



Proceso de diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores

diésel CRDI Bosch

Pilatasig Iza, Wilmer Alexis y Tonato Tigse, Brayan Paul

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 Ms.

16 de agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos



Tesis_CRDI BOSCH ESPE Pilatasig_Ton...

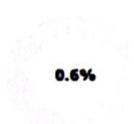
Scan details

Scan time: August 17th, 2023 at 3:16 UTC

Total Pages: 114

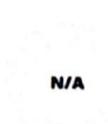
Total Words: 28252

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.5%	133
Minor Changes	0.1%	20
Paraphrased	0%	0
Omitted Words	10%	2839

AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

Plagiarism Results: (2)

Copleaks Internal Database

No introduction available.

0.6%

Ing. Erazo Laverde, Washington German Ms.

C. C.: 0501432637



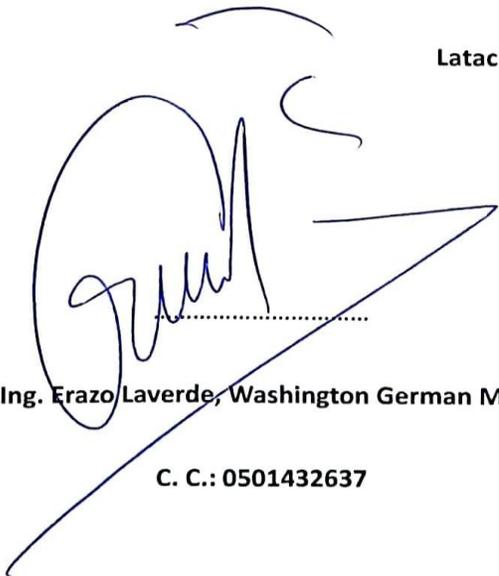
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

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 Bosch” fue realizado por los señores **Pilatasig Iza, Wilmer Alexis y Tonato Tigse, Brayan Paul**, 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 verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de agosto de 2023



Ing. Erazo Laverde, Washington German Ms.

C. C.: 0501432637



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Pilatasig Iza, Wilmer Alexis y Tonato Tigse, Brayan Paul**, con cédulas de ciudadanía n° **0504049974** y **0503328387**, 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 Bosch”**, es 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, 16 de agosto de 2023

Pilatasig Iza, Wilmer Alexis

C.C.: 0504049974

Tonato Tigse, Brayan Paul

C.C.: 0503328387



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Pilatasig Iza, Wilmer Alexis y Tonato Tigse, Brayan Paul**, con cédulas de ciudadanía n° **0504049974** y **0503328387**, 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 Bosch”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 16 de agosto de 2023

Pilatasig Iza, Wilmer Alexis

C.C.: 0504049974

Tonato Tigse, Brayan Paul

C.C.: 0503328387

Dedicatoria

Dedico este trabajo de integración curricular principalmente a mis padres Valentín Pilatasig y Elsa Iza, quienes desde pequeño me inculcaron valores y principios que han sido indispensables en mi formación personal y profesional. Me enseñaron que con esfuerzo y dedicación todo es posible. Los admiro mucho por su esfuerzo, responsabilidad y el trabajo de ser unos excelentes padres para con nosotros sus hijos.

A mis hermanos Matías y Britany Pilatasig Iza, quienes, con su apoyo incondicional, consejos y confianza me ayudaron a seguir avanzando en mis estudios para llegar a ser un profesional, como símbolo de ejemplo y decirles que el estudio siempre es la mejor forma de encaminarse hacia un mejor futuro y mejor estilo de vida. El estudio es la mejor herencia que nuestros padres nos pueden dar.

PILATASIG IZA WILMER ALEXIS

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la vida y en ella sabiduría y fuerzas para afrontar cada obstáculo presente y cumplir mi sueño tan anhelado.

Agradezco a mis padres Valentín Pilatasig y Elsa Iza, quienes en todo momento me acompañaron y apoyaron para mi formación profesional, su apoyo es muy importante para mí. Quiero expresar desde lo más profundo de mi corazón que los amo mucho; gracias por no dejarme solo y ayudarme a levantar de todos aquellos tropiezos que se me ha presentado en mi vida. Por confiar en mí tantas veces que nunca me abandonaron y estuvieron ahí dándome ánimos y motivos para seguir adelante y cumplir el objetivo de ser Ingeniero Automotriz.

A mis tíos Luis, María Iza que, pese a las dificultades, siempre estuvieron pendientes de mí y de formación personal y académica.

Así también a mis abuelitos Ángel Iza y María Iza, a mis hermanos Matías, Britany y mi prima Cristina por estar al pendiente de mí y darme ánimos para continuar en mis estudios.

Agradecer a mi tutor académico, el Ingeniero Germán Erazo, quien ha sabido brindarme su apoyo incondicional y conocimiento para culminar con el trabajo de integración curricular y formarme como un profesional.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera de mis sueños y así poder cumplir mis metas de vida, así también a todos los docentes que me fueron formando durante el proceso académico.

Y como no agradecer a mi compañero de tesis, Tonato Brayan, quien siempre estuvo dándome aliento para continuar con nuestros estudios y ser unos profesionales.

PILATASIG IZA WILMER ALEXIS

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular en primer lugar a Dios por ser el encargado de guiarme en las adversidades presentes en el camino hacia el éxito, de una forma muy especial a toda mi familia en especial a mi querida madre Gladys por haberme brindado una educación basada en valores y principios, por estar siempre presente con sus consejos en los buenos y malos momentos para la culminación de esta etapa profesional en mi vida.

A mis hermanos Carlos y Alexis por su incondicional apoyo y a mis tíos quienes con sus consejos estaban siempre presentes.

TONATO TIGSE BRAYAN PAUL

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por darme salud y vida para seguir cumpliendo mis sueños.

Agradezco infinitamente a mi madre, quien ha estado apoyándome a mí y a cada uno de mis hermanos, por ser padre y madre al mismo tiempo, quien no se rindió y me dio apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto y en toda mi formación académica.

A mi hermano, Carlos Tonato quien con su apoyo y consejos me alentaba a seguir adelante quien me enseñó que siempre la familia es lo más importante.

Agradezco a mis abuelitos Samuel, Manuel, Zoila y Lucrecia quienes con sus sabios consejos me han alentado a siempre seguir adelante sin desmayar.

A mi padrino Wilfrido quien estuvo presente con sus consejos para que siguiera adelante en mi formación académica.

Agradezco a toda mi familia y amigos, agradezco infinitamente a mis tíos Medardo Tigse, Armando Tigse, Rocío Tigse, William Tonato y Cecilia Tonato por estar siempre permanentes con su apoyo y consejos durante el desarrollo de mi proyecto y en toda mi formación académica.

Agradezco al Ing. German Erazo por el tiempo y paciencia empleado para la culminación de este proyecto y por impartir sus conocimientos que fueron vitales en mi formación académica.

Agradezco a mi compañero de tesis Wilmer Pilatasig que durante el desarrollo del proyecto y durante mi carrera he podido conocer y que juntos hemos aprendido, sufrido y salido de los problemas más difíciles.

TONATO TIGSE BRAYAN PAUL

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.....	22
Resumen.....	28
Abstract	29
Capítulo I: Marco metodológico	30
Antecedentes investigativos.....	30
Planteamiento del problema	31
Descripción del proyecto	32
Justificación, importancia y alcance	33

Objetivos	34
<i>Objetivo General</i>	34
<i>Objetivos Específicos</i>	34
Metas del Proyecto	34
Hipótesis.....	35
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	35
<i>Variable independiente</i>	35
<i>Variable dependiente</i>	35
METODOLOGÍA DE DESARROLLO DEL PROYECTO	35
<i>Método deductivo e inductivo</i>	35
<i>Método deductivo</i>	35
<i>Método inductivo</i>	36
<i>Método analítico</i>	36
<i>Método experimental</i>	37
<i>Método comparativo</i>	37
<i>Método de medición</i>	38
Capítulo II: Marco Teórico de la investigación Proceso de diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch.....	39
Evolución de los sistemas de inyección riel común	39
Sistema de Control electrónico	39

Ventajas del uso del sistema CRDI Bosch.....	42
Sistema de control hidráulico	43
Sistema de baja presión de combustible	45
Sistema de alta presión de combustible	46
Inyector	47
Inyectores con tecnología Bosch	48
Características de los inyectores Bosch	49
Principio de funcionamiento del inyector Bosch	50
Partes del inyector	52
<i>Despiece de un inyector CRDI Bosch</i>	<i>53</i>
Tipos de inyectores Bosch.....	55
Etapas de funcionamiento del inyector CRDI	57
<i>Estructura</i>	<i>57</i>
<i>Funcionamiento.....</i>	<i>57</i>
<i>Inyector cerrado (estado de reposo).....</i>	<i>58</i>
<i>El inyector abre (comienzo de inyección)</i>	<i>59</i>
<i>Inyector totalmente abierto.....</i>	<i>60</i>
<i>El inyector cierra (final de inyección)</i>	<i>60</i>
<i>Activación del inyector.....</i>	<i>61</i>
<i>Fase de apertura</i>	<i>61</i>

<i>Fase de corriente inicial de arranque</i>	62
<i>Fase de corriente de mantenimiento</i>	62
<i>Desconexión</i>	62
<i>Recarga mediante convertidor de refuerzo</i>	62
Control de voltaje, Corriente y Figura de Lissajous.....	64
<i>Medición Pasiva</i>	65
<i>Medición activa</i>	66
<i>Trazador de curvas para osciloscopio</i>	66
<i>Análisis de curvas de tensión y corriente</i>	67
Parámetros de inyección	67
Inicio de la inyección	68
Inicio de la inyección avanzada	70
Inicio de la inyección retardada	70
Curva de la inyección.....	71
<i>Patrones de inyección</i>	72
Geometría de los ángulos de operación del sistema	73
<i>Métodos de inyección</i>	74
<i>Inyector de orificios</i>	74
<i>Ángulo de Disparo:</i>	75
<i>Ángulo de Dispersión:</i>	76

Especificaciones y hojas características	76
<i>Identificación de los inyectores</i>	76
<i>Fecha de fabricación</i>	76
<i>Número de serie</i>	77
<i>Número de información de puesto de fabricación</i>	77
<i>Número de pedido BOSCH</i>	77
<i>Referencia del fabricante</i>	77
<i>Código de fabrica</i>	77
<i>Clasificación</i>	77
<i>Codificación de adaptación de la cantidad inyectada</i>	78
 Capítulo III: Protocolo de verificación, mantenimiento, pruebas y puesta a punto de inyectores Bosch	 83
Levantamiento de requerimientos	83
<i>Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400</i>	85
<i>Banco Tester V-3500 VNP</i>	87
Detalles de equipos de medición	89
<i>Multímetro Pro'sKit MT-5211</i>	89
<i>Osciloscopio Hantek 1008C</i>	91
<i>Osciloscopio FADOS9F1</i>	93
<i>Pinza amperimétrica SPX OTC</i>	95

<i>Compresor</i>	96
<i>Herramientas especiales</i>	97
Especificaciones del sistema de inyección Bosch	98
<i>Inyector Inductivo Bosch 0 445 110 250</i>	98
<i>Inyector Inductivo Bosch 0 445 110 293</i>	99
Verificación y control de inyectores.	100
Falla en inyectores Sistema Common Rail	101
Verificación de la pulverización y dirección del chorro.....	102
Verificación de la estanqueidad	104
Verificación de fuga de retorno.....	107
Verificación de entrega de combustible	109
Recomendaciones de manipulación de los inyectores.....	111
Despiece y nomenclatura del inyector Bosch.....	114
Análisis de pruebas en función de la presión	117
<i>Análisis de las pruebas a presión de 600 bar CRDI Bosch 0445 110 250</i>	117
<i>Análisis de las pruebas a presión de 500 bar CRDI Bosch 0445 110 250</i>	120
<i>Análisis de las pruebas a presión de 600 bar CRDI Bosch 0445 110 293</i>	122
<i>Análisis de las pruebas a presión de 500 bar CRDI Bosch 0445 110 293</i>	125
<i>Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno Bosch 0445 110 250</i>	127
Ángulo de pulverización	133

<i>Datos del inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	135
<i>Datos del inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	138
Presión de retorno	139
Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector.....	141
<i>Desarmado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	141
Calibración del Inyector CRDI Bosch	145
<i>Arandela base de la electroválvula</i>	145
<i>Arandela de calibración de la preinyección</i>	147
Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.....	149
<i>Arandela de inicio de apertura de inyección.</i>	151
<i>Pastilla de presión</i>	153
<i>Calibración del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	155
<i>Armado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	159
<i>Desarmado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	162
<i>Calibración del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	164
<i>Armado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	167
Prueba de fugas: prueba de sellado	169
Punto de drenaje.....	170
Límite de suministro de combustible	171
Suministro de combustible inactivo	171

Pre – Inyección.....	172
Análisis de resultados.....	173
Informe de reparación, calibración y puesta a punto de inyectores.....	178
Análisis de las pruebas eléctricas del inyector	185
Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector	190
<i>Voltaje y corriente mediante el interfaz hantek para el inyector Bosch 0445 110 250.....</i>	190
<i>Trazado de imágenes en el inyector BOSCH 0445 110 250</i>	200
<i>Voltaje y corriente mediante el interfaz hantek para el inyector Bosch 0445 110 293.....</i>	202
<i>Trazado de imágenes en el inyector BOSCH 0445 110 293</i>	212
Capítulo IV: Marco Administrativo.....	214
Recursos	214
<i>Recursos humanos.....</i>	214
<i>Recursos tecnológicos.....</i>	215
<i>Recursos materiales.....</i>	216
<i>Recursos de apoyo.....</i>	217
Análisis de costos del proyecto de investigación.....	217
Conclusiones.....	219
Recomendaciones.....	220
Bibliografía	222
Anexos.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Componentes del sistema de inyección Common Rail</i>	42
Tabla 2 <i>Sinóptico del Circuito hidráulico</i>	44
Tabla 3 <i>Componentes del circuito de baja presión</i>	46
Tabla 4 <i>Componentes del circuito de alta presión</i>	47
Tabla 5 <i>Principio de funcionamiento del inyector Bosch</i>	51
Tabla 6 <i>Partes principales de un inyector CRDI Bosch</i>	52
Tabla 7 <i>Nomenclatura del inyector CRDI Bosch</i>	54
Tabla 8 <i>Secuencia de activación del inyector</i>	63
Tabla 9 <i>Equipos y herramientas utilizados para el proceso de diagnóstico</i>	83
Tabla 10 <i>Datos banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400</i>	86
Tabla 11 <i>Datos banco Tester V-3500 VNP</i>	89
Tabla 12 <i>Datos multímetro Pro'sKit MT-5211</i>	91
Tabla 13 <i>Especificaciones osciloscopio Hantek</i>	92
Tabla 14 <i>Especificaciones osciloscopio FADOS9F1</i>	94
Tabla 15 <i>Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica</i>	96
Tabla 16 <i>Especificaciones técnicas del compresor</i>	97
Tabla 17 <i>Características del inyector 0 445 110 250</i>	99
Tabla 18 <i>Características del inyector 0 445 110 293</i>	100
Tabla 19 <i>Partes del despiece del inyector Bosch 0445 110 250</i>	115

Tabla 20 Partes del despiece del inyector Bosch 0 445 110 293	117
Tabla 21 Test del inyector a presión de 600 bar y 500 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 250	117
Tabla 22 Test del inyector a presión de 500 bar y 300 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 250	120
Tabla 23 Test del inyector a presión de 600 bar y 500 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 293	122
Tabla 24 Test del inyector a presión de 500 bar y 300 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 293	125
Tabla 25 Análisis comparativo de los caudales de inyección del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250	127
Tabla 26 Análisis comparativo de caudales de retorno inyector CRDI Bosch 0 445 110 250	129
Tabla 27 Análisis comparativo de caudales de inyección inyector CRDI Bosch 0 445 110 293.....	130
Tabla 28 Análisis comparativo de caudales de retorno inyector CRDI Bosch 0 445 110 293	132
Tabla 29 Datos para los cálculos de ángulos de pulverización del inyector 0445 110 250	134
Tabla 30 Resultados del cálculo de los ángulos para el inyector CRDI Bosch 0445 110 250	136
Tabla 31 Datos para los cálculos de ángulos de pulverización del inyector 0445 110 293	137
Tabla 32 Resultados del cálculo de los ángulos para el inyector CRDI Bosch 0445 110 293	139
Tabla 33 Medición presión de retorno del inyector BOSCH 0 445 110 250	140
Tabla 34 Medición presión de retorno del inyector BOSCH 0 445 110 293	141
Tabla 35 Proceso de desarmado del inyector Bosch 0 445 110 250	141
Tabla 36 Relación espesor arandela - caudal de entrega	146
Tabla 37 Relación espesor arandela de calibración de la preinyección - caudal de entrega.....	147
Tabla 38 Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.....	149
Tabla 39 Relación arandela de apertura de inyección espesor - caudal de entrega	151

Tabla 40 <i>Relación espesor - caudal de entrega de la pastilla de presión.</i>	153
Tabla 41 <i>Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de bobina</i>	155
Tabla 42 <i>Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de tobera</i>	157
Tabla 43 <i>Proceso de armado del inyector Bosch 0 445 110 250</i>	159
Tabla 44 <i>Proceso de desarmado del inyector Bosch 0 445 110 293</i>	162
Tabla 45 <i>Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de bobina.</i>	165
Tabla 46 <i>Proceso de armado del inyector Bosch 0 445 110 293</i>	167
Tabla 47 <i>Inyector BOSCH 0 445 110 250</i>	173
Tabla 48 <i>Inyector BOSCH 0 445 110 293</i>	176
Tabla 49 <i>Datos obtenidos luego de la calibración y puesta a punto</i>	181
Tabla 50 <i>Datos obtenidos de la calibración y puesta a punto del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250</i>	184
Tabla 51 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK</i>	185
Tabla 52 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK</i>	186
Tabla 53 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	193
Tabla 54 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250</i>	198
Tabla 55 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	205
Tabla 56 <i>Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293</i>	210
Tabla 57 <i>Recursos humanos</i>	214

Tabla 58 <i>Recursos tecnológicos</i>	215
Tabla 59 <i>Recursos materiales</i>	216
Tabla 60 <i>Recursos de apoyo</i>	217
Tabla 61 <i>Análisis costos del proyecto de investigación</i>	217

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>CRS (Sistema Common Rail)</i>	40
Figura 2 <i>Sistema de inyección Common Rail</i>	41
Figura 3 <i>Circuito hidráulico Common Rail</i>	44
Figura 4 <i>Circuito de baja presión</i>	45
Figura 5 <i>Circuito de alta presión</i>	47
Figura 6 <i>Inyector Bosch</i>	49
Figura 7 <i>Inyector con válvula electromagnética</i>	51
Figura 8 <i>Partes principales de un inyector CRDI Bosch</i>	52
Figura 9 <i>Despiece de un inyector CRDI Bosch</i>	53
Figura 10 <i>Tipos de inyectores de toberas</i>	55
Figura 11 <i>Tipos de inyectores de orificios</i>	56
Figura 12 <i>Toberas desarrolladas para alta performance</i>	57
Figura 13 <i>Inyector cerrado</i>	58
Figura 14 <i>Comienzo de inyección</i>	59
Figura 15 <i>Inyector totalmente abierto</i>	60
Figura 16 <i>Final de la inyección</i>	61
Figura 17 <i>Secuencia de activación del inyector</i>	63
Figura 18 <i>Generación de figuras de Lissajous</i>	64
Figura 19 <i>Control del inyector</i>	65

Figura 20 <i>Trazador de curvas que inyecta cantidad de energía necesaria para el diagnóstico.</i>	66
Figura 21 <i>Inicio de la inyección en función de la velocidad del motor y la carga</i>	69
Figura 22 <i>Emisiones de NOx y HC en función del inicio de inyección</i>	71
Figura 23 <i>Curvas de inyección</i>	72
Figura 24 <i>Patrones de inyección</i>	73
Figura 25 <i>Posición de inyector de orificios en la cámara de combustión</i>	74
Figura 26 <i>Ángulo de pulverización</i>	75
Figura 27 <i>Identificación de un inyector Bosch</i>	76
Figura 28 <i>Codificación de inyectores</i>	78
Figura 29 <i>Identificación del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293</i>	79
Figura 30 <i>Calibración de inyectores Bosch</i>	80
Figura 31 <i>Ensamble o bloque de la armadura del Inyector</i>	81
Figura 32 <i>Montaje del solenoide de par de apertura</i>	81
Figura 33 <i>Montaje del par de apertura del porta inyector</i>	82
Figura 34 <i>Banco KOMTEST CRI PUMP – 2400</i>	85
Figura 35 <i>Banco Tester V-3500 VNP</i>	88
Figura 36 <i>Multímetro Pro'sKit MT-5211</i>	90
Figura 37 <i>Osciloscopio Hantek</i>	92
Figura 38 <i>Osciloscopio FADOS 9F1</i>	94
Figura 39 <i>Pinza amperimétrica</i>	95

Figura 40 <i>Compresor</i>	96
Figura 41 <i>Herramientas especiales</i>	98
Figura 42 <i>Inyector BOSCH Mazda BT- 50</i>	98
Figura 43 <i>Inyector BOSCH GREAT WALL WINGLE</i>	99
Figura 44 <i>Verificación del correcto funcionamiento de inyector CRDI</i>	102
Figura 45 <i>Tipos de pulverización</i>	103
Figura 46 <i>Control de pulverización del inyector Bosch 0 445 110 250</i>	103
Figura 47 <i>Control de pulverización del inyector Bosch 0 445 110 293</i>	104
Figura 48 <i>Verificación de la estanqueidad inyector CRDI Bosch 0 445 110 250</i>	105
Figura 49 <i>Estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250</i>	106
Figura 50 <i>Verificación de la estanqueidad inyector CRDI Bosch 0 445 110 293</i>	106
Figura 51 <i>Estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293</i>	107
Figura 52 <i>Comprobación de la fuga de retorno</i>	108
Figura 53 <i>Comprobación de la fuga de retorno</i>	109
Figura 54 <i>Verificación entrega de combustible</i>	110
Figura 55 <i>Verificación entrega de combustible</i>	111
Figura 56 <i>Uso adecuado de herramientas en el mantenimiento del inyector</i>	113
Figura 57 <i>Uso adecuado del multímetro para el diagnóstico del inyector</i>	113
Figura 58 <i>Uso correcto de herramientas especiales en el armado del inyector</i>	114
Figura 59 <i>Despiece del inyector 0 445 110 250</i>	115

Figura 60 Despiece del inyector BOSCH 0445 110 293	116
Figura 61 Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 600 bar y 500 STRK	119
Figura 62 Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 bar y 300 STRK	122
Figura 63 Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 600 bar y 500 STRK	124
Figura 64 Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 bar y 300 STRK	127
Figura 65 Interpretación del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar.....	128
Figura 66 Interpretación del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar.....	130
Figura 67 Interpretación del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar.....	131
Figura 68 Interpretación del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar.....	133
Figura 69 Ángulo de pulverización	133
Figura 70 Arandela base de la electroválvula	146
Figura 71 Arandela de calibración de la preinyección	148
Figura 72 Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.	150
Figura 73 Relación arandela de apertura de inyección espesor - caudal de entrega	152
Figura 74 Calibración de pastilla de presión.	154
Figura 75 Efecto de pre-inyección	173
Figura 76 Resultados del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 250	177

Figura 77 Resultados del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 250	177
Figura 78 Inyector acoplado al banco de pruebas	178
Figura 79 Configuración del banco Komtest en el inyector CRDI Bosch 0 445 110 250.....	179
Figura 80 Resultados de pruebas en el banco.....	180
Figura 81 Configuración de la pantalla principal del equipo	182
Figura 82 Resultados de pruebas en el banco.....	183
Figura 83 Análisis comparativo gráficamente del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK	186
Figura 84 Análisis comparativo gráficamente del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK	188
Figura 85 Señal de resistencia entre el inyector BOSCH 0 445 110 250 y 0 445 110 293	188
Figura 86 Señal de inductancia entre el inyector BOSCH 0 445110250 y 0 445110293	189
Figura 87 Curva de corriente y voltaje en 1ms 300 strokes 500 bar	190
Figura 88 Curva de corriente y voltaje en 1,5 ms 300 strokes 500 bar	191
Figura 89 Curva de corriente y voltaje en 2 ms 300 strokes 500 bar	192
Figura 90 Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250.....	194
Figura 91 Curva de corriente y voltaje en 1 ms 500 strokes 600 bar	195
Figura 92 Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 500 strokes 600 bar	196
Figura 93 Curva de corriente y voltaje en 2 ms 500 strokes 600 bar	197
Figura 94 Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250.....	199

Figura 95 Diagrama de resistencia del inyector BOSCH 0 445 110 250.....	200
Figura 96 Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 250.....	201
Figura 97 Curva de corriente y voltaje en 1 ms 300 strokes 500 bar	202
Figura 98 Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 300 strokes 500 bar	203
Figura 99 Curva de corriente y voltaje en 2 ms 300 strokes 500 bar	204
Figura 100 Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293.....	206
Figura 101 Curva de corriente y voltaje en 1 ms 500 strokes 600 bar	207
Figura 102 Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 500 strokes 600 bar	208
Figura 103 Curva de corriente y voltaje en 2 ms 500 strokes 600 bar	209
Figura 104 Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293.....	211
Figura 105 Diagrama de resistencia del inyector BOSCH 0445 110 293.....	212
Figura 106 Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 250.....	213

Resumen

El sistema CRDI de Bosch se ha convertido en un 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 de combustible son componentes esenciales en los motores diésel modernos, el inyector Bosch Common Rail Direct Injection (CRDI) es uno de los tipos más utilizados en la actualidad debido a su eficiencia y rendimiento. Sin embargo, estos inyectores 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. A través de la UIC, se desarrolló el proyecto de graduación denominado “Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch”, en este contexto se realizó la investigación del estado del arte en fuentes de consulta confiables para posteriormente desarrollar las siguientes tareas que conforman el trabajo de graduación: Determinar los procesos de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch. Levantamiento de requerimientos del sistema. Selección de equipos de verificación de diagnóstico. Estimación de procesos de operación y obtención de especificaciones. Verificar oscilogramas de voltaje corriente y figuras de Lissajous. Verificar desempeño mecánico, hidráulico y electrónico. Desarrollo del protocolo de reparación, calibración ajuste y puesta a punto. Informe del proceso de verificación mecánica y eléctrica de inyectores CRDI.

Palabras clave: Calibración CRDI, BOSCH, inyector common rail, alta presión, inyectores diésel

Abstract

The Bosch CRDI system has become an industry standard for fuel injection in diesel engines and is used in a wide range of applications, from passenger cars to heavy vehicles and industrial machinery. Fuel injectors are essential components in modern diesel engines, the Bosch Common Rail Direct Injection (CRDI) injector is one of the most widely used types today due to its efficiency and performance.

However, these injectors can have problems that affect their performance and reliability, which can lead to increased fuel consumption, polluting emissions, and decreased engine performance. Through the UIC, the graduation project called "Electronic mechanical diagnosis and maintenance process for the tuning of CRDI Bosch diesel injectors" was developed, in this context, state-of-the-art research was carried out in reliable reference sources for subsequently develop the following tasks that make up the graduation work: Determine the processes of electronic mechanical diagnosis and maintenance for the tuning of CRDI Bosch diesel injectors. Survey of system requirements. Selection of diagnostic verification equipment. Estimation of operation processes and obtaining specifications. Check current voltage oscillograms and Lissajous figures. Verify mechanical, hydraulic and electronic performance. Development of the repair protocol, calibration, adjustment and fine-tuning. Report on the mechanical and electrical verification process of CRDI injectors.

Key words: CRDI calibration, BOSCH, common rail injector, high pressure, diesel injectors

Capítulo I

Marco metodológico proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la

puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch

Antecedentes investigativos

Antes del sistema de riel común, los motores diésel utilizaban sistemas de inyección mecánicos en los que una bomba de inyección suministraba combustible a los inyectores en el momento adecuado. Estos sistemas eran menos precisos y eficientes en comparación con los sistemas de inyección electrónica que utilizan sensores y actuadores para controlar la inyección de combustible.

El sistema de inyección CRDI (Common Rail Direct Injection) de Bosch 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.

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.

Antes del sistema CRDI, la mayoría de los motores diésel utilizaban sistemas de inyección indirecta, en los que el combustible se inyectaba en una cámara de precombustión antes de entrar en la cámara de combustión principal del motor. Estos sistemas eran menos eficientes y producían mayores emisiones de gases contaminantes.

El sistema CRDI de Bosch utilizó una bomba de alta presión para suministrar combustible a una "tubería común" (common rail) que alimentaba a cada uno de los inyectores de combustible en el motor.

Esto permite una inyección más precisa y controlada del combustible en la cámara de combustión, lo que resultó en una mayor eficiencia y menores emisiones.

El sistema CRDI de Bosch se ha convertido en un 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.

Planteamiento del problema

Los motores diésel modernos utilizan inyectores electrónicos para controlar la cantidad de combustible que se introduce en el motor. Los inyectores Bosch CRDI (Common Rail Direct Injection) son una de las opciones más populares en la industria automotriz. Sin embargo, hay preocupaciones en cuanto a su fiabilidad, durabilidad a largo plazo, reparaciones y calibraciones.

Los inyectores de combustible son componentes esenciales en los motores diésel modernos, el inyector Bosch Common Rail Direct Injection (CRDI) es uno de los tipos más utilizados en la actualidad debido a su eficiencia y rendimiento. Sin embargo, estos inyectores 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, el problema que se plantea es: ¿Cuáles son las principales calibraciones, reparaciones y mantenimiento de los inyectores Bosch CRDI y cómo afecta su desempeño en los motores diésel? Para esto se va realizar la investigación sobre los procesos de mantenimiento y fallas comunes de estos inyectores, así como también realizar pruebas experimentales en bancos de pruebas para evaluar su desempeño y eficiencia en situaciones reales de funcionamiento.

El problema a investigar es si los inyectores Bosch CRDI presentan problemas frecuentes de fallas prematuras o degradación en su rendimiento a largo plazo, lo que podría afectar el rendimiento del

motor, la economía de combustible y aumentar los costos de mantenimiento y reparación para los propietarios de vehículos.

La investigación concluye con el análisis de datos de fallas y reparaciones en los inyectores Bosch CRDI, una evaluación de las pruebas de rendimiento en condiciones de uso reales y simuladas. Los resultados de esta investigación podrían ser útiles para propietarios de vehículos y técnicos de servicio para comprender mejor los problemas relacionados con los inyectores Bosch CRDI y encontrar soluciones para mejorar su confiabilidad y durabilidad.

Descripción del proyecto

A través de la UIC, se desarrolló el proyecto de graduación denominado “Proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch”, en este contexto se realizó la investigación del estado del arte en fuentes de consulta confiables para posteriormente desarrollar las siguientes tareas que conforman el trabajo de graduación.

- Determinar los procesos de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch.
- Levantamiento de requerimientos del sistema.
- Selección de equipos de verificación de diagnóstico.
- Estimación de procesos de operación y obtención de especificaciones.
- Verificar oscilogramas de voltaje corriente y figuras de Lissajous.
- Verificar desempeño mecánico, hidráulico y electrónico.
- Desarrollo del protocolo de reparación, calibración ajuste y puesta a punto.
- Informe del proceso de verificación mecánica y eléctrica de inyectores CRDI.

Justificación, importancia y alcance

Para analizar los inyectores Bosch CRDI que son esenciales en los motores diésel modernos en su correcto funcionamiento es crucial para lograr un rendimiento óptimo, reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Los inyectores Bosch CRDI son uno de los tipos más utilizados en la actualidad debido a su eficiencia y rendimiento.

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 estos inyectores para identificar los problemas más comunes que pueden surgir, sus causas y posibles soluciones.

La investigación y análisis de los inyectores Bosch CRDI también proporciona información valiosa para técnicos, mecánicos y usuarios de motores diésel, dando una mejor comprensión. Esto puede llevar a mejoras en el mantenimiento y reparación de los inyectores, lo que a su vez puede mejorar el rendimiento, eficiencia del motor, reducir el consumo de combustible, las emisiones contaminantes y aumentar la vida útil del motor.

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

Evaluación del desempeño y eficiencia de los inyectores en bancos de pruebas para medir la tasa de flujo de combustible, la presión y la precisión del inyector en la entrega de combustible.

Identificación de los problemas más comunes en los inyectores Bosch CRDI incluye el análisis de las fallas más comunes que pueden surgir en los inyectores, como la obstrucción de la boquilla, fugas de combustible y el desgaste del componente.

Evaluación de los efectos de los inyectores Bosch CRDI en el rendimiento del motor: la investigación puede analizar como los problemas en los inyectores afectan el rendimiento y eficiencia del motor diésel, así como la duración de vida útil del mismo.

Identificación de las mejores prácticas en el mantenimiento y reparación de los inyectores Bosch CRDI.

Objetivos

Objetivo General

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

Objetivos Específicos

- Levantamiento de requerimientos y selección de equipos de verificación de diagnóstico de sistemas CRDI Bosch.
- Determinación del proceso de operación, verificación y especificaciones del sistema.
- Verificar desempeño mecánico, hidráulico eléctrico, electrónico.
- Desarrollo del protocolo e informe de reparación, calibración ajuste y puesta a punto mecánica y eléctrica de inyectores CRDI BOSCH.

Metas del Proyecto

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

Hipótesis

¿El desarrollo del proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento mecánico de funcionamiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch permitirá ajustar los parámetros para obtener el desempeño óptimo del motor de combustión interna?

Variables de investigación

Variable independiente

- Realizar el diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento de inyectores Bosch.

Variable dependiente

- Puesta a punto de los sistemas CRDI Bosch.

Metodología de desarrollo del proyecto

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

Método deductivo e inductivo.

