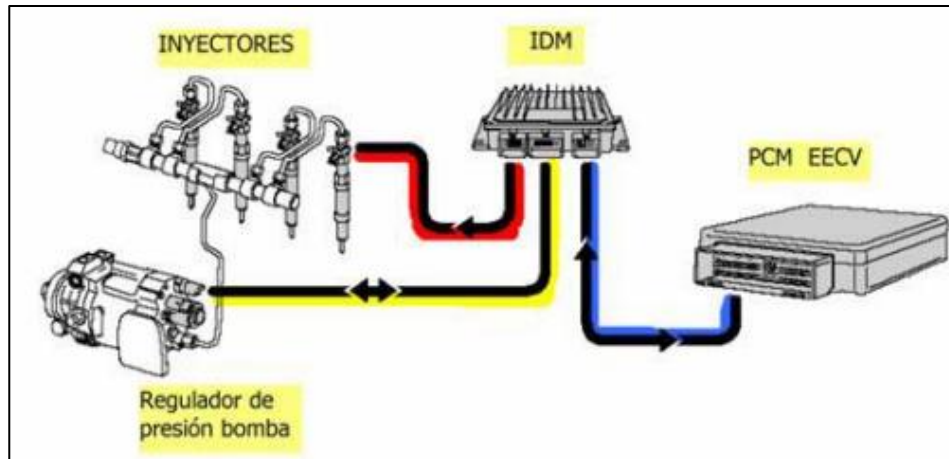
Nota. En la siguiente figura se observa la inyección Delphi con PCM. Tomado de (Bustillo, s.f.)

Inyección Delphi con IDM (Injector Drive Module) y PCM

De acuerdo (Bustillo, s.f.) con el PCM recibe todas las informaciones necesarias, para operar el motor se comunica con el IDM como se observa en la línea(azul), actúa inicialmente sobre la electro válvula de generación de presión de la bomba logrando el aumento de la presión al interior de sus cámaras. La línea de activación(amarilla) por modulación de ancho de pulso. Al unísono de activar la bomba el IDM gestiona la activación de los inyectores de acuerdo a su respectivo orden de encendido logrando de esta forma encender el motor y accionarlo para que en el motor exista la respectiva señal de un sensor para que de esta forma el PCM la compare con un valor previamente almacenado y así logre un perfecto funcionamiento.

Figura 31

Inyección Delphi con IDM y PCM.

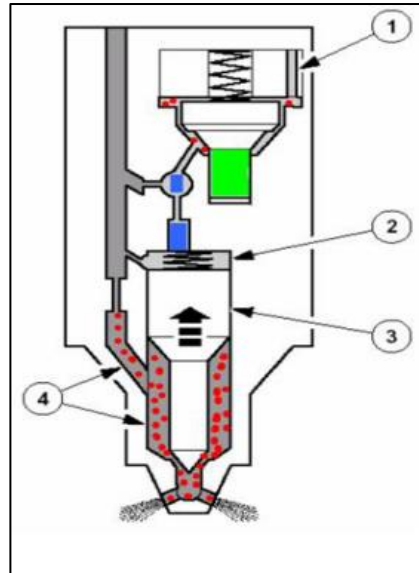


Nota. En la figura se puede observar cada componente de la inyección con IDM y PCM. Tomado de (Bustillo, s.f.)

Control electrónico de los inyectores

Los inyectores trabajan a alta presión con activación de los 0.3 ms, se encuentra regulada por el sistema de la bomba.

El inyector se encuentra abierto como se observa en la imagen existe la descarga(verde) donde existe la diferencia de presiones en la parte inferior del vástago y la cámara superior(azul), la presión permite que se accione el resorte para que la presión en la parte inferior pase hacia el vástago y el combustible se expulse por los orificios de la tobera. El inyector está abierto en el tiempo que el combustible ingresa a la cámara de combustión donde va a realizar sus funciones.

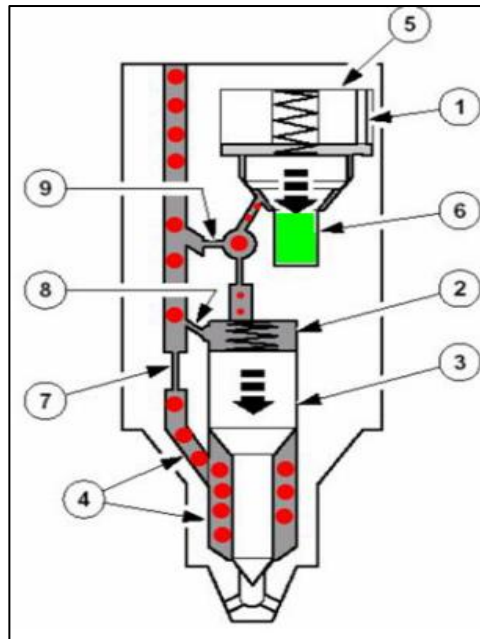
Figura 32 *inyector abierto*

Nota. En la figura se puede observar el accionamiento de un inyector abierto 1 retorno de combustible, 2 cámara de control, 3 aguja del inyector, 4 precámara del inyector, 5 solenoide, 6 aguja de válvula, 7 paso de alimentación de la precámara del inyector, 8 paso inferior de alimentación de la cámara de control, 9 paso superior de alimentación de la cámara de control. Tomado de (Bustillo, s.f.)

De acuerdo con (Bustillo, s.f.) para el cierre de los inyectores se necesita cortar el suministro de corriente que fluye hacia el inyector, de la misma forma las dos cámaras superior e inferior se encuentran en el mismo nivel de presión y sobre el vástago queda ahora la presión adicional del resorte que lo coloca en una disposición de cerrado obturando la tobera y no permitiendo la salida de combustible.

Figura 33

inyector cerrado fin de la inyección



Nota. En la figura se puede observar el accionamiento de un inyector cerrado, 1 retorno de combustible, 2 cámara de control, 3 aguja del inyector, 4 precámara del inyector, 5 solenoide, 6 aguja de válvula, 7 paso de alimentación de la precámara del inyector, 8 paso inferior de alimentación de la cámara de control, 8 paso inferior de alimentación de la cámara de control, 9 paso superior de la alimentación de la cámara de control. Tomado de (Bustillo, s.f.)

Figura de Lissajous

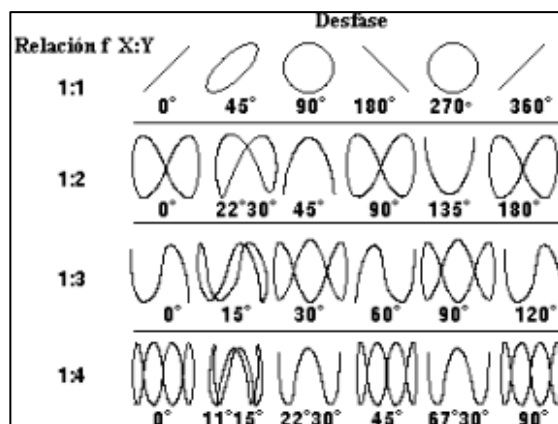
De acuerdo con (Stanley & Smith, 1992) si se alimentan dos ondas senoidales al mismo tiempo a un osciloscopio (una a la entrada vertical y la otra a la horizontal) y se ajusta al osciloscopio para trabajar en el modo X-Y, la figura resultante se llama figura de Lissajous.

Conforme la obtención de cada una de las figuras en el osciloscopio se observa la medición de frecuencia y la fase fuente, con lo cual es fundamental recatar las siguientes consideraciones con relación a las ondas sinusoidales producidas.

Las dos ondas senoidales son de la misma frecuencia y fase, la figura de Lissajous será una línea diagonal. Si las ondas senoidales son de la misma frecuencia, pero están 90° fuera, de fase, la figura será una elipse (si las amplitudes son iguales también, en lugar de la elipse se tendrá un círculo).

Figura 34

Figuras de Lissajous.



Nota. Se puede apreciar las figuras de Lissajous con la medición de frecuencia y fase fuente. Tomado de (Stanley & Smith, 1992).

Para (Cortés et. al, 2008) la figura de Lissajous es la trayectoria de un punto móvil cuyas coordenadas rectangulares (x, y) se describen por movimientos armónicos simples.

Matemáticamente se expresan de la siguiente manera:

Función paramétrica en el eje x

$$x(t) = \text{sen}(\omega_1 t + \varphi_1)$$

Donde:

ω_1 : Velocidad angular de la onda inyectada en el eje "X", (rad/s)

t: Tiempo(s)

φ_1 : Posición angular inicial de la onda del eje "x"

La ecuación en el eje "Y" se representa por la siguiente ecuación:

$$y(t) = \text{sen}(\omega_2 t + \varphi_2)$$

Donde:

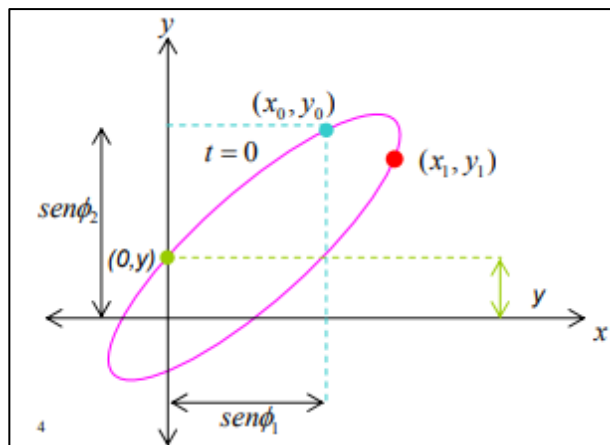
ω_2 : Velocidad angular de la onda inyectada en el eje "X", (rad/s)

t: Tiempo(s)

φ_2 : Posición angular inicial de la onda del eje "y"

Figura 35

Plano cartesiano figura de Lissajous.



Nota. Se puede apreciar la figura de Lissajous. Tomado de (Cortés et. al, 2008).

Como se muestra en la imagen en el plano cartesiano, donde el valor de $t=0$ por cual:

$$x(0) = \text{sen}(\varphi_1)$$

$$y(0) = \text{sen}(\varphi_2)$$

Analizar el corte en el eje cuando x toma el valor de 0, es decir:

$$0 = \text{sen}(\omega_1 t + \varphi_1)$$

Despejar t :

$$t = -\frac{\varphi_1}{\omega_1}$$

Al remplazar el valor en la ecuación 4:

$$y = \text{sen}\left(\omega_2\left(-\frac{\varphi_1}{\omega_1}\right) + \varphi_2\right)$$

$$y = \text{sen}\left(\varphi_2 - \varphi_1\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right)\right), \text{ por lo cual;}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1\left(\frac{\omega_2}{\omega_1}\right) = \delta$$

δ =Desfase de ondas.

Control voltaje e intensidad

De acuerdo con (Soriano, 2014) las gráficas de Lissajous mostradas en la pantalla del osciloscopio de V-I traza la tensión (V) en el eje horizontal, y la corriente (I) en el eje vertical. Diferentes tipos de componentes y dispositivos producen diferentes firmas, dependiendo del flujo de corriente, así como de los cambios de voltaje aplicados, con cuatro firmas básicas: Resistencias, condensadores, inductancias y semiconductores.

Apertura de la inyección

Según (Soriano, 2014) la inyección de carburante dura mientras el inyector se mantiene bajo tensión. La alimentación eléctrica de una electroválvula se divide en dos fases:

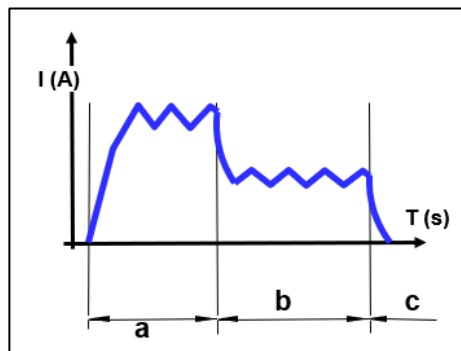
Una fase de llamada (a), 12 voltios a presión 10,5A.

Una fase de mantenimiento (b), 12 voltios con aproximadamente 5 A.

La corriente de mando es modulable por el calculador motor, en particular en función de la tensión batería. Está prohibido alimentar el inyector por otra fuente que no sea el calculador motor.

Figura 36

Corriente de mando del inyector



Nota. A continuación, se puede observar las diferentes fases como son: (a) Fase de llamada ;(b) Fase de mantenimiento; (c) Fin de mando. Tomado de (Peugeot, 2023).

Activación y cierre del inyector inductivo Delphi

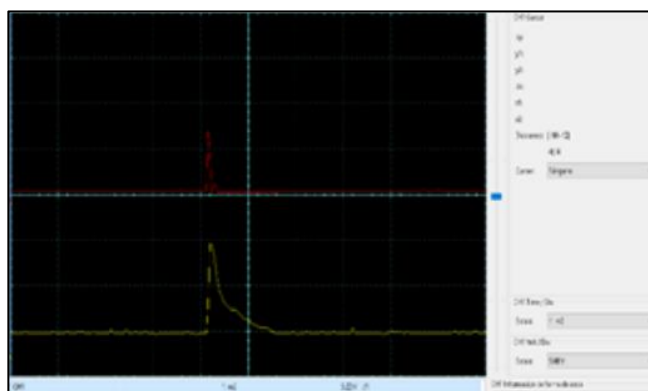
Según (Paso et. al, 2019) el tiempo de apertura oscila entre los 0.15 y 1,5 milisegundos con voltajes de 12 V y corrientes de 20 A son parámetros característicos para activar los inyectores Delphi se realizó pruebas a (200, 700, 1000) Bar de presión. Los tiempos de cierre son de 124 ms

y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, mientras que los tiempos de apertura oscilan entre (0,16 a 1) milisegundos, la parte electrónica es independiente de la presión de prueba.

Se tiene el mínimo caudal de inyección a presión de 200 bar y el mayor caudal de retorno en modo máx. con 10 ml a 1000 Bar y es igual al retorno a 1000 Bar de 10 ml en función main, la relación entre caudal de inyección y retorno es de 2 a 1 la presión es directamente proporcional al caudal de inyección. Se puede observar en la tabla 2 que los tiempos de cierre son de 124 ms y permanece constante en cada una de las pruebas realizadas, el mayor caudal de inyección es 16 ml a 1000 Bar con 1 ms de apertura.

Figura 37

Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función pilot.



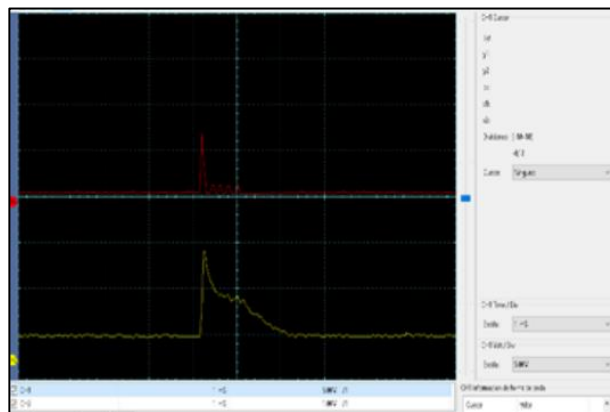
Nota. A continuación, se observa la curva de corriente y voltaje para inyector Delphi. Tomado de (Paso et al, 2019)

Para (Paso et. al, 2019) los inyectores fueron probados arrojando en el análisis una variación de la presión establecida con la presión de prueba por el efecto de apertura de la válvula del inyector donde el manómetro de alta no mantuvo constante la presión de trabajo en el acumulador de alta, el valor más alto de caudal de inyección y retorno se encuentra en la prueba

de régimen de giro a distintas presiones de trabajo y un ciclo de trabajo del 10% al 30% con caudales de inyección y retorno variables, los valores se tabuló en una tabla por cada prueba que se realizó, el caudal de inyección y retorno son directamente proporcionales al ciclo de trabajo y tiene una relación de 2-3 a 1 en cada presión de prueba, el tiempo que se realizó el ensayo es de 8 seg con revoluciones de motor de 3000 rpm para este ejemplo.

Figura 38

Curva de corriente y voltaje para inyector Delphi VQ5CB56B99 a 960 RPM y función main.