En la investigación de inyectores Bosch CRDI, se aplica tanto el método deductivo como el inductivo. A continuación, se explica cómo se pueden aplicar estos métodos en la investigación de inyectores Bosch CRDI:

Método deductivo

En la investigación de inyectores Bosch CRDI, se pueden utilizar las siguientes etapas:

Someter a pruebas de funcionamiento mecánico, eléctrico, electrónico a 2 inyectores Bosch CRDI y analizar los resultados.

Método inductivo

Forma parte de observaciones específicas y llega a conclusiones generales. En la investigación de inyectores Bosch CRDI, se pueden utilizar las siguientes etapas:

Realizar observaciones y recopilar datos: por ejemplo, el caudal de combustible, ángulos de pulverización, la presión de los inyectores Bosch CRDI.

Identificar patrones o tendencias en los datos recopilados: por ejemplo, encontrar que algunos inyectores tienen un caudal de combustible más baja que otros.

Ver patrones o tendencias identificados: por ejemplo, inyectores Bosch CRDI pueden tener un caudal de combustible más baja debido a la obstrucción de la boquilla.

Realizar pruebas adicionales como desarmar el inyector y examinar la boquilla para ver si está obstruida.

Llegar a la conclusión de que los inyectores Bosch CRDI pueden tener un caudal de combustible más baja debido a la obstrucción de la boquilla, lo que causa problemas en el rendimiento del motor.

En conclusión, tanto el método deductivo como el inductivo son útiles en la investigación de inyectores Bosch CRDI.

En la investigación de inyectores Bosch CRDI, se pueden aplicar tanto el método analítico como el experimental. A continuación, se explica cómo se pueden aplicar estos métodos en la investigación de inyectores Bosch CRDI:

Método analítico

Se basa en la descomposición de un fenómeno en partes más pequeñas para su estudio. En la investigación de inyectores Bosch CRDI.

Se analiza las características y especificaciones técnicas de los inyectores Bosch CRDI, como el caudal de combustible, la presión de inyección y la duración del pulso de inyección.

Evaluar las posibles fallas y problemas que pueden surgir en los inyectores, como la obstrucción de la boquilla o la falla de la válvula de control.

Establecer una relación entre las especificaciones técnicas de los inyectores, las fallas y problemas identificados y los procesos de fabricación.

Método experimental

Se basa en la observación directa y la manipulación de variables para comprobar una hipótesis. En la investigación de inyectores Bosch CRDI.

Se usa 2 inyectores Bosch CRDI para someterlos a pruebas y mediciones en el banco de pruebas y con equipos de verificación.

Se establece las variables que se van a medir, como caudal, estanqueidad, presión de inyección y la duración del pulso de inyección, voltaje y corriente de activación.

Realizar las pruebas y mediciones, recopilando los datos correspondientes para cada inyector.

Analizar los datos para encontrar patrones o tendencias en las mediciones de los inyectores.

El método analítico y el experimental son útiles en la investigación de inyectores Bosch CRDI, ambos métodos proporcionan información valiosa sobre las características y fallas de los inyectores.

Método comparativo

Se basa en la comparación de dos o más elementos para determinar similitudes y diferencias. En la investigación de inyectores Bosch CRDI.

Selección de dos series de inyectores Bosch CRDI para comparar las diferentes series de producción.

Identificar las características y especificaciones técnicas de los inyectores seleccionados.

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

Método de medición

Se basa en la toma de medidas precisas y exactas de los parámetros que se desean evaluar. En la investigación de inyectores Bosch CRDI, se aplicó.

Selección de 2 inyectores Bosch CRDI para someterlos a pruebas y mediciones en un banco de pruebas.

Estableció las variables que se van a medir, caudal, retorno, presión de inyección, duración del pulso de inyección, voltaje y corriente.

Realizar las pruebas y mediciones con instrumentos de alta precisión para obtener resultados exactos.

Analizar los datos, establecer conclusiones sobre el rendimiento y características de los inyectores.

El método comparativo, el de medición son útiles en la investigación de inyectores Bosch CRDI, la elección del método se ajustó a los objetivos y la naturaleza específica de la investigación.

Ambos métodos generan información valiosa sobre las características, el rendimiento de los inyectores, ayuda a identificar similitudes y diferencias entre diferentes tipos de inyectores Bosch CRDI.

Capítulo II

Marco Teórico de la investigación Proceso de diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch

Evolución de los sistemas de inyección riel común

(Garrido & Álvarez, 2016) mencionan que:

La evolución de los sistemas de inyección diésel, Common Rail Direct Injection (CRDI) se han enfocado en gran medida en lograr una reducción significativa en las emisiones de gases contaminantes producidos por los motores de combustión interna. Esto se debe a que existen normativas y regulaciones a nivel mundial que establecen límites y restricciones sobre las emisiones de gases tóxicos y contaminantes.

Es por eso que los fabricantes de automóviles y de sistemas de inyección de combustible han puesto especial atención en el desarrollo de tecnologías CRDI, para cumplir con las normativas y regulaciones sobre emisiones, y así contribuir a la protección del medio ambiente y la salud pública.

El sistema Common Rail tuvo su origen en el año 1986, cuando fue creado y desarrollado en países europeos, como Alemania e Italia, principalmente por las Multinacionales Fiat y Bosch.

A partir de esa época y hasta la actualidad el desarrollo y mejoramiento del sistema ha sido permanente y ha estado enmarcado dentro de un proceso de mejora continua con efecto evidente en tres variables, siendo estas las siguientes: reducción de emisiones contaminantes, aumento de potencia en los motores y disminución de los niveles de consumo de combustible por Kilómetro recorrido. (p. 8)

Sistema de Control electrónico

(BOSCH, 2016) menciona que:

El control electrónico del sistema de inyección representa un gran paso en el desarrollo de los motores Diesel. El moderno sistema Common Rail Bosch presenta la más nueva tecnología empleada en sistemas de inyección electrónica.

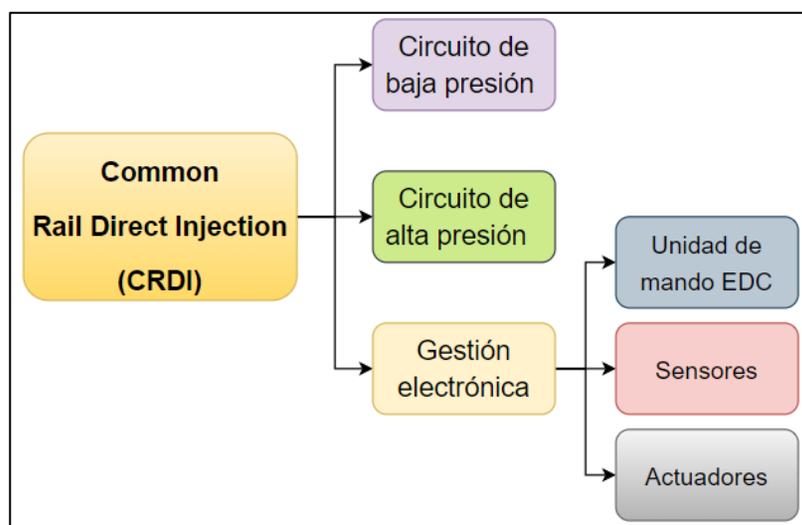
En este sistema, la generación de presión y la inyección de combustible están separadas, lo que significa que la bomba genera la alta presión que está disponible para todos los inyectores a través de un tubo distribuidor común, que puede ser controlada independiente de la revolución del motor.

La presión del combustible, inicio y fin de inyección son precisamente calculados por la unidad de comando a partir de informaciones obtenidas de los diversos sensores instalados en el motor, lo que proporciona excelente desempeño, bajo ruido y la mínima emisión de gases contaminantes (p. 26)

En el sistema Common Rail Direct Injection (CRDI) podemos distinguir tres subsistemas diferenciados que detallamos a continuación:

Figura 1

CRS (Sistema Common Rail)



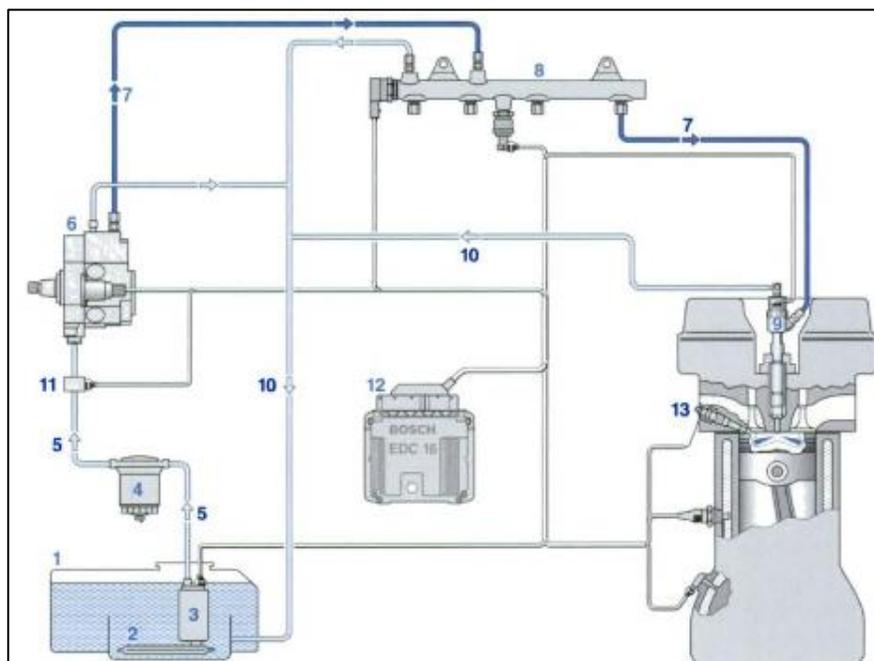
Nota. Esquema del Sistema de control electrónico CRDI.

(BOSCH, 2021) Afirma que algunas características esenciales del sistema de control electrónico son las siguientes:

- Elevado torque en bajas revoluciones.
- Menor consumo de combustible en función del bombeo con caudal controlado.
- Baja emisión de gases contaminantes – solución para los futuros desafíos de reglamentación de emisiones.
- Desempeño silencioso del motor aumenta el confort para el conductor.
- Seguridad de la tecnología Bosch, líder mundial en la producción del Common Rail y pionera en la aplicación del sistema en vehículo livianos.

Figura 2

Sistema de inyección Common Rail



Nota. Demostración de los componentes del sistema Common Rail. (BOSCH, 2005)

Tabla 1

Componentes del sistema de inyección Common Rail

Componentes del sistema de control electrónico	
1. Depósito de combustible	8. Conducto común
2. Filtro previo	9. Inyector
3. Bomba de alimentación previa	10. Tubería de retorno de combustible
4. Filtro de combustible	11. Sensor de temperatura del combustible
5. Tuberías de combustible a baja presión	12. Unidad de control
6. Bomba de alta presión	13. Bujía de espiga incandescente
7. Tuberías de combustible a alta presión	

Nota. Clasificación de los componentes que se encuentran en el sistema de control electrónico. (BOSCH, 2005)

Ventajas del uso del sistema CRDI Bosch

En el manual (MERCEDES-BENZ, 2005) cita que: las ventajas del sistema CRDI Bosch son las siguientes:

- Momento de inyección variable
- Presión de inyección variable

La pulverización especialmente fina del combustible conduce a varios efectos ventajosos:

- Mejor combustión
- Menos emisiones de contaminantes
- Mayor presión de combustión

- Más par de giro y potencia
- Menor consumo de combustible

Una dosificación especialmente exacta del caudal de inyección en todos los márgenes de servicio tiene lugar en varias etapas por cada combustión.

Como consecuencia resultan otras ventajas:

- Menor consumo de combustible (presiones de inyección flexibles).
- Mantenimiento más prolongado del proceso a presión constante (mediante la inyección principal).
- Mayor grado de rendimiento térmico.
- Suave proceso de combustión (mediante inyección previa).
- Posibilidad de un tratamiento ulterior de los gases de escape (mediante inyección posterior).

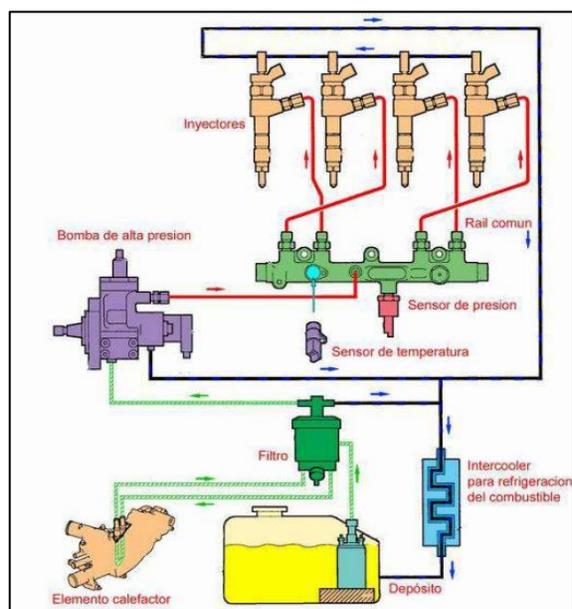
Sistema de control hidráulico

En el manual de Inyección Electrónica Diesel COMMON RAIL BOSCH 1º generación disponible en (BOSCH, 2013) menciona que:

El sistema hidráulico está dividido en dos secciones bien diferenciadas, el circuito de baja presión (entrada y retorno) y el circuito de alta presión, que se detallan en la figura 3 y se denotan en la tabla 2.

Figura 3

Circuito hidráulico Common Rail



Nota. Demostración del circuito hidráulico de baja y alta presión. (BOSCH, 2013)

Tabla 2

Sinóptico del Circuito hidráulico

Sinóptico	
	Circuito de baja presión
	Circuito de alta presión
	Circuito de retorno (hacia el depósito del carburante)

Nota. Se muestran los componentes y la simbología del circuito hidráulico. (BOSCH, 2013)

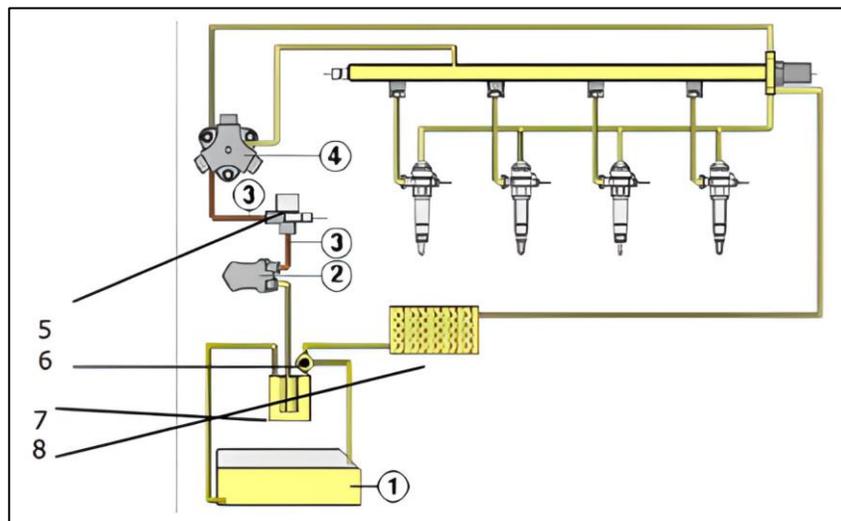
Sistema de baja presión de combustible

(BOSCH, 2013) Argumenta que: en Mercedes Benz la bomba de alimentación de combustible succiona el combustible del depósito de combustible a través del filtro de combustible y lo envía a la bomba de alta presión. El depósito de combustible difiere de un modelo de vehículo a otro, contiene la reserva de combustible, forma parte del circuito de alimentación. Desde él se suministra el combustible al sistema de alta presión a través de la bomba de alimentación de combustible. En el depósito de combustible, éste se encuentra sin presión, son de acero no necesitan refrigeración del combustible.

La baja presión de combustible entre la bomba de alimentación y la bomba de alta presión, en ralentí es 2,5 bar. La válvula de descarga de la bomba de alimentación asegura que no supere la presión máxima de 3,5 bar. (p. 4)

Figura 4

Circuito de baja presión



Nota. Se presentan los componentes principales del sistema de inyección diésel de baja presión en Mercedes Benz. (BOSCH, 2013)

Tabla 3*Componentes del circuito de baja presión*

Componentes del sistema de baja presión	
1. Depósito de combustible	5. Válvula de descarga
2. Bomba de engranes	6. Válvula de precalentamiento de combustible
3. Tuberías	7. Filtro
4. Bomba de alta presión	8. Refrigerador de combustible

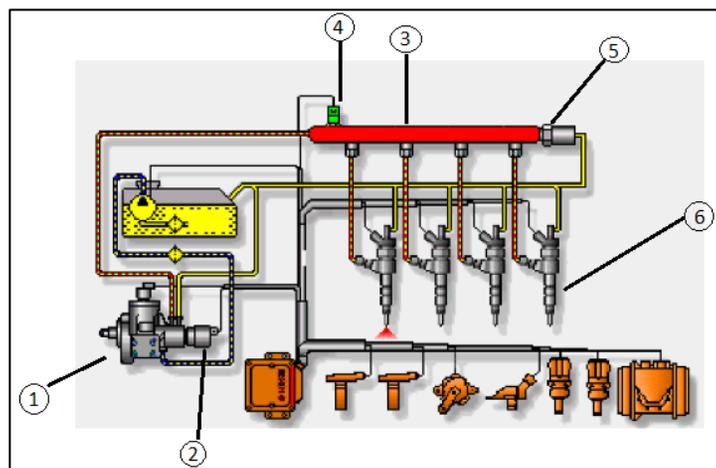
Nota. Clasificación de los componentes del sistema de baja presión. (BOSCH, 2013)

Sistema de alta presión de combustible

En la guía para el instructor COMMON RAIL – Bosch Manual de Entrenamiento de Servicio 1° edición de (KIA MOTORS) menciona lo siguiente: El combustible pasa a través del filtro de combustible a la bomba de alta presión que lo fuerza dentro del acumulador (riel) de alta presión, generando una presión máxima de 1,350 bar. Para todo proceso de inyección el combustible se toma desde el acumulador de alta presión. La presión del riel permanece constante. Se emplea una válvula de control de presión para asegurar que la presión del riel no exceda el valor deseado o caiga bajo él. (p. 8)

Figura 5

Circuito de alta presión



Nota. Componentes principales del sistema de inyección diésel de alta presión. (KIA MOTORS)

Tabla 4

Componentes del circuito de alta presión

Componentes del sistema de alta presión	
1. Bomba de alta presión	4. Sensor de presión
2. Electroválvula reguladora de presión	5. Válvula limitadora de presión
3. Conducto común (Acumulador de alta presión)	6. Inyectores

Nota. Clasificación de los componentes del sistema de alta presión. (BOSCH, 2013)

Inyector

(KIA MOTORS, 2016) cita que:

El inyector es la pieza primordial para que el sistema CRDI de inyección de combustible, este pulveriza una cantidad de combustible (diésel), esta cantidad debe ser homogénea para que exista una

combustión ideal en toda la cámara de combustión, la cámara bien puede estar en el pistón o en el cabezote del motor.

Inyectores con tecnología Bosch

(BOSCH, 2005) argumenta que:

En el sistema de inyección Diesel Common Rail, los inyectores están conectados al conducto común mediante tuberías de combustible a alta presión de escasa longitud. El estanqueizado de los inyectores hacia la cámara de combustión se lleva a cabo mediante una arandela estanqueizante de cobre. Los inyectores van montados en la culata mediante elementos de fijación. Los inyectores Common Rail son adecuados para su montaje recto/oblicuo, según la versión de los inyectores, en los motores Diesel de inyección directa.

La característica del sistema es la generación de la presión de inyección independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. El comienzo de inyección y el caudal de inyección se controlan mediante el inyector activado eléctricamente. El momento de inyección se controla con el sistema ángulo-tiempo de la Regulación Electrónica Diesel (EDC). Para ello se precisan dos sensores del número de revoluciones, montados uno en el cigüeñal y otro en el árbol de levas para la identificación de los cilindros (identificación de fases).

La disminución de las emisiones de gases de escape y la reducción permanente del nivel de ruidos de los motores Diesel exige una preparación de la mezcla óptima, por lo que a los inyectores se les exige caudales de preinyección e inyecciones múltiples muy pequeños.

(Águila, 2017) menciona que:

Estos inyectores trabajan con voltajes que oscilan entre 70 y 80 Voltios con corrientes que van desde los 12 a los 20 Amperios, la ECU genera pulsos en los 2 cables de conexión de los inyectores

proporcionándoles un control en el lado alto y bajo de la señal, trabajan con rangos de presión que van desde 220 a 1350 Bar en condiciones normales.

Existen dos tipos de inyectores que han sido desarrollados por la tecnología de Bosch los cuales son: de tipo inductivo ó electromagnético y los de tipo piezoeléctrico.

Figura 6

Inyector Bosch



Nota. Características físicas del inyector CRDI Bosch.

Características de los inyectores Bosch

(Pedroza, 2012) menciona las siguientes características:

- Es un sistema de inyección con ACUMULADOR COMUN en ingles COMMON RAIL, la generación de la presión y el control de la inyección están completamente separados.
- Permite presiones de inyección muy elevadas hasta 1350 bar.
- La presión de inyección es independiente de la velocidad del motor RPM, es regulable en modo flexible entre 150 y 1350 bar.
- Es un sistema completamente de control electrónico.

- Permite generar inyecciones múltiples, Inyección piloto, post inyección para la gestión del catalizador de NOx (Óxidos Nitrosos).

Principio de funcionamiento del inyector Bosch

(Almendariz & Naranjo, 2022) afirman que el funcionamiento del inyector parte desde el momento en que:

La bomba de inyección manda combustible por el riel común al inyector y va dirigido hacia el canal en la tobera hasta llegar a la cámara pequeña yacente en la base, que bloquea la aguja del inyector situado sobre el asiento en forma de cono con la asistencia de un resorte, lo cual este está ubicado en la parte superior de la aguja que conserva el grupo cerrado.

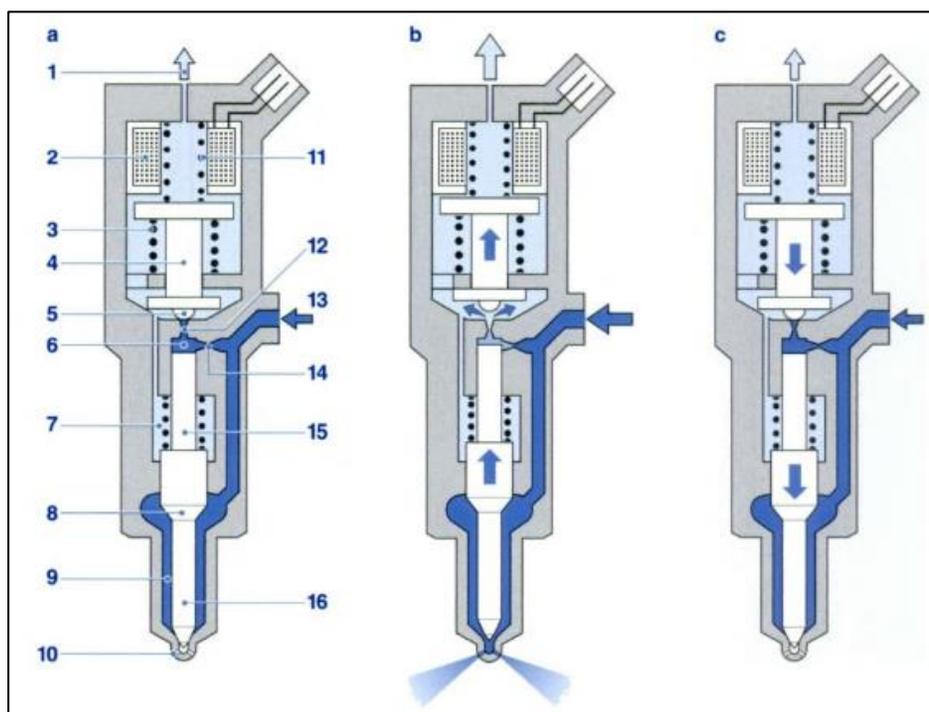
El combustible bajo la presión eleva la aguja e inyecta en la cámara de combustión al momento que la presión desciende, por el fin de la inyección, el resorte regresa a la posición original a la aguja encima del asiento del inyector finalizando la inyección.

(BOSCH, 2005) afirma que: actualmente se utilizan de serie tres diferentes tipos de inyector:

- Inyector con válvula electromagnética e inducido de una pieza
- Inyector con válvula electromagnética e inducido de dos piezas
- Inyector con regulador piezoeléctrico

Figura 7

Inyector con válvula electromagnética



Nota. Principio de funcionamiento del inyector Bosch y sus elementos que lo constituyen. (BOSCH, 2005)

Tabla 5

Principio de funcionamiento del inyector Bosch

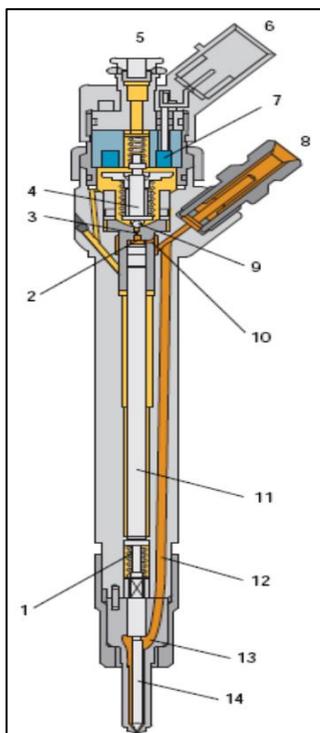
Funcionamiento del inyector Bosch
a. Estado de reposo
b. Inyector abierto
c. Inyector cerrado

Nota. Clasificación de los estados del funcionamiento del inyector Bosch. (BOSCH, 2005)

Partes del inyector

Figura 8

Partes principales de un inyector CRDI Bosch



Nota. Partes del inyector CRDI Bosch. (BOSCH, 2020)

Tabla 6

Partes principales de un inyector CRDI Bosch

Partes de un inyector CRDI Bosch	
1. Muelle de la tobera de inyección	8. Empalme alimentación combustible - alta presión del conducto común
2. Cámara de control del inyector	9. Bola de válvula

Partes de un inyector CRDI Bosch

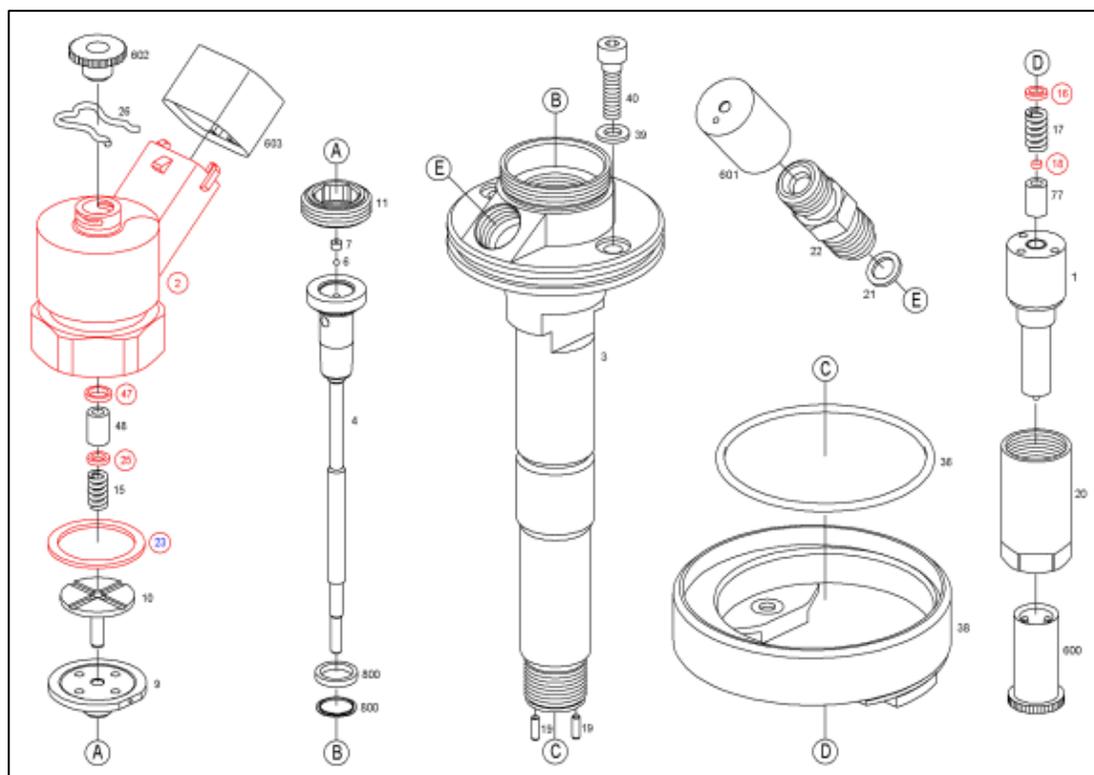
3. Estrangulador de salida	10. Estrangulador de entrada
4. Inducido de la electroválvula	11. Estrangulador de entrada
5. Retorno de combustible - al depósito	12. Canal de entrada a la tobera de inyección
6. Terminal eléctrico, electroválvula	13. Celda volumétrica
7. Electroválvula	14. Aguja de la tobera de inyección

Nota. Partes principales del inyector CRDI Bosch. (BOSCH, 2020)

Despiece de un inyector CRDI Bosch

Figura 9

Despiece de un inyector CRDI Bosch



Nota. Demostración del despiece de un inyector CRDI Bosch

Tabla 7

Nomenclatura del inyector CRDI Bosch

Item	Núm. pedido	Información	Cantidad	Denominación
1	0 433 172 053	B	1	INYECTOR DE ORIFICIOS
2	F 00V C30 306	B	1	GRUPO MAGNETICO
3	F 00V C0H 324	B	1	CUERPO
4	F 00V C01 329	B	1	JUEGO DE VALVULAS
6	F 00V C05 008	B	1	BOLA DE VALVULA
7	F 00V C21 001	B	1	GUIA DE BOLAS
9	F 00V C21 312	B	1	GUIA DE INDUCIDO
10	F 00V C08 319	B	1	INDUCIDO
11	F 00V C13 002	B	1	TORNILLO TENSOR
15	F 00V C09 301	B	1	RESORTE DE INDUCIDO
16	-	Z	1	ARANDELA DE AJUSTE
16	-	Z	1	ARANDELA DE AJUSTE
17	F 00V C09 023	B	1	RESORTE DE INYECTOR
18	-	Z	1	PIEZA DE PRESION
19	2 433 201 024	B	2	CLAVIJA CILINDRICA
20	F 00V C14 010	B	1	TUERCA FIJACION INYECTOR
21	F 00V C17 003	B	1	JUNTA
22	F 00V C16 009	B	1	RACOR DE EMPALME
23	-	Z	1	ANILLO DE AJUSTE
25	-	Z	1	ANILLO DE AJUSTE
26	F 00V C22 003	B	1	ESTRIBO DE APRIETE
36	F 00V C38 040	B	1	ANILLO TOROIDAL
38	F 00V C25 104	B	1	BRIDA
39	F 00V C17 599	B	2	ANILLO DE JUNTA
40	F 00V C13 399	B	2	TORNILLO HEXAG. INTERIOR
47	-	Z	1	ANILLO DE AJUSTE
48	F 00V C40 300	B	1	CASQUILLO-TOPE
77	F 00V C40 401	B	1	CASQUILLO-GUIA
600	6 000 900 262	B	1	CAPERUZA PROTECTORA
601	6 000 900 225	B	1	CAPERUZA PROTECTORA

Nota. Se muestra la nomenclatura de cada una de las piezas que conforman un inyector CRDI Bosch

Tipos de inyectores Bosch

(BOSCH, 2005) establece el elevado nivel de calidad de fabricación tecnología ultramoderna para valores de emisión de humo y bajo consumo.

Inyector de espiga: Para motores con cámara de turbulencia. El combustible es inyectado en la antecámara o cámara de turbulencia.

Inyector de orificios: Para inyectores de inyección directa. El combustible es inyectado directamente en la cámara de combustión del motor sobre la carcasa del pistón

Figura 10

Tipos de inyectores de toberas



Nota. Se presenta los tipos de toberas del inyector Bosch. (BOSCH, 2005)

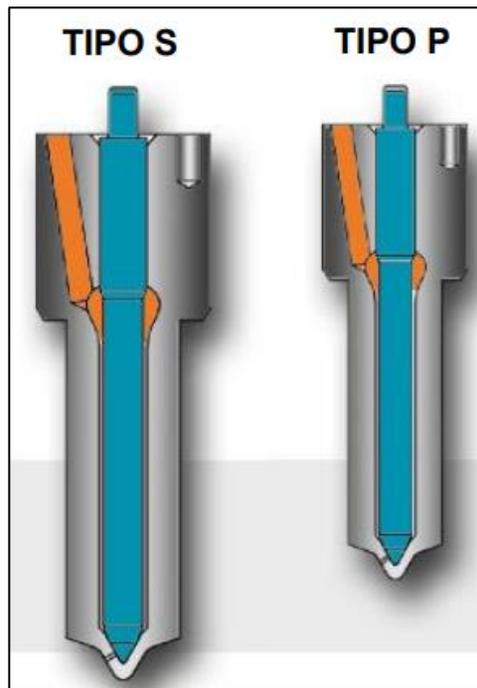
Los sistemas de inyección más antiguos utilizaban los Tipo S. Sin embargo, la evolución tecnológica exige componentes cada vez menores, ya que se van agregando nuevos componentes, mayor número de válvulas por cilindro, utilización de top-brake, etc. Por eso los sistemas de inyección más actuales utilizan el inyector P, más compacto.