Nota. A continuación, se observa la curva de corriente y voltaje para inyector Delphi a 960 RPM. Tomado de (Paso et. al, 2019)

De acuerdo con (Paso et. al, 2019) el inyector Delphi tiene un voltaje de activación de 12V y una corriente de 8 A corroborados en función del catálogo de cada uno de los inyectores realizados el mantenimiento.

Capítulo III

Protocolo de verificación, mantenimiento, pruebas y puesta a punto de inyectores Delphi

Levantamiento de requerimientos

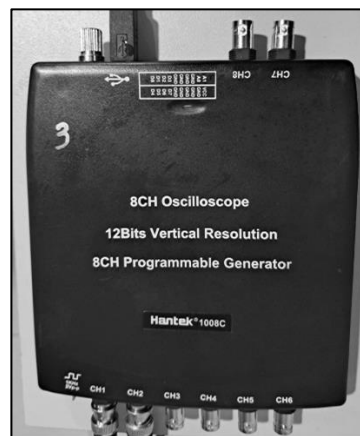
Seguidamente, se realiza un enfoque en todos los equipos, software y herramientas necesarios para el diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI de igual forma se describirá cada uno de ellos.

Osciloscopio Hantek 1008c

El osciloscopio Hantek 1008c un equipo muy importante para la medición de señales en componentes, por medio de un computador y un software en tiempo real se da a conocer el voltaje, frecuencia, amplitud y RMS con diferentes señales que se pueden medir al mismo tiempo ajustando cada una de las escalas, se diagnóstica fallos por medio de este equipo cuenta con ocho canales, y la entrada al computador.

Figura 39

Osciloscopio Hantek



Nota. En la siguiente figura se observa el osciloscopio Hantek.

Tabla 3*Especificaciones técnicas del osciloscopio Hantek 1008c*

	Descripción	1008c Hantek
Vertical	Canales	8
	Frecuencia de muestro	2.4MSa/s
	Resolución	12bits
	Sensibilidad de entrada	10mV / div a 5V / div
	Entrada de acoplamiento	DC
Horizontal	Profundidad de memoria	4K
	Max. Entrada	400V (DC + AC Peak)
	Frecuencia de muestreo en tiempo real	2.4MSa / s
	Rango de la base de tiempo	1ns / div a 20000s / div (1-2-5 secuencias)
	Base de tiempo de precisión	+/- 50ppm
Desencadenar	Fuente	CH1. CH2. CH3. CH4. CH5. CH6. CH7. CH8.
	Modo	Borde
Cursores y medidas	Medición de voltaje	Vpp, Vamp, Vmax, Vmin, Vtop, Vmid, Vbase, Vavg, Vrms, Vcrms, Preshoot, Overshoot
	Frecuencia de medición de tiempo	Periodo, Tiempo de subida, Tiempo de caída, Ancho positivo, Ancho negativo, Ciclo de trabajo.
	Medición cursores	Medición cursores

Nota. En la siguiente tabla se visualiza las características que posee Hantek. Tomado de (Hantek, 2023)

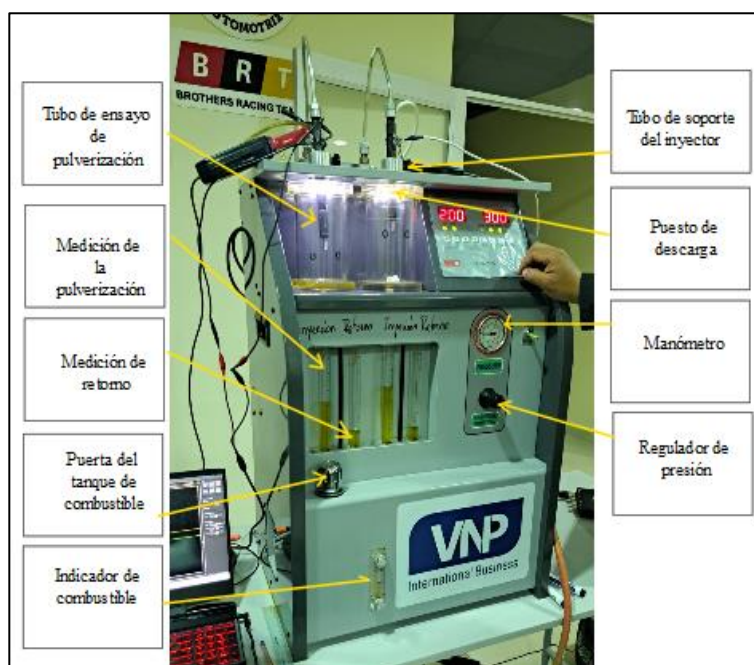
Banco de pruebas tester CRDI V-3500 VNP

El siguiente banco de pruebas nos permiten conocer el estado eléctrico y mecánico de los inyectores de las diferentes marcas, Delphi en especial contiene una pantalla con elementos como STRK que nos permite determinar el tiempo, número de inyecciones y la presión en la que trabaja el inyector.

Los valores obtenidos nos permitirán analizar el estado de cada uno de ellos de igual forma cuenta con contadores digitales. Como se observa en la imagen cuenta con tubos de ensayo para determinar los ensayos en los que se realizara la pulverización y control tanto de control e inyección.

Figura 40

Banco de pruebas tester CRDI V - 3500VNP



Nota. En la siguiente figura se observa los componentes del banco de pruebas tester CRDI V-3500 VNP.

Tabla 4

Especificaciones técnicas del banco de pruebas tester CRDI V - 3500VNP

Categoría	Especificaciones
Modelo	MT 300
Tipo de control	Regulador de aire + digital
CPU	18.4 MHz
Entrada	AC 220, MAX 200W

Categoría	Especificaciones
Salida	DC 0-12V, MAX 200W
Corriente de funcionamiento	13A / MAX 30A por canal Para operación multicanal: MAX 25A
Entrada de presión	8 bar
Salida de presión máximo	800 bar
Temperatura	50 – 40°C
Fusible	110V 2A
Peso	55 kg

Nota. En la siguiente tabla se visualiza las características técnicas que posee el banco de pruebas tester CRDI V – 3500 VNP. Tomado de (Robayo & Sarabia, 2018).

Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400

El banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP-2400 permite realizar el test y compone de una base de datos para pruebas para inyectores de diferentes marcas, como estanqueidad, plena carga, emisiones, ralentí, preinyección y también de bombas. Con la finalidad de diagnosticar fallos existentes en el inyector y demás, cuenta con una pantalla para el fácil manejo y acceso para cada una de las funciones.

Figura 41

Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400



Nota. En la siguiente figura se observa el banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400.

Tabla 5

Características del banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP - 2400

Características	Especificaciones
Inyección y entrega	Medición sensible con informe gráfico.
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta del inyector en el instante de la prueba.
Emparejamiento	Controlando la carrera y cancelación en tiempo disponible
Sistema de control	Controlado por ordenador. Uso fácil Con el teclado o el ratón puede mandar un banco de pruebas
Rango de pruebas	La capacidad de prueba es entre 200-2000 bar y (3000 es intervalo de tiempo)
Control de temperatura	La temperatura requerida puede ajustarse con tolerancia.
Control de transmisión	Control de velocidad montado en el motor de AC.
Sensor control	DRV (tipo 507) control

Nota. En la siguiente tabla se observa las características que posee el banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400. Tomado de (ADS, 2023).

Multímetro

El multímetro automotriz es un instrumento que nos permite realizar mediciones en elementos con sistema eléctrico como la resistencia, tensión, corriente, etc.

Figura 42*Multímetro automotriz*

Nota. En la siguiente figura se observa el multímetro automotriz Proskit.

Tabla 6

Especificaciones técnicas del multímetro automotriz Proskit.

Categoría	Especificaciones
Voltaje AC	6/60600V +/- (0.8%+10d), 750V.
Voltaje DC	60m/6/60/600V +/- (0.5%+4d). 1000V +/- (10%+10d)
Corriente AC	600u/6000uA/60mA/600mA +/- (1.5%+10d), 6/10A +/- (2.0%+15d)
Corriente CC	600u/6000uA/60mA/600mA +/- (1.0%+10d), 6/10A +/- (1.2%+10d)
Resistencia	600Ohm – 60MOhm
Frecuencia	100Hz – 30Mhz
Capacidad	40nF – 200uF
Temperatura	-20°C a 1000°C

Nota. En la siguiente tabla se definen las especificaciones técnicas del multímetro automotriz Proskit.

Tomado de: (Mercatron, 2023).

Pinza amperimétrica OTC

La pinza amperimétrica automotriz es una herramienta que nos permite medir la corriente mediante sondas obtiene valores para luego ser analizados.

Esta herramienta trabaja con la medición indirecta de la corriente que facilita su uso, ya que no es necesario abrir un circuito para realizar la medición por contrario mediante un campo magnético ocasionado por la corriente lleva a cabo los requerimientos de uso.

Figura 43

Pinza amperimétrica OTC



Nota. En la siguiente figura se observa la pinza amperimétrica automotriz OTC.

Tabla 7

Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica

Categoría	Especificaciones
Voltaje CA	0 a 750V.
Corriente CA	0 a 1200A.
Voltaje DC	0 a 1000V.
Voltaje CC	0 a 1200A

Nota. En la siguiente tabla se definen las especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica automotriz.

Tomado de: (Gonzaga & Rodríguez, 2023).

Compresor MZB

Figura 44

Compresor MZB



Nota. En la siguiente figura se observa el compresor MZB.

Tabla 8

Especificaciones técnicas del compresor MZB

Categoría	Especificaciones
Presión	155 psi
Voltaje	110 V
Potencia	3 HP/ 20.7
Amperios	1050 RPM / 60HZ
Tanque Horizontal Capacidad	70 L

Nota. En la siguiente tabla se definen las especificaciones técnicas del compresor MZB. Tomado de:
(MZB, 2023).

Probador de resistencia de aislamiento

El comprobador de aislamiento es un equipo con un uso muy amplio en la rama de la electrónica, cuenta con un rango automático, detiene los datos y las lecturas exactas.

Figura 45

Probador de resistencia de aislamiento



Nota. En la siguiente figura se observa el probador de resistencia de aislamiento. (Xipron, 2023)

Tabla 9

Especificaciones del probador de resistencia de aislamiento.

Categoría	Especificaciones
Salida de voltaje	1000V
Rango máximo	5 GΩ
Voltaje CA	30-750 V

Nota. En la siguiente tabla se definen las especificaciones técnicas del probador de resistencia de aislamiento. Tomado de: (Xipron, 2023)

Comparador de carátula

Este instrumento tiene la función principal de corroborar las tolerancias geométricas tanto de planitud, ovalamiento y conicidad.

Figura 46

Comparador de carátula



Nota. En la siguiente figura se observa el comparador de carátula

Tabla 10

Especificaciones del comparador de carátula





Categoría	Especificaciones
Carrera	1" /25 con vástago de 3/8"
Resolución	.0005" /0.01mm

Nota. En la siguiente tabla se definen las especificaciones técnicas del comparador de carátula. Tomado de: (Tols, 2023).

Tabla 11

Herramientas

Nombre	Descripción	imagen
Mordaza para sujetar inyectores	Sirve como soporte para desarmar y armar inyectores de diferentes marcas.	
Entenalla	Sirve para sujetar elementos como son las bases inyectores	
Palanca de fuerza	Sirve para multiplicar la fuerza y aflojar tuercas o pernos	
Copas mando de media	Son herramientas que sirven para aflojar tuercas o pernos con cabeza hexagonal en diferentes medidas	

Nombre	Descripción	imagen
Pinzas	Tiene un propósito específico de poder manipular elementos micrométricos.	
Bandeja metálica	Sirve para colocar elementos desarmados y realizar limpieza	
Llaves mixtas	Se utiliza para aflojar y ajustar tuercas o pernos de una medida específica.	
Torquímetro	Sirve para dar un apriete con una determinada fuerza	

Nota. En la siguiente tabla se definen las herramientas para el desarmado y armado de los inyectores Delphi.

Especificaciones del sistema e inyección DELPHI

Los inyectores CRDI presentan una precisión alta, tiene como función principal inyectar el combustible requerido en la cámara de combustión como es el caso de los inyectores CRDI Delphi en cada uno de los cilindros del motor.

Inyector CRDI Delphi R03701D

Figura 47

Inyector CRDI Delphi R03701D



Nota. En la siguiente figura se observa el inyector CRDI Delphi R03701D

El inyector Delphi tiene una mayor eficiencia, con el objetivo de dar solución a problemas que presentan beneficios de coincidencia y semejanza.

Tabla 12

Características y aplicación inyector CRDI Delphi R03701D.

Marca Automóviles	Hyundai Kia
Modelo	Terracán Carnival Gran Carnival Sedona
Motor	2.9 CRDI
BHP	150
Cilindros	4
Normas de emisión	Euro II Euro III
Bomba	9044A072A
Tobera	L097PRD
Marca Automóviles	Hyundai Kia
Modelo	Terracán Carnival
Motor	2.9 CRDI
BHP	150
Cilindros	4
Normas de emisión	Euro II
Bomba	9044A072A
Tobera	L097PRD

Nota. A continuación, se observa las características del inyector CRDI Delphi R03701D. (Delphi, diesel.ad.ua, 2014).

Inyector CRDI Delphi R04601D**Figura 48***Inyector CRDI Delphi R04601D*

Nota. En la siguiente figura se observa inyector CRDI Delphi R04601D.

A continuación, se presenta las especificaciones del sistema e inyección DELPHI CRDI.

Tabla 13

Características y aplicación inyector CRDI Delphi R04601D.

Marca Automóviles	SsangYong
Modelo	Korando
	Rexton
	Stavic
	Rodius
Motor	2.7 XDi
BHP	150
Cilindros	5
Normas de emisión	Euro III
Bomba	9044A072A
Tobera	L097PRD

Nota. A continuación, se observa las características del inyector CRDI Delphi R04601D. (Delphi, 2014).

Recomendaciones de manipulación de los inyectores

En el manual (Delphi, 2006) cuando se trabaja en el inyector, cumple las condiciones de limpieza y seguridad estipuladas en el manual. Se realiza un diagnóstico completo del inyector antes de desmontar piezas internas o externas.

Se recomienda encarecidamente comprobar el inyector en el banco de pruebas para determinar la causa de la avería.

Los componentes del inyector deben volver a montarse bajo condiciones de limpieza extrema (la suciedad residual puede dañar los inyectores tras su montaje).

Se lava y seca de antemano las piezas reutilizadas. Antes de volver a montarlas, las piezas se lubrica con lubricante ISO 4113.

Durante el montaje, las piezas se guardan en un área limpia sin suciedad metálica, fibrosa o de otros tipos.

Todas las piezas que se vayan a reutilizar se inspeccionan visualmente en cuanto a su estado general.

Sólo se utiliza las herramientas de desmontaje y montaje recomendadas por Delphi.

Las juntas se sustituyen sistemáticamente cada vez que se desmonten estas piezas.

Se debe trabajar en un entorno totalmente limpio, ya que este tipo de inyectores posee elementos muy pequeños que inclusive pueden llegar a confundirse sus elementos con residuos de polvo.

Al momento de manipular un inyector Delhi se debe tener mucho cuidado, ya que este tipo de inyectores son un tanto delicados al momento de su manipulación, para lo cual se debe utilizar toda la herramienta adecuada para su posterior desarmado.

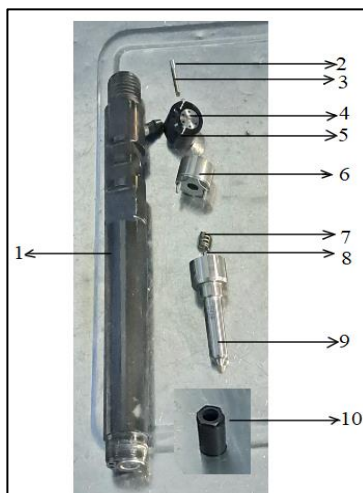
Cuando se va a desarmar un inyector Delphi se debe tener muy en cuenta que éste consta de elementos muy pequeños, pero que tienen una aplicación muy específica dentro del inyector y si se llega a perder uno de estos componentes el inyector deja de funcionar correctamente.

Una vez que se va a armar se debe poner cada elemento en su posición indicada y a que previamente se debió haber hecho la limpieza correspondiente, y se deben poner todos los torques de acuerdo con el manual del fabricante ya que estos si no tienen el apriete de torque indicado pueden quedar fugando combustible en el caso que se quede muy flojo o se puede tender a romper la tuerca del inyector si se da un apriete demasiado excesivo.

Despiece y nomenclatura del inyector DELPHI

Figura 49

Despiece del inyector CRDI Delphi R03701D.



Nota. A continuación, se observa el despiece del inyector CRDI Delphi R03701D.

Tabla 14

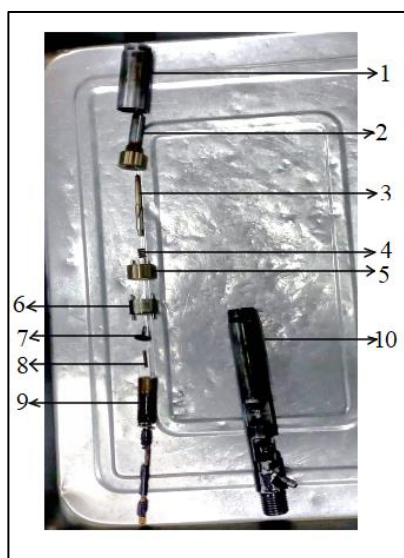
Partes del inyector CRDI Delphi R03701D.

Número	Parte
1	Cuerpo
2	Pin de preinyección
3	Resorte de compensación
4	Sello
5	Válvula
6	Disco intermedio
7	Resorte de tobera
8	Aguja
9	Tobera
10	Porta tobera

Nota. A continuación, se enlista las partes del inyector CRDI Delphi R03701D.

Figura 50

Despiece del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan



Nota. A continuación, se observa el despiece del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan.

Tabla 15

Nomenclatura del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan

Número	Parte
1	Porta tobera
2	Tobera
3	Ajuga de tobera
4	Resorte de la tobera
5	Válvula de la tobera
6	Válvula
7	Sello de la válvula
8	Resorte
9	Bobina
10	Cuerpo del inyector

Nota. A continuación, se enlista las partes del inyector CRDI Delphi R03701D-Terracan

Inyector CRDI Delphi R04601D

Figura 51

Despiece del inyector CRDI Delphi R04601D



Nota. A continuación, se observa el despiece del inyector CRDI Delphi R04601D

Tabla 16*Nomenclatura del inyector CRDI Delphi R04601D*

Número	Parte
1	Tobera
2	Porta tobera
3	Cuerpo del inyector
4	Sello de válvula
5	Válvula
6	Resorte de tobera
7	Pin de compensación


Nota. A continuación, se observa el despiece del inyector CRDI Delphi R04601D






Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector




Para el proceso de desarmado, verificación se utiliza la siguiente metodología por lo cual se menciona en las tablas siguientes.

Desarmado del inyector CRDI Delphi R03701D

Tabla 17*Desarmado del inyector CRDI Delphi R03701D.*

Orden	Procedimiento	Figura
1.	Colocar el inyector en un soporte para proceder con el desarmado.	

Orden	Procedimiento	Figura
2.	Mediante una copa número 14, aflojar la porta tobera seguidamente despiezar con la mano.	
3.	Retirar la porta tobera, y colocar en un lugar seguro.	
4.	Con mucho cuidado retirar el resorte de compensación.	
5.	Retirar la válvula en conjunto se va a encontrar el sello.	
6.	Extraer el disco intermedio.	


Orden	Procedimiento	Figura
7.	Retirar el resorte de tobera.	
8.	Sustraer la aguja, esta se encuentra en el interior de la tobera.	
9.	Dar un pequeño golpe para retirar el pin de calibración/preinyección.	





Nota. A continuación, se observa el proceso del despiece del inyector CRDI Delphi R03701D.




Desarmado del inyector CRDI Delphi R04601D

Tabla 18

Desarmado del inyector CRDI Delphi R04601D

Orden	Procedimiento	Figura
1.	Colocar el inyector en un soporte para proceder con el desarmado.	

Orden	Procedimiento	Figura
2.	Mediante una copa número 14, desajustar la porta tobera seguidamente despiezar con la mano.	 A close-up photograph showing a person's hands using a yellow-handled tool to adjust a nozzle on a machine. The nozzle is mounted on a metal base, and the person is using the tool to turn a screw or nut on the nozzle assembly.
3.	Retirar la porta tobera, y colocar en un lugar seguro.	 A close-up photograph showing a person's hands holding a nozzle assembly over a metal tray. The person is using their fingers to carefully remove the nozzle assembly from the machine.
4.	Retirar la tobera.	 A close-up photograph showing a person's hands holding a small, cylindrical nozzle tip. The person is using their fingers to carefully remove the nozzle tip from the nozzle assembly.
5.	Retirar el pin, que une con el cuerpo del inyector.	 A close-up photograph showing a person's hands holding a pin and nozzle assembly. The person is using their fingers to carefully remove the pin from the nozzle assembly.




Orden	Procedimiento	Figura
6.	Retirar el resorte de tobera, cabe recalcar que en estos inyectores la tobera se encuentra dentro.	
7.	Retirar la válvula que conjuntamente se encuentra el sello.	
8.	Finalmente, el cuerpo del inyector	




Nota. A continuación, se observa el proceso del despiece del inyector CRDI Delphi R04601D.

Armado del inyector CRDI Delphi R03701D

Tabla 19

Armado del inyector CRDI Delphi R03701D.

Orden	Procedimiento	Figura
1.	Una vez que se han limpiado todos los componentes internos del inyector se procede al respectivo ensamblaje.	
2.	Primero se coloca la bobina en la posición en la que se sacó, seguido de eso colocar el resorte de válvula dentro de la bobina, cabe recalcar que éste no tiene una posición indicada.	
3.	Luego se pone la válvula de mando dentro del conjunto de válvula verificando que este quede completamente holgado y no tenga ningún tipo de obstrucción, así como también se verifica que estén las guías en perfecto estado.	




Orden	Procedimiento	Figura
4.	Seguido de esto colocar la segunda válvula que corresponde a la bobina verificando de igual manera que este tenga sus guías y colocándole en la posición adecuada según el manual. Seguido de esto se coloca el resorte del inyector.	
5.	Para el montaje de la tobera se verifica que la aguja esté completamente suave al entrar y al salir de la tobera ya que si no está de esta manera se procede al reemplazo de esta.	
6.	Finalmente se coloca la tuerca del inyector con la mano hasta donde dé el pulso para luego con la herramienta especial sellar el ensamble torquímetro se da un apriete de 45 Nm y se procede a la comprobación en el banco de pruebas.	




Nota. A continuación, se observa el proceso de armado del inyector CRDI Delphi R03701D.

Armado del inyector CRDI Delphi R04601D

Tabla 20

Armado del inyector CRDI Delphi R04601D.

Orden	Procedimiento	Figura
1.	Una vez ya realizada la limpieza de todos los componentes internos del inyector se procede al respectivo ensamblaje.	
2.	Primero se procede a colocar la bobina en la posición en la que se desmonta, seguido de eso colocar el pasador de calibración, en este apartado se debe tomar muy en cuenta que se puede calibrar con este pasador para aumentar o disminuir la cantidad de combustible que entrega el inyector, luego se coloca el resorte de válvula dentro de la bobina cabe recalcar que no tiene una posición indicada.	
3.	Luego se coloca la válvula de mando dentro del conjunto de válvula verificando que este quede completamente holgado y no tenga ningún tipo de obstrucción, así como también se verifica que estén las guías en perfecto estado.	

Orden	Procedimiento	Figura
4.	<p>Seguido de esto colocar la segunda válvula que corresponde en la tobera verificando de igual manera que este tenga sus guías y colocándole en la posición adecuada según el manual.</p> <p>Seguido de esto sí coloca el resorte del inyector que no tiene una posición indicada.</p>	
5.	<p>Para el montaje de la tobera se verifica que la aguja de la tobera se encuentre completamente suave al entrar y al salir de la tobera ya que si no está de esta manera se reemplaza el mismo.</p> <p>Siempre que se realiza este montaje se debe armar con combustible de esa manera se logra que el ensamble en todo momento tenga lubricación.</p>	
6.	<p>Para finalizar se coloca la tuerca del inyector con la mano y una vez que está esté apretada se procede a dar el torque para sellar el ensamble según el manual del fabricante un torque de 50 Nm y posterior la comprobación en el banco de pruebas.</p>	

Nota. A continuación, se observa el proceso de armado del inyector CRDI Delphi R04601D.

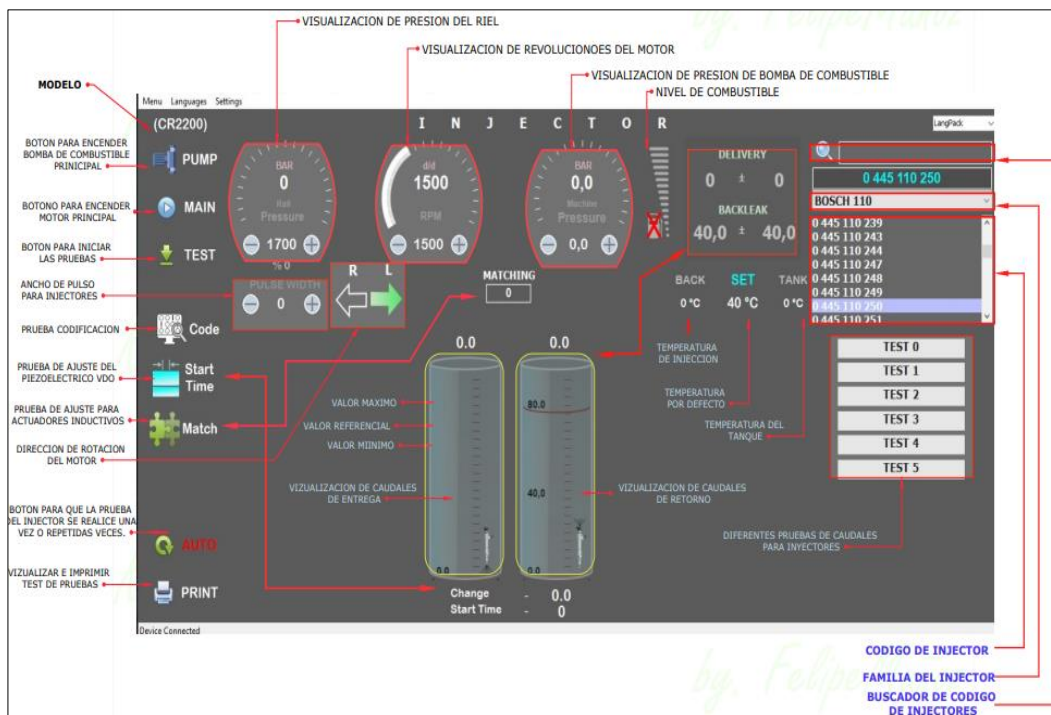
Puesta en el banco de pruebas KOMTEST

Para colocar el inyector en el banco tener todos los implementos y los conectores que esto requiere, una vez que el inyector se instala en el banco se procede a buscar el código del inyector en la base de datos del banco para que estos nos arrojen los caudales en el que debe trabajar normalmente cada tipo de inyector.

A continuación, se detalla la interfaz gráfica de manejo del banco de pruebas y representación cada uno de sus parámetros:

Figura 52




Descripción de la interfaz gráfica del banco de pruebas KOMTEST



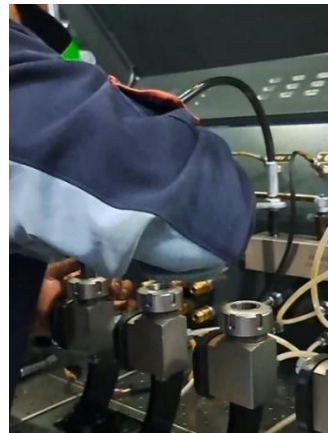



Nota. A continuación, se observa las partes de la interfaz gráfica del banco de pruebas KOMTEST. Tomado de (KOMTEST, s.f.).

Tabla 21

Puesta en el banco de pruebas del inyector CRDI Delphi.

Orden.	Procedimiento	Figura
1.	<p>Para poner el inyector en el banco Komtest se debe tener previamente todos los acoples y conectores que sean utilizados para el inyector Delphi.</p>	
2.	<p>Una vez encendido el banco de pruebas se debe esperar hasta que el banco llegue a la temperatura de funcionamiento, caso contrario el banco no realiza ninguna prueba.</p>	
3.	<p>Se coloca el inyector de forma vertical en una mordaza luego se hace calzar la parte de la tobera en una cámara donde recepta todo el caudal de combustible la misma que toca apretar con una llave especial para que no haya ningún tipo de fuga al momento de que se realice la inyección y pulverización del combustible.</p>	

Nombre	Descripción	Imagen
4.	Se coloca el retorno del inyector en esta ocasión como es un inyector Delphi tiene en la parte superior dónde se coloca con el acople.	
5.	Luego se coloca el conector que es especial para cada inyector, es el encargado de emitir la señal a la bobina para que se active.	
6.	Como norma de seguridad se debe tener la tapa del banco Komtest cerrada, caso contrario el banco no realiza ninguna prueba	

Orden.	Procedimiento	Figura
7.	Para poner en funcionamiento el inyector el banco brinda un programa en el cual se puede designar la nomenclatura del inyector para así poder realizar la recepción de los diferentes caudales en las diferentes pruebas como son plena carga, retorno, ralenti y preinyección	

Nota. A continuación, se observa la puesta en el banco de pruebas del inyector CRDI Delphi.

Verificación y control de inyectores

Para la verificación y control de los inyectores se debe realizar pruebas para constatar su funcionamiento.

Para (Alonso, 2001) la comprobación de inyectores se debe realizar en intervalos de mantenimiento prescritos o cuando se detecte un anormal funcionamiento en los mismos. Los síntomas típicos del mal funcionamiento de los inyectores son las emisiones de humos negros por el escape, la falta de potencia del motor, calentamiento excesivo, además de un aumento del consumo de combustibles y ruido de golpeteo.

El sistema maneja múltiples inyecciones, cantidades mínimas de combustible inyectadas en la primera fase de la inyección en la combustión de cada cilindro, con la finalidad de mitigar el comportamiento de combustión aguda del motor diesel y obtener un control preciso en el rendimiento más suave e inclusive una respuesta más rápida del motor.

La finalidad no se basa tan solo en reducir el ruido provocado por la combustión, sino también minimizar las emisiones contaminantes (NOx) a la atmósfera, mejorar la eficiencia del motor cuando entrega la cantidad adecuada de combustible lo cual mejora la economía del combustible.

La siguiente inyección se da igual forma mínima a la primera inyección por lo que lo hace más precisa con un rango ideal de descarga del combustible con partículas más pequeñas.

Requisitos de pruebas

Verificación de la estanqueidad

Según (Castro, 2000) “consiste en apreciar hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente pequeños a la presión de funcionamiento. Se procede de la siguiente manera se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro. Cuando este valor es de entre 20 a 15 atm. menor que el valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta.” Caso contrario de no ocurrir lo mencionado falta estanqueidad.

La estanqueidad es fundamental por lo cual debe existir un perfecto funcionamiento y ajuste de la aguja en el asiento, para ello se tiene la opción de realizar un rectificado con mucha precisión y el buen uso de la pasta de esmeril.

De acuerdo con (Alonso, 2001) un defecto de estanqueidad implica el desmontaje y limpieza del inyector, principalmente la superficie donde se asienta la aguja. Si con esta operación no se corrige el goteo, deberá sustituirse la tobera.

Mediante el banco de pruebas KOMTEST, las siguientes pruebas de caudales de los inyectores CRDI Delphi por el test de estanqueidad.

Verificación de entrega de combustible

De acuerdo con (Morales, 2015) se verifica netamente los flujos de trabajo del inyector, si los resultados del flujo de un inyector reparado o usado son estimados como fuera de especificación cuando se comparan con un resultado de test de un inyector nuevo, entonces, las entregas de combustible pueden ser alteradas cambiando los calces de calibración (calibration shim) el cual se asienta entre el solenoide y el cuerpo del inyector. Cambiando el calce del resorte del solenoide afecta a la entrega de combustible, así como al tiempo de respuesta, reduciendo o incrementando la tensión en la válvula de solenoide levantar la válvula.

Prueba de fugas: prueba de sellado

La prueba de fugas por medio de un banco de inyectores, se determina si el inyector se encuentra en buenas condiciones también visualizar si no existe goteo de combustible caso contrario existirá daños en el anillo del sello de alta presión, el asiento.