Toberas S: Tamaño mayor, borde superior \varnothing 17 mm

Toberas P: Tamaño menor, borde superior \varnothing 14 mm

Figura 11

Tipos de inyectores de orificios

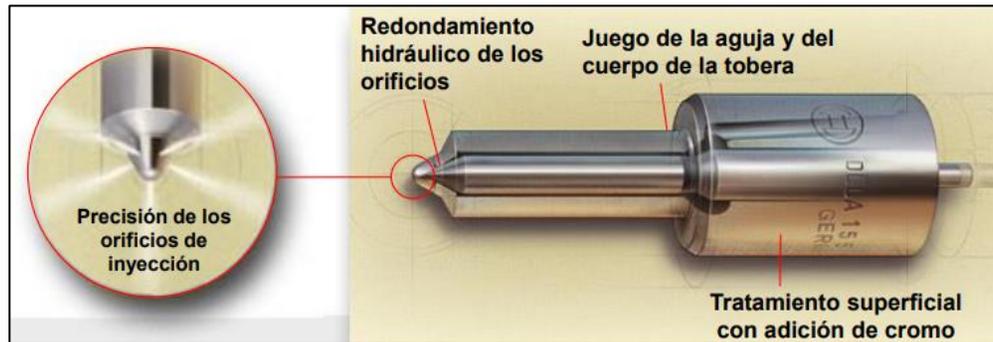


Nota. Se presenta los tipos de inyectores de orificios. (BOSCH, 2005)

Los inyectores poseen una influencia decisiva sobre la potencia, consumo de combustible y emisión de sustancias nocivas. Bosch, líder mundial para sistemas de inyección diésel, garantiza siempre la tecnología más moderna, una coordinación óptima de los componentes y sus procedimientos de fabricación ultramodernos son ventajosos para el consumidor.

Figura 12

Toberas desarrolladas para alta performance



Nota. Se aprecia las características de toberas del inyector Bosch. (BOSCH, 2005)

Etapas de funcionamiento del inyector CRDI

(Quispe, 2011) menciona que: el funcionamiento del inyector CRDI puede darse en diferentes etapas que producen la inyección del combustible:

Estructura

La estructura del inyector se divide en tres bloques funcionales:

- El inyector de orificios
- El servosistema hidráulico
- La electroválvula

Funcionamiento

La función del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y la bomba de alta presión en funcionamiento:

- a. Inyector cerrado (estado de reposo)
- b. El inyector abre (comienzo de inyección)

- c. Inyector totalmente abierto
- d. El inyector cierra (final de inyección)

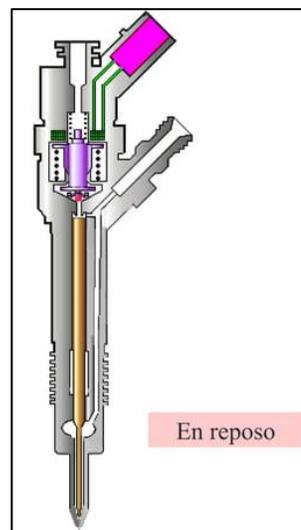
Si el motor no está en marcha la presión de un muelle mantiene el inyector cerrado

Inyector cerrado (estado de reposo)

De acuerdo a (Quispe, 2011) cita que: en este estado la electroválvula se encuentra desactivada por lo tanto va a estar en reposo (Primera etapa), aquí el estrangulamiento de salida se va a encontrar de manera cerrada el cual genera una presión de combustible similar en la cámara de control como en el volumen de la cámara de la tobera, la aguja va a mantenerse comprimida sobre su asiento de la tobera cerrando el paso del combustible y no produciendo la inyección.

Figura 13

Inyector cerrado



Nota. Se muestra el inyector cerrado con alta presión presente. (Quispe, 2011)

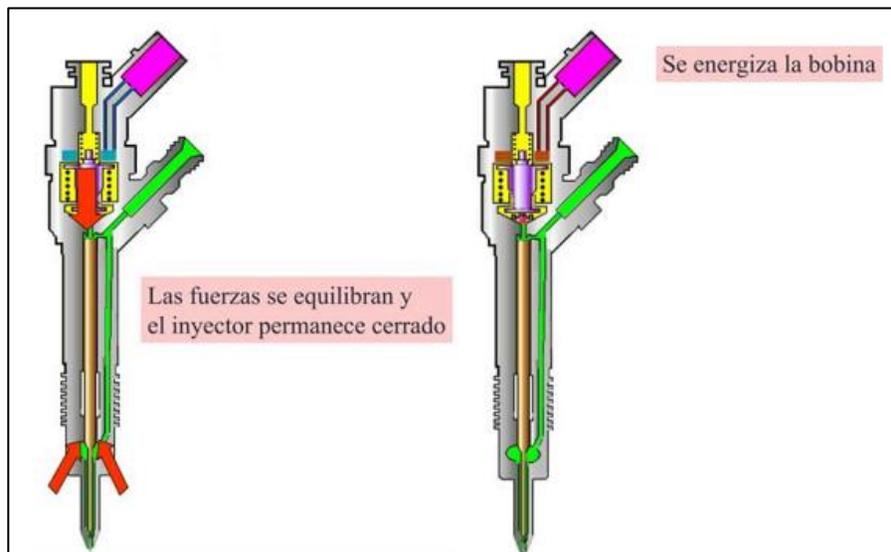
El inyector abre (comienzo de inyección)

La electroválvula es activada por una corriente de excitación que produce la apertura instantánea de la misma, en ese momento la fuerza del electroimán va a ser superior a la fuerza del muelle de la válvula lo cual produce la apertura del estrangulador de salida provocando así el paso para que el combustible fluya por el circuito de control de válvula y pueda regresar al depósito de combustible mediante las tuberías de retorno.

Relacionado con la anterior, cabe citar que el estrangulador de entrada no permite la compensación de presión por completo lo cual disminuye la presión en la cámara de control de válvula, esta presión disminuida produce a una disminución sobre el émbolo de mando y da paso a la apertura de la aguja del inyector donde comienza ahora la inyección.

Figura 14

Comienzo de inyección



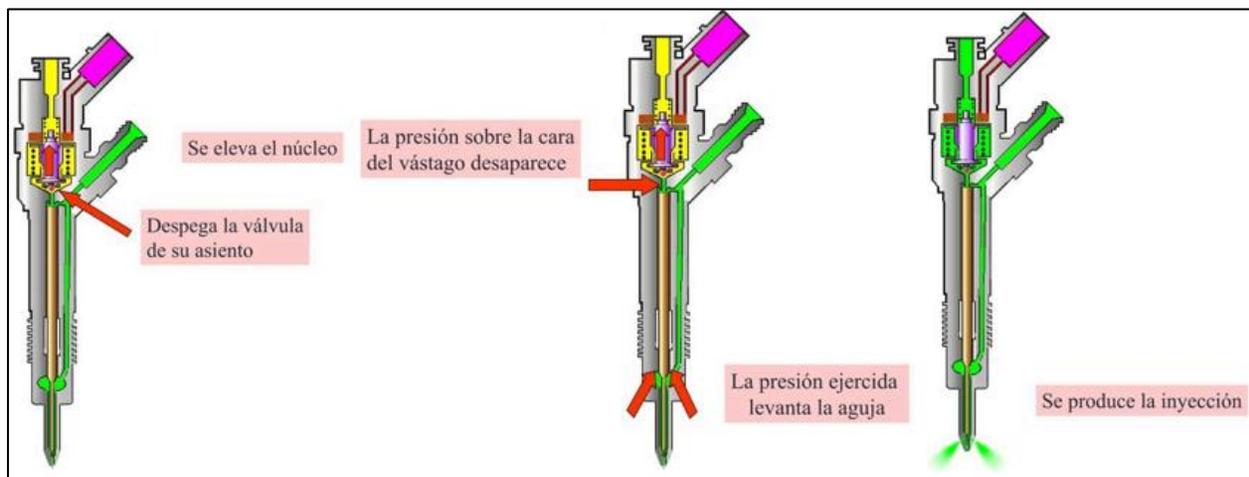
Nota. Se muestra el comienzo de inyección. (Quispe, 2011)

inyector totalmente abierto

El émbolo de mando va a tener su alcance máximo y permanecerá ahí con un volumen de combustible produciendo un efecto de amortiguamiento, esto es provocado por el flujo de combustible que se ejerce entre el estrangulador de entrada y estrangulador de salida, la tobera del inyector esta de manera abierta y el combustible es suministrado hacia la cámara de combustión. Lo que significa que inicia la pulverización en la cámara de combustión.

Figura 15

inyector totalmente abierto



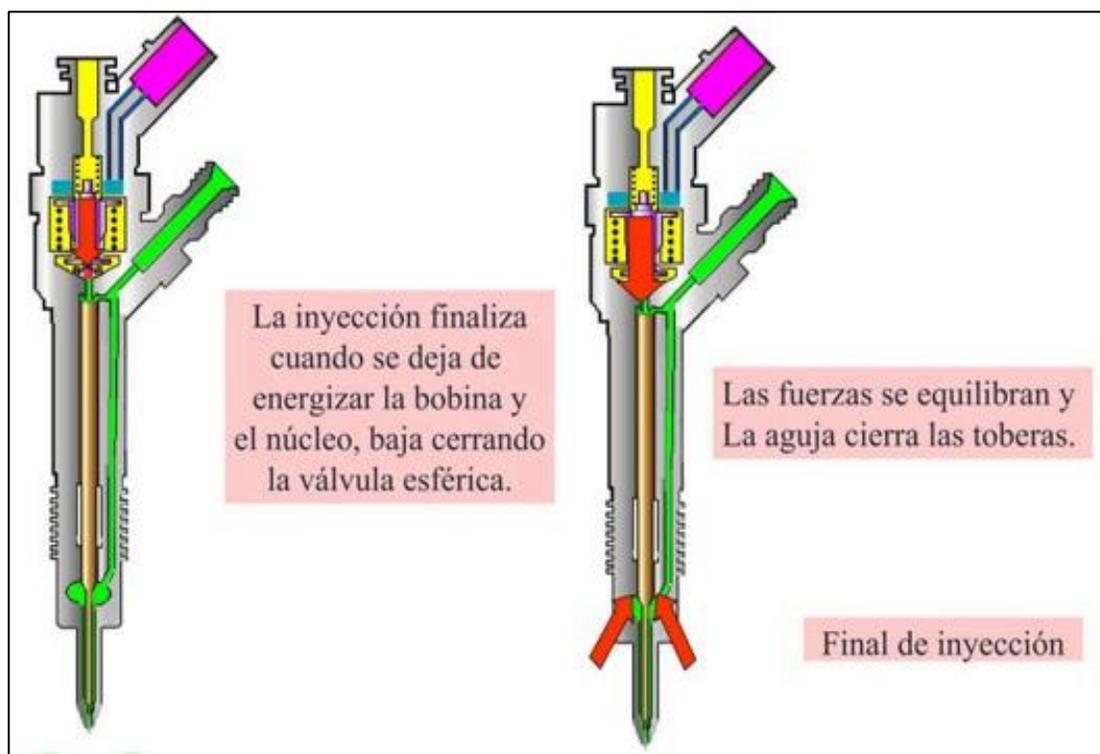
Nota. Se muestra el inyector totalmente abierto. (Quispe, 2011)

El inyector cierra (final de inyección)

Finalmente se desactiva la electroválvula, el inducido es empujado hacia abajo por la fuerza que ejerce el muelle de la válvula se cierra el estrangulador de salida genera un retorno de combustible se cierra la válvula y se libera la presión con la espera deja de estar liberada, por lo tanto, al iniciar la etapa de cierre de inyección la presión que realiza el resorte sobre la válvula del estrangulador en la etapa final formando nuevamente el ciclo del circuito del rail. (pp. 5-8)

Figura 16

Final de la inyección



Nota. Se muestra el final de la inyección. (Quispe, 2011)

Activación del inyector

(BOSCH, 2005) establece que cuando el inyector está en:

El estado de reposo, la válvula electromagnética de alta presión en el inyector no se acciona, por lo que permanece cerrada. El inyector inyecta con la válvula electromagnética abierta.

Fase de apertura

Para abrir la válvula electromagnética debe incrementarse primero la corriente, con un flanco empinado exactamente definido, a aprox. 20 A para conseguir una reducida tolerancia y una elevada capacidad de reproducción (exactitud de la reproducción) del caudal de inyección. Esto se consigue

mediante una tensión de refuerzo de hasta 50 V. Se genera en la unidad de control y se almacena en un condensador (acumulador de tensión de refuerzo). Aplicando esta tensión alta en la válvula electromagnética, la corriente aumenta con más rapidez que si se aplicase la tensión de la batería.

Fase de corriente inicial de arranque

En la fase de corriente inicial de arranque, la batería suministra la tensión a la válvula electromagnética. Esto contribuye a una apertura rápida. La corriente inicial de arranque se limita con una regulación de corriente de aprox. 20 A.

Fase de corriente de mantenimiento

En la fase de corriente de mantenimiento se reduce la corriente a aprox. 13 A para disminuir la potencia perdida en la unidad de control y en el inyector. Al reducir la corriente inicial de arranque hasta la corriente de mantenimiento, se libera energía. Ésta es conducida hacia el acumulador de tensión de refuerzo.

Desconexión

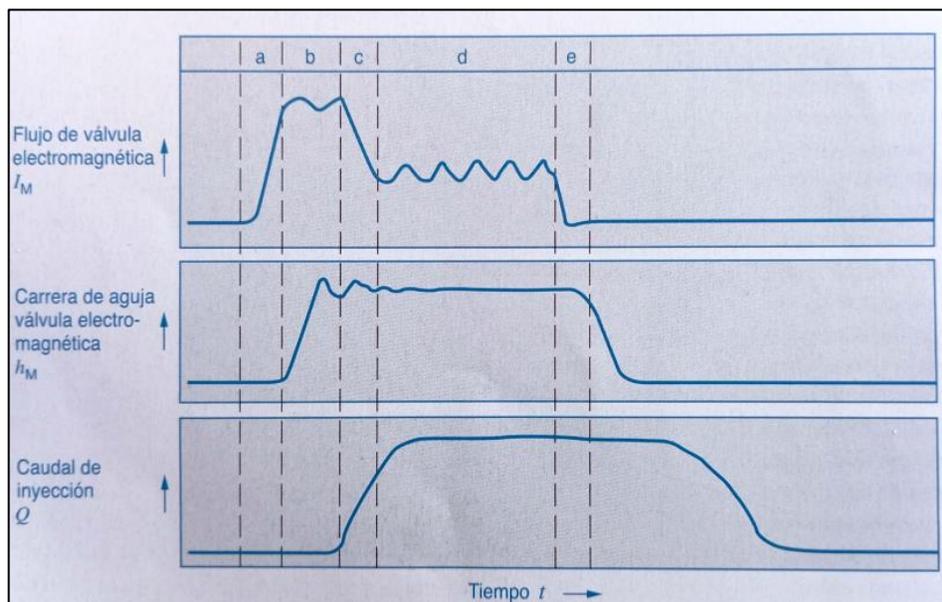
Al desconectar la corriente para cerrar la electroválvula también se libera energía. También ésta es conducida hacia el acumulador de tensión de refuerzo.

Recarga mediante convertidor de refuerzo

La recarga se efectúa mediante un convertidor de refuerzo integrado en la unidad de control. La energía consumida en la fase de apertura se recarga ya al comienzo de la fase de retención. Esto dura hasta que se alcanza el potencial de energía original que es necesario para la apertura de la válvula electromagnética. (p. 32)

Figura 17

Secuencia de activación del inyector



Nota. Secuencia de activación del inyector de alta presión. (BOSCH, 2005)

Tabla 8

Secuencia de activación del inyector

Secuencia de activación del inyector
a. Fase de apertura
b. Fase corriente inicial de arranque
c. Transición a la fase corriente de mantenimiento
d. Fase de corriente de mantenimiento
e. Desconexión

Nota. Elementos de la secuencia de activación del inyector. (BOSCH, 2005)

Control de voltaje, Corriente y Figura de Lissajous

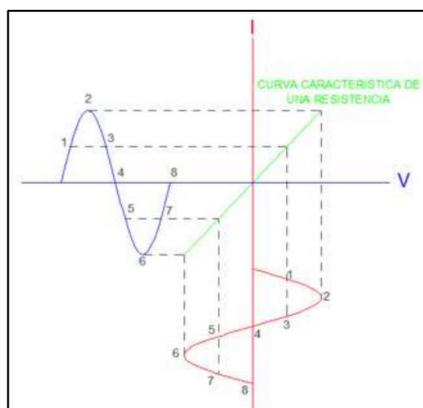
(Erazo, Guangaje, & Murillo, 2016) afirman que:

Las figuras de Lissajous se las obtienen a través de un osciloscopio automotriz. El osciloscopio analógico representa la evolución temporal de una señal, también la variación de una señal respecto a otra. Se aplica al canal vertical la señal; y al otro canal designado como x se le aplica la señal de referencia, esta referencia se envía al sistema de desviación horizontal, en lugar de enviar a éste, la señal del generador de barrido. Si las dos señales son armónicas, se obtienen las figuras de Lissajous.

En la figura 17 los puntos numerados trazan la posición del haz de electrones que en tiempo y magnitud de la onda sinusoidal aplicada. Si las dos señales tienen frecuencias diferentes, la figura no es una diagonal, ni elipse, ni círculo, sino será otra figura giratoria. Si la frecuencia de la señal se conoce, se encuentra la otra variando la fuente de frecuencia hasta observar la figura de Lissajous estable. (pp. 64 - 65).

Figura 18

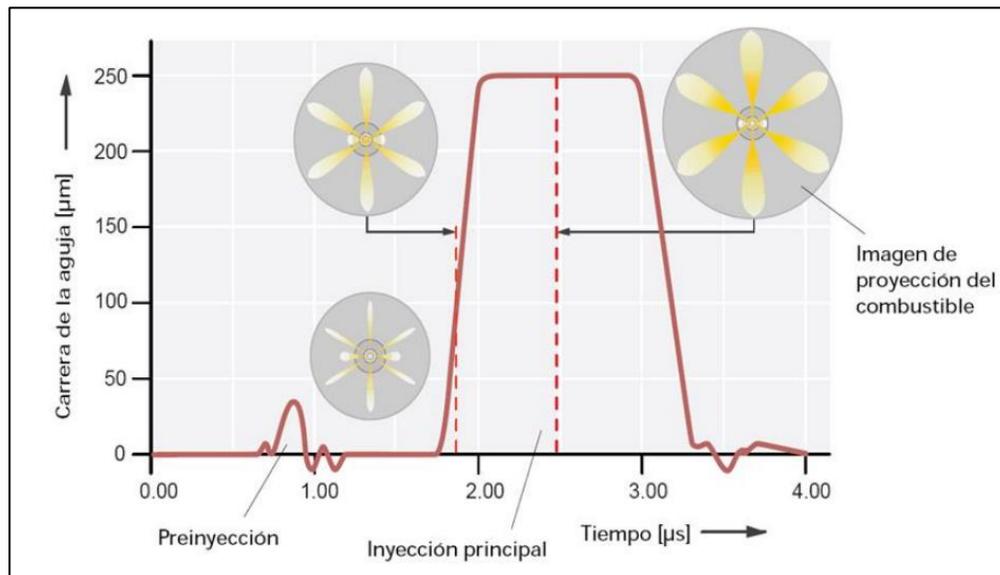
Generación de figuras de Lissajous



Nota. Se muestran las posibles figuras de Lissajous que se pueden formar según el trabajo de los inyectores. (Erazo, Guangaje, & Murillo, 2016)

Figura 19

Control del inyector



Nota. Se muestra el control del inyector. (BOSCH, 2020)

Medición Pasiva

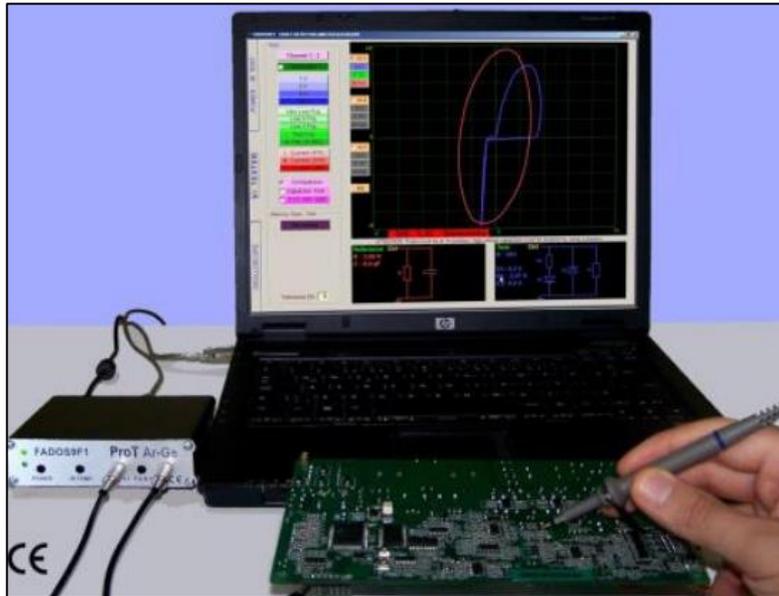
(Augeri, 2015) menciona que para realizar las mediciones en forma pasiva se debe tener en cuenta:

El proceso de diagnóstico se realiza sin energizar el componente con el trazador de curvas que inyecta corriente alterna en un punto en específico dentro de un circuito electrónico o componente para obtener como resultado la imagen en función del voltaje y la corriente.

El instrumento de medidas materializadas (material measures, en inglés), y la magnitud suministrada, al menor cambio del mensurando, o de la magnitud suministrada, produce un cambio perceptible en la indicación, se denomina resolución.

Figura 20

Trazador de curvas que inyecta cantidad de energía necesaria para el diagnóstico.



Nota. Se visualiza el analizador de pruebas de voltaje-corriente. (Augeri, 2015)

Medición activa

Este tipo de medición se realiza con osciloscopio automotriz ya que este nos permite ver la evolución del voltaje dentro de un circuito electrónico por lo que es necesario que se encuentre alimentado de una fuente de voltaje externa a la del instrumento de medición.

Trazador de curvas para osciloscopio

(Erazo, Guangaje, & Murillo, 2016) menciona que ara realizar pruebas en el osciloscopio debemos verificar:

Las pruebas voltaje-intensidad la señal de precisión de onda sinusoidal de corriente limitada se aplica a los componentes a verificar, el resultado del flujo de corriente, caída de tensión y el desplazamiento de fase de la señal (impedancia) son mostrados en pantalla. El flujo de corriente es una

desviación de la traza vertical en la pantalla, mientras que el voltaje a través del componente es una desviación de traza horizontal.

La operación del trazador de curvas consiste en un generador de corriente alterna que actúa como un divisor de voltaje que indica la corriente que circula por la misma, mientras que en las puntas de prueba se mide el voltaje para la verificación de un componente eléctrico o electrónico.

Análisis de curvas de tensión y corriente

Para obtener la gráfica voltaje-corriente colocar los valores de tensión y corriente para cada instante de tal forma de obtener una imagen de dos ejes, el eje vertical para corriente y el eje horizontal para voltaje. Los puntos de las gráficas de corriente y voltaje obtenidos en los osciloscopios 1 y 2 respectivamente se proyectan en un plano ortogonal x-y generando intersecciones que dan como resultado una curva. (p. 65)

Parámetros de inyección

(Castillejo, 2014) afirma que: el proceso de combustión en un motor diésel tiene un gran impacto en factores como el rendimiento, las emisiones de escape y los niveles de ruido, y depende en gran medida de la preparación de la mezcla de aire y combustible.

Los parámetros de la inyección más influyentes en la calidad de la mezcla formada son:

- Inicio de la inyección
- Inicio de la inyección avanzada
- Inicio de la inyección retardada
- Patrones de inyección
- Curva de inyección

Los gases de escape y el ruido de la combustión en los motores diésel se pueden reducir en gran parte con medidas dentro del motor controlando el proceso de combustión.

Las normativas sobre emisiones de los gases de escape en el futuro serán cada vez más estrictas, por lo que habrá que introducir más medidas para minimizar la contaminación. Las emisiones, además del ruido de la combustión, pueden continuar reduciéndose usando presiones de inyección más altas, como las que se consiguen con el sistema bomba-inyector unitario UIS (Unit Inyector System), y con una curva inyección ajustable independientemente de la presión de acumulación, como ocurre en el sistema Common Rail. (pp.5 - 6)

Inicio de la inyección

El punto en el que se inyecta el combustible dentro de la cámara de combustión tiene un efecto decisivo sobre el instante en el que se inicia la combustión de la mezcla, por lo tanto, sobre el nivel de emisiones, el consumo de combustible y el ruido de la combustión. Por este motivo, el inicio de la inyección juega el papel más importante en la optimización del rendimiento del motor.

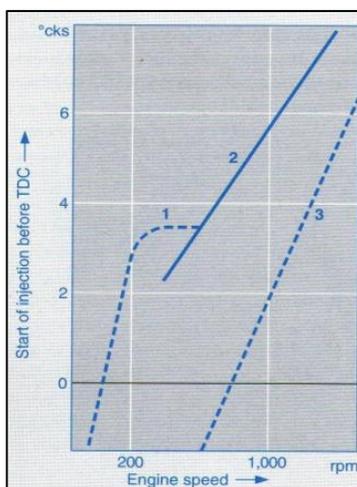
El inicio de la inyección especifica la posición del cigüeñal, en grados con respecto a la posición del mismo en el PMS (Punto Muerto Superior), en la que abre la tobera del inyector y se inyecta el combustible dentro de la cámara.

La posición del pistón relativa al PMS en ese momento, además de la densidad y temperatura del aire, influye en el flujo de aire dentro de la cámara de combustión. De acuerdo a esto, el grado de mezcla de aire y combustible depende también del inicio de la inyección. Por tanto, el inicio de la inyección afecta a las emisiones de elementos como partículas, óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos inquemados (HC) y monóxido de carbono (CO).

El punto de inicio de inyección varía de acuerdo a la carga, la velocidad y la temperatura del motor. Para cada motor se determinan unos valores optimizados, teniendo en cuenta su impacto sobre el consumo de combustible, las emisiones contaminantes y el ruido. Estos valores se almacenan en un mapa de inicio de inyección. La variación del inicio de inyección dependiendo de la carga se controla también a través de dicho mapa.

Figura 21

Inicio de la inyección en función de la velocidad del motor y la carga



Nota. Inicio de la inyección. (BOSCH, 2005)

Comparado con los sistemas controlados por leva, el Common-Rail ofrece un mayor grado de libertad para elegir la cantidad, el instante y la presión de inyección. Como la presión del combustible se genera por una bomba de alta presión separada y la inyección se controla por un solenoide o un actuador piezoeléctrico, es posible optimizar la inyección para cada punto de operación con el sistema de control del motor.

Inicio de la inyección avanzada

La mayor temperatura alcanzada durante la compresión se da un poco antes del PMS del pistón. Si la combustión se inicia mucho antes del PMS, la presión crece bruscamente y actúa como una fuerza que se opone a la carrera de ascenso del pistón. La pérdida de calor en el proceso disminuye la eficiencia del motor y, por tanto, aumenta el consumo de combustible. La elevación brusca de la presión de compresión hace también que la combustión sea más ruidosa.

El mayor incremento de temperatura como consecuencia del inicio de inyección avanzado tiene como consecuencia un aumento de los niveles de NOx en los gases de escape y reducción de los HC.

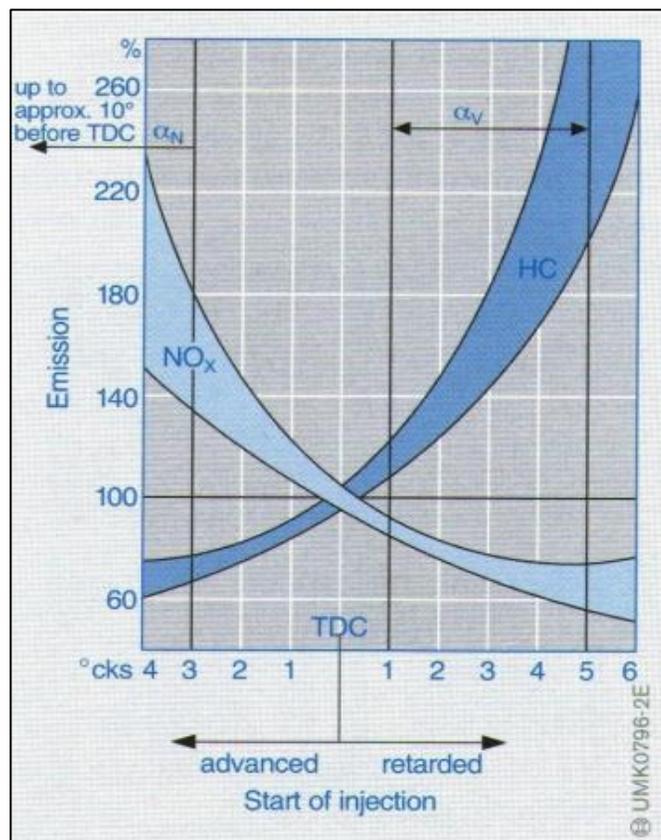
Inicio de la inyección retardada

En condiciones de baja carga, el inicio de la inyección retardado puede dar como resultado una combustión incompleta y, por tanto, un incremento en las emisiones de hidrocarburos inquemados y de monóxido de carbono, ya que la temperatura en la cámara de combustión desciende notablemente.

El compromiso para compensar, por un lado, el consumo específico de combustible y las emisiones de hidrocarburos, y por el otro, las emisiones de partículas y NOx, hacen que la tolerancia sea muy pequeña cuando se modifica el inicio de inyección para ajustarlo a un determinado motor. (pp. 13 - 14).

Figura 22

Emisiones de NO_x y HC en función del inicio de inyección

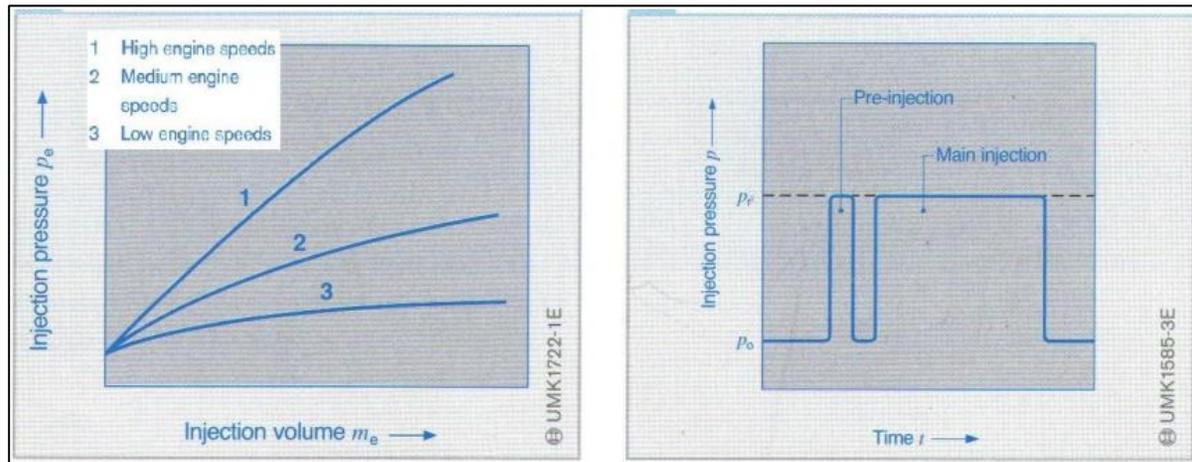


Nota. Emisiones de NO_x y HC. (BOSCH, 2005).

Curva de la inyección

La curva de inyección representa gráficamente el flujo másico de combustible frente al tiempo en el que es inyectado en la cámara de combustión.

Figura 23

Curvas de inyección

Nota. Curvas de inyección de un sistema de convencional (izquierda) y de un sistema Common Rail (derecha). (BOSCH, 2005)

Patrones de inyección

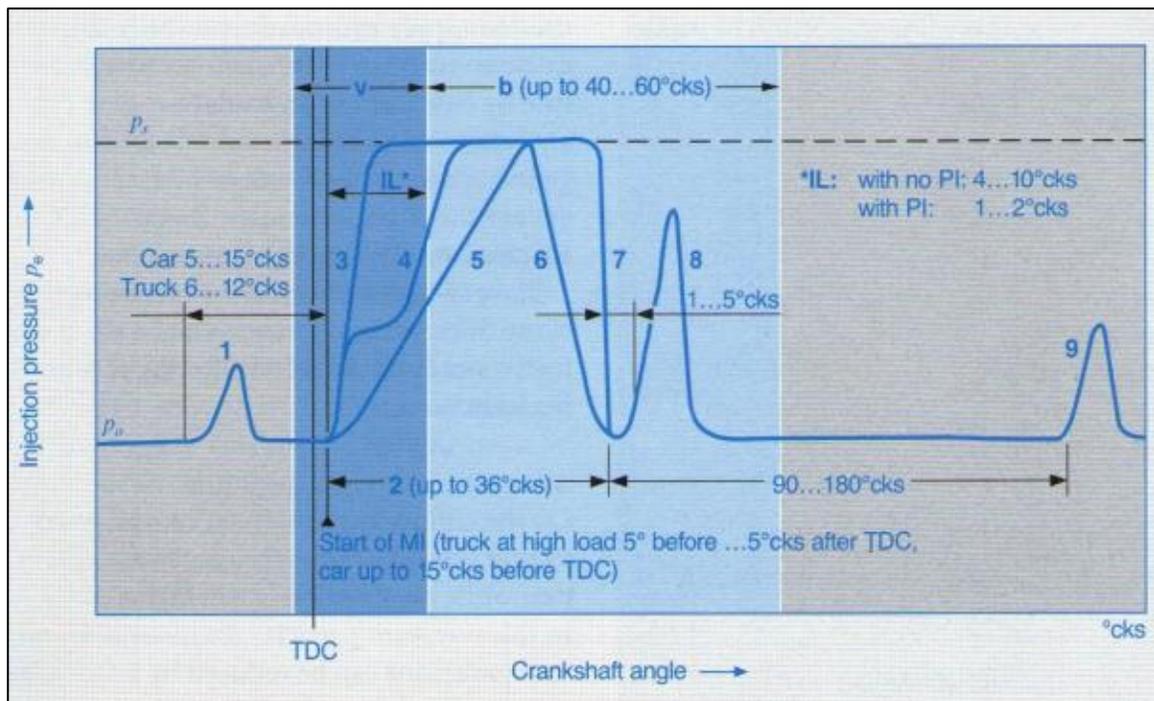
Dependiendo de la aplicación para la que esté destinado el motor, se requieren las siguientes funciones (Figura 23):

- Preinyección (1): reduce el ruido de la combustión y las emisiones de NOx, especialmente en los motores de inyección directa.
- Gradiente positivo de inyección durante la inyección principal (3): reduce emisiones de NOx en motores sin válvula EGR.
- Gradiente de presión en dos etapas (4): durante la inyección principal reduce las emisiones de NOx y partículas en motores sin EGR.
- Alta presión constante durante la inyección principal (3,7): reduce las emisiones de partículas durante la operación en motores con EGR.