Tabla 22

Tabla de caudales del inyector CRDI Delphi en el banco de pruebas KOMTEST

PRESS	RPM	PULSE	NORMAL	±	1.INJEC	2.INJEC	3.INJEC	4.INJEC
BAR	d/d	uS	mm ³ /H	mm ³ /H	mm ³ /H	mm ³ /H	mm ³ /H	mm ³ /H
1500	1500	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
			15,0	15,0	2,9	0,0	0,0	0,0
1400	1000	1000	66,4	6	62,6	0,0	0,0	0,0
			30,0	22,0	29,1	0,0	0,0	0,0
1200	1100	800	51,5	5,0	47,8	0,0	0,0	0,0
			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	1150	430	5,8	2,8	5,1	0,0	0,0	0,0
			6,0	5,0	4,8	0,0	0,0	0,0

PRESS	RPM	PULSE	NORMAL	±	1.INJEC	2.INJEC	3.INJEC	4.INJEC
BAR	d/d	uS	mm^3/H	mm^3/H	mm^3/H	mm^3/H	mm^3/H	mm^3/H
800	1600	200	2,5	1,8	4,0	0,0	0,0	0,0
			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
900	1100	700	41,6	4,0	37,9	0,0	0,0	0,0
			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota. A continuación, tabula las pruebas de caudales del inyector CRDI Delphi.

Análisis de resultados

Análisis de pruebas en función de la presión

Una vez que el inyector se monta en el banco de pruebas va a trabajar a diferentes presiones como son:

TEST 0: Estanqueidad

Con esta prueba se visualiza al inyector darle una presión de 1500 Bar no exista fuga de diésel, ya sea por la tobera o por la tuerca de la tobera. De existir alguna fuga por cualquier parte del inyector se procede a la revisión de este para corregir esa fuga, ya que si se queda con esta fuga el motor no va a trabajar correctamente.

TEST 1: Plena carga

Con una presión de 1400 Bar a mil revoluciones por minutos, el inyector deberá dar un caudal aproximado de $30 mm^3/H$ con una tolerancia mínima de $\pm 6 mm^3/H$, en este caso la prueba da $29,1 mm^3/H$ indica los parámetros normales. Si no se encuentra dentro de los rangos mencionados ya sea con muy poco caudal o un excesivo caudal de entrega el motor va a ganar o perder potencia, lo cual significa un deterioro prematuro en las piezas internas del motor.

TEST 2: Emisiones

En esta prueba se genera una presión de 1200 Bar a 1100 RPM el inyector tiene el caudal aproximado de $51.5 \text{ mm}^3/\text{H}$ con una tolerancia mínima de $\pm 5 \text{ mm}^3/\text{H}$, que en este caso de la prueba da $47.8 \text{ mm}^3/\text{H}$ que indica que se encuentra dentro de los parámetros normales. En esta prueba se verifica que el motor no presente una excesiva generación de gases contaminantes que puedan perjudicar el medio ambiente y por ende no pasar por los entes reguladores de opacidad.

TEST 3: Ralentí

En esta prueba la presión es de 250 Bar a 1150 RPM el inyector debe dar un caudal aproximado de $5.8 \text{ mm}^3/\text{H}$ con una tolerancia mínima de $\pm 2.8 \text{ mm}^3/\text{H}$, quién en este caso de la prueba da $5,1 \text{ mm}^3/\text{H}$ que indica que se encuentra de los parámetros normales. En el caso de no estar funcionando correctamente en esta prueba el motor presentará anomalías en bajas revoluciones.

TEST 4: Preinyección

La presión en la prueba de preinyección es de 800 Bar a 1600 RPM el inyector debe dar un caudal aproximado de $2.5 \text{ mm}^3/\text{H}$ con una tolerancia mínima de $1.8 \text{ mm}^3/\text{H}$, que en este caso de la prueba da $4 \text{ mm}^3/\text{H}$ que indica que se encuentra dentro los parámetros normales. Cabe recalcar que esta es una de las pruebas más importantes ya que si nos da una preinyección muy alta o baja se tendrá que proceder a la calibración del inyector.

TEST 5: Emisiones

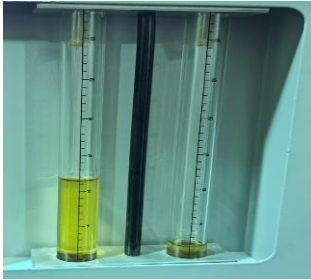
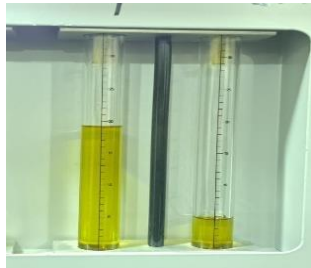
En la prueba de emisiones la presión de 900 Bar a 1100 RPM el inyector debe dar un caudal aproximado de $41.6 \text{ mm}^3/\text{H}$ con una tolerancia mínima de $\pm 4 \text{ mm}^3/\text{H}$, que en este caso de la prueba da $37.9 \text{ mm}^3/\text{H}$ que indica que se encuentra dentro de los parámetros normales. En esta prueba se

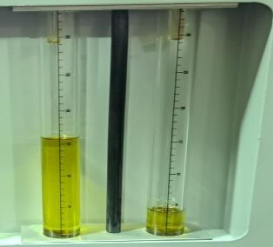
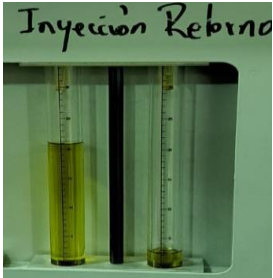

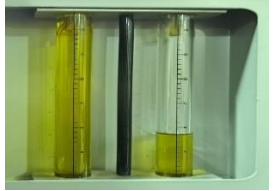
verifica que el motor no presente una excesiva generación de gases contaminantes que puedan perjudicar el medio ambiente y por ende no pasar por los entes reguladores de opacidad.

Análisis y comparación de caudales de inyección y retorno del Inyector CRDI Delphi R03701D

Tabla 23

Caudal de inyección y retorno del inyector CRDI Delphi R03701D obtenido a 500 bar variando el número de strk y tiempo de activación.

Inyector CRDI Delphi R03701D						
Número de STRK	Tiempo de inyección	500 bar				Imagen
		Caudal de retorno	Caudal de Inyección	Voltaje de activación	Corriente de activación	
		mm ³	mm ³	V	A	
300	1	2	11	20,4	30,2	
300	1,5	4	16	20,4	29,9	

Número de STRK	Tiempo de inyección	Caudal de retorno	Caudal de Inyección	Voltaje de activación	Corriente de activación	Imagen
300	2	5	19	20,4	29,7	
500	1	2	21	20,4	30,5	
500	1,5	7	26	20,4	29,9	
500	2	8	33	20,4	21,2	

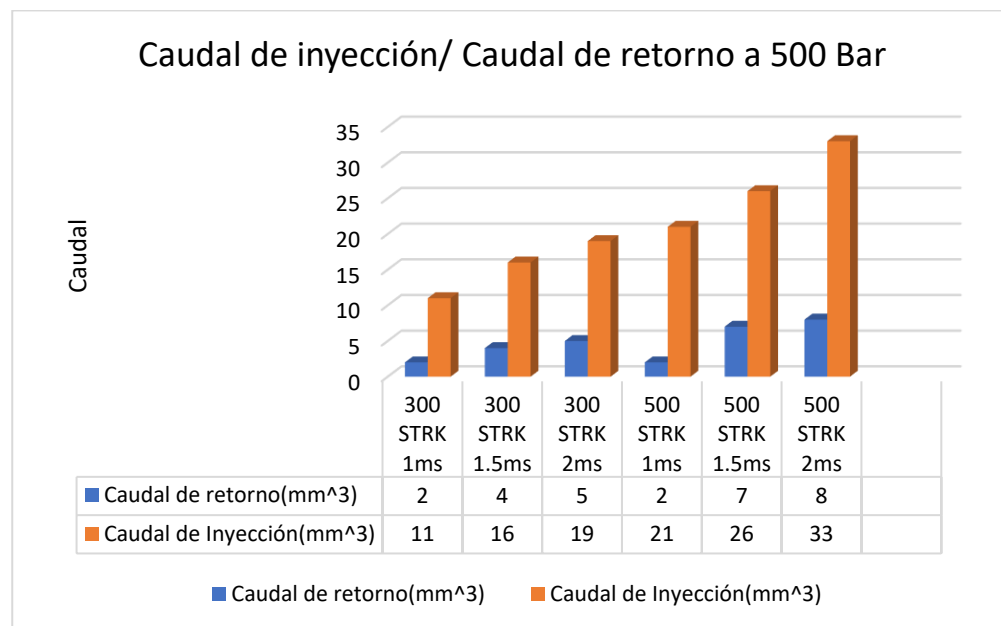
Nota. A continuación, se observa los valores obtenidos en las pruebas realizadas para el caudal de inyección y retorno en el inyector CRDI Delphi R03701D.

Los valores representan los valores de medición obtenidos al realizar las pruebas a 500 bar, con la finalidad de obtener el caudal de inyección y caudal de retorno que están directamente recíprocas con el tiempo de inyección y el número STRK, de tal manera el combustible inyectado en el cilindro está directamente vinculada con los parámetros ya mencionados.

El voltaje de activación del inyector se da a 20,4 voltios para el número STRK de 300 y 500 manteniéndose constante en cada una de las pruebas, la corriente de activación del inyector disminuye (30.2, 29.9, 29.7) A, a medida que aumenta el tiempo de inyección con un número STRK de 300 y la siguiente de activación de igual manera (30.5, 29.9, 21.5) Amperios.

Figura 53

Pruebas del inyector CRDI Delphi R03701D de 500 bar con números (300,500) SRTK y los caudales de inyección y caudal de retorno, además el voltaje de activación.



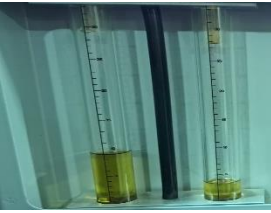

Nota. A continuación, se observa gráficamente pruebas de caudal de inyección y retorno en el inyector CRDI Delphi R03701D.

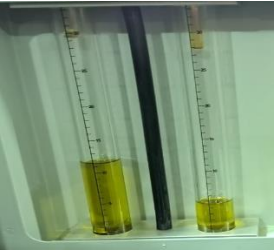
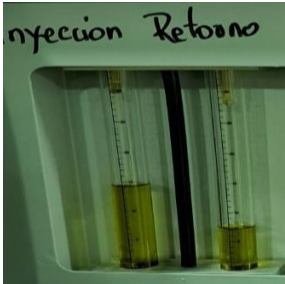


Se muestra que cuando aumenta el tiempo de inyección el caudal aumenta considerablemente en 2 mm^3 al igual que el caudal de inyección aumenta considerablemente 4 mm^3 . Con un número máximo de STRK de 500 se obtuvo un caudal de retorno de 8 mm^3 y caudal de inyección 33 mm^3 .

Análisis y comparación de caudales de inyección y retorno del Inyector CRDI Delphi R04601D

Tabla 24

Caudal de inyección y retorno del inyector CRDI Delphi R04601D obtenido a 500 bar variando el número de strk y tiempo de activación.

Inyector CRDI Delphi R04601D						
500 bar						
Número de STRK	Tiempo de inyección	Caudal de retorno	Caudal de Inyección	Voltaje de activación	Corriente de activación	Imagen
	ms	mm^3	mm^3	V	A	
300	1	3	9	20	3,42	
300	1,5	5	11	20	3,42	

Número de STRK	Tiempo de inyección	Caudal de retorno	Caudal de Inyección	Voltaje de activación	Corriente de activación	Imagen
300	2	5	15	20	3,42	
500	1	7	14	20	3,52	
500	1,5	8	18	20	3,52	
500	2	11	25	20	3,61	

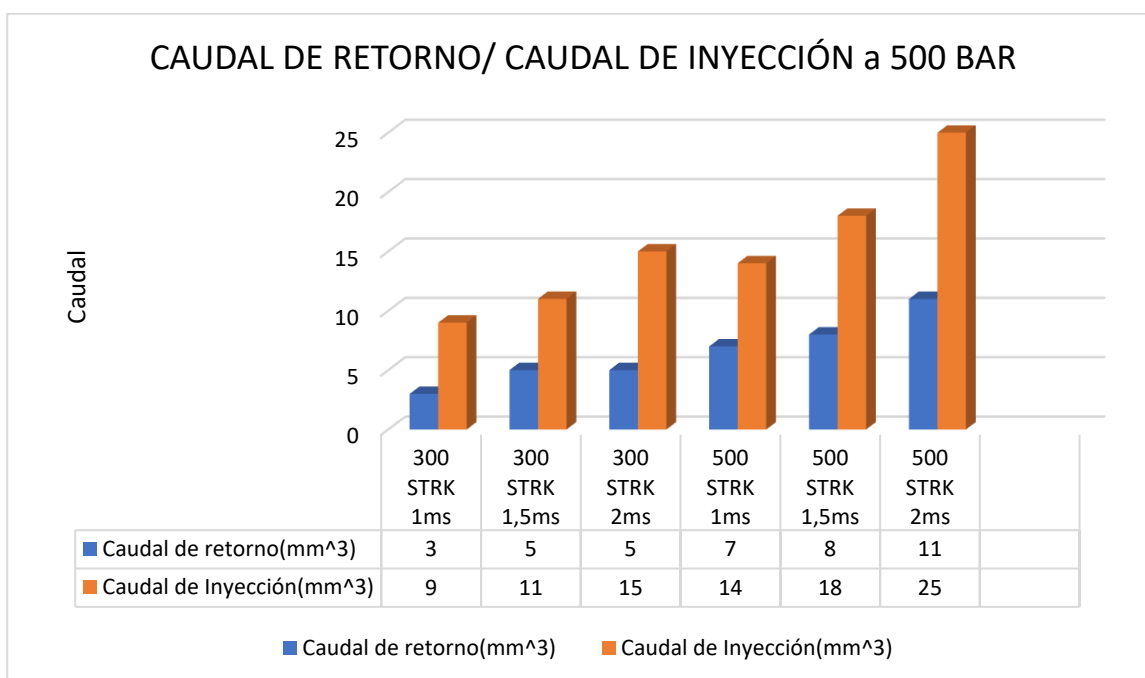
Nota. A continuación, se observa los valores obtenidos en las pruebas realizadas para el caudal de inyección y retorno en el inyector CRDI Delphi R04601D.

La tabla 23 muestra los valores obtenidos en las pruebas realizadas en el inyector a 500 bar como es el tiempo de inyección 1; 1,5; 2 ms y en directa proporcionalidad con el número de strk 300 y 500 respectivamente, con un tiempo de disparo de 0,0243 ms que es mínimo con un número STRK de 300 y 500, de igual manera se obtuvo un valor máximo de disparo de 0,031 ms.

También un voltaje de activación de 20 V, en las diferentes pruebas con el número STRK de 300 y 500, la corriente de activación del inyector en base al número STRK y al tiempo de inyección aumenta 3.42, 3.52, 3.61 A respectivamente.

Figura 54

Pruebas del inyector CRDI Delphi R04601D de 500 bar con números (300,500) SRTK, los caudales de retorno y caudales de inyección además el voltaje de activación.



Nota. A continuación, se observa gráficamente pruebas de caudal de inyección y retorno en el inyector CRDI Delphi R04601D.

La figura 54 muestra que existe un caudal de retorno de de 3 a 5 mm³ con un número STRK de 300 a diferencia del número STRK 500 que van en una escala creciente a medida que aumenta el tiempo de inyección.

Con respecto al caudal de inyección con un número STRK de 300 y el tiempo de inyección el mismo aumenta en condiciones mínimas de 2 a 3 mm³ de igual manera con el número STRK 500 el caudal crece 14,18 y 25 mm³ respectivamente en relación al aumento del tiempo de inyección.