- Inyección secundaria avanzada (8): reduce las emisiones de partículas.
- Inyección secundaria avanzada (9).

Figura 24

Patrones de inyección



Nota. Patrones de inyección. (BOSCH, 2005)

Geometría de los ángulos de operación del sistema

(EL MAQUINANTE, 2019) según sus estudios realizados afirma que: el inicio de inyección y el caudal de inyección se ajustan con el inyector activado electrónicamente. Los inyectores reemplazan combinación de porta inyector.

Métodos de inyección

INYECCIÓN POR AIRE: en los inyectores de soplado con aire, la energía del aire comprimido convertida en energía cinética, se emplea para introducir el combustible dentro del cilindro, pulverizando finamente, creando al mismo tiempo la turbulencia en la cámara de combustión para mezclar el combustible con el aire caliente. Actualmente está en desuso.

INYECCIÓN SÓLIDA: el combustible se inyecta en estado líquido, pasa a estado casi gaseoso, disgregado por medio de los inyectores y mezclándose con el aire para utilizar todo el oxígeno necesario.

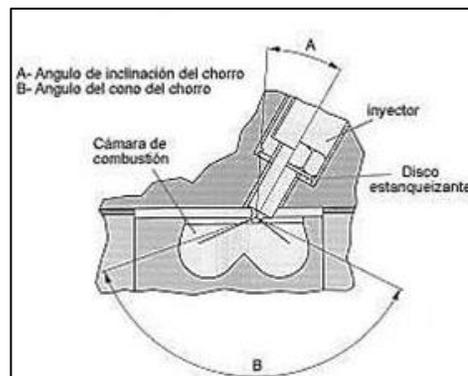
Métodos de inyección sólida

- Inyección directa
- Inyección indirecta con precámara
- Inyección indirecta con cámara de turbulencia

Inyector de orificios

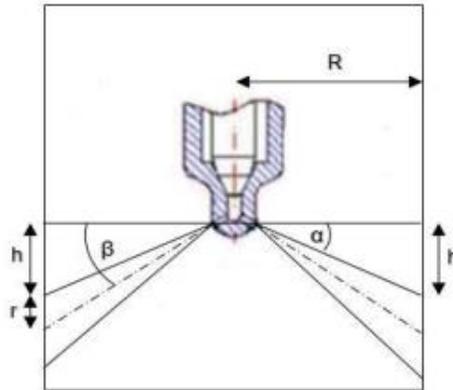
Figura 25

Posición de inyector de orificios en la cámara de combustión



Nota. Se aprecia la posición que tiene el inyector de orificios dentro de la cámara de combustión. (EL MAQUINANTE, 2019)

Figura 26

Ángulo de pulverización

Nota. Se aprecia los ángulos de pulverización de un inyector Bosch. (Robayo & Sarabia, 2018)

- R= Radio del cilindro
- h= altura
- r= radio del chorro
- α= ángulo de disparo
- β= ángulo de dispersión

(Robayo & Sarabia, 2018) nos dan a conocer: las fórmulas para calcular el ángulo de disparo y el ángulo de dispersión; están dadas de la siguiente manera:

Ángulo de Disparo:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{h}{R}\right)$$

Ecuación 1: Ángulo de disparo

Ángulo de Dispersión:

$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{h+r}{R}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{h}{R}\right)$$

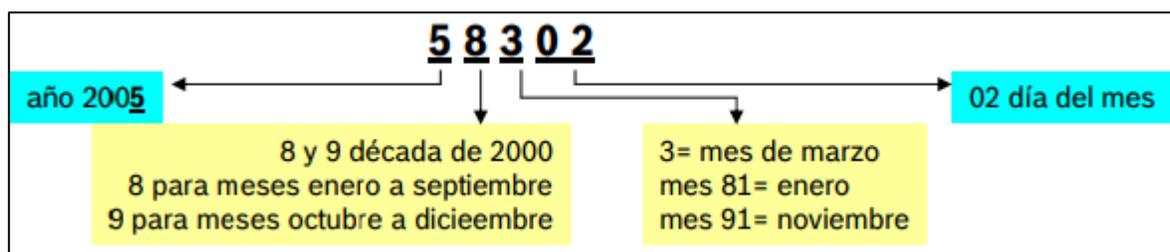
Ecuación 2: Ángulo de dispersión

Especificaciones y hojas características**Identificación de los inyectores**

En el manual (BOSCH, 2006) menciona: la identificación unívoca de los inyectores se hace por medio del número de serie correspondiente. Para su fácil identificación te describo a continuación las inscripciones más significativas.

Fecha de fabricación

Es reconocible porque es el único código siempre de cinco cifras y que sigue una lógica de composición. La primera es el año de fabricación, a segunda indica la década y el mes, la tercera completa la identificación para el mes y las dos últimas el día del mes.

Figura 27**Identificación de un inyector Bosch**

Nota. Identificación de fecha de fabricación de un inyector Bosch. (BOSCH, 2006)

Número de serie

Número (correlativo) compuesto por el código de cuatro cifras que va junto a la fecha de fabricación, delante o detrás. De hecho, el número de serie se considera a la unión de este número correlativo + la fecha de fabricación.

Número de información de puesto de fabricación

Código aleatorio normalmente de cuatro cifras, sin ningún significado en campo.

Número de pedido BOSCH

Referencia Bosch del producto (10 cifras). Para inyectores CR de turismo siempre 0 445 110 XXX

Referencia del fabricante

Referencia para el producto que maneja el fabricante del motor o vehículo

Código de fábrica

Número reconocible por ser siempre de tres cifras y estar dentro de un óvalo. Indica la fábrica que ha manufacturado el producto

Clasificación

Este es un código de uno o dos dígitos con el que agrupa a los inyectores en su fabricación en función de sus tolerancias. Normalmente se encuentra enmarcado en un círculo y puede ser una letra, un número, o bien las dos juntas.

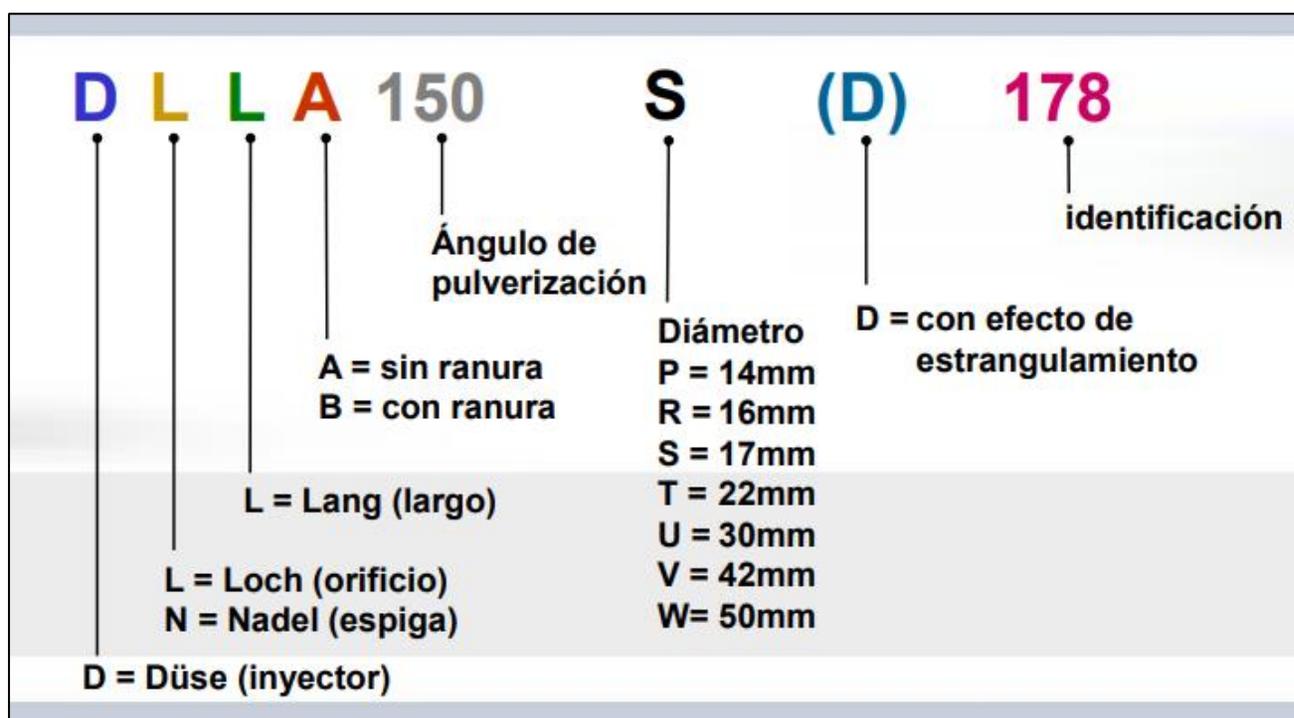
Si el inyector que se va a probar es clasificado, lo podemos confirmar en la prueba del banco porque las posibilidades vienen predeterminadas en la tabla de pruebas.

Codificación de adaptación de la cantidad inyectada

Es un código alfanumérico que puede constar de seis a nueve dígitos, se sabe que un inyector es codificado porque el código también va escrito en formato de código de barras moderno (tipo tablero de ajedrez).

Figura 28

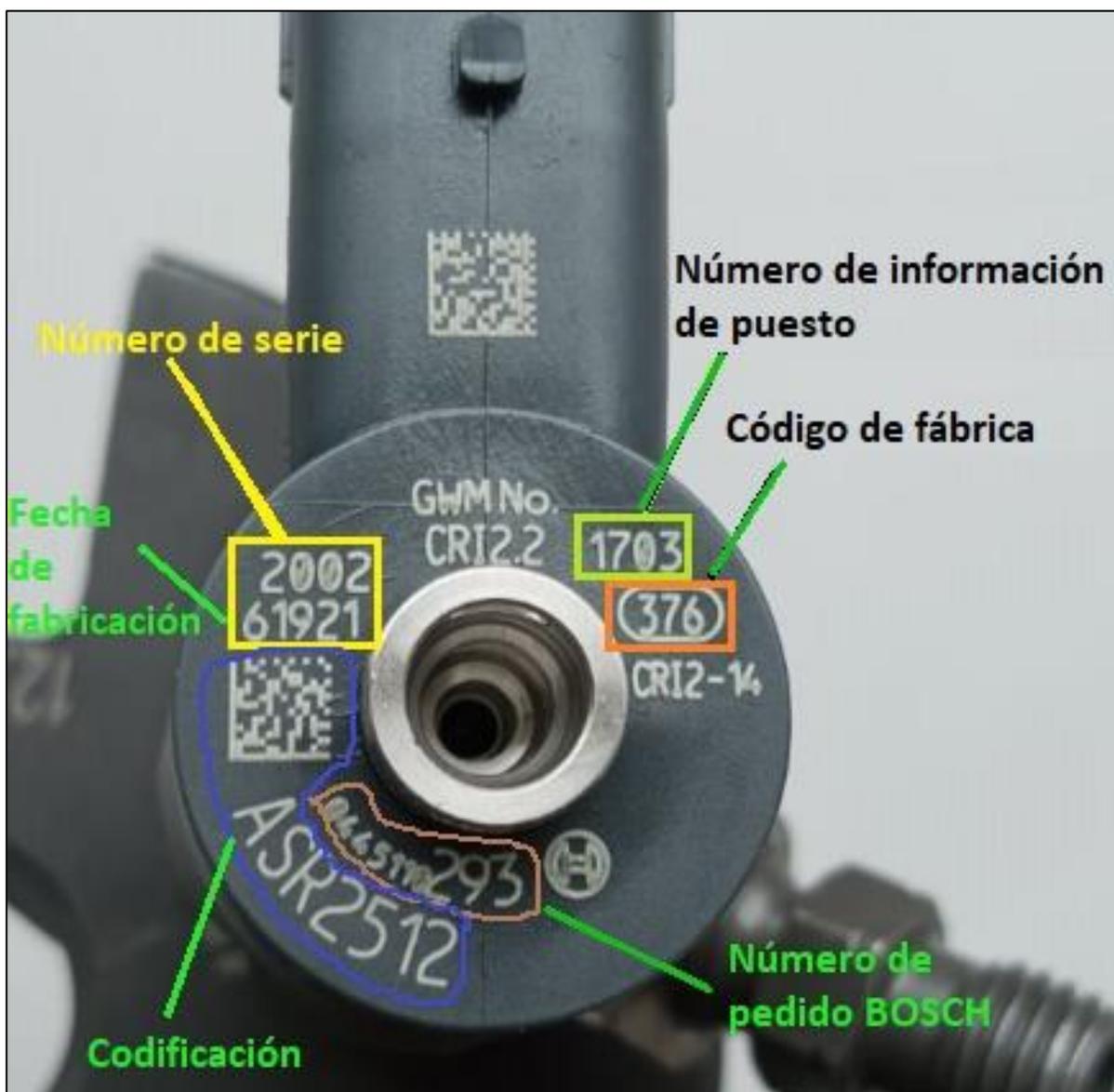
Codificación de inyectores



Nota. Codificación de inyectores Bosch. (BOSCH, 2020)

Figura 29

Identificación del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293



Nota. Identificación de un inyector CRDI Bosch. (BOSCH, 2006)

Figura 30

Calibración de inyectores Bosch

0445110134	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.190 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 65 +/- 6 [R]: 42 +/- 31	2	STRK: 1000 msec: 0.680 Time: 2:00 Bar: 700	[D]: 41 +/- 8	3	STRK: 1500 msec: 0.940 Time: 2:00 Bar: 250	[D]: 26 +/- 8	4	STRK: 1500 msec: 0.220 Time: 15:00 Bar: 700	[D]: 27 +/- 20
0445110135	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1450 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.000 Time: 2:00 Bar: 1350	[D]: 38 +/- 9 [R]: 39 +/- 27	2	STRK: 1500 msec: 0.600 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 51 +/- 17	3	STRK: 1500 msec: 0.650 Time: 9:00 Bar: 250	[D]: 45 +/- 41	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 34 +/- 27
0445110136	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.000 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 50 +/- 9 [R]: 41 +/- 30	2	STRK: 1500 msec: 0.600 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 49 +/- 17	3	STRK: 1500 msec: 0.650 Time: 9:00 Bar: 250	[D]: 42 +/- 41	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 32 +/- 25
0445110137	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.900 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 56 +/- 8 [R]: 41 +/- 30	2	STRK: 1000 msec: 0.900 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 37 +/- 9	3	STRK: 1500 msec: 0.760 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 28 +/- 17	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 32 +/- 25
0445110138	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.900 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 56 +/- 8 [R]: 41 +/- 30	2	STRK: 1000 msec: 0.600 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 37 +/- 9	3	STRK: 1500 msec: 0.760 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 28 +/- 17	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 32 +/- 25
0445110139	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.900 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 65 +/- 10 [R]: 44 +/- 34	2	STRK: 1000 msec: 0.600 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 48 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.750 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 31 +/- 18	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 41 +/- 34
0445110140	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.900 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 65 +/- 10 [R]: 44 +/- 34	2	STRK: 1000 msec: 0.600 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 48 +/- 11	3	STRK: 1500 msec: 0.750 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 31 +/- 18	4	STRK: 1500 msec: 0.240 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 41 +/- 34
0445110141	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1400 [R]: 0-70 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.800 Time: 2:00 Bar: 1350	[D]: 66 +/- 6 [R]: 39 +/- 27	2	STRK: 1500 msec: 0.500 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 47 +/- 9	3	STRK: 1500 msec: 0.575 Time: 4:00 Bar: 300	[D]: 30 +/- 13	4	STRK: 1500 msec: 0.160 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 34 +/- 27
0445110142	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.960 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 35 +/- 5 [R]: 43 +/- 33	2	STRK: 1500 msec: 0.590 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 47 +/- 9	3	STRK: 1500 msec: 0.675 Time: 6:00 Bar: 250	[D]: 27 +/- 15	4	STRK: 1500 msec: 0.180 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 29 +/- 23
0445110143	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1700 [R]: 0-80 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 0.960 Time: 2:00 Bar: 1600	[D]: 35 +/- 5 [R]: 43 +/- 33	2	STRK: 1500 msec: 0.590 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 47 +/- 9	3	STRK: 1500 msec: 0.675 Time: 6:00 Bar: 250	[D]: 27 +/- 15	4	STRK: 1500 msec: 0.180 Time: 15:00 Bar: 800	[D]: 29 +/- 23
0445110144	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1400 [R]: 0-70 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.000 Time: 2:00 Bar: 1300	[D]: 42 +/- 6 [R]: 39 +/- 27	2	STRK: 1000 msec: 0.700 Time: 2:00 Bar: 500	[D]: 37 +/- 8	3	STRK: 1500 msec: 0.600 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 24 +/- 13	4	STRK: 1500 msec: 0.225 Time: 15:00 Bar: 500	[D]: 29 +/- 23
0445110145	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1400 [R]: 0-70 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.300 Time: 2:00 Bar: 1300	[D]: 71 +/- 6 [R]: 39 +/- 27	2	STRK: 1500 msec: 0.500 Time: 4:00 Bar: 500	[D]: 55 +/- 22	3	STRK: 1500 msec: 0.600 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 25 +/- 11	4	STRK: 1500 msec: 0.230 Time: 15:00 Bar: 500	[D]: 29 +/- 23
0445110146	STRK: 500 msec: 0.600 Bar: 140..200	Time: 5:00 Bar: 1400 [R]: 0-70 ml	Q: 0.5 +/- 0.15	1	STRK: 500 msec: 1.300 Time: 2:00 Bar: 1300	[D]: 70 +/- 6 [R]: 40 +/- 29	2	STRK: 1000 msec: 0.500 Time: 2:00 Bar: 800	[D]: 38 +/- 6	3	STRK: 1500 msec: 0.600 Time: 4:00 Bar: 250	[D]: 24 +/- 10	4	STRK: 1500 msec: 0.160 Time: 8:00 Bar: 800	[D]: 23 +/- 16

Nota. Medidas de calibración de inyectores Bosch. (BOSCH, 2020)

Figura 31

Ensamble o bloque de la armadura del Inyector

			
		Esagono a brugola	Stella
1	Torque de aperto	50 Nm	70 Nm
2	soltar		
3	Tolerancia	5 Nm	23 Nm
4	Azzerare il disco graduato		
5	Grau de aperto	20° (18°...22°)	13° (11°...15°)
	Torque maximo	65 Nm	75 Nm

Nota. Ensamble de la armadura del Inyector Bosch. (BOSCH, 2020)

Figura 32

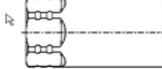
Montaje del solenoide de par de apertura

					
		MSM 1	MSM 2	MSM 3	MSM 4
Descrizione		Dado a sei facce graffato sul magnete	Dado a dodici facce Chiave 28	Dado a dodici facce Chiave 27	Dado a dodici facce – Chiave in due pezzi
1	Torque de aperto	25 Nm	25 Nm	25 Nm	30 Nm
2	soltar				
3	tolerancia	7 Nm	7 Nm	7 Nm	7 Nm
4	Azzerare il disco graduato				
5	Grau de aperto	16° (14°...18°)	12° (10°...14°)	16° (14°...18°)	30° (28°...32°)
	Torque maximo	36 Nm	36 Nm	34 Nm	36 Nm

Nota. Montaje del solenoide de par de apertura del inyector Bosch. (BOSCH, 2020)

Figura 33

Montaje del par de apertura del porta inyector



		DSM	DSM dal 120 008
1	Torque de aperto	60 Nm	55 Nm
2	soltar		
3	tolerancia	5 Nm	5 Nm
4	Zerar o disco da escala		
5	Grau de aperto	45° (43°...47°)	40° (38 ...42°)
	Torque maximo	90 Nm	70 Nm

Nota. Montaje del par de apertura del porta inyector Bosch. (BOSCH, 2020)

Capítulo III

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

Levantamiento de requerimientos

A continuación, se da a conocer los equipos, software y herramientas que se utilizaron para el proceso de diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch. Seguidamente se ira realizando la descripción de cada una de ellas.

Tabla 9

Equipos y herramientas utilizados para el proceso de diagnóstico.

Equipo / Herramienta	Descripción
	Diseñado para inyector diésel de nueva generación.
Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400	Posibilidad de probar 4 inyectores al mismo tiempo.
Banco Tester V-3500 VNP	Prueba de características eléctricas para inyectores CRDI Bosch, Delphi y Denso Presión máxima: 800bar
Multímetro Pro'sKit MT-5211	Multímetros totalmente destacados Versátil, seguro y preciso LCD grande con retroiluminación Funciones adicionales Medidor LCR

Equipo / Herramienta	Descripción
Osciloscopio Hantek 1008C	Comprueba y compara la señal de tensión en formas de ondas sinusoidales que se representan en función del tiempo
Osciloscopio FADOS9F1	Fuente de Alimentación DC Programable Sonda de Medición de Temperatura. Dibujo del circuito equivalente del punto tocado Visualización de los valores materiales
Pinza amperimétrica	De bajo amperaje de 0 a 60 con display digital. 3820-13 OTC
Compresor	Trabaja con una fuente de alimentación de 110 V
Herramientas especiales Common Rail	Estas herramientas están especialmente diseñadas para la manipulación, tanto en el desarme y arme de los inyectores en forma correcta y sin provocar daños ni cambios físicos en las distintas partes a intervenir.

Nota. Listado de equipos y herramientas utilizados para realizar el diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch.

Cada uno de los equipos citados en la tabla 9 forman parte del diagnóstico mecánico, electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch, es importante conocer las características de cada uno de ellos, además de su funcionamiento para poder realizar los respectivos estudios.

Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400

(KOMTEST, 2021) establece que el banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400 es:

Capaz de examinar la condición tanto mecánica como electrónica de los inyectores de las marcas Bosch, Denso y Delphi. Esto se logra mediante el uso de sus controles digitales de STROKE, que monitorean la cantidad de inyecciones, la presión del sistema y el tiempo de pulso del inyector. Además, es capaz de tomar mediciones en diferentes condiciones de funcionamiento, las cuales se compararán más adelante.

Este equipo funciona a través de contadores digitales automatizados que tienen la capacidad de cambiar su ritmo de trabajo. Además, incluye bases de sujeción del inyector, acoples de seguridad, cañerías del fluido y conectores electrónicos, los cuales permiten obtener los resultados mediante operaciones matemáticas y comparaciones futuras.

Figura 34

Banco KOMTEST CRI PUMP – 2400



Nota. Banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400 que realiza las distintas pruebas mecánicas y electrónicas del inyector. (KOMTEST, 2021)

Tabla 10

Datos banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400

Tipo	Descripción
Especificaciones	<p>Diseñado para inyector diésel de nueva generación.</p> <p>Posibilidad de probar 4 inyectores.</p>
Database	<p>Plan de prueba disponible para el tipo de inyector (Bosch-Delphi-Denso-Siemens).</p> <p>Banco de pruebas puede probar automáticamente o manual.</p> <p>También es posible guardar e imprimir el informe de la prueba.</p>
Tipos de bombas	<p>BOSCH: CP1, CP2, CP3, CP4, CP5 - CB18, CB28</p> <p>DENSO: HPO, HP2, HP3, HP4, HP5, HP6, HP7, CONTINENTAL</p> <p>VDO,</p> <p>DELPHI: DFP1, DFP3, DFP4, DFP5, DFP6, DFP7, DFP8, CUMMINS,</p> <p>CAT4, CAT6, PERKINS todos los modelos;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de Transferencia • Prueba de Alta Presión • Prueba de Rendimiento • Prueba de Arranque • Prueba de válvulas y sensores incluidos en el sistema
Inyección Y Retorno	Medición sensible gráficamente

Tipo	Descripción
S-Time	Prueba instantánea del tiempo de respuesta del proyector.
Sistema de Codificación	Delphi C2i/C3i, BOSCH iMA, SIEMENS uc, DENSO QR incluido en el sistema.
Emparejamiento	De inyectores de CR Solenoides de entrehierro.
Control de Strok	Control de Stroke y cancelación del tiempo disponible.
Sistema de Control	Controlado por ordenador. Uso fácil puede ser controlado por teclado o mouse.
Rango de Pruebas	La capacidad de prueba es entre 200-2200 bar y 3000 μ s intervalo de tiempo.
Control de Temperatura	La temperatura 1°C requerida puede ajustarse con tolerancia
Control de Transmisión	Control de velocidad montado en el motor de AC.
Sensor de Control	Válvula DRV (tipo 507)

Nota. Especificaciones técnicas del banco de pruebas KOMTEST CRI PUMP – 2400. (KOMTEST, 2021)

Banco Tester V-3500 VNP

Es un equipo que nos permite analizar el estado mecánico y electrónico en el cual se encuentra los inyectores CRDI BOSCH.

Posee contadores digitales el cual se visualiza en la pantalla del equipo puede variar según el régimen de trabajo establecido, también contiene un conjunto de probetas graduadas el cual acoge el caudal de ingreso y de retorno de cada inyector donde permite obtener medidas para posteriormente ingresar dichos datos y compararlos.

Figura 35

Banco Tester V-3500 VNP



Nota. Banco Tester V-3500 VNP que realiza las distintas pruebas mecánicas y electrónicas del inyector.

Tabla 11*Datos banco Tester V-3500 VNP*

Tipo	Descripción
Modelo	MT 3000
Tipo de control	Regulador de aire + digital
Entrada	AC 220, MAX 300W
Salida	DC 0 – 12 V, MAX 200W
Entrada de presión	8 bar.
Salida de presión	Max. 800 bar.
Temperatura	5 – 40 °C

Nota. Especificaciones técnicas del banco Tester V-3500 VNP.

Detalles de equipos de medición

Multímetro Pro'sKit MT-5211

Este dispositivo es un conjunto de Multímetro y Medidor de Componentes LCR. Ideal para comprobaciones y pruebas tanto en el campo eléctrico como electrónico.

(ELECTRÓNICA MOLGAR, 2022) menciona algunas características de nuestro equipo de medición:

- Diseño para la medición de Vcc y Vca, Corriente en Vcc y Vca, Resistencia, Frecuencia, Temperatura, Continuidad, Diodos y Transistores.

- Diseño con protecciones de sobrecarga según la CE, Seguridad CAT IV 600V, IEN61010-1, esto nos asegura una larga vida y un funcionamiento continuo.
- Gran pantalla LCD con luz de fondo que nos facilita la lectura incluso en zonas oscuras.
- Continuidad con indicador sonoro.
- Prueba de diodo.
- Retención de datos.
- Apagado automático.
- Indicación de batería baja.
- Indicación de sobre carga.
- Retroiluminado.
- Prueba de transistores.

Figura 36

Multímetro Pro'sKit MT-5211



Nota. Se muestra el multímetro con el cual se realiza las pruebas de resistencia e inductancia en los inyectores.

Tabla 12*Datos multímetro Pro'sKit MT-5211*

Tipo	Descripción
Estilo	Digital (DMM)
Dígitos de pantalla	3.5
Función	Voltaje, corriente, resistencia, capacitancia, temperatura, frecuencia.
Funciones adicionales	Continuidad, prueba de diodos, ganancia de transistores.
Características	Auto apagado, luz de fondo, retención.
Clasificación	CAT IV 600 V
Tensión máxima CA	750 V
Tensión máxima CC	1000 V
Corriente máxima CA	20 A
Corriente máxima CC	20 mA
Frecuencia máxima	10000 kHz
Resistencia máxima	2000 MΩ

Nota. Descripción técnica del multímetro Pro'sKit MT-5211. (DIGIKEY, 2022)

Osciloscopio Hantek 1008C

Este osciloscopio virtual convierte cualquier PC en un potente osciloscopio de 8 canales, que también puede actuar como generador de señales y como módulo de adquisición de datos.

(Pérez Fiallos & Sevilla Miño, 2020) mencionan que:

El osciloscopio comprueba y compara la señal de tensión en formas de ondas sinusoidales que se representan en función del tiempo, en esta se representan mediante un gráfico que demuestra cómo va teniendo una variante en el gráfico, el eje vertical representa las mediciones que arroja en función del voltaje y en el eje horizontal x representa el tiempo. (p. 43)

Figura 37

Osciloscopio Hantek



Nota. Se muestra el Osciloscopio Hantek utilizado para obtener las curvas de fase de activación de corriente, voltaje de los inyectores Bosch.

Tabla 13

Especificaciones osciloscopio Hantek

Tipo	Descripción
Modelo	Hantek 1008C
Canal analógico	8
Impedancia de entrada	Resistencia: 1 MΩ

Tipo	Descripción
Sensibilidad de entrada	10 mV / div a 5 V / div
Acoplamiento de entrada	Corriente Continua
Resolución	12 bits
Sistema horizontal	4k
Profundidad de memoria	400 V (pico DC + AC) 2.4 MSa / s
Precisión de base de tiempo	± 50 ppm
Rango de base de tiempo	1 ns / div a 20000 s / div (1-2-5 secuencias)

Nota. Especificaciones del osciloscopio Hantek en las pruebas de activación de corriente y voltaje de los inyectores.

Osciloscopio FADOS9F1

El FADOS9F1 está diseñado como un analizador y osciloscopio multifunción de pruebas de Voltaje-Corriente. La función principal es el diagnóstico de estas magnitudes de medición, en conjunto con un software de análisis en forma gráfica y un diagrama equivalente de componentes electrónicos con específicas tolerancias. El software de FADOS crea el gráfico de Voltaje –Corriente.

Al realizar la traza de imágenes de los inyectores BOSCH se utilizó el equipo FADOS 9F1. Este utiliza un método de testeo por imágenes mediante la verificación de elementos electrónicos, con la inserción de un plano X - Y conjuntamente con un trazador donde cuyas imágenes llamadas Lissajous, son obtenidas con la alimentación en las entradas horizontal y vertical, así como en las ondas sinusoidales respectivamente.

Figura 38

Osciloscopio FADOS 9F1



Nota. Osciloscopio FADOS 9F1 para diagnosticar y analizar por imágenes mediante diagramas equivalentes de los elementos electrónicos.

Tabla 14

Especificaciones osciloscopio FADOS9F1

Tipo	Descripción
Doble canal de detección de fallas mediante un probador	Detección de averías mediante la comparación directa de las características corriente-voltaje
Salida de onda cuadrada	Canal 2 se utiliza como un generador de onda cuadrada. Canal 1 se puede utilizar como un osciloscopio 0,2 ... 25KHz
Salida analógica de tensión	Canal 2 se utiliza como salida de DC analógica -10 V +10 V. Canal 1 se puede utilizar como un osciloscopio

Tipo	Descripción
Fuente de Alimentación DC Programable	La tensión de salida es ajustable. 0 a 16 voltios con una corriente de salida entre 20-1500 mA, para dar energía a la placa de circuito y la creación de corriente DC en una Gráfica Voltaje-corriente.

Nota. Especificaciones del osciloscopio FADOS9F1 en las pruebas de activación de corriente y voltaje de los inyectores.

Pinza amperimétrica SPX OTC

Una pinza amperimétrica es un comprobador eléctrico que combina un voltímetro con un medidor de corriente tipo pinza. Al igual que el multímetro, la pinza amperimétrica ha pasado de la época analógica a la era digital actual

Figura 39

Pinza amperimétrica



Nota. Se aprecia la pinza amperimétrica utilizada en nuestros inyectores Bosch.

Tabla 15

Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica

Tipo	Descripción
Entrada	60A Max AC/DC
Salida	10mV/A - 100mV/A
Máximo voltaje	240V- AC / 300V – DC

Nota. Especificaciones técnicas de la pinza amperimétrica utilizada en los inyectores Bosch.

Compresor

El compresor de aire se utilizó en el banco Tester V-3500 VNP al momento de enviar la presión de trabajo a los inyectores durante las pruebas de pulverización, caudal de inyección y caudal de retorno.

Figura 40

Compresor



Nota. Aspecto físico del compresor.

Tabla 16

Especificaciones técnicas del compresor.

Tipo	Descripción
Modelo	V – 0.25/12.5
Entrega de aire	159 L/min
Potencia	3 HP
Velocidad	1050 rpm
Presión	12.5 bar
Tanque	70 L
Alimentación	110 V
Corriente	20.7 A
Frecuencia	60 Hz

Nota. Se detalla las especificaciones técnicas del compresor.

Herramientas especiales

Dentro de las herramientas especiales se encuentran algunas como: torque, dados de ajuste, reloj comparador, micrómetro digital, pinzas, etc.

Figura 41

Herramientas especiales



Nota. Herramientas especiales utilizadas en nuestro proyecto de investigación.

Especificaciones del sistema de inyección Bosch

Para los inyectores Bosch, tenemos las siguientes especificaciones:

Inyector Inductivo Bosch 0 445 110 250

Este inyector se puede encontrar en la camioneta Mazda BT-50 2.5 TD

Figura 42

Inyector BOSCH Mazda BT- 50



Nota. Inyector BOSCH serie 0 445 110 250

Tabla 17

Características del inyector 0 445 110 250

Características del inyector 0 445 110 250	
Número de serie	0 445 110 250
Marca del vehículo	Mazda
Modelo del vehículo	BT-50
Motor	2.5 TD
Resistencia	0,4 Ω
Presión máxima	2 000 bar

Nota. En la imagen se puede apreciar las características del inyector Bosch serie 0 445 110 250

Inyector Inductivo Bosch 0 445 110 293

Este inyector se puede encontrar en la camioneta Great Wall Hover Wingle 2.8 TD

Figura 43

Inyector BOSCH GREAT WALL WINGLE



Nota. En la imagen se puede apreciar las características del inyector Bosch serie 0 445 110 293.

Tabla 18*Características del inyector 0 445 110 293*

Características del inyector 0 445 110 293	
Número de serie	0 445 110 293
Marca del vehículo	Great Wall
Modelo del vehículo	Wingle
Motor	2.8 TD
Resistencia	0,3 Ω
Certificación	ISO/TS 16949
Presión máxima	1 600 bar

Nota. En la imagen se puede apreciar las características del inyector Bosch serie 0 445 110 293

Verificación y control de inyectores.

(Alonso, 2001) ha afirmado lo siguiente:

Que 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.

La mejor manera de verificar el correcto funcionamiento de un inyector es mediante un comprobador adecuado que requiere su desmontaje del vehículo. La comprobación de funcionamiento consiste en determinar si el inicio de la inyección se produce a la presión estipulada y si la pulverización obtenida es correcta. Para realizar estas verificaciones dispone un comprobador como cualquiera de los

representados en la Figura 41, en el que se sitúa el inyector en un acoplamiento apropiado, conectando al mismo una tubería de alta presión que le hace llegar combustible desde una bomba manual, a una determinada presión, indicada por un manómetro. (p. 154)

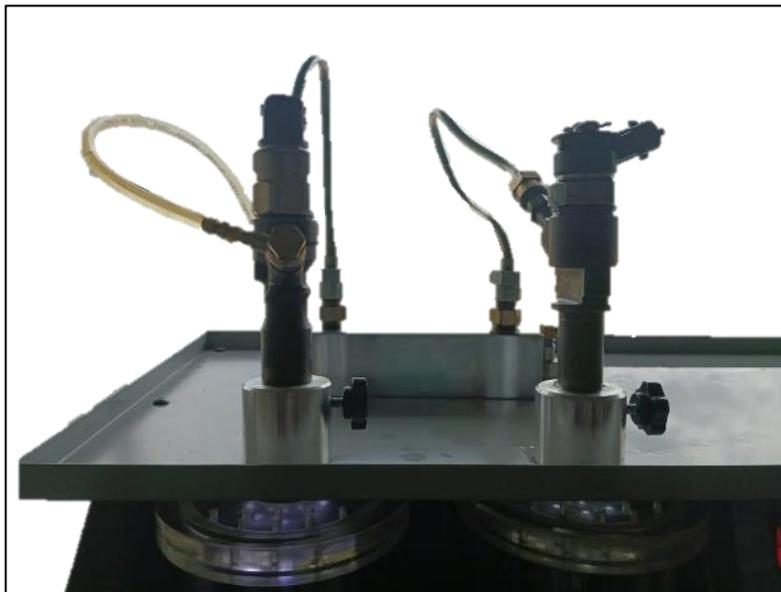
Falla en inyectores Sistema Common Rail

(BOSCH, 2005) describe que las fallas más comunes en los inyectores son:

1. En estado cerrado, el motor se queda con un cilindro menos.
2. En estado abierto, se produce el efecto de un soplete encendido permanentemente dentro del cilindro, alcanzando temperaturas que pueden producir dos situaciones:
 - Fundición de parte de los órganos mecánicos del motor.
 - Exceso de temperatura en la cabeza del pistón hasta que el mismo se engrana en el cilindro y/o se parte, combinado con una mala inyección puede llegar a perforar el pistón.

Figura 44

Verificación del correcto funcionamiento de inyector CRDI



Nota. Comprobación de inicio de inyección y pulverización del inyector Bosch 0 445 110 250 e inyector Bosch 0 445 110 293

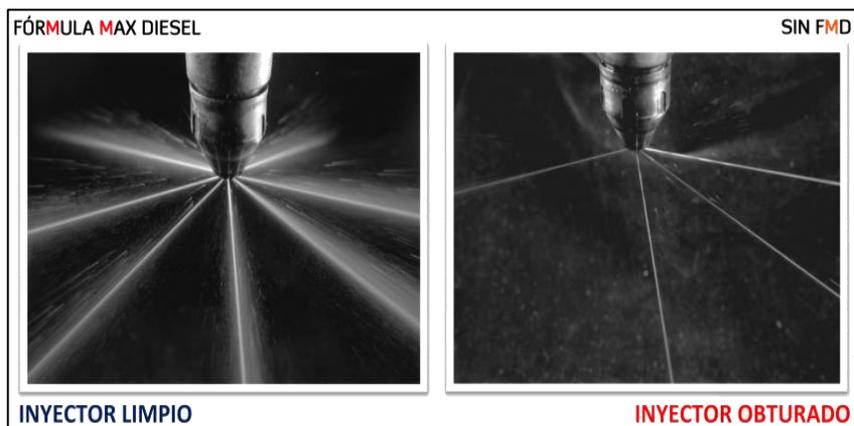
Verificación de la pulverización y dirección del chorro

(Alonso, 2001) afirma que:

Cuando la cadencia de bombeo es rápida, el chorro será neto, finamente pulverizado en forma de nube y formado un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector. Ligeras desviaciones del chorro, pero con buena pulverización son aceptables. Un flujo sólido, con gotitas, escasas pulverización y fuertes desviaciones resulta inaceptable producido por depósitos de carbonilla en la tobera. Bajas presiones de tarado dan un chorro de escasa dispersión. (pág. 155)

Figura 45

Tipos de pulverización



Nota. Desviaciones del chorro de pulverización. (Alonso, 2001)

Para el inyector Bosch 0 445 110 250 se comprueba que el chorro del inyector es continuo, sin desniveles y en forma de cono, caso contrario se deben limpiar los componentes hasta conseguir una adecuada pulverización.

Figura 46

Control de pulverización del inyector Bosch 0 445 110 250

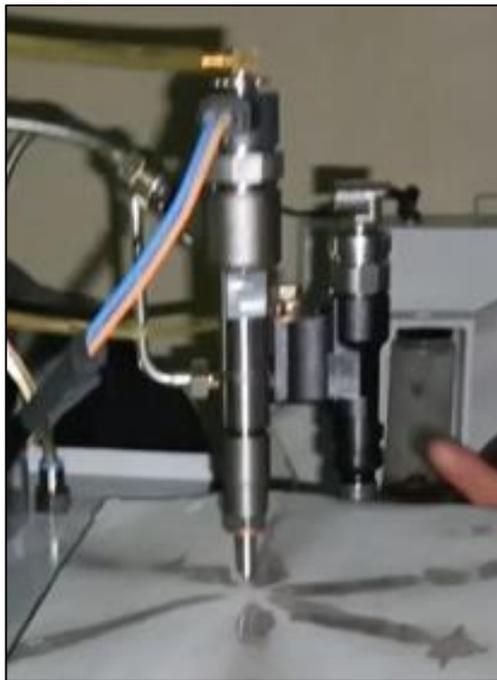


Nota. Se realiza un análisis visual del chorro, la forma continua y sin irregularidades del inyector.

Para el inyector Bosch 0 445 110 293 se verifica la pulverización y dirección del chorro se debe realizar los siguientes cálculos tomando en cuenta los datos de la cápsula del Tester V – 3500.

Figura 47

Control de pulverización del inyector Bosch 0 445 110 293



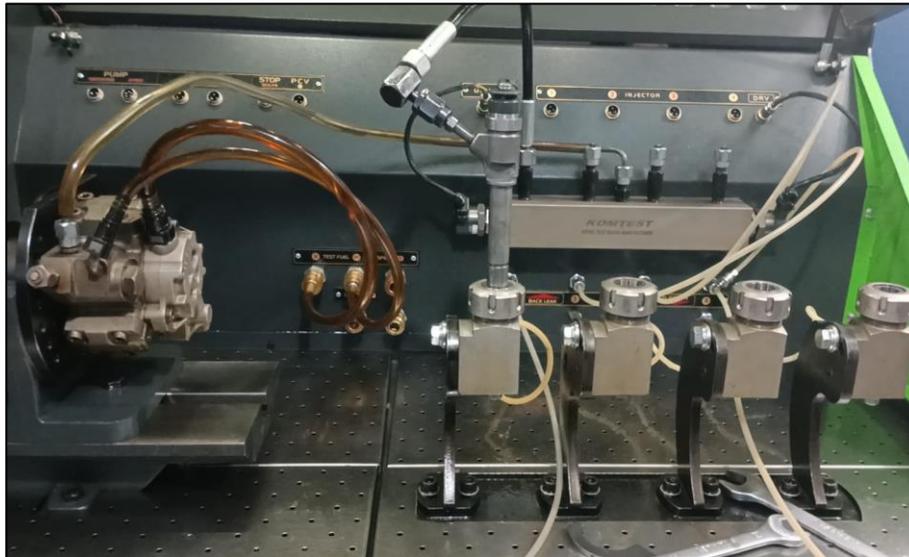
Nota. Se realiza un análisis visual del chorro, la forma continua y sin irregularidades del inyector.

Verificación de la estanqueidad

(Alonso, 2001) señala que “la falta 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”.

Figura 48

Verificación de la estanqueidad inyector CRDI Bosch 0 445 110 250

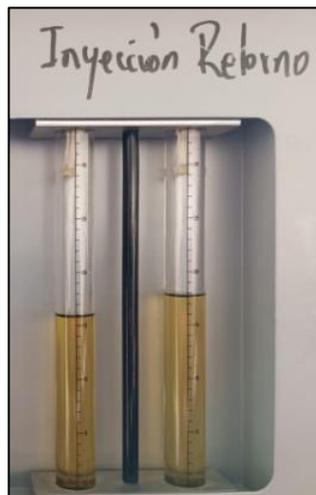


Nota. Verificación de la estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 en el banco de pruebas a 300 bar.

Se realiza el ensayo de cierre de estanqueidad de un inyector Bosch 0 445 110 250 de apertura magnética, el equipo de ensayo va a ir subiendo la presión sucesivamente hasta llegar a 1500 bares y a partir de que alcance esa presión se mantiene durante 200 segundos y la tobera no tiene que fugar, la bobina no se va a activar eléctricamente o sea que si fuga es porque no cierra bien la tobera, en este caso tira una cantidad de combustible enorme la cual tuvo un problema en el inyector porque no se cierra y se aprecia en la figura 49 la estanqueidad del inyector.

Figura 49

Estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250



Nota. Estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 en el banco de pruebas a 300 bar.

Figura 50

Verificación de la estanqueidad inyector CRDI Bosch 0 445 110 293

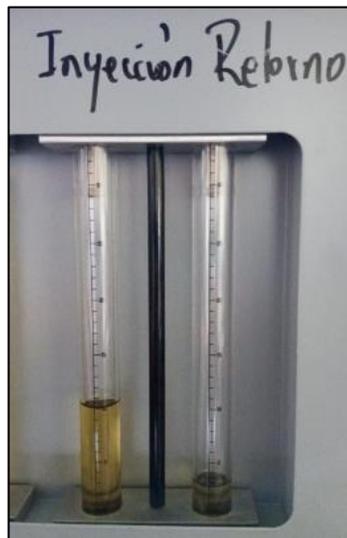


Nota. Verificación de la estanqueidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293 en el banco de pruebas a 300 bar.

Se realiza el ensayo de cierre de estanquidad de un inyector Bosch 0 445 110 293 de apertura magnética, el equipo de ensayo va a ir subiendo la presión sucesivamente hasta llegar a 1500 bares y a partir de que alcance esa presión aguantará durante 200 segundos y la tobera no tiene que fugar, el inyector no lo vamos a activar la bobina no se va a activar eléctricamente o sea que si fuga es porque no cierra bien la tobera, en este caso tira una cantidad de combustible adecuada y optima la cual nos quiere decir que el inyector se cierra y se aprecia en la figura 50 la estanquidad del inyector.

Figura 51

Estanquidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293



Nota. Estanquidad del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293 en el banco de pruebas a 300 bar.

Verificación de fuga de retorno

(Alonso, 2001) afirma que:

La fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera, hacia el retorno. Esta fuga debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes Si es pequeña, indica una escasa holgura entre la aguja y la tobera,

insuficiente para la lubricación, lo que ocasionara probablemente el agarrotamiento de la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y, en ese caso, deberá sustituirse o repararse la tobera.

(Morales, 2015) afirma lo siguiente:

La cantidad de retorno de combustible que en el inyector CR produce es un indicador de que el sellado interno y la condición del inyector. Cualquier problema con el sellado de la válvula del solenoide o la aguja de la tobera se desenmascaran o se muestran en forma de harto retorno.

Usualmente, si una cantidad alta de retorno es experimentada será vista en cada test y puede indicar problemas en el asiento de la válvula, problemas en la válvula del solenoide y sellado de la tobera o problemas de desgaste. La temperatura del retorno es también monitoreo de valores, como cualquier fuga excesiva de la presión del combustible dentro del inyector causará el crecimiento de la temperatura del retorno. Esto es porque la alta presión de combustible creada en el riel es mucho más alta la temperatura que la baja presión de del retorno, por lo tanto, cualquier crecimiento excesivo en el combustible retornado demuestra una alta temperatura de los retornos.

Figura 52

Comprobación de la fuga de retorno



Nota. Verificación que no exista fugas por el retorno del inyector Bosch 0 445 110 250

Para la prueba se debe accionar la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bar, y se cerrará la válvula de paso de combustible, en estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comprobador, que indica el nivel de fuga del retorno.

Figura 53

Comprobación de la fuga de retorno



Nota. Verificación que no exista fugas por el retorno del inyector Bosch 0 445 110 293

Verificación de entrega de combustible

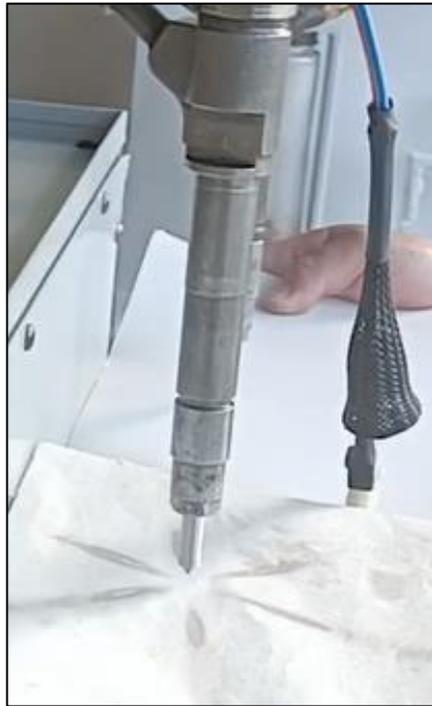
(Morales, 2015) afirma lo siguiente:

Que en esta prueba 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 afectará también a la entrega de combustible y al tiempo de respuesta, reduciendo o incrementando la tensión en la válvula de solenoide, haciendo más fácil o difícil para el solenoide levantar la válvula.

Figura 54

Verificación entrega de combustible

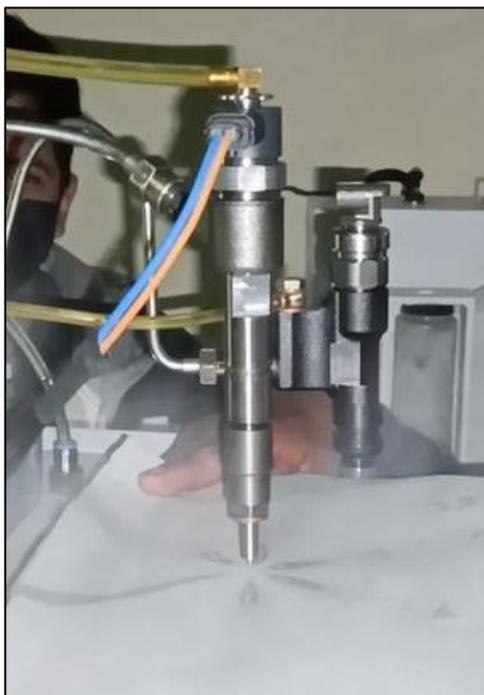


Nota. Comprobación entrega de combustible inyector Bosch 0 445 110 250

Después de establecer la presión de apertura y probar el inyector Bosch 0 445 110 250 con las funciones básicas, se puede llenar correctamente con líquido (diésel) para alcanzar una mayor profundidad mediante pruebas en el banco tester CRDI V – 3500 VNP.

Figura 55

Verificación entrega de combustible



Nota. Comprobación entrega de combustible inyector Bosch 0 445 110 293.

El inyector Bosch 0 445 110 293 posee un plan de prueba con configuraciones, cuyos resultados serán registrados posteriormente. Estas diferentes configuraciones se encargan de colocar al inyector a diferentes situaciones de prueba que simulan su condición de trabajo en el motor.

Recomendaciones de manipulación de los inyectores

Las recomendaciones descritas a continuación se sustentan en el manual (BOSCH, 2019) donde: la función de los inyectores es pulverizar el combustible en el momento preciso y con el volumen necesario para el excelente desempeño del motor, asegurando un adecuado consumo de combustible y la potencia del motor.

- Para la manipulación de los inyectores se debe trabajar con las herramientas adecuadas para evitar producir daños o averías ocasionadas al momento de realizar el mantenimiento.
- Verificar la correcta aplicación de la tobera o inyector completo.
- Limpiar el inyector. Cuando ingresan partículas en el inyector, la presión alta genera el aumento del diámetro en los micro orificios, cambiando el ángulo de inyección y afectando la combustión y componentes del motor.
- Prueba de estanqueidad y de chirrido: se probará cada inyector a 20 bar por debajo de la presión de apertura durante 1 minuto. Si en ese lapso no ha caído la primera gota, el inyector estará bien.
- Nunca intente asentar, rectificar o modificar de otra manera un inyector, perderá la calibración original y no podrá funcionar correctamente. Siempre utilizar una llave dinamométrica (torquímetro) al ensamblarlo en el cuerpo porta-inyector.
- El lugar de trabajo, donde se realice la reparación debe estar libre de impurezas, polvo, grasa, agua y siempre utilizar las herramientas adecuadas para extracción, reparación e instalación.
- En inyectores electrónicos analizar el funcionamiento, con equipos de diagnóstico: (banco de comprobación, multímetro, osciloscopio) resistencia, voltaje, presión y caudal de combustible.
- Al instalar verifique la correcta fijación de tuberías y conexiones para evitar fugas de combustible, pérdida de presión y caudal.

Figura 56

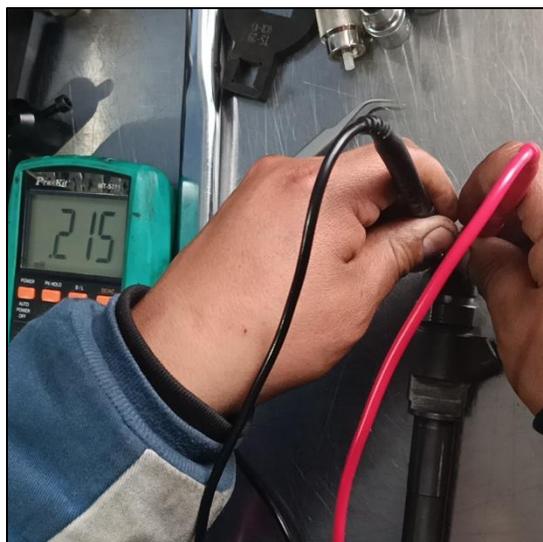
Uso adecuado de herramientas en el mantenimiento del inyector



Nota. Verificación del estado de la válvula mediante el microscopio en el inyector Bosch 0 445 110 250.

Figura 57

Uso adecuado del multímetro para el diagnóstico del inyector



Nota. Medición de la resistencia e inductancia del inyector Bosch 0 445 110 293

Figura 58

Uso correcto de herramientas especiales en el armado del inyector



Nota. Aplicación del torque de ajuste necesario al inyector Bosch 0 445 110 250 y 0 445 110 293

Despiece y nomenclatura del inyector Bosch

El inyector 0 445 110 250, es utilizado para vehículos de turismo y por lo general se utiliza en el vehículo Mazda modelo BT- 50 en la figura 59 se muestra el despiece del inyector.

Figura 59

Despiece del inyector 0 445 110 250



Nota. En la imagen se observa todo el despiece del inyector Bosch 0 445 110 250 para posteriormente continuar con la calibración y medición de los anillos de calibración.

Tabla 19

Partes del despiece del inyector Bosch 0445 110 250

Partes del despiece del inyector Bosch 0445 110 250			
1.	Bobina	11.	Tuerca de la válvula
2.	Tobera	12.	Porta esfera
3.	Tuerca de sujeción de la tobera	13.	Anillo AH
4.	Sello de alta presión	14.	Inducido y porta inducido

Partes del despiece del inyector Bosch 0445 110 250

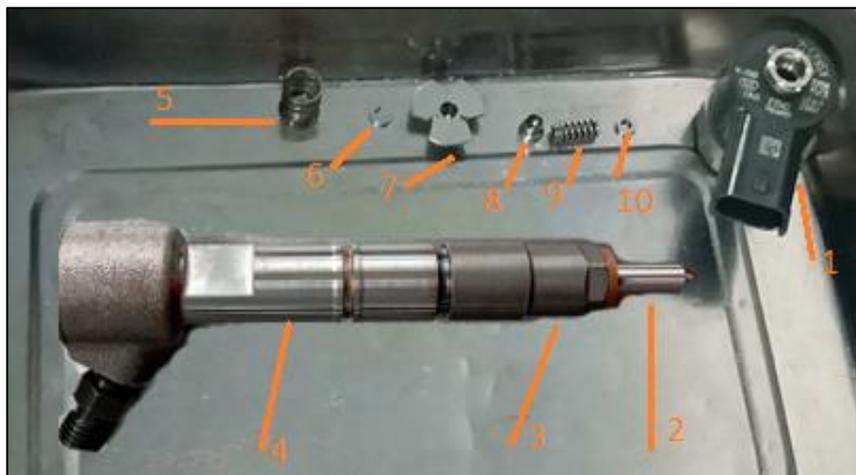
5.	Sello de alta presión	15.	Muelle de la válvula
6.	Guía de aguja de tobera	16.	Arandela de compensación
7.	Arandela de caudal	17.	Anillo de calibración de tobera DFK
8.	Pines	18.	Cuerpo del inyector
9.	Resorte de ralentí	19.	Esfera de la válvula
10.	Válvula y émbolo		

Nota. Tener en cuenta de no perder los elementos más pequeños como esferas y además de notar la posición en la que se desmontan cada elemento.

El inyector BOSCH 0445 110 293, es utilizado para vehículos livianos como Great Wall Hover Wingle 2.8 TD. En la figura 60 se muestra el despiece del inyector.

Figura 60

Despiece del inyector BOSCH 0445 110 293



Nota. En la imagen se observa todo el despiece del inyector Bosch 0 445 110 293 para posteriormente continuar con la calibración y medición de los anillos.

Tabla 20

Partes del despiece del inyector Bosch 0 445 110 293

Partes del despiece del inyector Bosch 0 445 110 293			
1.	Bobina	6.	Cuña
2.	Tobera	7.	Inducido
3.	Tuerca de tobera	8.	Protector
4.	Cuerpo del inyector	9.	Resorte de bobina
5.	Resorte de inducido	10.	Arandela de compensación

Nota. Este inyector cuenta con partes similares al mencionado anteriormente; se debe de tener en cuenta la posición en la cual se debe colocar cada una de ellas.

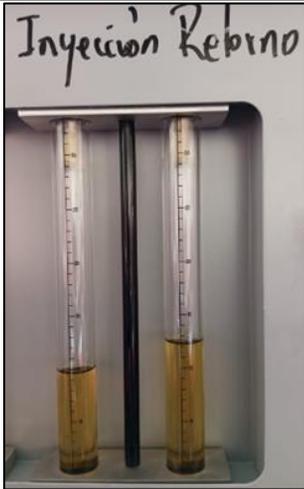
Análisis de pruebas en función de la presión

Análisis de las pruebas a presión de 600 bar CRDI Bosch 0445 110 250

Tabla 21

Test del inyector a presión de 600 bar y 500 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

Test de presión a 600 bar					
N°	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm³)	Caudal de retorno (mm³)	Imagen
1	1.0	500	23.1	18.9	

Test de presión a 600 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)	Imagen
2	1.5	500	15.5	17.6	
3	2.0	500	9.8	12.2	

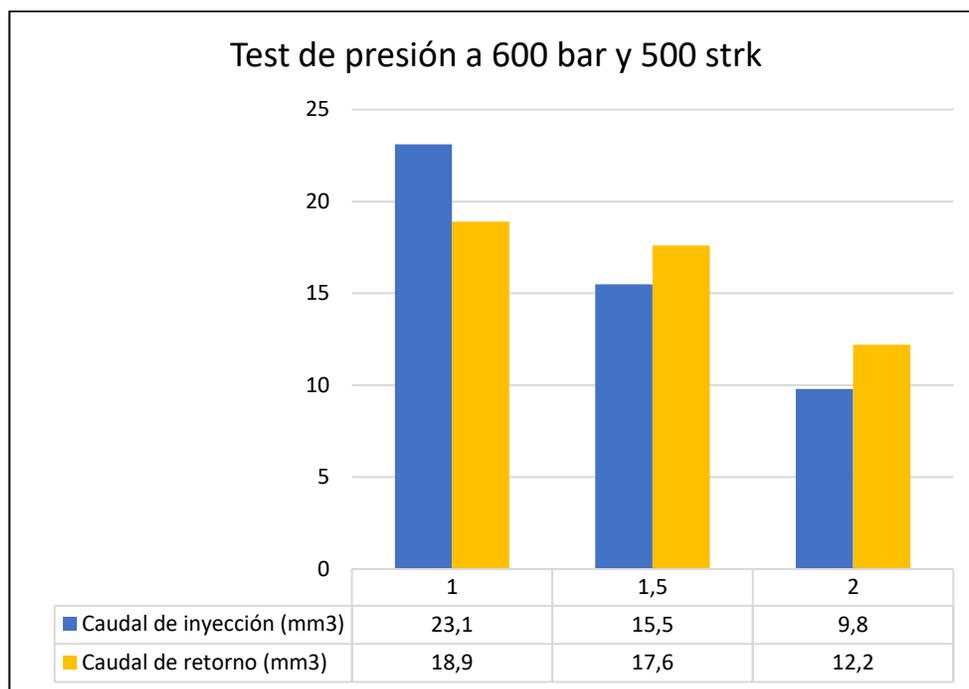
Nota. Prueba del inyector Bosch 0 445 110 250 a una presión de 600 bar con una variación de números de pulsos de 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden al tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección, caudal de retorno van variando.

A una presión constante de 600 bar y 500 strk se obtuvo un caudal de inyección de 23.1 mm^3 y un caudal de retorno 18.9 mm^3 en un tiempo de inyección de 1ms, un caudal de inyección de 15.5 mm^3 y un caudal de retorno 17.6 mm^3 en un tiempo de inyección de 1.5 ms, un caudal de inyección de 9.8 mm^3 y un caudal de retorno 12.2 mm^3 en un tiempo de inyección de 2 ms.

Figura 61

Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 600 bar y 500 STRK

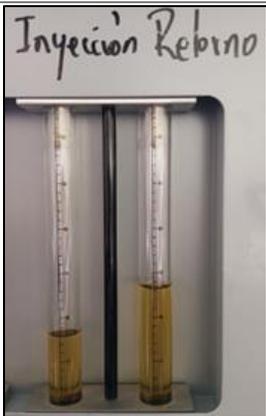
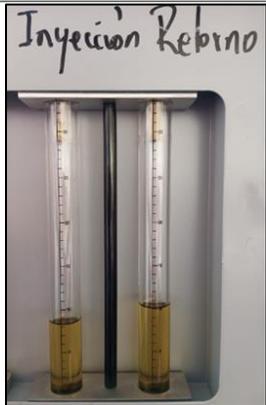


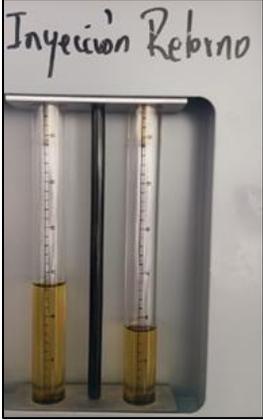
Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 250 a una presión de 600 bar con variación de números de pulsos en 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección y caudal de retorno.

Análisis de las pruebas a presión de 500 bar CRDI Bosch 0445 110 250

Tabla 22

Test del inyector a presión de 500 bar y 300 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

Test de presión a 500 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)	Imagen
4	1.0	300	8.0	13.2	
5	1.5	300	8.2	10.0	

Test de presión a 500 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm^3)	Caudal de retorno (mm^3)	Imagen
6	2.0	300	13.2	8.2	

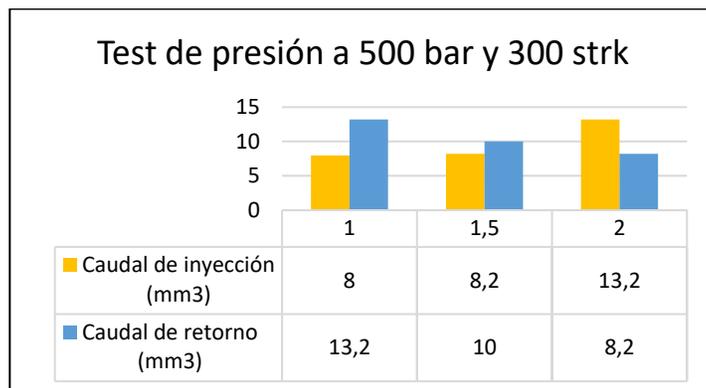
Nota. Prueba del inyector Bosch 0 445 110 250 a una presión de 500 bar con una variación de números de pulsos de 300 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden al tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención van variando.

A una presión constante de 500 bar y 300 strk (embolada) se obtuvo un caudal de inyección de $8 mm^3$ y un caudal de retorno $13.2 mm^3$ en un tiempo de inyección de 1ms, un caudal de inyección de $8.2 mm^3$ y un caudal de retorno $10 mm^3$ en un tiempo de inyección de 1.5 ms, un caudal de inyección de $13.2 mm^3$ y un caudal de retorno $8.2 mm^3$ en un tiempo de inyección de 2 ms.

Figura 62

Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 bar y 300 STRK



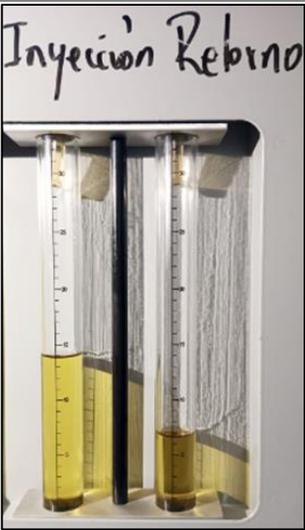
Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 250 a una presión de 500 bar con variación de números de pulsos en 300 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección y caudal de retorno.

Análisis de las pruebas a presión de 600 bar CRDI Bosch 0445 110 293

Tabla 23

Test del inyector a presión de 600 bar y 500 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

Test de presión a 600 bar					Imagen
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)	
1	1.0	500	7.9	5.6	

Test de presión a 600 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)	Imagen
2	1.5	500	14.0	6.7	
3	2.0	500	24.5	8.0	

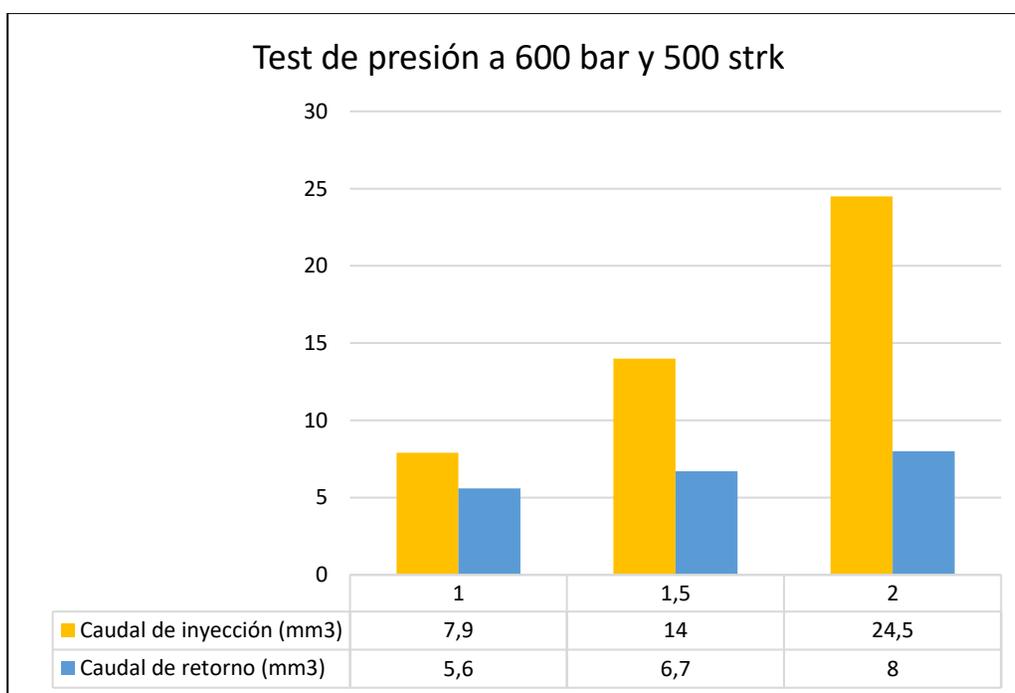
Nota. Prueba del inyector Bosch 0 445 110 293 a una presión de 600 bar con una variación de números de pulsos de 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden al tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención van variando.