Tabla 25

Resultados del test inyector EJBR03701D

Resultados del test inyector EJBR03701D				
Paso de test	Presión (Mpa)	Ancho de pulso(μs)	BIP (μs)	Valor de referencia (mm³/H)
Warm Up	120	1010	0	0 ₊₀
LEAK TEST	145	0	0	35 _{±35}
VL	135	810	0	65 _{±7,2}
VL	135	810	0	30 _{±18,6}
TL	80	505	0	3,2 _{±4,2}
LL	25	430	0	4,2 _{±1,8}
VE	80	300	0	2,2 _{±1,6}

Nota. Se observa los resultados del banco de pruebas correspondiente al inyector R03701D

Tabla 26

Resultados del test inyector EJBR04601D

Resultados del test inyector EJBR04601D				
Paso de test	Presión (Mpa)	Ancho de pulso(μ s)	BIP (μ s)	Valor de referencia (mm^3/H)
Warm Up	120	1210	0	0 \pm 0
LEAK TEST	145	0	0	35 \pm 35
VL	160	1010	0	57,6 \pm 5,8
VL	160	1010	0	27,5 \pm 22,6
TL	120	904	0	46 \pm 4,6
LL	23	1010	0	13,3 \pm 6,7
VE	120	304	0	5,3 \pm 2,7

Nota. Se observa los resultados del banco de pruebas correspondiente al inyector R04601D

LEAK TEST

En esta prueba el inyector recibe una presión indicada en donde no inyecta ningún tipo de caudal se realiza la prueba visual la cual indica si existe algún tipo de fuga ya sea por la tobera o por la tuerca del inyector. En el caso de existir fugas se realiza al cambio ya sea de la tuerca o de la tobera.

VL

En esta prueba el inyector se encuentra en plena carga, no indica el máximo caudal que el inyector puede entregar y si el inyector no se encuentra dentro de los parámetros que indica el banco se procede a revisar las demás pruebas para poder realizar la calibración respectiva.

VL

En este mismo apartado el inyector realiza la prueba de retorno hoy y de igual manera hoy si el retorno se encuentra dentro de los parámetros normales se procede a la revisión del inyector, cabe recalcar que si el retorno es excesivo el inyector no se encuentra en condiciones de funcionamiento se recomienda sustituir el inyector por uno nuevo.

EM

En la prueba de emisiones el inyector debe estar dentro de los parámetros normales si sobrepasa estos valores el motor puede generar demasiada contaminación lo cual perjudica al medio ambiente y por ende en la revisión de este motor no pasa la prueba de opacidad.

LL

En la prueba de ralentí indica cómo el inyector trabaja como una baja presión y a bajas revoluciones.

VE

En la prueba de preinyección es una de las más importantes, con esta prueba se puede saber si el inyector es apto para calibración.

Comparación de las tablas

En la tabla 24 de resultados del test inyector EJBR03701D se observa los valores obtenidos en la prueba de fugas (LEAK TEST) una presión 145Mpa el cual el valor de referencia de $35\pm 35 \text{ mm}^3/H$ con una temperatura del banco a presión de 120Mpa y un ancho de pulso 1010 μs .

La Tabla 25 muestra el resultado de la prueba de fugas (LEAK TEST) que cuenta con una presión de 145Mpa con un valor de referencia de $35\pm 35 \text{ mm}^3/H$, en comparación al inyector EJBR03701D los valores obtenidos tanto en presión y valor de referencia son los mismos debido a que trabajan en los mismos parámetros de funcionamiento, pero el ancho de pulso con respecto a la temperatura del banco es de 1210 μs y una presión de 120Mpa.

Para que se puedan realizar las diferentes pruebas en el banco, este debe llegar a una temperatura de operación.

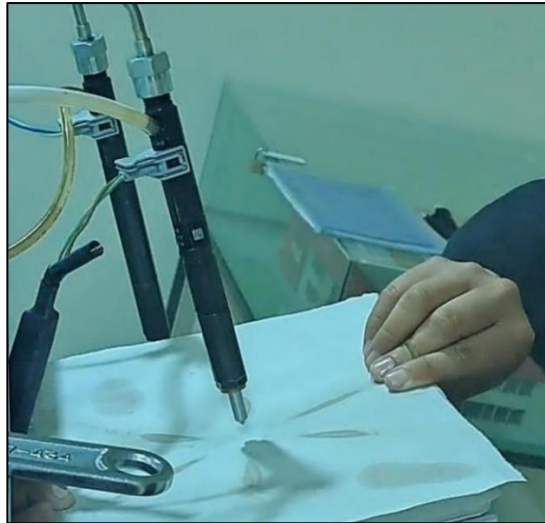
Verificación de la pulverización y dirección del chorro

Según (Castro, 2000) cuando se desconecta el manómetro de la bomba de pruebas el valor de la presión no tiene interés para esta prueba, pero se debe accionar la palanca de la bomba de una manera breve y enérgica aproximadamente 2 veces por segundo.

Estos inyectores al ser inductivos tienen un cierto periodo de pulverización a diferentes presiones, para lo cual es necesario colocarlo en un banco de pruebas en donde este banco genera el número de impulsos que deberá dar hacia el inyector y éste a su vez se activa generando la entrega de combustible, por dónde se logra ver hacia dónde está dirigida la dirección del chorro y si está pulverizando correctamente de manera tal que se pueda dar un diagnóstico para su posterior desarmado.

Figura 55

Pulverización del inyector CRDI Delphi



Nota. A continuación, se observa la pulverización la dirección de chorro de un inyector Delphi.

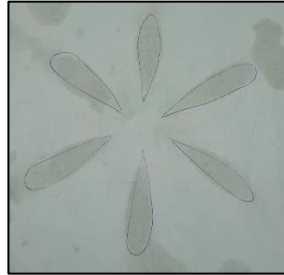
Ángulo de pulverización

Inyector EJBR03701D

Este inyector al momento de visualizar su pulverización se pudo evidenciar que posee 6 agujeros que tienen los siguientes ángulos de dispersión.

Figura 56

Número de agujeros del inyector



Nota- A continuación, se observa la cantidad de agujeros que tiene la tobera del inyector.

$$\varphi = \frac{360}{6} = 60$$

Figura 57

Ángulos que posee el inyector



Nota. A continuación, se observa los diferentes datos de pulverización para poder encontrar sus ángulos.

Datos:

$$h = 1 \text{ cm}$$

$$r = 4.6 \text{ cm}$$

$$\theta = 1.1 \text{ cm}$$

$$Y = 0.2 \text{ cm}$$

Ángulo de disparo

$$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right) = \arctan\left(\frac{1}{4.6}\right) = 12.26$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T = \arctan\left(\frac{\theta + y}{r}\right) - \arctan\left(\frac{y}{r}\right)$$

$$\gamma_T = \arctan\left(\frac{1.1 + 0.2}{4.6}\right) - \arctan\left(\frac{1}{4.6}\right)$$

$$\gamma_T = 3.52$$

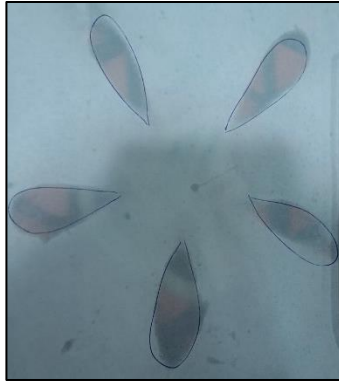
Inyector EJBR04601D

Este inyector al momento de visualizar su pulverización se pudo evidenciar que posee 5 agujeros que tienen los siguientes ángulos de dispersión.

$$\varphi = \frac{360}{5} = 72$$

Figura 58

Número de agujeros del inyector



Nota. A continuación, se observa la cantidad de agujeros que tiene la tobera del inyector.

Figura 59

Ángulos que posee el inyector



Nota. A continuación, se observa los diferentes datos de pulverización para poder encontrar sus ángulos.

Datos:

$$h = 0.9 \text{ cm}$$

$$r = 4.6 \text{ cm}$$

$$\theta = 1 \text{ cm}$$

$$Y = 0.1cm$$

Ángulo de disparo

$$\alpha = \arctan\left(\frac{h}{r}\right) = \arctan\left(\frac{0.9}{4.6}\right) = 11.07$$

Ángulo de dispersión

$$\gamma_T = \arctan\left(\frac{\theta + y}{r}\right) - \arctan\left(\frac{y}{r}\right)$$

$$\gamma_T = \arctan\left(\frac{1 + 0.1}{4.6}\right) - \arctan\left(\frac{0.9}{4.6}\right)$$

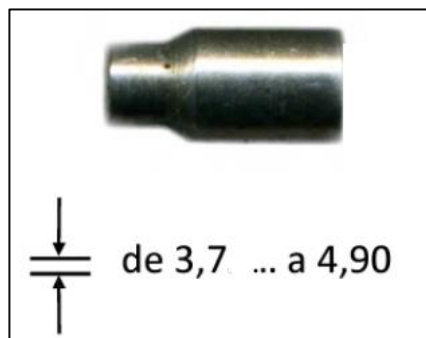
$$\gamma_T = 2.38$$

Calibración de inyector delphi

Las medidas para la calibración del pin oscilan entre 3.7mm a 4.90mm.

Figura 60

Pin de calibración del inyector Delphi



Nota. Calibración pin del inyector Delphi. Tomado de: (Radsa, 2023)

Para la calibración se va a utilizar un micrómetro con el que se va a tomar la medida del micro pin que posee este inyector en el interior de la bobina, de este pin dependerá la entrega de caudal. Por lo general en él desarmado se debe medir este pin en el caso que se llegue a perder, para poner uno de la misma medida y que no altere la entrega de combustible del inyector.

Por lo general este micro pin oscila sus valores entre 3,7 mm a 3,90mm si la calibración no se da dentro de este rango de valores, se procede a realizar otra verificación de los demás elementos del inyector para determinar el motivo de la falla.

Dado el resultado obtenido tenemos el valor de 3.726mm se encuentra dentro de los valores de calibración correspondientes al inyector Delphi.

Figura 61

Medición de micro pin con micrómetro digital



Nota. A continuación, se observa la medición de micro pin con micrómetro digital.

Análisis de las pruebas eléctricas del inyector

Para las pruebas se debe disponer de un multímetro el cual se mide la capacitancia del inyector dónde se realiza algunas pruebas en donde debe dar un rango de entre 0.09 y 0.37 Uf para que el inyector esté funcionando correctamente.

Figura 62

Medición de la capacitancia del inyector



Nota. A continuación, se observa la medición de la capacitancia del inyector

Otra de las pruebas que se realiza al inyector es una prueba de aislamiento en dónde se verifica que la bobina no esté en cortocircuito ya que este al poseer su bobina internamente dentro del cuerpo del inyector tiende a dañarse y por ende al estar en contacto directo con el cabezote el inyector si la bobina está en corto circuito el cuerpo del inyector realiza la masa con el motor.

Figura 63

Medición de voltaje del inyector



Nota. A continuación, se observa la medición del voltaje del inyector.

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector

Figura 64

Nomenclatura oscilograma de voltaje y corriente del inyector



Nota. A continuación, se observa la nomenclatura del oscilograma de voltaje y corriente del inyector.

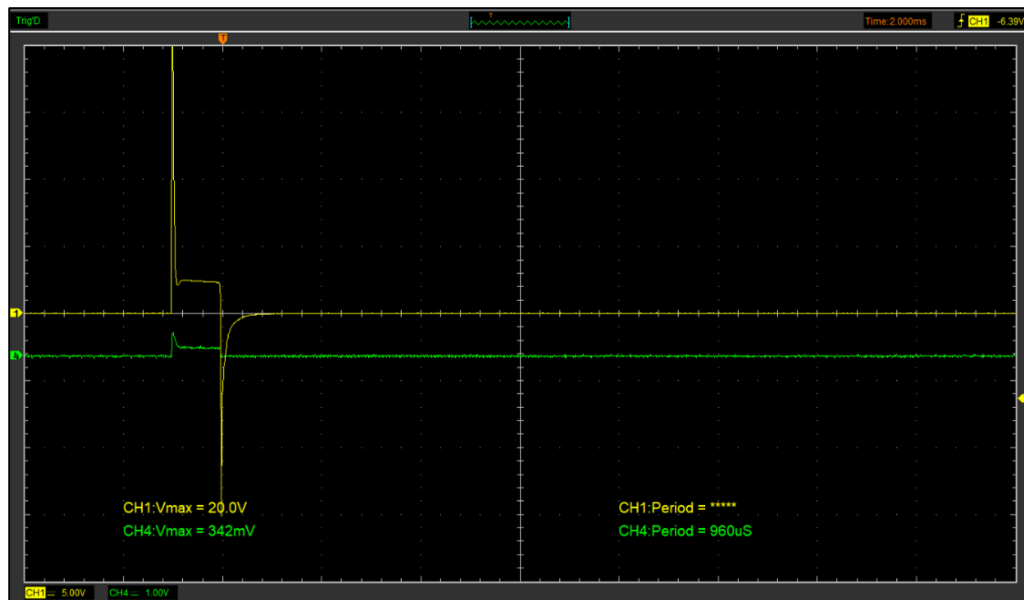
En la figura 64 la nomenclatura para cada una de las letras son las siguientes, (a) es el voltaje de activación, (b) es el voltaje de retención descarga, (c) tiempo de retención, (d) calibración de tiempo en el osciloscopio, (f) calibración del osciloscopio 5V, (g) representa el tiempo de inyección(disparo).

Oscilograma de voltaje y corriente del inyector CRDI Delphi R04601D

Oscilograma con un tiempo 1ms con un número 300 STRK a 500 Bar

Figura 65

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 300 STRK a 500 Bar



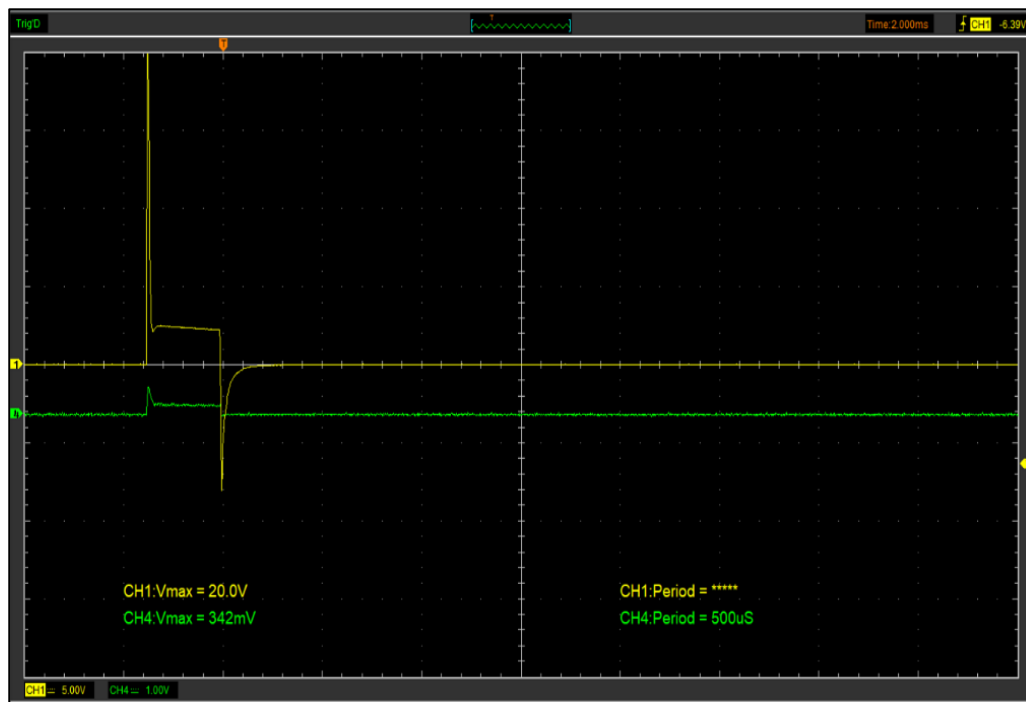
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1ms con un número 300 STRK a 500 Bar.

En la figura el valor de voltaje de activación es de 20V, este valor de voltaje se mantiene, aunque se cambien las escalas de medición en el osciloscopio y con un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 1ms.