A una presión constante de 600 bar y 500 strk se obtuvo un caudal de inyección de 7.9 mm^3 y un caudal de retorno 5.6 mm^3 en un tiempo de inyección de 1ms, un caudal de inyección de 14 mm^3 y un caudal de retorno 6.7 mm^3 en un tiempo de inyección de 1.5 ms, un caudal de inyección de 24.5 mm^3 y un caudal de retorno 8 mm^3 en un tiempo de inyección de 2 ms.

Figura 63

Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 600 bar y 500 STRK

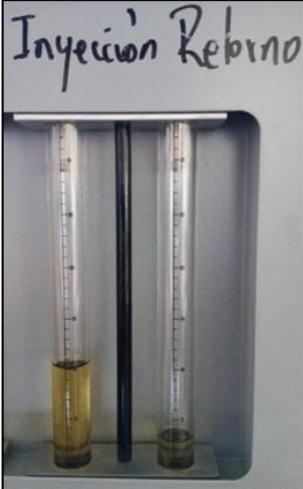


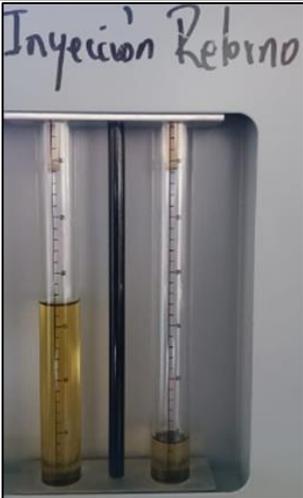
Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 293 a una presión de 600 bar con variación de números de pulsos en 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección y caudal de retorno.

Análisis de las pruebas a presión de 500 bar CRDI Bosch 0445 110 293

Tabla 24

Test del inyector a presión de 500 bar y 300 strk del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

Test de presión a 500 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)	Imagen
4	1.0	300	6.2	0.2	
5	1.5	300	10.1	2.9	

Test de presión a 500 bar					
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	Caudal de inyección (mm^3)	Caudal de retorno (mm^3)	Imagen
6	2.0	300	17.0	3.9	

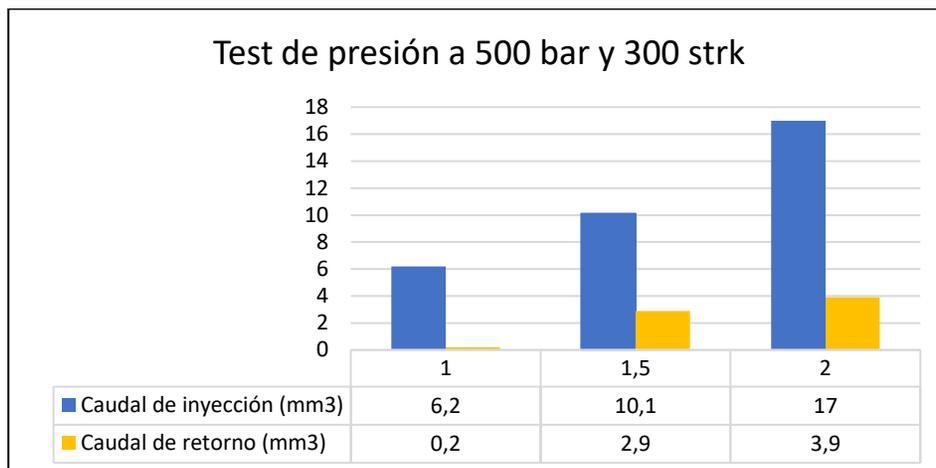
Nota. Prueba del inyector Bosch 0 445 110 293 a una presión de 500 bar con una variación de números de pulsos de 300 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden al tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección, caudal de retorno y tiempo de retención van variando.

A una presión constante de 500 bar y 300 strk se obtuvo un caudal de inyección de 6.2 mm^3 y un caudal de retorno 0.2 mm^3 en un tiempo de inyección de 1ms, un caudal de inyección de 10.1 mm^3 y un caudal de retorno 2.9 mm^3 en un tiempo de inyección de 1.5 ms, un caudal de inyección de 17 mm^3 y un caudal de retorno 3.9 mm^3 en un tiempo de inyección de 2 ms. La cual con estos datos se observa un buen trabajo del inyector en el banco de pruebas.

Figura 64

Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 bar y 300 STRK



Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 293 a una presión de 500 bar con variación de números de pulsos en 300 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección y caudal de retorno.

Análisis y comparación de los caudales de inyección y de retorno Bosch 0445 110 250

Tabla 25

Análisis comparativo de los caudales de inyección del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250

N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de inyección (mm ³)
1	1	300	8	0
2	1,5	300	8,2	0

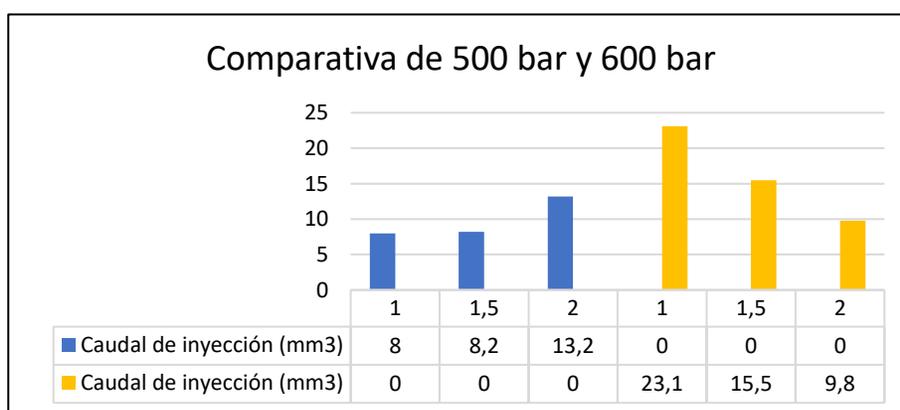
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de inyección (mm ³)
3	2	300	13,2	0
4	1	500	0	23,1
5	1,5	500	0	15,5
6	2	500	0	9,8

Nota. Comparativa de caudal de inyección a (500 y 600) bar de presión.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden a STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que los STRK y el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección van variando según los pulsos dados.

Figura 65

Interpretación del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar



Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar con variación de números de pulsos en 300 y 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección.

Tabla 26

Análisis comparativo de caudales de retorno inyector CRDI Bosch 0 445 110 250

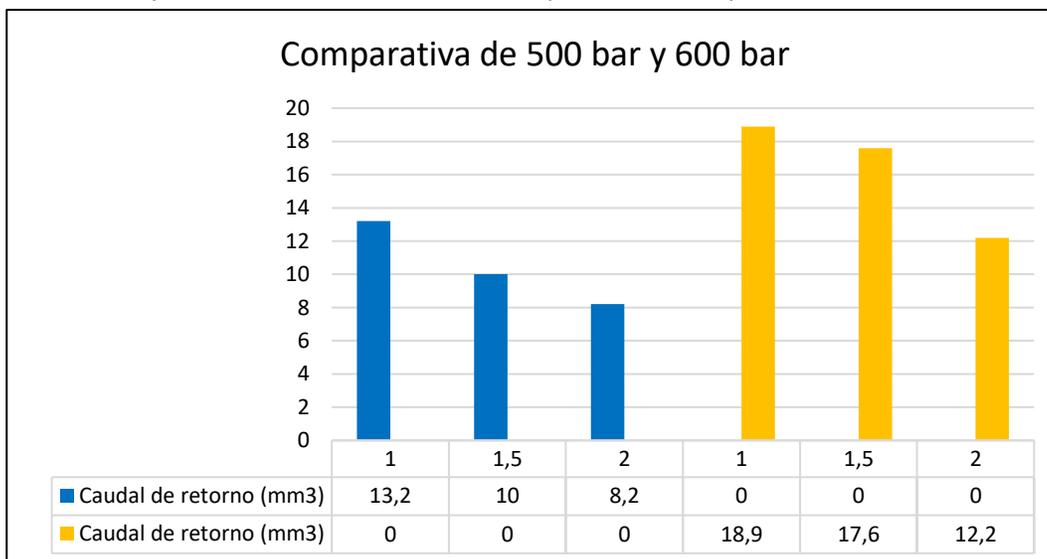
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de retorno (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)
1	1	300	13,2	0
2	1,5	300	10	0
3	2	300	8,2	0
4	1	500	0	18,9
5	1,5	500	0	17,6
6	2	500	0	12,2

Nota. Comparativa de caudal de retorno a (500 y 600) bar de presión.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden a STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que los STRK y el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de retorno van variando según los pulsos dados.

Figura 66

Interpretación del inyector Bosch 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar



Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 250 a una presión de 500 y 600 bar con variación de números de pulsos en 300 y 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de retorno.

Tabla 27

Análisis comparativo de caudales de inyección inyector CRDI Bosch 0 445 110 293

N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de inyección (mm ³)
1	1	300	6,2	0
2	1,5	300	10,1	0
3	2	300	17	0

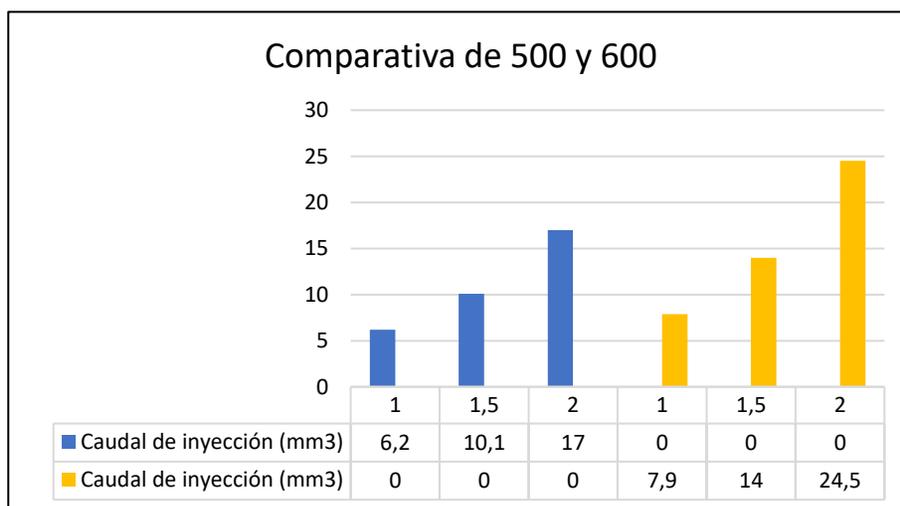
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de inyección (mm ³)	Caudal de inyección (mm ³)
4	1	500	0	7,9
5	1,5	500	0	14
6	2	500	0	24,5

Nota. Comparativa de caudal de inyección a (500 y 600) bar de presión.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden a STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que los STRK y el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de inyección van variando según los pulsos dados.

Figura 67

Interpretación del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar



Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar con variación de números de pulsos en 300 y 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de inyección.

Tabla 28

Análisis comparativo de caudales de retorno inyector CRDI Bosch 0 445 110 293

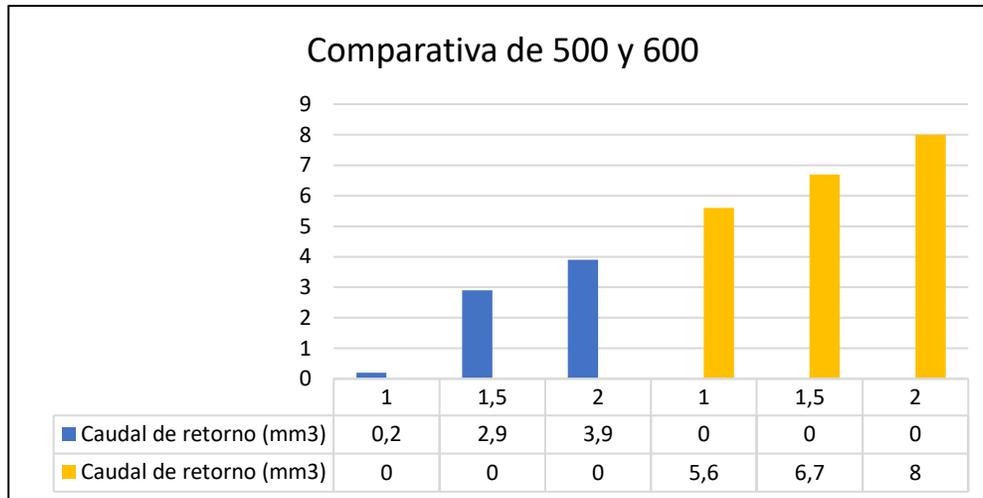
N° Prueba	Tiempo de inyección (ms)	Número de inyecciones (Strk)	500 bar	600 bar
			Caudal de retorno (mm ³)	Caudal de retorno (mm ³)
1	1	300	0,2	0
2	1,5	300	2,9	0
3	2	300	3,9	0
4	1	500	0	5,6
5	1,5	500	0	6,7
6	2	500	0	8

Nota. Comparativa de caudal de retorno a (500 y 600) bar de presión.

En la tabla se debe tener en cuenta que los únicos datos variables corresponden a STRK y tiempo de inyección para cada una de las pruebas, visualizando que los STRK y el tiempo de inyección van incrementando, en la cual los valores de caudal de retorno van variando según los pulsos dados.

Figura 68

Interpretación del inyector Bosch 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar



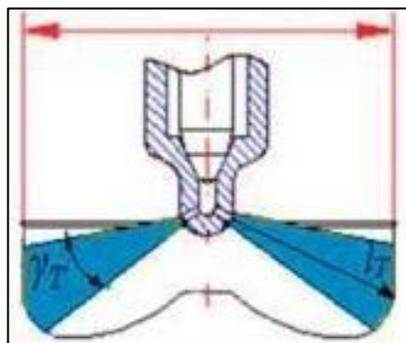
Nota. Interpretación gráfica del inyector 0445 110 293 a una presión de 500 y 600 bar con variación de números de pulsos en 300 y 500 STRK y con tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms, calculando el tiempo de caudal de retorno.

Ángulo de pulverización

El inyector BOSCH CRDI 0445 110 250, es un inyector de tipo inductivo, utilizado en los vehículos, Mazda BT 50.

Figura 69

Ángulo de pulverización



Nota. Se detalla los parámetros de cálculo del ángulo de pulverización.

Datos:

$h = \text{altura}$

$r = \text{radio del cilindro}$

$\theta = \text{diámetro del chorro}$

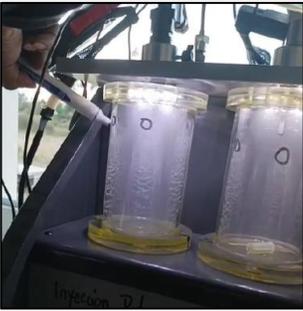
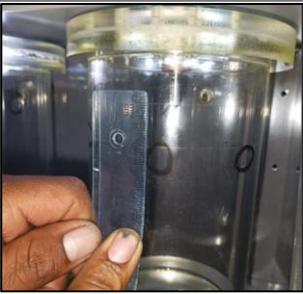
$IT = \text{ángulo de disparo}$

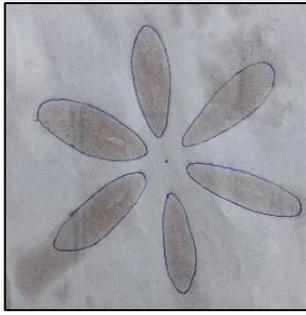
$\gamma T = \text{ángulo de dispersión}$

$Y = \text{diferencia de alturas}$

Tabla 29

Datos para los cálculos de ángulos de pulverización del inyector 0445 110 250

N°	Descripción	Imagen
1.	Se procede a observar y señalar el punto donde cae el chorro dentro del cilindro.	
2.	Se obtiene el diámetro del cilindro, la altura del chorro de pulverización se toma en cuenta el espesor del cilindro del banco de pruebas.	

N°	Descripción	Imagen
3.	Se obtiene la medida del inyector hasta el cilindro de pulverización, mediante una hoja de papel para obtener la medida.	

Nota. Proceso para el cálculo del chorro de pulverización.

Datos del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

$h = \text{altura}$

$r = \text{radio del cilindro} = 45.35 \text{ mm}$

$\Theta = \text{diametro del chorro} = 8 \text{ mm}$

$IT = \text{ángulo de disparo}$

$\gamma T = \text{ángulo de dispersión}$

$Y = \text{diferencia de alturas} = 6.5$

Calculamos el ángulo de dispersión del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

$$\gamma T = \text{tg}^{-1} \left(\frac{8 \text{ mm} + 6.5 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}} \right) - \text{tg}^{-1} \left(\frac{6.5 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}} \right)$$

$$\gamma T = 9.57^\circ$$

Cálculo de la altura del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

$$h = \frac{8 \text{ mm}}{2} + 6.5 \text{ mm}$$

$$h = 10,5 \text{ mm}$$

Cálculo del ángulo de disparo del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

$$IT = tg^{-1} \left(\frac{10.5 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}} \right)$$

$$IT = 13.03^\circ$$

Cálculo del ángulo de cono del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

$$\alpha = 2 * tg^{-1} \left(\frac{45.35 \text{ mm}}{10.5 \text{ mm}} \right)$$

$$\alpha = 76.96^\circ$$

Tabla 30

Resultados del cálculo de los ángulos para el inyector CRDI Bosch 0445 110 250

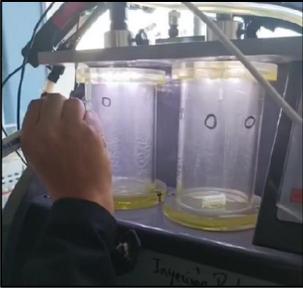
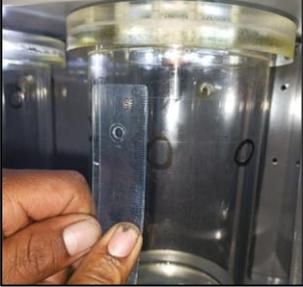
CRDI Bosch 0445 110 250	
Ángulo de dispersión	9.57°
Ángulo de disparo	13.03°
Ángulo de cono	76.96°

Nota. Valores calculados de los ángulos de disparo, dispersión y de cono del inyector CRDI Bosch 0445

110 250

Tabla 31

Datos para los cálculos de ángulos de pulverización del inyector 0445 110 293

N	Descripción	Imagen
1.	Se procede a observar y señalar el punto donde cae el chorro dentro del cilindro.	
2.	Se obtiene el diámetro del cilindro, la altura del chorro de pulverización se toma en cuenta el espesor del cilindro del banco de pruebas.	
3.	Se obtiene la medida del inyector hasta el cilindro de pulverización, mediante una hoja de papel para obtener la medida.	

Nota. Proceso en el cual se obtiene los datos para el cálculo del chorro de pulverización.

Datos del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

$h =$ altura

$r =$ radio del cilindro = 45.35 mm

$\theta =$ diametro del chorro = 7.5 mm

$IT =$ ángulo de disparo

$\gamma T =$ ángulo de dispersión

$Y =$ diferencia de alturas = 5.5 mm

Calculamos el ángulo de dispersión del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

$$\gamma T = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{7.5 \text{ mm} + 5.5 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}}\right) - \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{5.5 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}}\right)$$

$$\gamma T = 9.08^\circ$$

Cálculo de la altura del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

$$h = \frac{7.5 \text{ mm}}{2} + 5.5 \text{ mm}$$

$$h = 9.25 \text{ mm}$$

Cálculo del ángulo de disparo del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

$$IT = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{9.25 \text{ mm}}{45.35 \text{ mm}}\right)$$

$$IT = 11.52^\circ$$

Cálculo del ángulo de cono del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

$$\alpha = 2 * \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{45.35 \text{ mm}}{9.25 \text{ mm}}\right)$$

$$\alpha = 78.47^\circ$$

Tabla 32

Resultados del cálculo de los ángulos para el inyector CRDI Bosch 0445 110 293

CRDI Bosch 0445 110 293	
Ángulo de dispersión	9.08°
Ángulo de disparo	11.52°
Ángulo de cono	78.47°

Nota. Valores calculados de los ángulos de disparo, dispersión y de cono del inyector CRDI Bosch 0445 110 293.

Presión de retorno

Para lograr medir la presión de retorno se vio necesario la utilización de un manómetro de paso de combustible (diésel). A continuación, se detallan varios pasos:

1. Conectar la manguera de ingreso del manómetro en la salida de retorno del inyector.
2. Conectar la manguera de salida del manómetro al acople de retorno del banco Tester VNP – 3500.
3. Verificar que los acoples de retorno sean los adecuados al tipo de inyector.
4. Iniciar la prueba de inyección en el banco Tester VNP – 3500.
5. Tomar la medida presión de retorno que se muestra en el manómetro de paso de combustible.

Para el inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 la presión de retorno obtenida se menciona a continuación:

Tabla 33

Medición presión de retorno del inyector BOSCH 0 445 110 250

Inyector	Medida	Unidad	Imagen
0 445 110 250	4	Bar	

Nota. Valor de presión obtenido en el manómetro de paso.

Para lograr medir la presión de retorno se vio necesario la utilización de un manómetro de paso de combustible (diésel). A continuación, se detallan varios pasos:

1. Conectar la manguera de ingreso del manómetro en la salida de retorno del inyector.
2. Conectar la manguera de salida del manómetro al acople de retorno del banco Tester VNP – 3500.
3. Verificar que los acoples de retorno sean los adecuados al tipo de inyector.
4. Iniciar la prueba de inyección en el banco Tester VNP – 3500.
5. Tomar la medida presión de retorno que se muestra en el manómetro de paso de combustible.

Para el inyector CRDI Bosch 0 445 110 293 la presión de retorno obtenida se menciona a continuación:

Tabla 34

Medición presión de retorno del inyector BOSCH 0 445 110 293

Inyector	Medida	Unidad	Imagen
0 445 110 293	3	Bar	

Nota. Valor de presión obtenido en el manómetro de paso.

Proceso de desarmado, verificación y armado del inyector

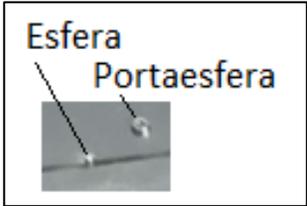
Desarmado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250

Se observa el proceso correcto de desarmado del inyector Bosch CRDI 0 445 110 250 utilizando las respectivas herramientas como se puede observar en la siguiente tabla:

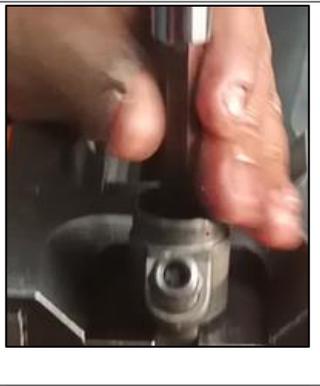
Tabla 35

Proceso de desarmado del inyector Bosch 0 445 110 250

Nº	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
1	En primera instancia se debe sujetar el inyector mediante prensas y soportes.	Inyector	Prensa, sujetadores, entenalla	

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
2	Aflojar la tuerca de la bobina con la herramienta especial y retirar con cuidado del cuerpo del inyector	Bobina	Palanca de fuerza, prensa	
3	Extraer con cuidado el interior de la bobina ya que aquí se encuentra el resorte y el anillo MFK.	Resorte de bobina, Anillo MFK	Pinzas	
4	Se puede retirar la arandela AH y el inducido que se encuentra dentro del cuerpo del inyector.	Inducido, portainducido, Anillo de ajuste AH	Pinzas	
5	Una vez retirada el anillo, cuidadosamente girar el inyector para que salga la esfera y la porta esfera.	Esfera, porta esfera		

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
6	En este caso giramos el inyector para así poder aflojar la turca de la tobera con un dado	Porta tobera	Dado, palanca de fuerza	
7	Una vez aflojada la tuerca de la tobera proceder a aflojar con la mano y así obtener la tobera y la porta tobera.	Tobera, porta tobera, guía de aguja, aguja		
8	Con una pinza retirar las guías de la tobera	Guías	Pinzas	

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
9	Con cuidado extraer el resorte y la arandela.	Arandela de compensación, resorte de ralentí		
10	Proceder a aflojar la tuerca de la válvula.	Tuerca de la válvula.	Llave de tres mordazas para afloje y ajuste de la tuerca de válvula de inyector	
11	Con una herramienta empujar el vástago y la válvula	Vástago, válvula	Herramienta especial	
12	Extraer el vástago con la válvula	Vástago, válvula		

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
13	En este caso tomar la fibra o el anillo de etapas	Anillo	Pinzas	
14	Al final nos queda el cuerpo del inyector	Cuerpo inyector		

Nota. Proceso de desarmado del inyector Bosch de la serie 0445110 250 utilizando las herramientas necesarias para cada pieza para poder seguir con la calibración.

Calibración del Inyector CRDI Bosch

(León, 2020) menciona que previo al análisis de calibración de los inyectores nos enfocamos en verificar las medidas de las arandelas.

Arandela base de la electroválvula

Esta arandela determina la distancia entre el campo magnético de un inductor y el inducido.

Con esta arandela variamos el caudal de entrega y también el caudal de retorno en menor medida.

Si reemplazamos la arandela por otra de diferentes medidas sucede los siguientes:

- Menor espesor, mayor es el caudal entregado.
- Mayor espesor, menor caudal de entrega.

Tabla 36

Relación espesor arandela - caudal de entrega

Espesor	Caudal entrega
0,95 mm	105 ml
0,96 mm	99 ml
0,97 mm	95 ml
1,1 mm	60 ml

Nota. Relación espesor arandela - caudal de entrega

Figura 70

Arandela base de la electroválvula

da 0,90... a 1,25
ALTRE MISURE DISPONIBILI A RICHIESTA
Other sizes available upon request
Otros tamaños disponibles bajo petición
Другие размеры доступны по запросу
根据要求提供其它尺寸

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-270	da 0,90 a 1,25	0,01	350

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-271	da 0,90 a 1,00	0,01	110
11-23-236	da 1,00 a 1,10	0,01	110
11-23-237	da 1,10 a 1,20	0,01	110

codice singoli spessori code individual thicknesses cada código de espesores	
misura	cod. OMS
0,90	11-23-236/090
0,91	11-23-236/091
0,92	11-23-236/092
0,93	11-23-236/093
0,94	11-23-236/094
0,95	11-23-236/095
0,96	11-23-236/096
0,97	11-23-236/097
0,98	11-23-236/098
0,99	11-23-236/099
1,00	11-23-236/100
1,01	11-23-236/101
1,02	11-23-236/102
1,03	11-23-236/103
1,04	11-23-236/104
1,05	11-23-236/105
1,06	11-23-236/106
1,07	11-23-236/107
1,08	11-23-236/108
1,09	11-23-236/109
1,10	11-23-236/110
1,11	11-23-236/111
1,12	11-23-236/112
1,13	11-23-236/113
1,14	11-23-236/114
1,15	11-23-236/115
1,16	11-23-236/116
1,17	11-23-236/117
1,18	11-23-236/118
1,19	11-23-236/119
1,20	11-23-236/120
1,21	11-23-236/121
1,22	11-23-236/122
1,23	11-23-236/123
1,24	11-23-236/124
1,25	11-23-236/125

valigetta 36 posizioni
hardbox 36 position

valigetta 12 posizioni
hardbox 12 position

Nota. Medidas de calibración de las arandelas base de la electroválvula.

Arandela de calibración de la preinyección

Con esta arandela variamos el caudal de preinyección y se modifica el caudal de retorno en menor medida.

Si reemplazamos la arandela por otra de diferentes medidas sucede lo siguiente:

- menor espesor, mayor es el caudal de entrega.
- mayor espesor, menor caudal de entrega.

Tabla 37

Relación espesor arandela de calibración de la preinyección - caudal de entrega

Espesor	Caudal entrega
1,6 mm	78 ml
1,65 mm	75 ml
1,7 mm	71 ml

Nota. Relación espesor arandela de calibración de la preinyección - caudal de entrega

Figura 71

Arandela de calibración de la preinyección

da 1,00.. a 1,86

ALTRE MISURE DISPONIBILI A RICHIESTA
Other sizes available upon request
Otros tamaños disponibles bajo petición
Другие размеры доступны по запросу
根據要求提供其它尺寸

codice singoli spessori code individual thicknesses			
misura	cod. OMS		
1,00	11-23-330/100		
1,02	11-23-330/102		
1,04	11-23-330/104		
1,06	11-23-330/106		
1,08	11-23-330/108		
1,10	11-23-330/110		
1,12	11-23-330/112		
1,14	11-23-330/114		
1,16	11-23-330/116		
1,18	11-23-330/118		
1,20	11-23-330/120		
1,40	11-23-330/122		
1,60	11-23-330/160		
1,62	11-23-330/162		
1,64	11-23-330/164		
1,66	11-23-330/166		
1,68	11-23-330/168		
1,70	11-23-330/170		
1,72	11-23-330/172		
1,74	11-23-330/174		
1,76	11-23-330/176		
1,78	11-23-330/178		
1,80	11-23-330/180		
1,82	11-23-330/182		
1,84	11-23-330/184		
1,86	11-23-330/186		

Codice OMS	Spessori	Incremento	n° pezzi
11-23-334	da 1,00 a 1,20	0,02	110

valigetta 12 posizioni
handbag 12 positions

Codice OMS	Spessori	Incremento	n° pezzi
11-23-330	da 1,60 a 1,86	0,02	140

valigetta 24 posizioni
handbag 24 positions

Nota. Medidas de calibración de la arandela de calibración de la preinyección.

Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.

La altura de la alzada debe tener entre 0,5 y $0,55 \pm 0,02$ milímetro para que funcione correctamente el inyector. Modificando el caudal de retorno.

Si reemplazamos la arandela por otra de diferentes medidas sucede los siguientes:

- Menor espesor arandela, mayor es el caudal de retorno.
- Mayor espesor arandela, menor caudal de retorno.

Tabla 38

Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora

Espesor	Caudal entrega	Caudal retorno
1,23 mm	81 ml	37 ml
1,24 mm	75 ml	30 ml
1,25 mm	69 ml	25 ml

Nota. Relación de medidas de la arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.

Figura 72

Arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.



$\varnothing 10,5$
 $\varnothing 15,7$

da 1,00 ... a 1,33

ALTRE MISURE DISPONIBILI A RICHIESTA
Other sizes available upon request
Otros tamaños disponibles bajo petición
Другие размеры доступны по запросу
根据要求提供其它尺寸

codice singoli spessori code individual thicknesses	
misura	cod. OMS
1,00	11-23-219/100
1,01	11-23-219/101
1,02	11-23-219/102
1,03	11-23-219/103
1,04	11-23-219/104
1,05	11-23-219/105
1,06	11-23-219/106
1,07	11-23-219/107
1,08	11-23-219/108
1,09	11-23-219/109
1,10	11-23-219/110
1,11	11-23-219/111
1,12	11-23-219/112
1,13	11-23-219/113
1,14	11-23-219/114
1,15	11-23-219/115
1,16	11-23-219/116
1,17	11-23-219/117
1,18	11-23-219/118
1,19	11-23-219/119
1,20	11-23-219/120
1,21	11-23-219/121
1,22	11-23-219/122
1,23	11-23-219/123
1,24	11-23-219/124
1,25	11-23-219/125
1,26	11-23-219/126
1,27	11-23-219/127
1,28	11-23-219/128
1,29	11-23-219/129
1,30	11-23-219/130
1,31	11-23-219/131
1,32	11-23-219/132
1,33	11-23-219/133

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-285	da 1,10 a 1,20	0,01	120
11-23-219	da 1,20 a 1,30	0,01	120



valigetta 12 posizioni
handbag 12 position

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-371	da 1,10 a 1,33	0,01	240



valigetta 24 posizioni
handbag 24 position

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-372	da 1,10 a 1,33	0,01	340



valigetta 34 posizioni
handbag 34 position

Nota. Medidas de calibración de la arandela para regular la alzada de la esfera obturadora.

Arandela de inicio de apertura de inyección.

Con esta arandela variamos el caudal de entrega. (Para regular menos de 5ml). No varía el caudal de retorno.

Regula la presión del resorte modificando el desplazamiento del vástago de la tobera en caso de mayor o menor caudal. Si reemplazamos la arandela por otra de diferentes medidas sucede los siguientes:

- Menor espesor, mayor caudal de entrega.
- Mayor espesor, menor caudal de entrega.

Tabla 39

Relación arandela de apertura de inyección espesor - caudal de entrega

Espesor	Caudal entrega
1,6 mm	78 ml
1,65 mm	75 ml
1,7 mm	71 ml

Nota. Relación arandela donde variamos el caudal de entrega.