Oscilograma con un tiempo 1.5 ms con un número 300 STRK a 500 Bar

Figura 66

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 300 STRK a 500 Bar



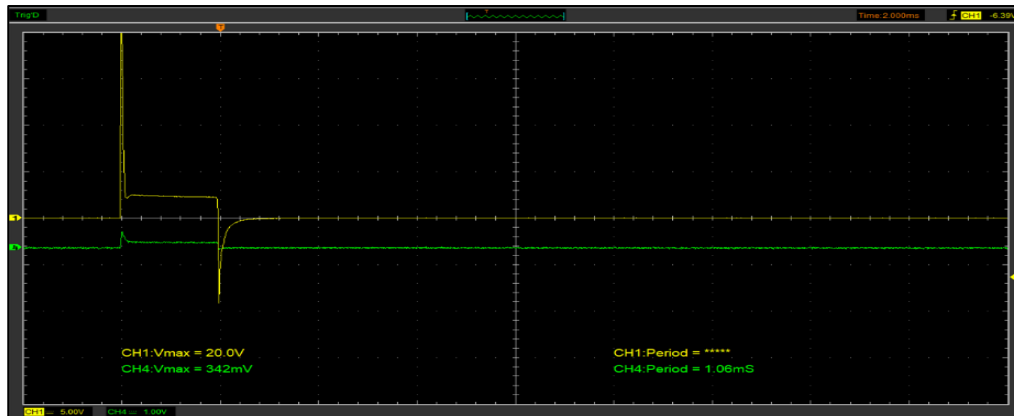
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1.5 ms con un número 300 STRK a 500 Bar.

En la figura 66 el valor de voltaje de activación es de 20V, el valor de voltaje se mantiene si se desea cambiar de escalas y con un voltaje de retención de 2,3 V además con un tiempo de retención de 500uS.

Oscilograma con un tiempo 2ms con un número 300 STRK a 500 Bar

Figura 67

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 300 STRK a 500 Bar



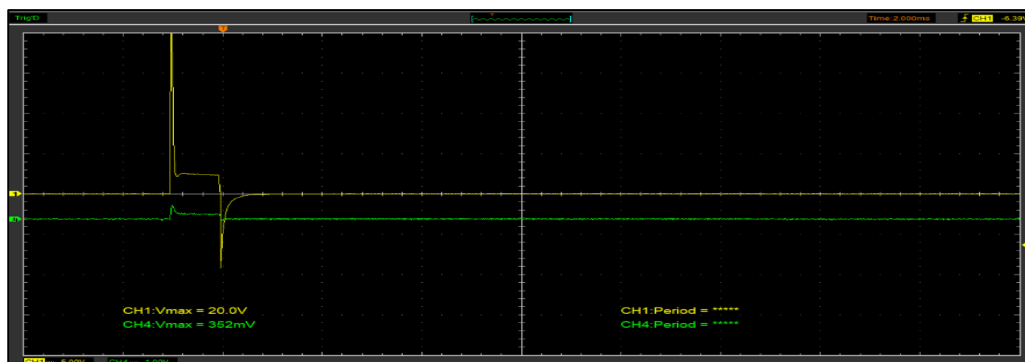
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 2ms con un número 300 STRK a 500 Bar.

En la figura 67 el valor de voltaje de activación es de 20V, el voltaje y la forma de la onda no varía con respecto al tiempo de inyección y con un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 2 ms.

Oscilograma con un tiempo 1ms con un número 500 STRK a 500 Bar

Figura 68

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 500 STRK a 500 Bar



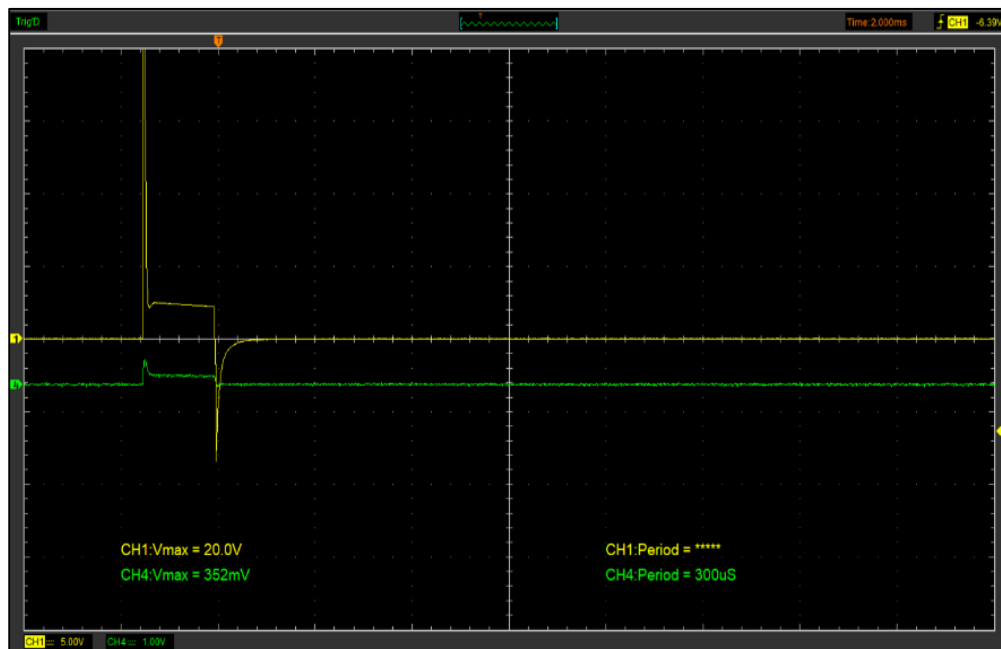
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1ms con un número 500 STRK a 500 Bar.

En la figura el valor de voltaje de activación es de 20V, el pico y forma de la onda de voltaje se mantiene de manera que no varía conforme cambien los parámetros de tiempo se tiene un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 1ms.

Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número 500 STRK a 500 Bar

Figura 69

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 500 STRK a 500 Bar



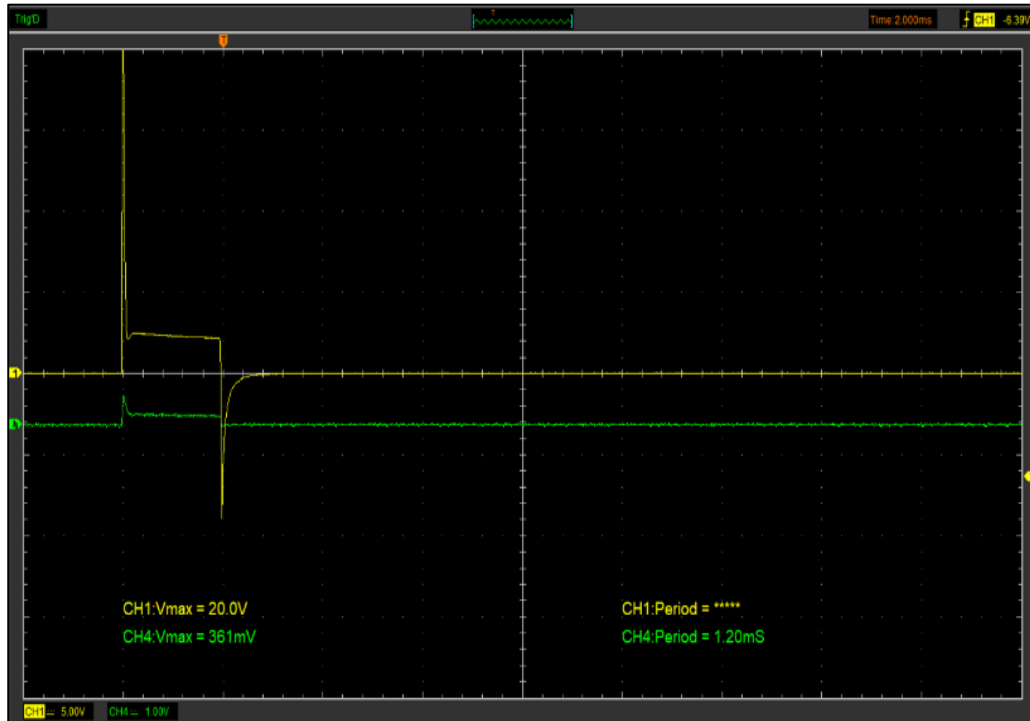
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1.5ms con un número 500 STRK a 500 Bar.

En la figura 69 el valor de voltaje de activación es de 20V, este valor de voltaje se mantiene de igual forma no varía cuando las presiones cambien y con un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 1.5 ms.

Oscilograma con un tiempo 2ms con un número 500 STRK a 500 Bar

Figura 70

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 500 STRK a 500 Bar



Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 2ms con un número 500 STRK a 500 Bar.

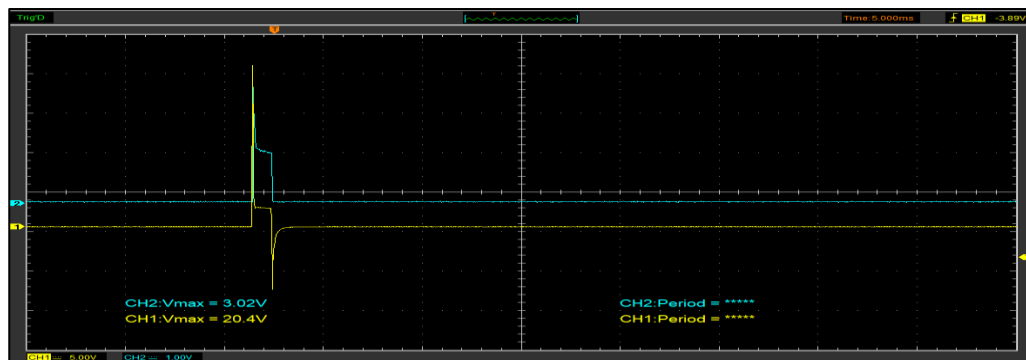
En la figura 70 el valor de voltaje de activación es de 20V, este valor de voltaje se mantiene, aunque se cambien las escalas de medición en el osciloscopio y con un voltaje de retención de 2 V después se va a tener el pico de voltaje negativo con 9V además con un tiempo de retención de 2ms.

Oscilograma de voltaje y corriente del inyector CRDI Delphi R03701D

Oscilograma con un tiempo 1ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar

Figura 71

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 300 STRK a 500 Bar



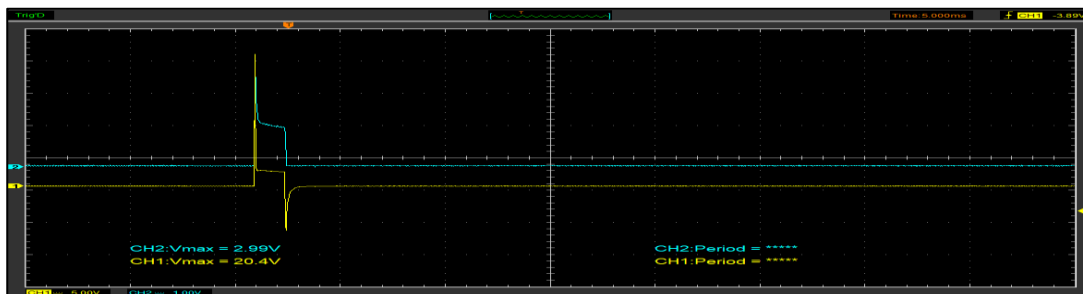
Nota A continuación, se observa el oscilograma a 1ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar.

En la figura 71 el valor de voltaje de activación es de 20.4V, este valor de voltaje se mantiene, aunque se cambien las escalas de medición en el osciloscopio y con un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 1ms.

Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar

Figura 72

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 300 STRK a 500 Bar



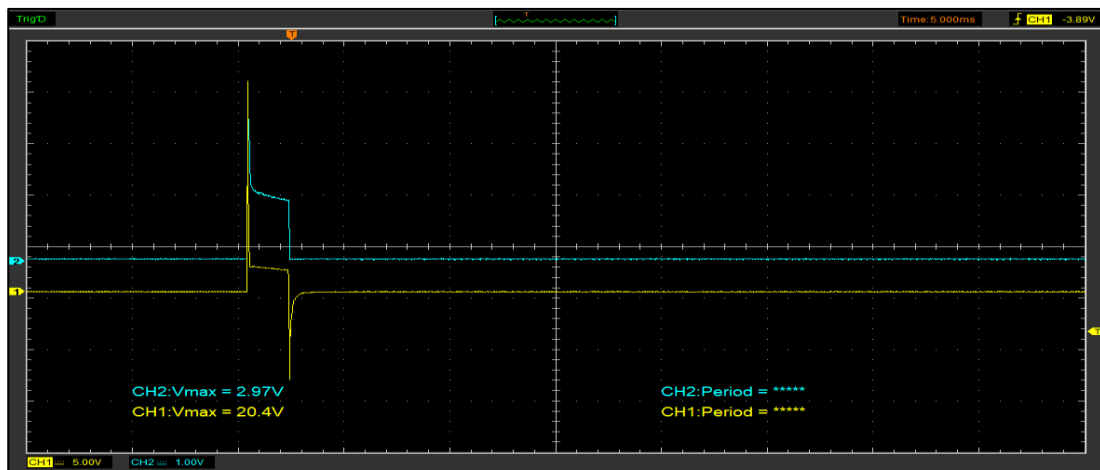
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1.5ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar.

En la figura 72 el valor de voltaje de activación es de 20.4V, el pico generado por el voltaje de activación no varía a medida que cambien las presiones en el banco de pruebas y con un voltaje de retención de 2 V además con un tiempo de retención de 1.5ms.

Oscilograma con un tiempo 2ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar

Figura 73

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 300 STRK a 500 Bar



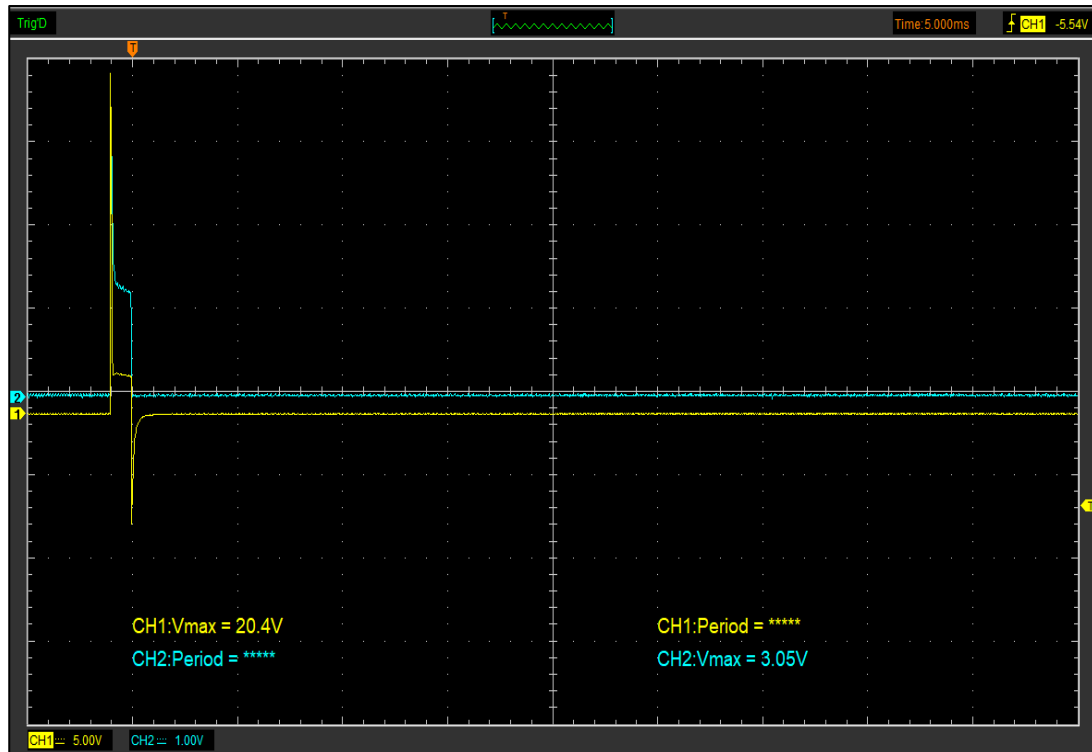
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 2ms con un número de inyecciones de 300 STRK a 500 Bar.

En la figura 73 el valor de voltaje de activación es de 20.4V, este valor de voltaje genera un pico el cual después de un determinado tiempo de retención de 2ms y con un voltaje de retención de 2 V existe un pico negativo con un voltaje de 8V.

Oscilograma con un tiempo 1ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar

Figura 74

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1ms, 500 STRK a 500 Bar



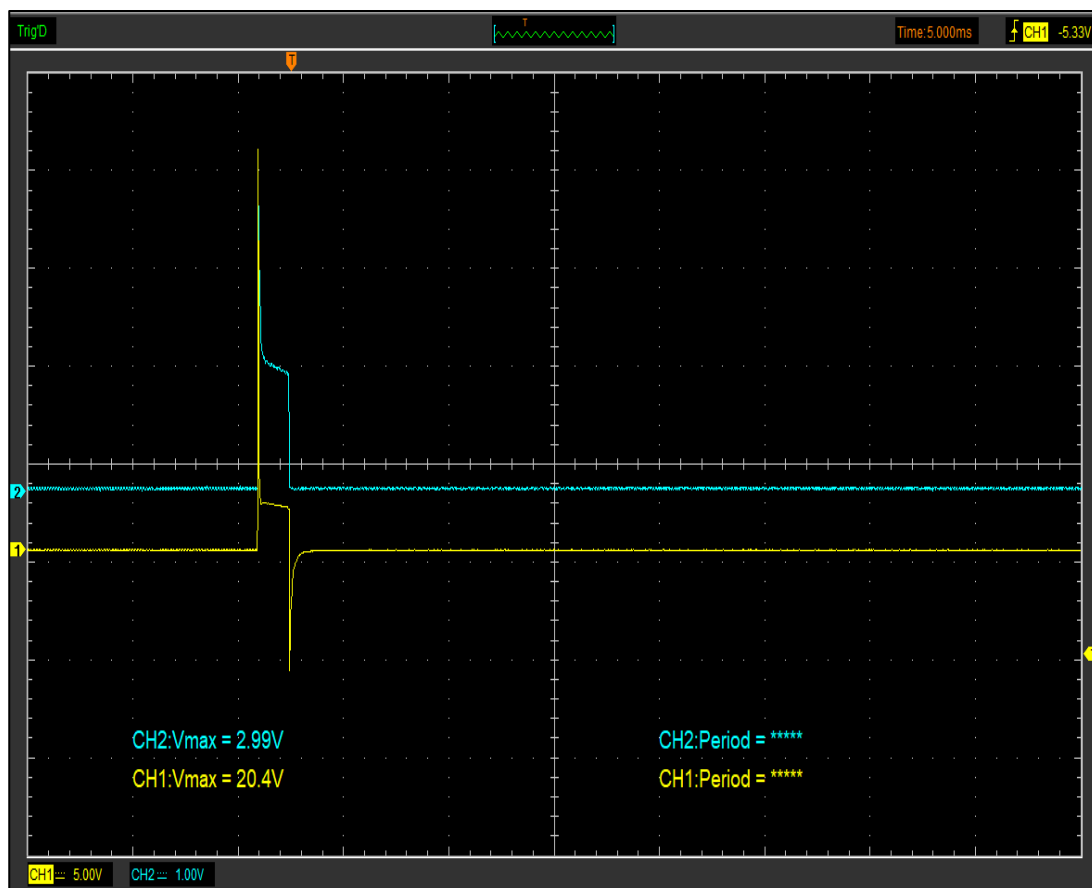
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar.

En la figura 74 el valor de voltaje de activación es de 20.4V y no varía al cambiar los parámetros de presión del banco de pruebas, con respecto a los pulsos de inyección, dado el tiempo de retención de 1ms y con un voltaje de retención de 2 V existe un pico negativo con un voltaje de 6V.

Oscilograma con un tiempo 1.5ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar

Figura 75

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 1.5ms, 500 STRK a 500 Bar



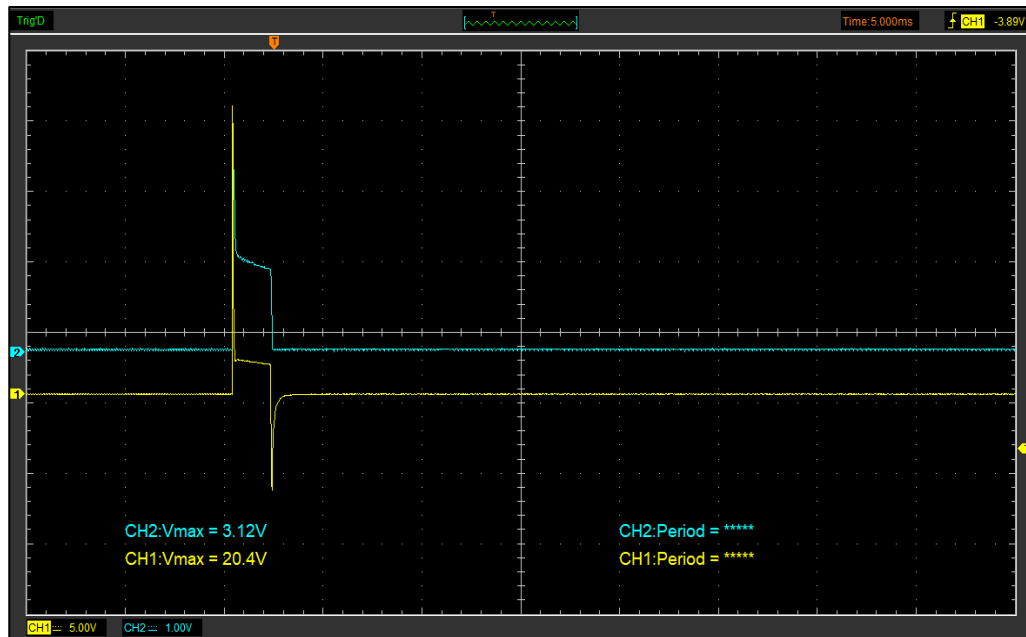
Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 1.5ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar

En la figura 75 el valor de voltaje de activación es de 20.4V, el pico de voltaje de activación entre las dos señales se aproxima. Después de un determinado tiempo de retención de 2ms y con un voltaje de retención de 2 V descienden existe un pico negativo con un voltaje de 8V del inyector.

Oscilograma con un tiempo 2ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar

Figura 76

Oscilograma de voltaje y corriente para un tiempo de inyección de 2ms, 500 STRK a 500 Bar



Nota. A continuación, se observa el oscilograma a 2ms con un número de inyecciones de 500 STRK a 500 Bar.

En la figura 76 el valor de voltaje de activación es de 20.4V, el pico de voltaje de activación no varía al cambiar los parámetros de presión del banco de pruebas determinado tiempo de retención de 2ms y con un voltaje de retención de 2 V existe un pico negativo con un voltaje de 6V.

Ajuste de recorridos, inductancias, caudal y retorno

La medición multímetro es 0.037 Ω Para reparar se tiene que ver en qué estado se encuentra la bobina, con el medidor de corriente o de insolación para determinar si la bobina tiene corto/recubrimiento de la bobina está en corto.

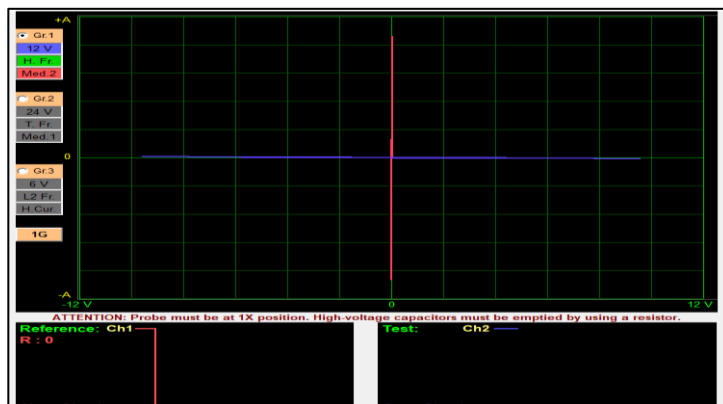
Las tres mediciones con el equipo de insulación se obtuvieron $5,5 \text{ G}\Omega$ eso quiere decir que se encuentra en un rango muy óptimo estado, ya que a partir desde los $2 \text{ G}\Omega$ el inyector está trabajando normalmente, caso contrario el valor menor a $1 \text{ G}\Omega$ el inyector no se encuentra trabajan en sus condiciones de funcionamiento.

Figura lissajous inyector CRDI Delphi R04601D

A continuación, el diagnóstico por imagen el cual consiste en un método de análisis de las figuras de lissajous resultado de la medición de los inyectores CRDI Delphi, mediante el osciloscopio analógico se observa la evolución de la señal.

Figura 77

Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D



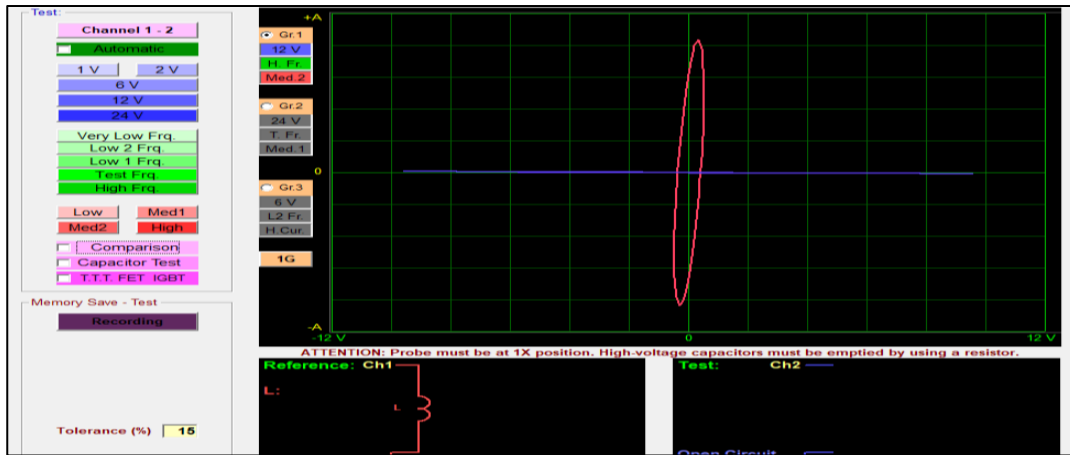
Nota. Se observa una línea vertical que corresponde a la figura de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D.

En la siguiente imagen 77 se observa la medición del inyector CRDI Delphi R04601D, como resultado una línea vertical el cual representa cortocircuito esto quiere decir que el flujo de la corriente para la tensión aplicada es infinito, por lo que la resistencia es 0.

Inyector CRDI Delphi R04601D.

Figura 78

Curva elíptica de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D.



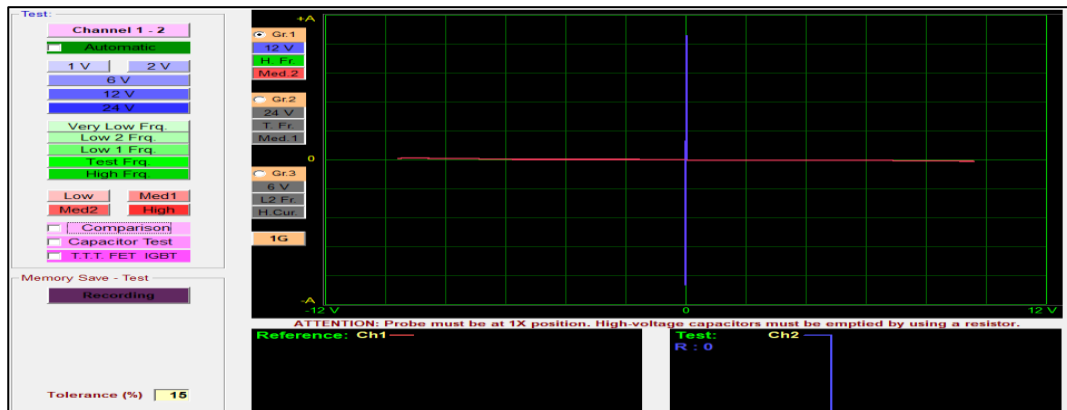
Nota. Se observa una elipse que corresponde a la figura de lissajous del Inyector CRDI Delphi R04601D.

En la figura 79 se puede observar una figura elíptica el cual nos muestra que se encuentra paralela al eje.

Inyector CRDI Delphi R03701D

Figura 79

Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.



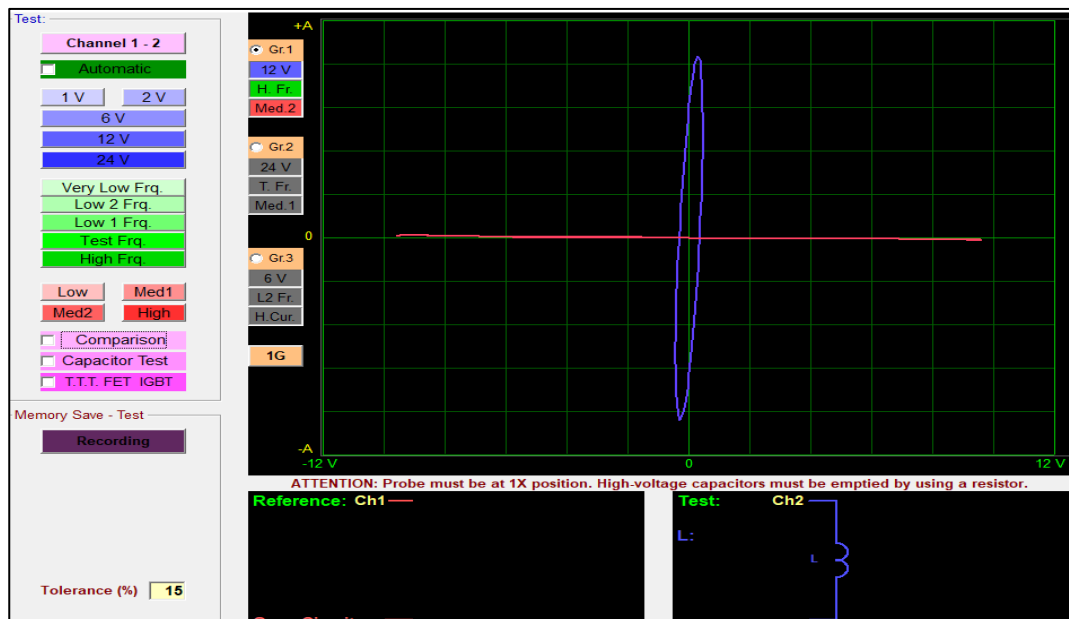
Nota. Se observa una línea vertical que corresponde a la figura de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.

En la siguiente Figura 79 se realiza la medición del inyector CRDI Delphi R03701D, el resultado es una línea vertical el cual representa cortocircuito esto quiere decir que el flujo de la corriente para la tensión aplicada es infinito, el voltaje declina a la resistencia que trabaja como divisor de voltaje.

Figura lissajous inyector CRDI Delphi R03701D

Figura 80

Curva elíptica de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.



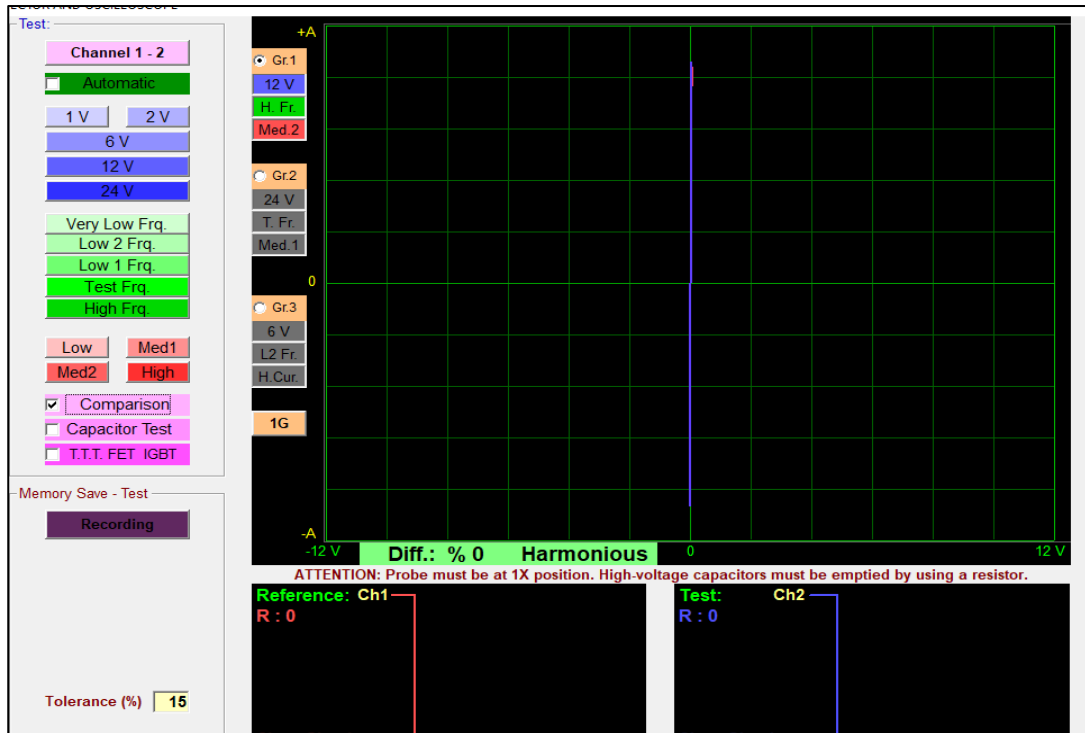
Nota. Se observa una elipse que corresponde a la figura de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.