Figura 73

Relación arandela de apertura de inyección espesor - caudal de entrega



da 0,90 ... a 2,00
ALTRE MISURE DISPONIBILI A RICHIESTA
Other sizes available upon request
Otros tamaños disponibles bajo petición
Другие размеры доступны по запросу
根据要求提供其它尺寸

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-244	da 1,20 a 1,70	0,05	110

valigetta 12 posizioni
handbag 12 position

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-269	da 0,90 a 1,90	0,05	210
11-23-220	da 1,20 a 1,70	0,02	240
11-23-264	da 1,40 a 1,96	0,02	240

valigetta 24 posizioni
handbag 24 position

codice singoli spessori code individual thicknesses	
misura	cod. OMS
0,90	11-23-220/090
0,95	11-23-220/095
1,00	11-23-220/100
1,05	11-23-220/105
1,10	11-23-220/110
1,15	11-23-220/115
1,20	11-23-220/120
1,22	11-23-220/122
1,24	11-23-220/124
1,25	11-23-220/125
1,26	11-23-220/126
1,28	11-23-220/128
1,30	11-23-220/130
1,32	11-23-220/132
1,34	11-23-220/134
1,35	11-23-220/135
1,36	11-23-220/136
1,38	11-23-220/138
1,40	11-23-220/140
1,42	11-23-220/142
1,44	11-23-220/144
1,45	11-23-220/145
1,46	11-23-220/146
1,48	11-23-220/148
1,50	11-23-220/150
1,52	11-23-220/152
1,54	11-23-220/154
1,55	11-23-220/155
1,56	11-23-220/156
1,58	11-23-220/158
1,60	11-23-220/160
1,62	11-23-220/162
1,64	11-23-220/164
1,65	11-23-220/165
1,66	11-23-220/166
1,68	11-23-220/168
1,70	11-23-220/170
1,72	11-23-220/172
1,74	11-23-220/174
1,75	11-23-220/175
1,76	11-23-220/176
1,78	11-23-220/178
1,80	11-23-220/180
1,82	11-23-220/182
1,84	11-23-220/184
1,85	11-23-220/185
1,86	11-23-220/186
1,90	11-23-220/190
1,95	11-23-220/195
2,00	11-23-220/200

Nota. Relación arandela donde variamos el caudal de entrega.

Pastilla de presión

Con esta pastilla variamos el caudal de entrega. (la utilizamos cuando existe mucha diferencia de caudal para regular). No varía el caudal de retorno.

Si reemplazamos la arandela por otra de diferentes medidas sucede lo siguientes:

- Menor espesor, mayor es el caudal entregado.
- Mayor espesor, menor caudal de entrega.

Tabla 40

Relación espesor - caudal de entrega de la pastilla de presión.

Espesor	Caudal entrega
1,10 mm	84 ml
1,13 mm	75 ml
1,15 mm	70 ml

Nota. Utilizar cuando existe mucha diferencia de caudal para regular.

Figura 74

Calibración de pastilla de presión.





PASTIGLIETTA
tablet
tableta

da 0,90 ... a 1,40

ALTRE MISURE DISPONIBILI A RICHIESTA
Other sizes available upon request
Otros tamaños disponibles bajo petición
Другие размеры доступны по запросу
根据要求提供其它尺寸

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-305	da 0,90 a 1,01	0,01	120
11-23-306	da 1,02 a 1,13	0,01	120
11-23-232	da 1,14 a 1,25	0,01	120



valigetta 12 posizioni
handbag 12 position

Codice OMS	Spessore	Incremento	n° pezzi
11-23-283	da 0,95 a 1,13	0,01	190



valigetta 24 posizioni
handbag 24 position

codice singoli spessori code individual thicknesses	
misura	cod. OMS
0,90	11-23-232/090
0,91	11-23-232/091
0,92	11-23-232/092
0,93	11-23-232/093
0,94	11-23-232/094
0,95	11-23-232/095
0,96	11-23-232/096
0,97	11-23-232/097
0,98	11-23-232/098
0,99	11-23-232/099
1,00	11-23-232/100
1,01	11-23-232/101
1,02	11-23-232/102
1,03	11-23-232/103
1,04	11-23-232/104
1,05	11-23-232/105
1,06	11-23-232/106
1,07	11-23-232/107
1,08	11-23-232/108
1,09	11-23-232/109
1,10	11-23-232/110
1,11	11-23-232/111
1,12	11-23-232/112
1,13	11-23-232/113
1,14	11-23-232/114
1,15	11-23-232/115
1,16	11-23-232/116
1,17	11-23-232/117
1,18	11-23-232/118
1,19	11-23-232/119
1,20	11-23-232/120
1,21	11-23-232/121
1,22	11-23-232/122
1,23	11-23-232/123
1,24	11-23-232/124
1,25	11-23-232/125
1,26	11-23-232/126
1,27	11-23-232/127
1,28	11-23-232/128
1,29	11-23-232/129
1,30	11-23-232/130
1,31	11-23-232/131
1,32	11-23-232/132
1,33	11-23-232/133
1,34	11-23-232/134
1,35	11-23-232/135
1,36	11-23-232/136
1,37	11-23-232/137
1,38	11-23-232/138
1,39	11-23-232/139
1,40	11-23-232/140

Nota. Con esta pastilla variamos el caudal de entrega.

Calibración del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250

Se observa el proceso de medición y calibración de los componentes del inyector Bosch CRDI 0 445 110 250 utilizando las respectivas herramientas y equipos de medida y verificación:

Tabla 41

Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de bobina

N°	Proceso	Imagen
1	Extraer la parte de la bobina del inyector	
2	Extraer el resorte de válvula del cuerpo magnético y anillo de calibración VFK	
3	Posicionar el muelle para calibre debajo del inducido.	
4	Montar la bobina al cuerpo del inyector dando un torque de 35 Nm	

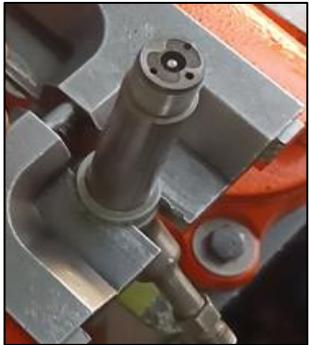
N°	Proceso	Imagen
5	Fijar el micrómetro sobre el cuerpo magnético del inyector e introducir el husillo hasta que la punta de contacto alcance el inducido	
6	Encerar el micrómetro	
7	El de ajuste AH deberá de remplazarse o desbastarse hasta obtener las medidas establecidas para el recorrido de la esfera de válvula.	
8	El anillo de ajuste VFK tiene un rango entre 1.70 a 1.80 mm, la altura de este anillo debe encontrarse dentro de estos parámetros.	

Nota. Detalle de los torques y las calibraciones de los componentes del inyector CRDI Bosch 0 445 110

Tabla 42

Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de tobera

N°	Proceso	Imagen
1	Extracción de la tuerca de tobera	
2	Colocar el útil para tomar la altura DNH sobre la superficie donde se asienta la tobera	
3	Encerar el micrómetro	

N°	Proceso	Imagen
	<p>Medir la altura del embolo DNH y cerciorarse que su altura se encuentre entre la medida obtenida y como efecto se debe realizar el cálculo siguiente para obtener la altura DNH:</p> <p style="padding-left: 40px;">$X - 0.19 = \text{Valor mínimo DNH}$</p> <p style="padding-left: 40px;">$X - 0.24 = \text{Valor máximo DNH}$</p> <p>4 Caso de no encontrarse en este rango se debe cambiar el embolo o desbastarse hasta alcanzar a la altura requerida.</p> <p>En este caso la altura DNH debe encontrarse entre:</p> <p style="padding-left: 40px;">$X = 1.366 - 0.19 = 1.176 \text{ mm.}$</p> <p style="padding-left: 40px;">$X = 1.366 - 0.24 = 1.126 \text{ mm.}$</p> <p>La lectura del micrómetro es de 1.404</p>	
<p>5</p>	<p>Colocar los pines, la tobera, y la tuerca de sujeción en los lugares correspondientes con sus respectivos torques.</p>	
<p>6</p>	<p>La arandela de ajuste DFK debe tener un rango entre 1.40 a 1.50 mm la cual deberá estar dentro de este rango.</p>	 

Nota. Valores que se deben de tomar en cuenta con respecto al torque y valores de las arandelas de ajuste del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250.

Armado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 250

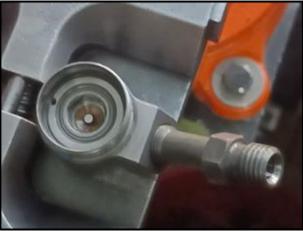
El correcto de armado del inyector Bosch CRDI 0 445 110 250 utilizando las respectivas herramientas, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 43

Proceso de armado del inyector Bosch 0 445 110 250

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
1	Ubicar el anillo de cierre de alta presión en el cuerpo del inyector.	Anillo de cierre de alta presión	Herramienta de montaje para anillos de cierre.	
2	Colocar la herramienta en el agujero donde va la válvula y atornillar la herramienta unos 3mm que será el desplazamiento necesario para fijar el anillo de seguridad en el cuerpo del inyector.	Anillo de cierre de alta presión	Herramienta de montaje para anillos de cierre.	

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
3	Insertar la válvula con el embolo en el cuerpo del inyector de manera cómo fue extraído.	Válvula y embolo		
4	Emplear la herramienta de montaje del grupo de válvula y asegurarse de presionar suavemente con la palma de la mano.	Válvula y embolo	Herramienta de montaje del grupo de válvula	
5	Colocar la tuerca de la válvula, tener en cuenta la posición en la que se desarmó, donde el lado plano va hacia abajo.	Tuerca de la válvula		
6	Utilizar la herramienta de Allen hueca de 10 mm y ajustar dando un torque de 50N	Tuerca de la válvula	Torquímetro, Útil Allen de 10mm.	

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
7	Situación el resto de los componentes como son el resorte, guía de aguja, tobera, resorte.	Resorte, arandela de compensación, guías		
8	Ubicar la tobera con los pines.	Tobera		
9	Ajustar la tobera con la tuerca de esta proceder a dar 45 Nm	Tuerca de tobera	Torquímetro	
10	Colocar la esfera y la porta esfera dentro de la válvula en conjunto con la guía.	Esfera, porta esfera	Pinza	

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
11	Colocar la arandela VFK y el muelle de la válvula en el orificio en la bobina	Muelle de válvula		
12	Enroscar la bobina con el cuerpo del inyector.	Bobina, cuerpo del inyector.	Torquímetro	

Nota. Proceso para el correcto armado del inyector CRDI 0445 110 250.

Desarmado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293

El proceso correcto de desarmado del inyector Bosch CRI 0 445 110 293 utilizando las respectivas herramientas se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 44

Proceso de desarmado del inyector Bosch 0 445 110 293

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
1	En primera instancia se debe sujetar el inyector mediante prensas y soportes.	Inyector	Prensa	

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
2	Aflojar la tuerca de la bobina y retirar con cuidado.	Bobina	Palanca de fuerza, dado	
3	Extraer la bobina	Bobina		
4	Extraer el conjunto interior de la bobina que es el resorte, arandela de compensación o VFK.	Anillo VFK, Resorte de válvula	Pinzas	
5	Extraer con cuidado los seguros y el inducido.	Inducido, chaveta de seguridad	Pinzas	
6	Aflojar la tuerca interna de la válvula de control	Tuerca de sujeción	Palanca de fuerza, Acople D01-CCR	

N°	Proceso	Elemento del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
7	Extraer la válvula	Válvula de control	Pinzas	
8	Con cuidado extraer la esfera y la porta esfera	Esfera, porta esfera	Pinzas	
9	También extraer las arandelas de calibración	Arandelas	Pinzas	
10	Finalmente nos queda el cuerpo del inyector	Cuerpo del inyector		

Nota. Procedo de desarmado de un inyector CRDI Bosch 0445 110293

Calibración del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293

Proceso de medición y calibración de los componentes del inyector Bosch CRDI 0445 110 293 utilizando las respectivas herramientas, equipos de mediada y verificación:

Tabla 45

Mediciones y calibraciones de los componentes en la parte de bobina.

N°	Proceso	Imagen
1	Extraer la parte de la bobina del inyector	
2	Encerar el micrómetro.	
3	Primera mediada del inducido debe ser entre el rango de 0.50 a 0.60 mm	
4	Calibración de la arandela AH	

N°	Proceso	Imagen
5	Se verifica el ajuste de la tuerca de la bobina debe estar en 65 Nm con 18 a 26 grados.	
6	Se verifica la altura del AH	
7	Se verifica el RLS de 0.52 a 0.55mm	

Nota. En la tabla se detalla los torques y las calibraciones de los componentes del inyector CRDI Bosch 045 110 293.

Armado del Inyector CRDI Bosch 0445 110 293

En la siguiente tabla se puede observar el proceso correcto de armado del inyector Bosch CRDI 0 445 110 293 utilizando las respectivas herramientas:

Tabla 46

Proceso de armado del inyector Bosch 0 445 110 293

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
1	Sujetar el cuerpo del inyector a la entenalla	Cuerpo del inyector	Entenalla	
2	Introducir válvula y vástago dentro del cuerpo del inyector	Válvula, vástago		
3	Encajar la esfera en la válvula	Esfera	Pinzas	

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
4	Colocar la arandela AH	Arandela AH		
5	Enroscar la tuerca con un torque de 65 Nm	Tuerca de sujeción	Torquímetro	
6	Armar el resorte con el inducido y su respectivo seguro	Inducido, resorte y seguro		
7	Comprobar la altura AH	esfera	Micrómetro	

N°	Proceso	Partes del inyector	Herramienta a utilizar	Imagen
8	Colocar la bobina con el cuerpo del inyector	Bobina		
9	Con el torque respectivo ajustar la bobina al cuerpo del inyector			

Nota. En la tabla se detalla la manera de volver a armar el inyector CRDI Bosch 0445 110293 desde cero con sus torques respectivos.

Prueba de fugas: prueba de sellado

(Pintos, 2011) afirma lo siguiente:

Esta prueba consiste en medir el tiempo en el que se demora en realizarse una caída sostenida de la presión del diésel desde un valor por debajo de la presión de apertura hasta un inferior. Se debe tomar en cuenta que no se dé goteos. Una caída de presión muy rápida informa que la holgura entre el

vástago de la aguja y su alojamiento (cuerpo del inyector) es muy ancha, este estado provoca que reemplacen los inyectores.

En este paso, 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 causo dificultades, llama frecuente, límite de velocidad, unidad de medición excede el valor máximo.

Punto de drenaje

EL punto de drenaje es similar al torque del tradicional punto de torque del y logra el propósito de la descarga. Cuando la cantidad de combustible es demasiado baja, el motor tiende a fallar, el vehículo empieza a perder velocidad, su potencia es insuficiente, puede notar un motor que vibra o un mal olor a combustible al ralentí, comienza a humear y no se alcanza el estándar adecuado de emisiones.

Se debe regular y calibrar la cantidad de combustible que ingresa y sale de los inyectores. Una solución de este tipo de fallas presentes en los inyectores es ajustar y calibrar las juntas AH, DNH, VFK y DFK donde se obtuvo una curva de aceleración satisfactoria y excelente desempeño de trabajo del mismo.

Límite de suministro de combustible

(Autonoción.com, 2021) afirma que el límite de suministro de combustible:

Se encargan de repartir el carburante dentro del cilindro. La punta de los inyectores, contiene unos orificios, a través de los cuales se reparte el combustible inyectado. Estos orificios, están cerrados por medio de la aguja del inyector en estado de reposo mediante un muelle; éste se mueve en el momento la presión alcanza unos valores mínimos, y es en este punto, cuando el combustible levanta la aguja, liberando los orificios, a través de los cuales entra a gran velocidad en la cámara de combustión. Dicho chorro de gasoil, se rompe evaporándose y mezclándose con el aire para generar la mezcla.

Suministro de combustible inactivo

(GRUPO DOCU, 2019) Señala que:

Establece las condiciones de ralentí del motor, lo cual debe garantizar que el combustible en ralentí esté dentro del rango, si la consistencia no es buena, la velocidad se volverá muy inestable, es decir, existe un ruido fuerte. En cambio, una mayor cantidad de combustible en ralentí provoca una excesiva velocidad y presencia de 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.

Es fácil de entender que cuando se obstruye un inyector de combustible y tiene una restricción, el suministro de combustible será irregular. Con tal flujo desequilibrado, el motor fluctúa entre rpm (revoluciones por minuto) bajas y altas haciendo que el motor no esté en su mejor rendimiento y mostrando un estado abrupto, en lugar de ser suave y gradual.

Una restricción de sólo el 8% y el 10% en un solo inyector de combustible puede provocar un fallo de encendido. Cuando esto ocurre, el oxígeno sin quemar entra en el tubo de escape y hace que el sensor

de O₂ tenga una medición pobre. Los inyectores de combustible directos son más sensibles a las restricciones debido a, la cantidad exacta de combustible que se inyecta en la cámara de combustión.

Pre – Inyección

(Castillejo, 2014) Afirma que la pre - inyección: consiste en la inyección de una pequeña cantidad de combustible (aprox. 1 mg), que se quema durante la fase de compresión. Con esto se consigue que aumente la presión y la temperatura en el punto en el que se produce la inyección principal, con lo cual se reduce el retardo de encendido de la inyección principal. Se reduce el aumento de la presión de combustión y los picos de presión, lo que se traduce en una combustión más suave y menos ruido del motor. Esto además tiene un efecto positivo sobre la reducción del consumo y de las emisiones contaminantes (NO_x fundamentalmente).

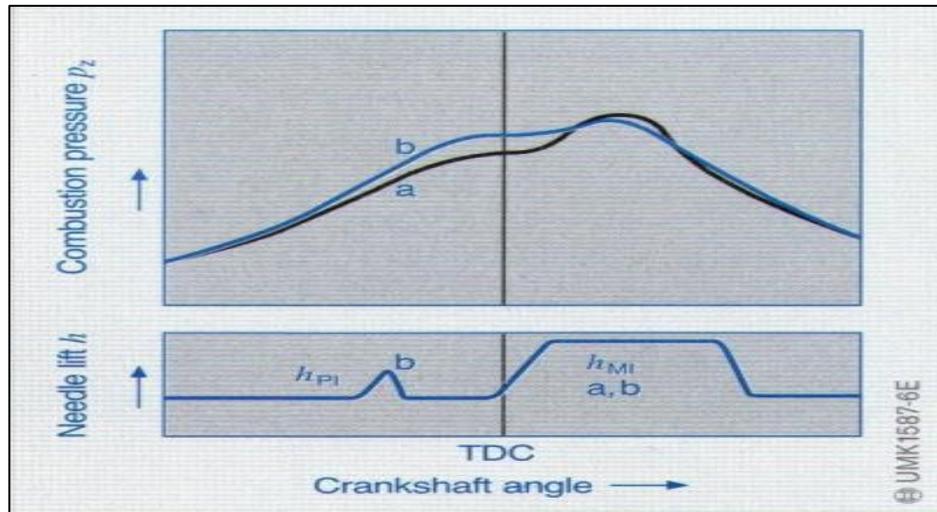
La inyección previa contribuye indirectamente, a la generación de par motor, mediante la reducción del retardo de encendido. En función del comienzo de la inyección principal y de la separación entre la inyección previa y la inyección principal, puede aumentar o disminuir el consumo específico de combustible.

Por otro lado, las altas temperaturas en la cámara de combustión son favorables para el arranque en frío y cuando el motor trabaja en el rango de baja carga, ya que estabilizan la combustión y reducen las emisiones de HC y CO.

De nuevo se presenta un compromiso entre la reducción de ruido y de las emisiones de NO_x, lo que hace que haya que ajustar el intervalo entre pre-inyección e inyección principal, y la cantidad de combustible preinyectado en función del punto de operación. (pag. 22)

Figura 75

Efecto de pre-inyección



Nota. Efecto de la pre-inyección en la presión de la cámara de combustión. a: sin pre-inyección, b: con pre-inyección, h_{PI} : elevación de aguja durante pre – inyección, h_{MI} : Elevación de aguja durante inyección principal. Tomado de (Castillejo, 2014)

Análisis de resultados

Tabla 47

Inyector BOSCH 0 445 110 250

Resultados del test inyector 0 445 110 250					
Paso de test	Prueba	Presión (Mpa)	Ancho de pulso (μ s)	Bip (μ s)	Valor de referencia (mm^3/H)
Warm Up	Temperatura banco	120	1480	0	0 ± 0

Resultados del test inyector 0 445 110 250					
Paso de test	Prueba	Presión (Mpa)	Ancho de pulso (μs)	Bip (μs)	Valor de referencia (mm³/H)
LEAK TEST	Prueba de fugas	170	0	0	40 \pm 40
VL (I)	Combustible alto	160	1380	0	84,3 \pm 4,2
VL (R)	Combustible + prueba retorno	160	1380	0	42 \pm 25
TL	Emisiones	80	650	0	21,1 \pm 2,7
LL	Ralentí	32	675	0	5,8 \pm 1,5
VE	Pre - inyección	80	220	0	0,9 \pm 0,5

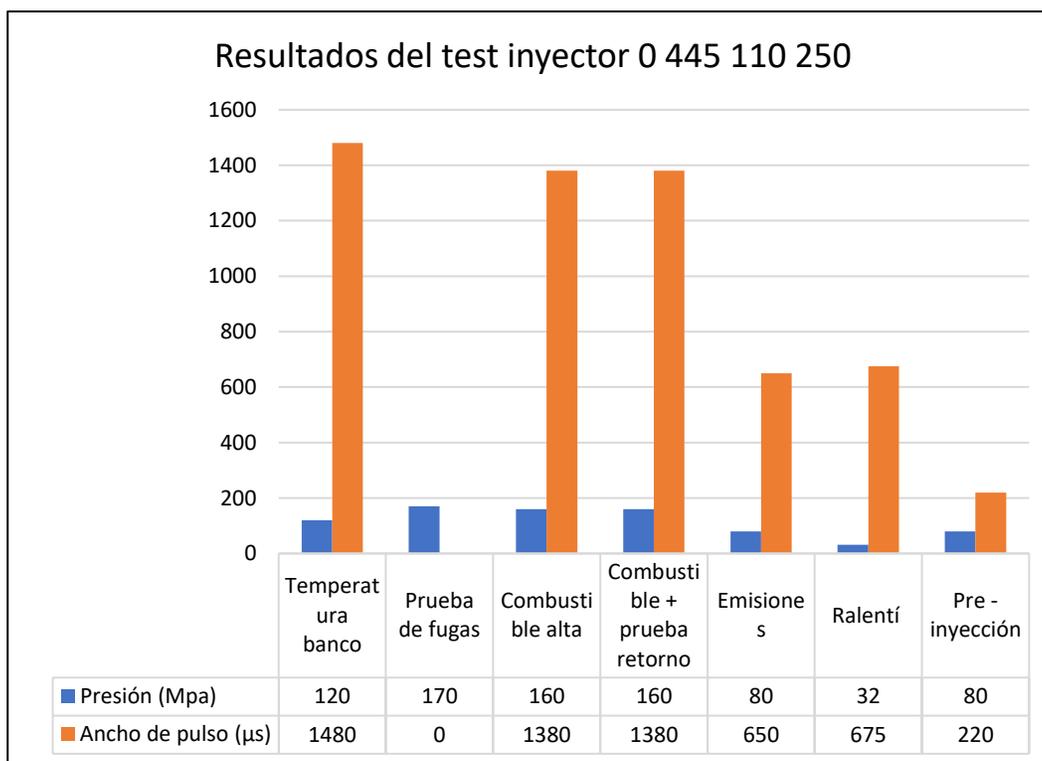
Nota. Resultado del test.

Se aprecia los resultados que se obtuvo luego del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 en la cual se observar que en el Warm Up (temperatura del banco) se puede apreciar una presión de 120 Mpa en un ancho de pulso de 1480 μ s, para un Leak Test (Prueba de fugas), una presión de 170 Mpa y un ancho de pulso de 0 μ s, un VL I (Combustible alta) una presión de 160 Mpa un ancho de pulso de 1380 μ s, un VL R (Combustible + prueba de retorno), una presión de 160 Mpa y un ancho de pulso de 1380 μ s, para un TL (emisiones), una presión de 80 Mpa, un ancho de pulso de 650 μ s, un LL (Ralentí) la

presión de 32 Mpa y un ancho de pulso de 675 μ s, y para un VE (Preinyección), la presión de 80 Mpa y un ancho de pulso de 220 μ s.

Figura 76

Resultados del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 250



Nota. Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 250 a diferente presión y variación de ancho de pulso.

Tabla 48

Inyector BOSCH 0 445 110 293

Resultados del test inyector 0 445 110 293					
Paso de test	Prueba	Presión (Mpa)	Ancho de pulso (μ s)	Bip (μ s)	Valor de referencia (mm^3/H)
Warm Up	Temperatura banco	120	900	0	0 ± 0
LEAK TEST	Prueba de fugas	155	0	0	40 ± 40
VL (I)	Combustible alto	145	800	0	$52,4 \pm 8$
VL (R)	Combustible + prueba retorno	145	800	0	38 ± 20
TL	Emisiones	60	630	0	$12,8 \pm 4,8$
LL	Ralentí	30	695	0	$4,6 \pm 3,5$
VE	Pre - inyección	60	295	0	$2,1 \pm 1,8$

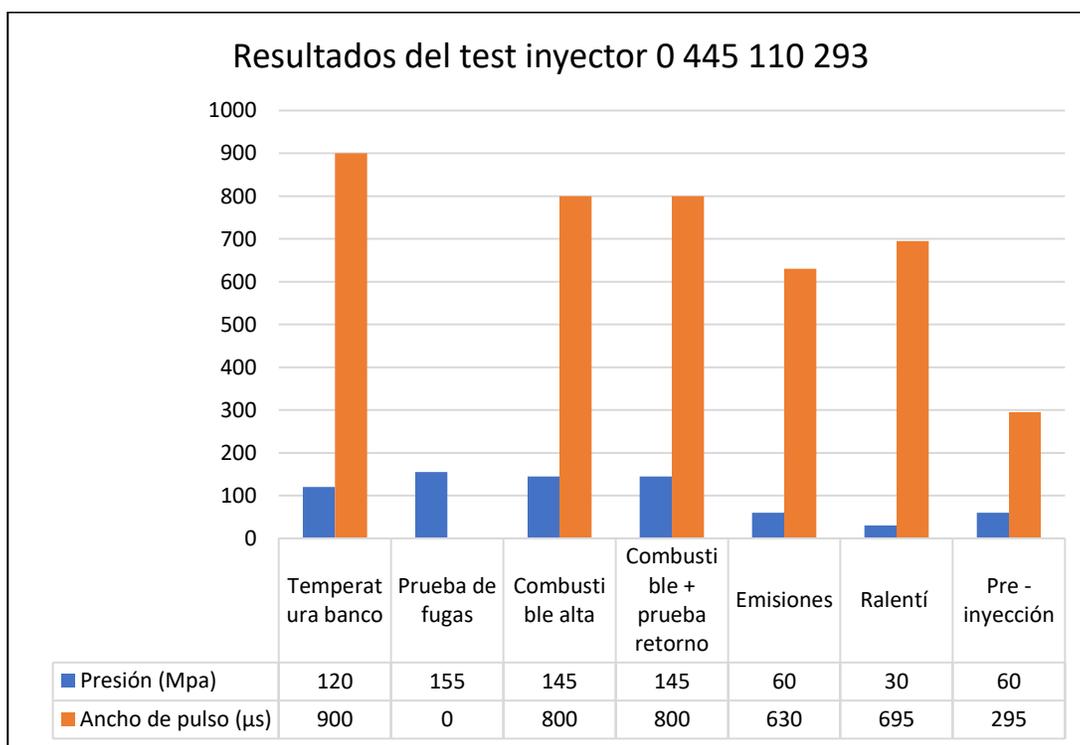
Nota. Resultado del test

En la tabla se puede apreciar los resultados que se obtuvo luego del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 en la cual se observó que para el Warm Up (temperatura del banco) se puede apreciar una

presión de 120 Mpa en un ancho de pulso de 900 μs , un Leak Test (Prueba de fugas) la presión de 155 Mpa con un ancho de pulso de 0 μs , un VL I (Combustible alta) se obtuvo una presión de 145 Mpa y un ancho de pulso de 800 μs , luego un VL R (Combustible + prueba de retorno) una presión de 145 Mpa y un ancho de pulso de 800 μs , para un TL (emisiones) la presión de 60 Mpa y un ancho de pulso de 630 μs , para un LL (Ralentí) La presión de 30 Mpa y un ancho de pulso de 695 μs , y para un VE (Preinyección) la presión de 60 Mpa y un ancho de pulso de 295 μs .

Figura 77

Resultados del test del inyector CRDI Bosch 0445 110 293



Nota. Interpretación gráfica del inyector Bosch 0445 110 293 a diferente presión y variación de ancho de pulso.

Informe de reparación, calibración y puesta a punto de inyectores

Una vez hecho las respectivas calibraciones y ajustes del inyector se procede a conectar al banco de pruebas verificando que todas las conexiones y cañerías estén bien ajustadas para así evitar fugas y que nuestros resultados salgan erróneos.

Figura 78

Inyector acoplado al banco de pruebas



Nota. Se observa al inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 conectado al banco de pruebas.

Se debe realizar la configuración respectiva sobre el inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 la cual nos va a servir en la verificación si se ha calibrado bien los componentes internos del inyector en el momento del proceso de desarmado verificación y puesta a punto.

Figura 79

Configuración del banco Komtest en el inyector CRDI Bosch 0 445 110 250



Nota. Pantalla principal donde se configura para las diferentes marcas de inyectores. (Cortesía de Full Diesel Valencia).

En el equipo se realizó cinco pruebas las cuales son retorno, plena carga, media carga, ralentí, inyección y emisiones en la cual con nuestro inyector nos marca una pre-inyección alta la cual se puede observar en la tabla 49 de igual manera que el ralentí bajo, los síntomas del vehículo que puede provocar es un cascabeleo pequeño entre 1200 y 200 rpm y lo que más se va a notar es humo negro.

Una vez calibrado los inyectores se observa la pantalla del banco de pruebas, donde pasa las pruebas de caudal. En efecto se observa en la siguiente figura 70 los resultados.

Figura 80

Resultados de pruebas en el banco

KOMTEST®		27 julio 2023 jueves		TIME: 19:57:54				
		FULL DIESEL VALENCIA		Customer: MAZDA BT-50 ESPE				
BOSCH 110 - 0 445 110 250		Temp. of Tank 34 °C		Temp. of Back 35 °C				
PRESS BAR	RPM d/d	PULSE uS	NORMAL mm ² /Hub	± mm ² /Hub	1. INJEC mm ² /Hub	2. INJEC mm ² /Hub	3. INJEC mm ² /Hub	4. INJEC mm ² /Hub
1700	1500	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
			40,0	40,0	0.0	0.0	0.0	0.0
1600	1000	1380	84,3	4,2	86.6	0.0	0.0	0.0
			42,0	25,0	27.4	0.0	0.0	0.0
800	1100	650	21,1	2,7	23.0	0.0	0.0	0.0
			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
320	1300	665	5,8	1,5	4.6	0.0	0.0	0.0
			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
800	2500	220	0,9	0,6	3.2	0.0	0.0	0.0
			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
800	1100	650	21,1	2,7	23.6	0.0	0.0	0.0

Nota. Datos luego de la calibración y puesta a punto del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250 (Cortesía de Full Diesel Valencia).

Tabla 49

Datos obtenidos luego de la calibración y puesta a punto

Inyector BOSCH 0 445 110 250					
PRESS	RPM d/d	PULSE	NORMAL	mm^3/Hub	1. INJEC
Bar		μs	mm^3/Hub		mm^3/Hub
1700	1500	0	0	0	0
			40	40	0
1600	1000	1380	84,3	4,2	86,6
			42	25	27,4
800	1100	650	21,1	2,7	23
			0	0	0
320	1300	665	5,8	1,5	4,6
			0	0	0
800	2500	220	0,9	0,6	3,2
			0	0	0
800	1100	650	21,1	2,7	23,6
			0	0	0

Nota. Datos luego de la calibración y puesta a punto del inyector CRDI Bosch 0 445 110 250

De igual manera se realiza la configuración del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293 y la correcta verificación y pruebas de caudal dentro del equipo.

Figura 81

Configuración de la pantalla principal del equipo



Nota. Configuración para las pruebas respectivas del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293. (Cortesía de Full Diesel Valencia).

En este caso el inyector CRDI Bosch 0 445 110 293 se encuentra en óptimas condiciones luego de una verificación y calibración de los componentes internos del inyector en este caso no existe fugas de retorno, en el caso que tuvieras un vástago malo o desgastado subiera la fuga de retorno a 5 o 6 pero sigue trabajando, pero si la válvula esta mala esto se nos va a 35 40 o 50 mm^3/Hub

Figura 82

Resultados de pruebas en el banco

KOMTEST®		27 julio 2023 jueves		TIME: 19:28:29				
				FULL DIESEL VALENCIA				
				Customer: gwm 2.8 wingle espe				
		BOSCH 110 - 0 445 110 293		Temp. of Tank 35 °C				
				Temp. of Back 33 °C				
PRESS BAR	RPM d/d	PULSE uS	NORMAL mm ² /Hub	± mm ² /Hub	1. INJEC mm ² /Hub	2. INJEC mm ² /Hub	3. INJEC mm ² /Hub	4. INJEC mm ² /Hub
1500	1500	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
			40,0	40,0	0.0	0.0	0.0	0.0
1450	1000	800	49,7	8,0	52.5	0.0	0.0	0.0
			39,0	22,0	17.1	0.0	0.0	0.0
600	1100	630	12,2	4,8	10.8	0.0	0.0	0.0
			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	1300	695	5,2	3,5	3.3	0.0	0.0	0.0
			0	0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota. Datos luego de la calibración y puesta a punto del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293. (Cortesía de Full Diesel Valencia).

Tabla 50

Datos obtenidos de la calibración y puesta a punto del inyector CRDI Bosch 0 445 110 293

Inyector BOSCH 0 445 110 293					
PRESS	RPM d/d	PULSE	NORMAL $mm^3/$	mm^3	1. INJEC $mm^3/$
Bar		μs	Hub	/Hub	Hub
1500	1500	0	0	0	0
		40	40	0	0
1450	1000	800	49,7	8	52,5
			39	22	17,1
600	1100	630	12,2	4,8	10,8
			0	0	0
300	1300	695	5,2	3,5	3,3
			0	0	0
600	2500	295	1,3	1	0,9
			0	0	0
600	1100	630	12,2	4,8	11
			0	0	0

Nota. Datos luego de la calibración y puesta a punto del inyector.