En la Figura 80 se observa la forma elíptica generada por el inyector CRDI Delphi R03701D, con inclinación hacia el voltaje y corriente del inyector.

Inyector CRDI Delphi R03701D

Figura 81

Línea vertical de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.

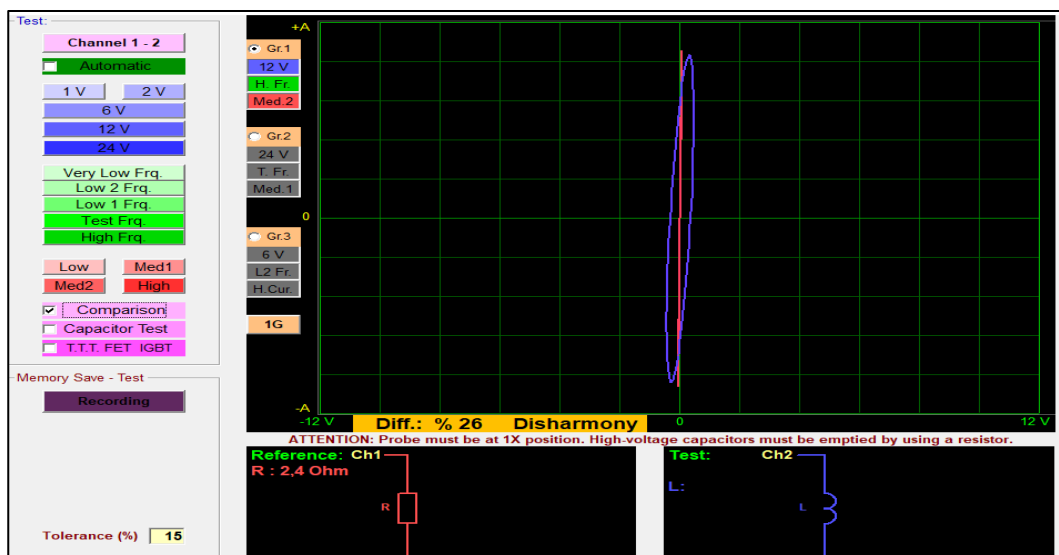


Nota. Se observa una línea vertical que corresponde a la figura de lissajous del Inyector CRDI Delphi R03701D.

Como se observa en la Figura 81, se realiza el análisis de la gráfica que genera que en este caso el resultado es una línea vertical el cual representa cortocircuito esto quiere decir que el flujo de la corriente para la tensión aplicada es infinito, el voltaje declina a la resistencia que trabaja como divisor de voltaje.

Figura 82

Curva de comparación de lissajous del inyector CRDI Delphi R03701D y R04601D



Nota. Se observa una elipse y una línea vertical que corresponde a la figura de lissajous del inyector CRDI Delphi R03701D y del inyector CRDI Delphi R04601D.

Como se observa en la Figura 82, se realiza una comparación de los dos inyectores con lo cual se obtuvo una forma elíptica de la onda y una resistencia de 2.4 ohm.

Capítulo IV

Marco administrativo

Recursos

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se revisó y acotó los parámetros importantes como los recursos humanos, recursos tecnológicos, recursos materiales y recursos de apoyo como también el análisis de los costos.

Recursos humanos

Los recursos humanos son la esencia para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de investigación, de la misma manera se menciona las personas que desarrollaron mediante el aporte de ideas y comunicación para finalizar la actividad.

Tabla 27

Recursos humanos

Descripción	Función
Nataly Lasinquiza	Investigador
Christian Alulema	Investigador
Ing. Germán Erazo	Colaborador científico

Recursos tecnológicos

A continuación, se muestran los recursos tecnológicos usados como costo de oportunidad para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Tabla 28

Recursos tecnológicos

Detalle	Cantidad	Costo
Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP-2400(Rentado)	1	\$50.00
Pinza amperimétrica OTC(Rentada)	1	\$5.00
Comparador de carátula	1	\$5.00
Probador de resistencia de aislamiento (Rentado)	1	\$5.00
Osciloscopio Hantek 1008c(Rentado)	1	\$5.00
Multímetro automotriz Pros kit (Rentado)	1	\$5.00
Interfaz de Osciloscopio	2	\$15.00
	TOTAL	\$90

Recursos materiales

Tabla 29

Recursos materiales

Detalle	Cantidad	Costo
Inyector Delphi R04601D	1	\$190
Inyector Delphi R03701D	1	\$190
Caja de herramientas	1	\$30
Varios (cables, terminales, etc.)	-	\$20.00

Detalle	Cantidad	Costo
Fluido	1	\$70.00
TOTAL		\$500

Análisis de costos del proyecto de investigación

El análisis de costos del proyecto de investigación engloba todos aquellos recursos tecnológicos, de apoyo y materiales que fueron parte fundamental para llevarlo a cabo su desarrollo.

Tabla 30

Análisis de costos del proyecto de investigación

Detalle	Cantidad	Costo
Recursos tecnológicos	1	\$90
Recursos materiales	1	\$500
Recursos de apoyo	1	\$300
Movilización	1	\$50
Imprevistos	1	\$60
TOTAL		\$1,000

Análisis costo – beneficio

Es de suma importancia realizar el análisis costo – beneficio del trabajo de integración curricular “Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI DELPHI” ya que cada día se va actualizando el sistema de alimentación de un motor diésel, en dónde los inyectores son parte fundamental para la correcta pulverización de este combustible y poder adquirir el conocimiento de posibles fallas que presenten estos inyectores.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Una vez realizado el mantenimiento del inyector Delphi, se puso a punto el inyector con la calibración para su correcto funcionamiento, comprobando en el banco de pruebas que los caudales verificados son los indicados por el fabricante.

Cada uno de los inyectores Delphi tiene su codificación para adquirir los repuestos a reemplazar y operar en el banco de pruebas con las diferentes presiones ya que cada inyector posee su manual de entrega de caudales a diferentes revoluciones por minuto y en diferentes periodos de tiempo.

Estos inyectores tienen un procedimiento muy específico para su armado y desarmado ya que poseen ajustes de torque, mediciones de inductancia las cuales nos sirven para la posterior calibración en el caso de que los caudales no esté dentro de los parámetros que indica el fabricante.

Con la comprobación eléctrica del inyector se pudo verificar que el funcionamiento en la bobina del inyector tiene voltaje y el amperaje constante, lo que hace que dependa el estado de pulverización sea la presión y el tiempo de inyección.

Los inyectores Delphi tienen una forma muy particular de realizar su calibración, ya que estos al no poseer una arandela de calibración como en los inyectores de otras marcas se debe calibrar desde el micropin que posee en el interior de la bobina y se debe poner la medida de acuerdo al manual del fabricante.

Recomendaciones

Disponer el manual del fabricante para poder armar correctamente un inyector Delphi, ya que si no se dan los aprietes correctos a cada uno de los elementos este inyector no trabaja correctamente y arroja caudales de erróneos dentro del sistema de alimentación.

Se debe manipular con la mayor precisión posible cada uno de los elementos internos de un inyector Delphi ya que si se coloca de manera incorrecta se puede tender a dañar el inyector y quedar en total desuso.

Se debe trabajar herramienta adecuada y bancos de pruebas actualizados para poder dar un diagnóstico más preciso y saber dónde está realmente la falla dentro del inyector.

Realizar el mantenimiento de los bancos de prueba para prolongar el uso de su vida útil y tener una mayor precisión al momento de realizar la comprobación de cualquier tipo de inyector.

Utilizar todas las medidas de protección adecuada ya sea para la parte auditiva, visual o para manipulación de combustible garantizando el correcto uso de los diferentes equipos de comprobación de inyectores.

Bibliografía

- ADS. (5 de Agosto de 2023). Diesel injection services. Obtenido de <https://www.dieselinjectionecuador.com/komtest>
- Alonso, J. (2001). Técnicas del automóvil: Motores. Madrid: Paraninfo.
- Alonso, J. (2001). Técnicas del Automovil: Sistema de Inyección de Combustible Diésel. Madrid: Thomson Editores.
- Andrango, D. (2017). Construcción de un banco de pruebas para el motor J3 CRDI de Hyundai Terracan GL EX. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- AutoAvance. (28 de 09 de 2019). Auto Avance. Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/fallas-inyectores-diesel/>
- Bombón, J., & Chalco, M. (2017). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores de marca Delphi “EJBR02801D” Y “EJBR04601D” del sistema de inyección crdi (common rail diésel injection). Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.
- Bustillo, J. (s.f.). Sistemas Common Rail. Buenos aires: Cise electronics corp.
- Castro, M. (2000). El motor diésel en el automóvil. España: Ediciones CEAC.
- Cortés et al. (2008). Herramientas pedagógicas aplicadas en la enseñanza de las figuras de Lissajous. Colombia: Scientia Et Technica.
- Delphi. (2006). Manual de taller.
- Delphi. (2007). Manual Common Rail Principio de funcionamiento.
- Delphi. (02 de Agosto de 2014). diesel.ad.ua. Recuperado el 08 de Agosto de 2023, de <https://addiesel.com.ua/tag/delphi-uk/>

Delphi. (08 de Agosto de s.f). Inyección diesel common rail Delphi. Obtenido de

<https://www.calameo.com/read/002690604d317a21149d5>

Delphi. (s.f.). Common rail Delphi.

Garrido, D., & Álvarez, V. (2016). Estudio de la Evolución de los CRDI (Common Rail Direct Inyection) en.

Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

Gonzaga, & Rodríguez. (5 de Agosto de 2023). Pinza Amperimétrica 1200 ac/dc tenmars. Obtenido de

<https://electricoindustrial.com.ec/producto/pinza-amperimetrica-1200-ac-dc-tenmars/>

Hantek. (5 de Agosto de 2023). electroimpo. Obtenido de [https://www.electroimpo.com.ar/tester-](https://www.electroimpo.com.ar/tester-oscilloscopios/83-osciloscopio-digital-hantek-1008c-8-canales-usb-20-ch-diagnostico.html)

[oscilloscopios/83-osciloscopio-digital-hantek-1008c-8-canales-usb-20-ch-diagnostico.html](https://www.electroimpo.com.ar/tester-oscilloscopios/83-osciloscopio-digital-hantek-1008c-8-canales-usb-20-ch-diagnostico.html)

Kia, M. (s.f.). Manual de entrenamiento de servicio Common Rail-Delphi. Chile: Departamento de

Asistencia Técnica de DIASA Ltda.

KOMTEST. (s.f.). Manual de funcionamiento del banco de pruebas KOMTEST.

Lara, S. C., & Monteros, M. L. (2016). Análisis de desgaste de las toberas de los inyectores de sistemas

CRDI a través el uso del rugosímetro.

LeceaCol. (28 de 07 de 2018). Lecea Col. Obtenido de

<https://www.youtube.com/watch?v=GQ1bBZ0hE9A>

Madero, G. (2014). Motor a diésel. Obtenido de [https://motoradiesel.com/dev/2014/10/el-futuro-de-la-](https://motoradiesel.com/dev/2014/10/el-futuro-de-la-inyeccion-diesel-con-los-sistemas-de-ultra-alta-presion-delphi-2/)

[inyeccion-diesel-con-los-sistemas-de-ultra-alta-presion-delphi-2/](https://motoradiesel.com/dev/2014/10/el-futuro-de-la-inyeccion-diesel-con-los-sistemas-de-ultra-alta-presion-delphi-2/)

Mercatron. (5 de Agosto de 2023). Proskit MUL1820 Multímetro auto rango con registro de datos en PC

por USB. Obtenido de [https://www.mercatron.es/tienda/herramientas/medicion/proskit-](https://www.mercatron.es/tienda/herramientas/medicion/proskit-mul1820-multimetro-auto-rango-con-registro-de-datos-en-pc-por-usb/)

[mul1820-multimetro-auto-rango-con-registro-de-datos-en-pc-por-usb/](https://www.mercatron.es/tienda/herramientas/medicion/proskit-mul1820-multimetro-auto-rango-con-registro-de-datos-en-pc-por-usb/)

Morales, A. (05 de Marzo de 2015). Denso. Recuperado el 02 de Agosto de 2023, de Denso:

<https://es.scribd.com/document/257782991/Denso>

MZB. (6 de Agosto de 2023). Mercado Libre compresor Air compresor MZB. Obtenido de

https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517303175-compresor-de-aire-3-hp-70-litros-110-v-horizontal-_JM#position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=590b12c7-8f3e-4c5b-94ef-6b83385fcb5e

Palacios, Q. W. (2015). Guía de operación del banco de pruebas de inyectores electrónicos CRDI (MT-3000). 28.

Paso et al. (2019). Activación y control de inyectores diesel CRDI de las marcas Denso y Delphi.

Passo et al. (2017). Activación y control de inyectores diésel crdi de las marcas denso y delphi.

Universidad, ciencia y tecnología, 4-15.

Pérez, B., & Sevilla, M. (2020). Análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores BOSH serie 0 445 110 250 y DENSO serie 23070 -01010. Latacunga.

Peugeot. (2023). El sistema de inyección HDi Delphi "DCM 3.4".

Radsa. (16 de 08 de 2023). Despiece de bombas e inyectores c/rail vp, tandem e inyector bomba. (C. d.

c/rail-4, Editor) Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.radsa.es/wp-

content/themes/salient/dewenir/resources/catalogos/Despiece_bombas_e_inyectores.pdf

Renault. (N/a). Inyección diesel Common rail Delphi. Obtenido de

<https://www.calameo.com/read/002690604d317a21149d5>

Robayo, F., & Sarabia, A. (5 de Agosto de 2018). Investigación del comportamiento eléctrico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos Bosch del sistema de inyección crdi(common rail diésel injection) de los vehículos volkswagen crafter 2.5 tdi hyundai veracruz IX55 3.0. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

Soriano, S. (13 de Junio de 2014). Una imprimación de los análisis de firmas analógicas. Obtenido de ABI Electronics: <https://www.linkedin.com/in/sergiosorianojimenez/>

Stanley, W., & Smith, R. (1992). Guía para mediciones eléctricas y prácticas de laboratorio. México: Prentice-Hall hispanoamericana.

Tigre, S. M., & Villa, C. N. (2015). Repotenciación de un banco de pruebas de inyectores para vehículos a diesel CRDI para el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz. 16.

Tizón, A. (11 de Diciembre de 2013). Evolución de la inyección a diesel. Coruña: Universidade da coruña. Obtenido de <https://prezi.com/zwwfbsibfwco/evolucion-de-la-inyeccion-diesel/>

Tols, A. (9 de Agosto de 2023). Comparador de Caratula con Reloj Digital. Obtenido de <https://www.autotools.co/productos/herramienta-de-medicion-mecanica-automotriz/comparador-de-caratula-con-reloj-digital>.

Xipron. (9 de Agosto de 2023). Tiendamia. Obtenido de https://tiendamia.com/ec/producto?amz=B07KF91TJ1&pName=Probador%20de%20resistencia%20de%20aislamiento,%20medidor%20de%20ohmios,%20volt%C3%ADmetro%20100V/250V/500V/&gclid=CjwKCAjw8symBhAqEiwAaTA__FsBgk3fZqxiHaliMwznVbSk6_DOkuuMh03WPsWpvrW64QJBvbCH_hoCJ3cQA

Anexos