Análisis de las pruebas eléctricas del inyector

Tabla 51

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500)

STRK

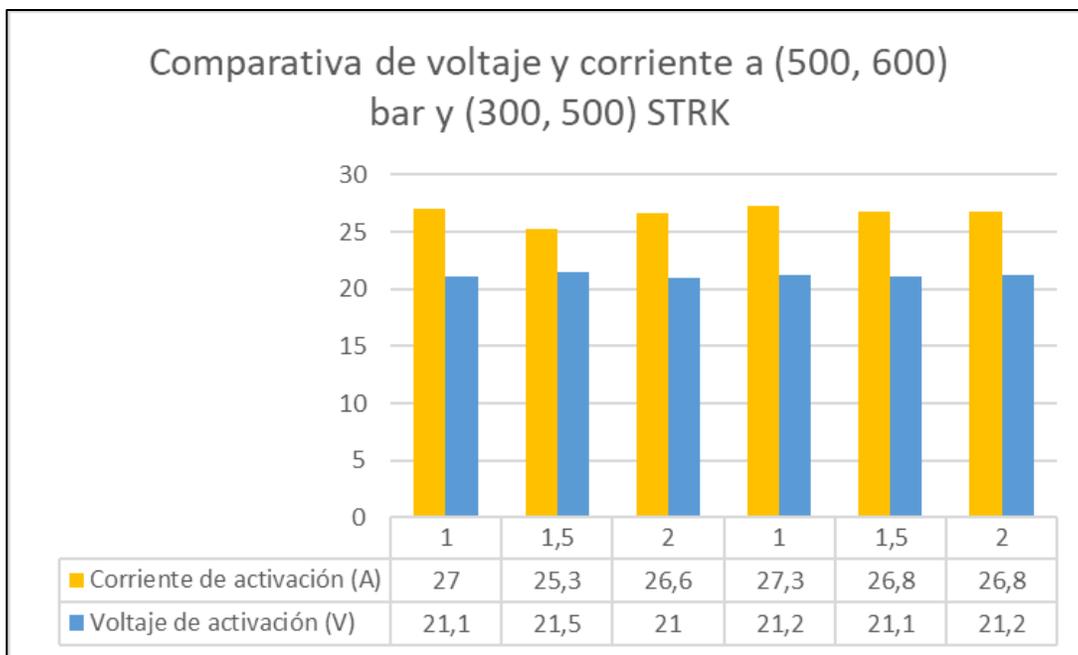
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
500	300	1	27	21,1
500	300	1,5	25,3	21,5
500	300	2	26,6	21
600	500	1	27,3	21,2
600	500	1,5	26,8	21,1
600	500	2	26,8	21,2

Nota. Valores adquiridos del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presiones de (500, 600) bar y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 27.3 A y un mínimo de 25.3 A dando como promedio un valor de 26.63 A, mientras que el valor promedio del voltaje es de 21.18 V, manteniéndose constantes durante todas las pruebas.

Figura 83

Análisis comparativo gráficamente del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK



Nota. Análisis comparativo gráficamente de voltaje y corriente con variación del tiempo de inyección y presiones de trabajo a (500, 600) bar del inyector 0445 110 250.

Tabla 52

Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
500	300	1	25,4	20,7
500	300	1,5	25,6	20,7

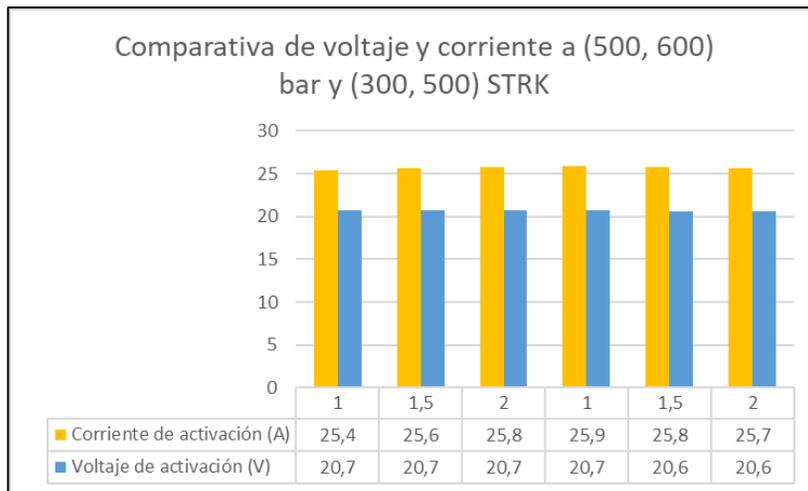
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
500	300	2	25,8	20,7
600	500	1	25,9	20,7
600	500	1,5	25,8	20,6
600	500	2	25,7	20,6

Nota. Valores adquiridos del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presiones de (500, 600) bar y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 25.9 A y un mínimo de 25.4 A dando como promedio un valor de 25.7 A, mientras que el valor promedio del voltaje es de 20.67 V, manteniéndose constantes durante todas las pruebas.

Figura 84

Análisis comparativo gráficamente del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK



Análisis comparativo gráficamente del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presiones de (500, 600) bar y (300, 500) STRK.

Figura 85

Señal de resistencia entre el inyector BOSCH 0 445 110 250 y 0 445 110 293

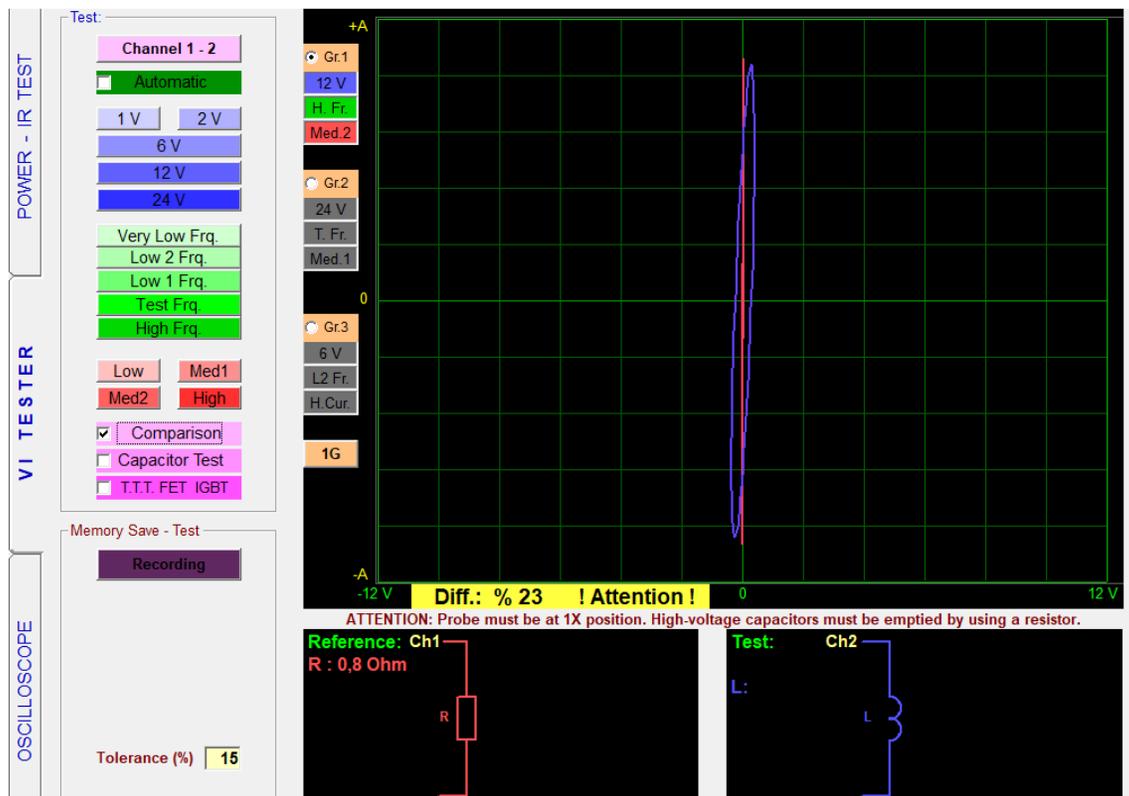


Nota. Gráfica de la resistencia del inyector Bosch 0445 110 250 y 0445 110 293

Durante el tiempo de análisis eléctrico efectuado en los dos tipos de inyectores se aprecia una línea vertical la cual nos hace referencia de un corto circuito en el inyector Bosch 0445 110 250 y otra línea vertical del corto circuito del inyector Bosh 0445 110 293.

Figura 86

Señal de inductancia entre el inyector BOSCH 0 445110250 y 0 445110293



Nota. Gráfica donde se muestra el corto circuito en el inyector CRDI Bosch 0445 110 250 en el canal 1 y la señal de la bobina en el canal 2 del inyector CRDI Bosch 0445 110 293.

Durante el tiempo de análisis eléctrico efectuado en los dos tipos de inyectores se aprecia una línea vertical la cual nos hace referencia de un corto circuito en el inyector Bosch 0445 110 250 la cual

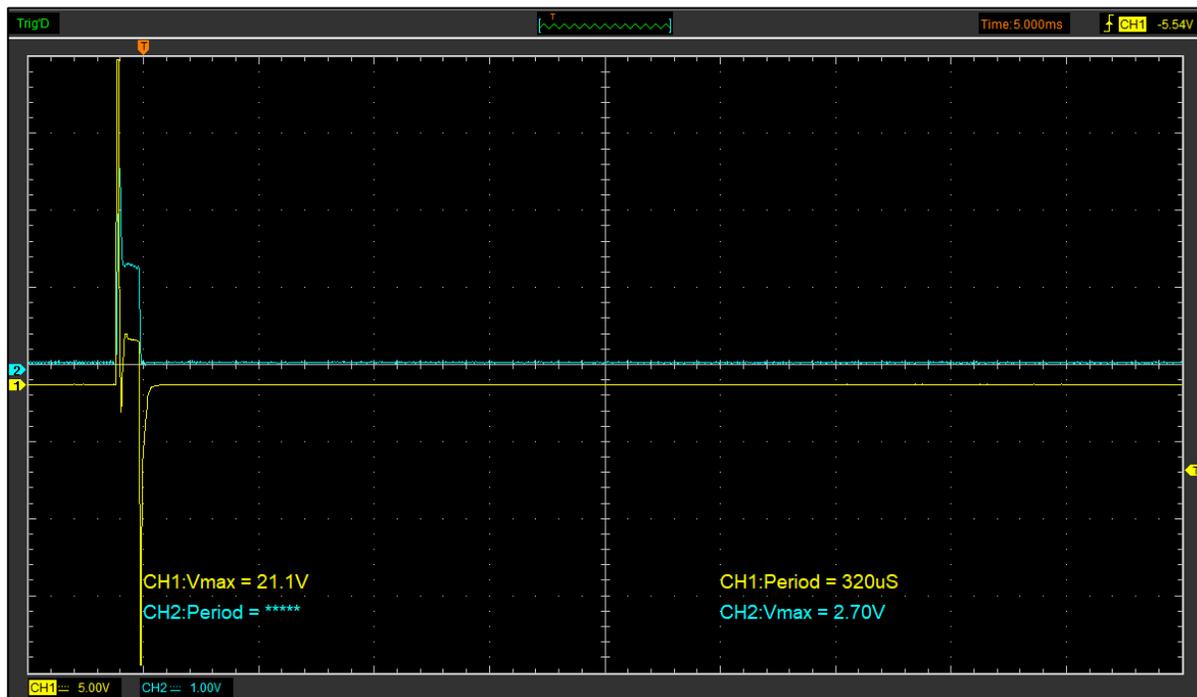
nos da una resistencia de 0.8 ohm y en el canal dos la elipse del funcionamiento de la bobina del inyector Bosh 0445 110 293.

Oscilogramas de voltaje y corriente del inyector

Voltaje y corriente mediante el interfaz hantek para el inyector Bosch 0445 110 250

Figura 87

Curva de corriente y voltaje en 1ms 300 strokes 500 bar

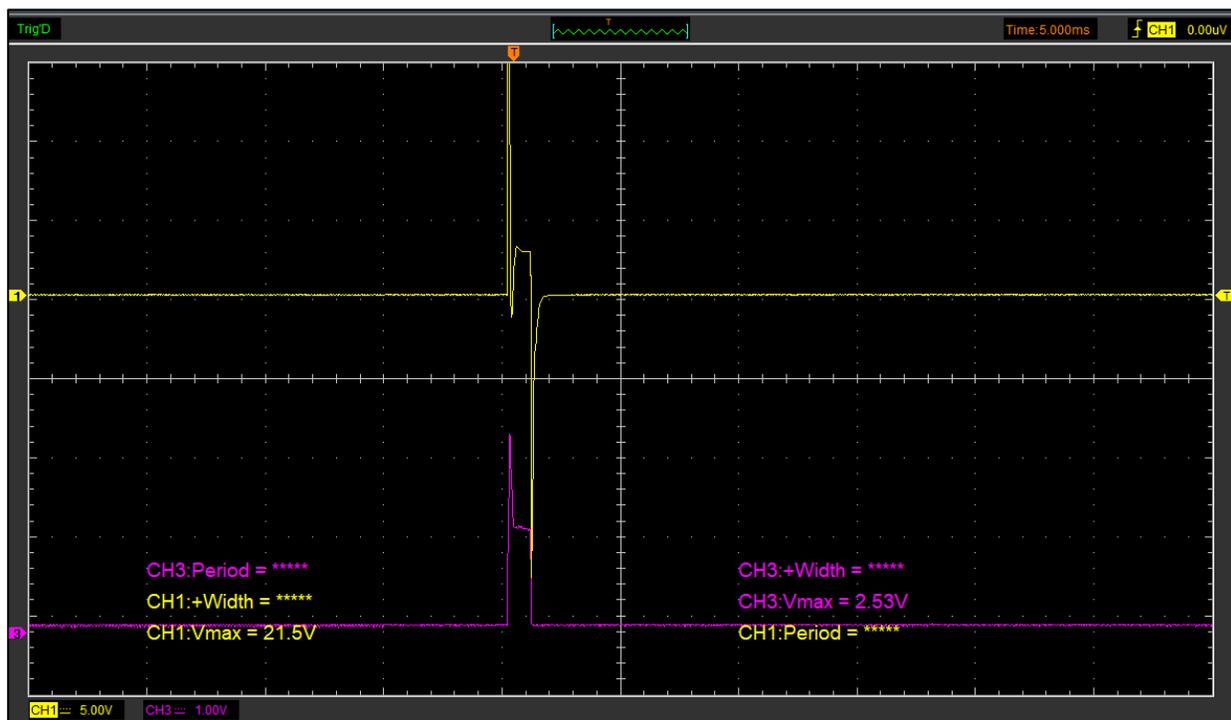


Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, y se observó la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. Como se puede observar en la figura 75. se puede ver un voltaje de activación de 21.1 V y una corriente de 27 A.

Figura 88

Curva de corriente y voltaje en 1,5 ms 300 strokes 500 bar

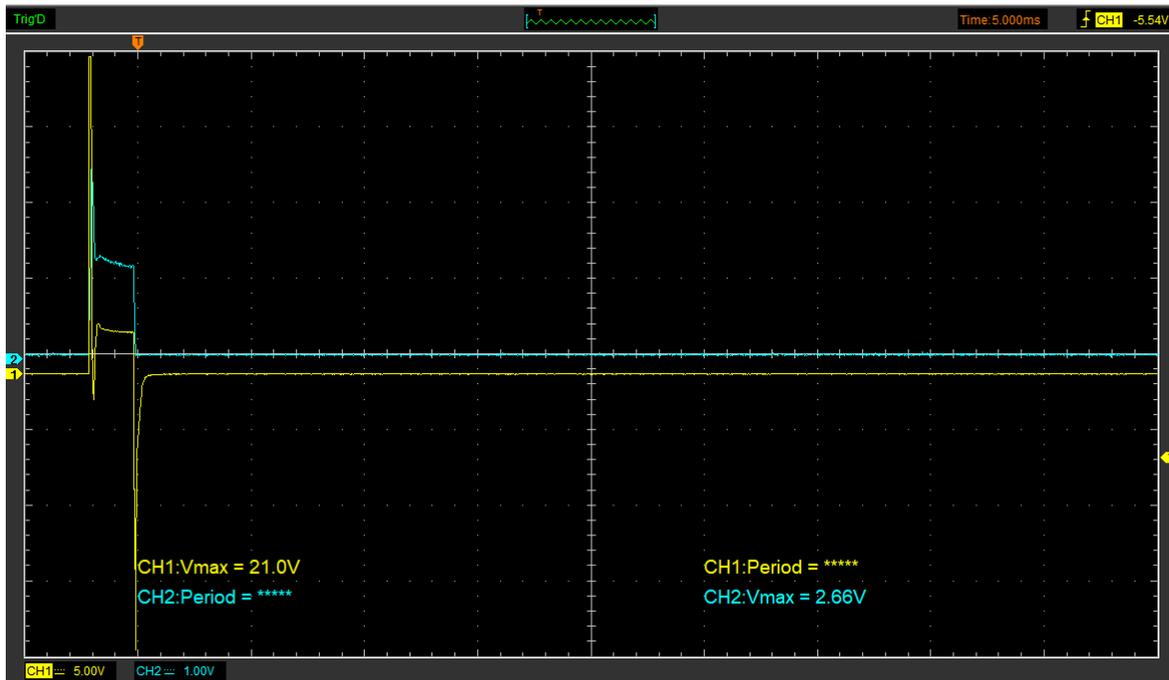


Nota. Curva purpura representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, para poder observar la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. Como se puede observar en la figura 76. Se puede ver un voltaje de activación de 21.1 V y una corriente de 25.3 A.

Figura 89

Curva de corriente y voltaje en 2 ms 300 strokes 500 bar



Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, donde se observó la gráfica de activación, se calibró el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 77 se puede ver un voltaje de activación de 21.0 V y una corriente de 26.6

A.

Tabla 53

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

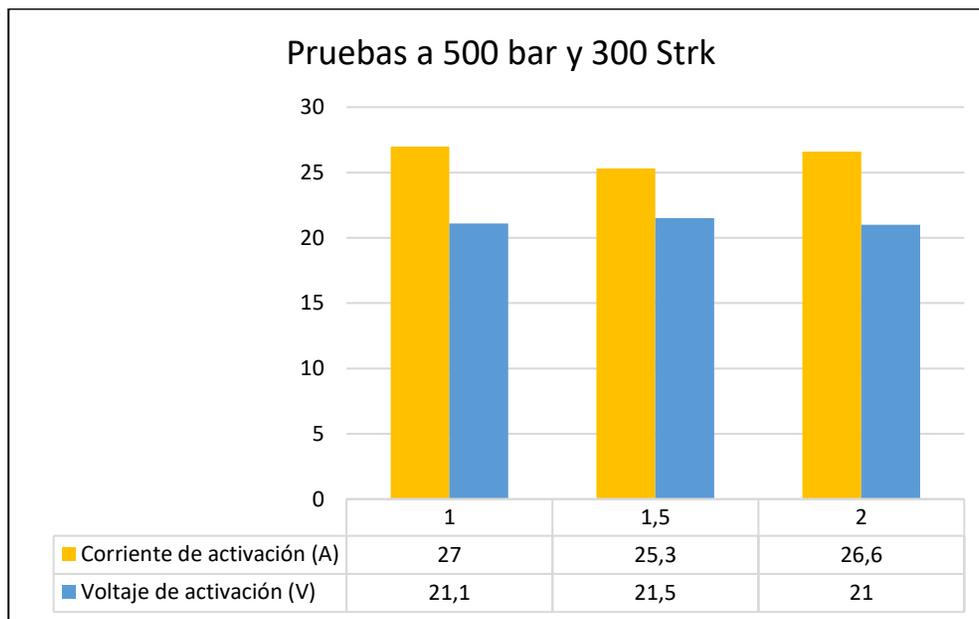
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
500	300	1	27	21,1
500	300	1,5	25,3	21,5
500	300	2	26,6	21

Nota. Tabulación de las características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presión de 500 bar, 300 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones, muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 27 A y un mínimo de 25.3 A dando como promedio un valor de 26.3 A, mientras que el valor promedio del voltaje de activación es de 21.2 V.

Figura 90

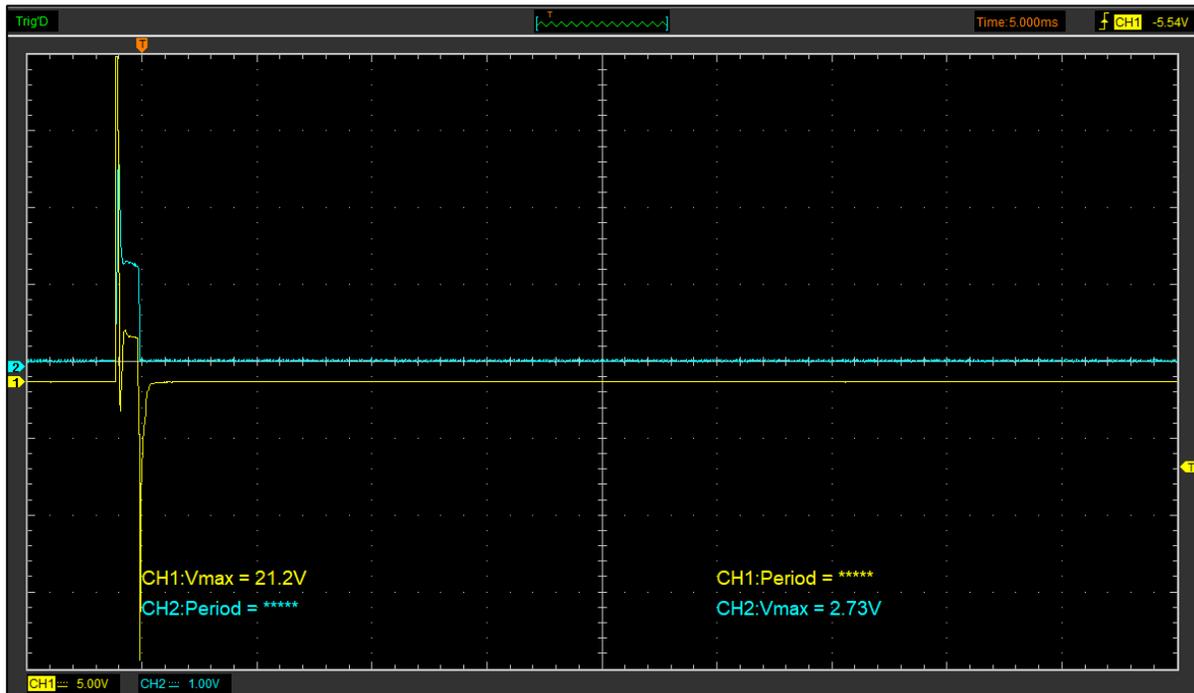
Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250



Nota. Voltaje y corriente de activación del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presión de 500 bar, 300 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

Figura 91

Curva de corriente y voltaje en 1 ms 500 strokes 600 bar

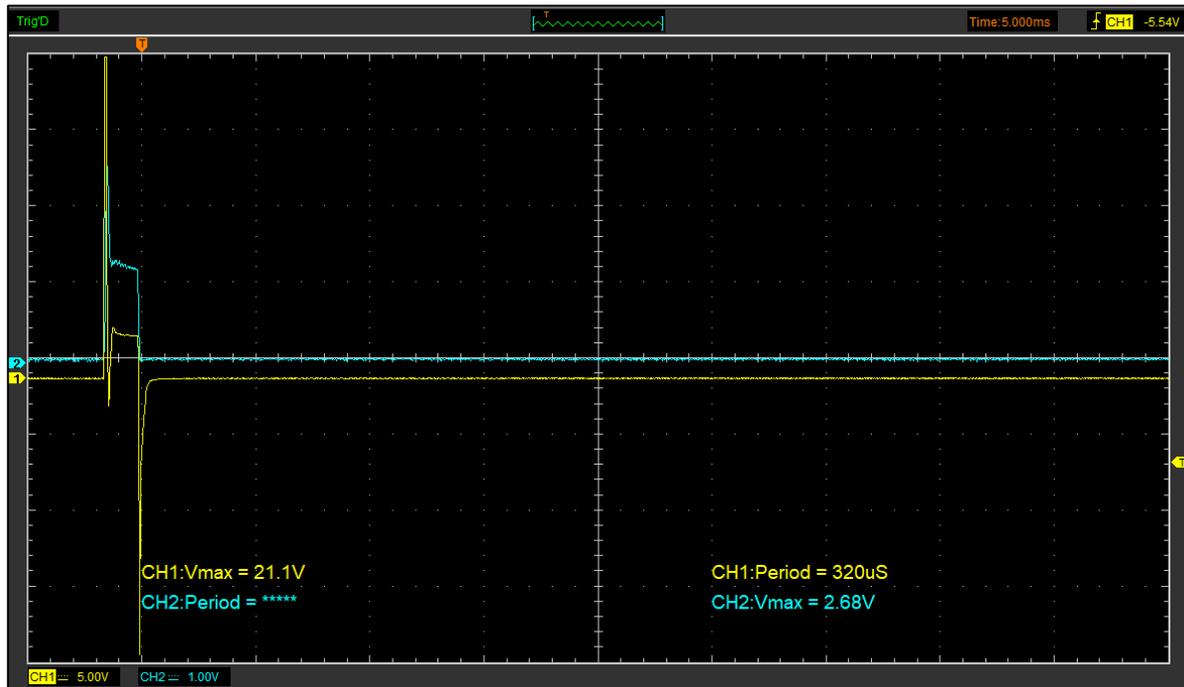


Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, donde se observó la gráfica de activación, se calibró el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. Como se puede observar en la figura 78. Se puede ver un voltaje de activación de 21.2 V y una corriente de 27.3 A.

Figura 92

Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 500 strokes 600 bar

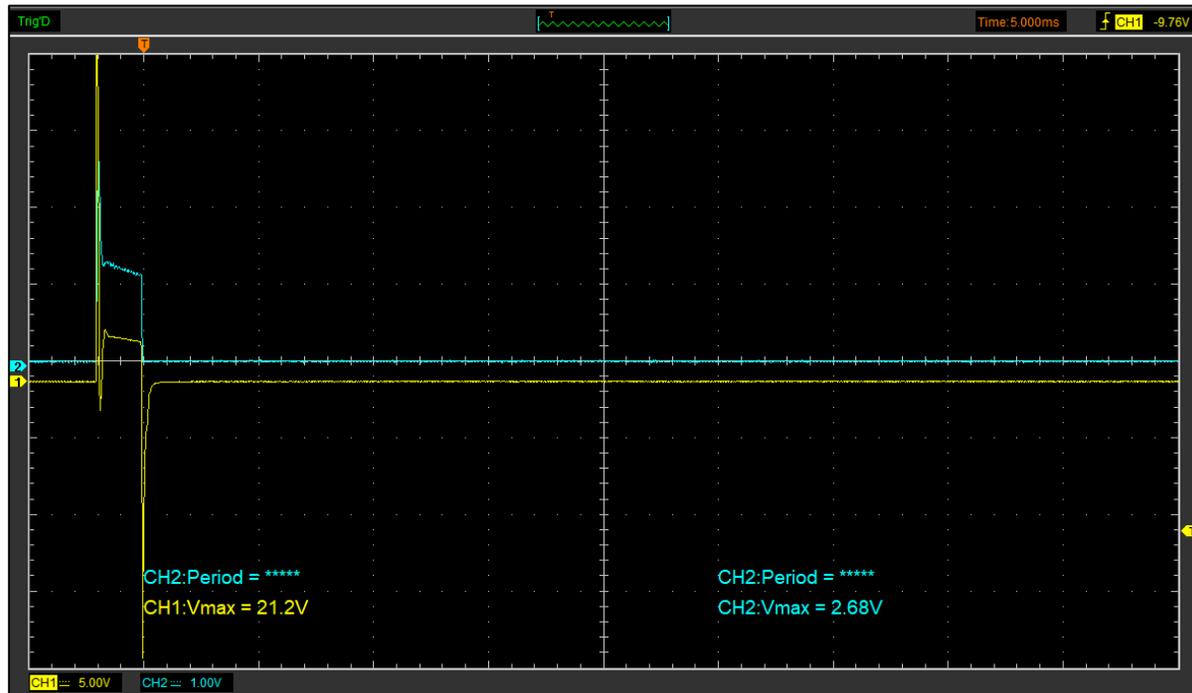


Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, donde se pudo observar la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. Como se puede observar en la figura 79. se puede ver un voltaje de activación de 21.1 V y una corriente de 26.8 A.

Figura 93

Curva de corriente y voltaje en 2 ms 500 strokes 600 bar



Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 320 μ s, donde se pudo observar la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. Como se puede observar en la figura 80. se puede ver un voltaje de activación de 21.2 V y una corriente de 26.8 A.

Tabla 54

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

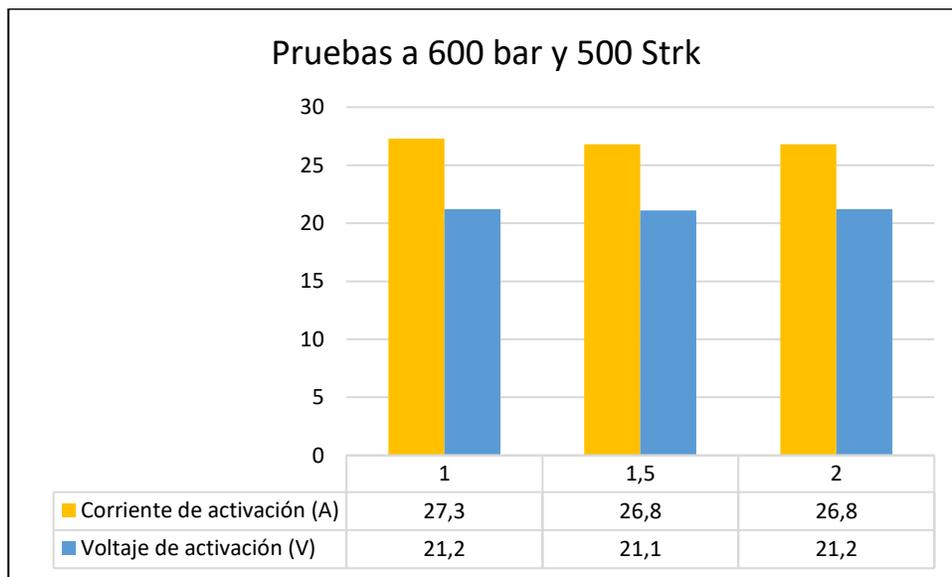
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
600	500	1	27,3	21,2
600	500	1,5	26,8	21,1
600	500	2	26,8	21,2

Nota. Tabulación de las características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presión de 600 bar, 500 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones, muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 27.3 A y un mínimo de 26.8 A dando como promedio un valor de 26.97 A, mientras que el valor promedio del voltaje de activación es de 21.17 V.

Figura 94

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 250

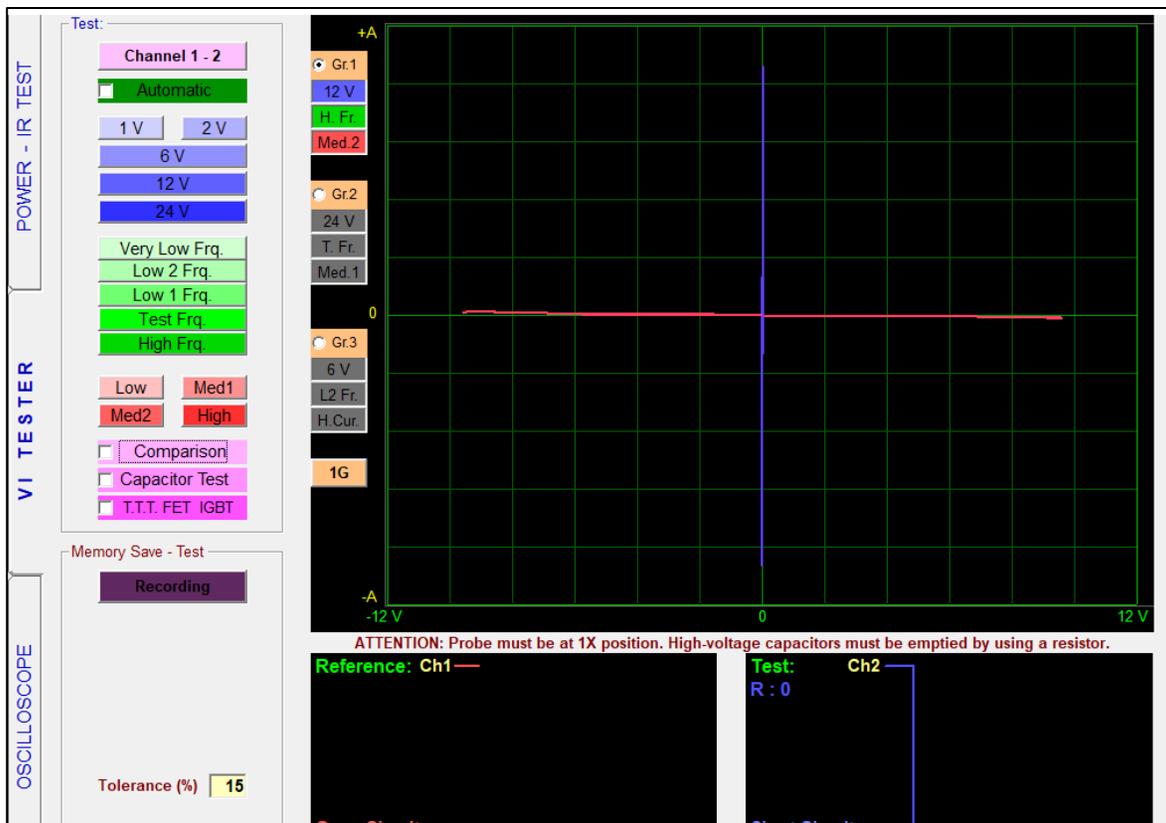


Nota. Graficas obtenidas del voltaje y corriente de activación del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 a presión de 600 bar, 500 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

Trazado de imágenes en el inyector BOSCH 0445 110 250

Figura 95

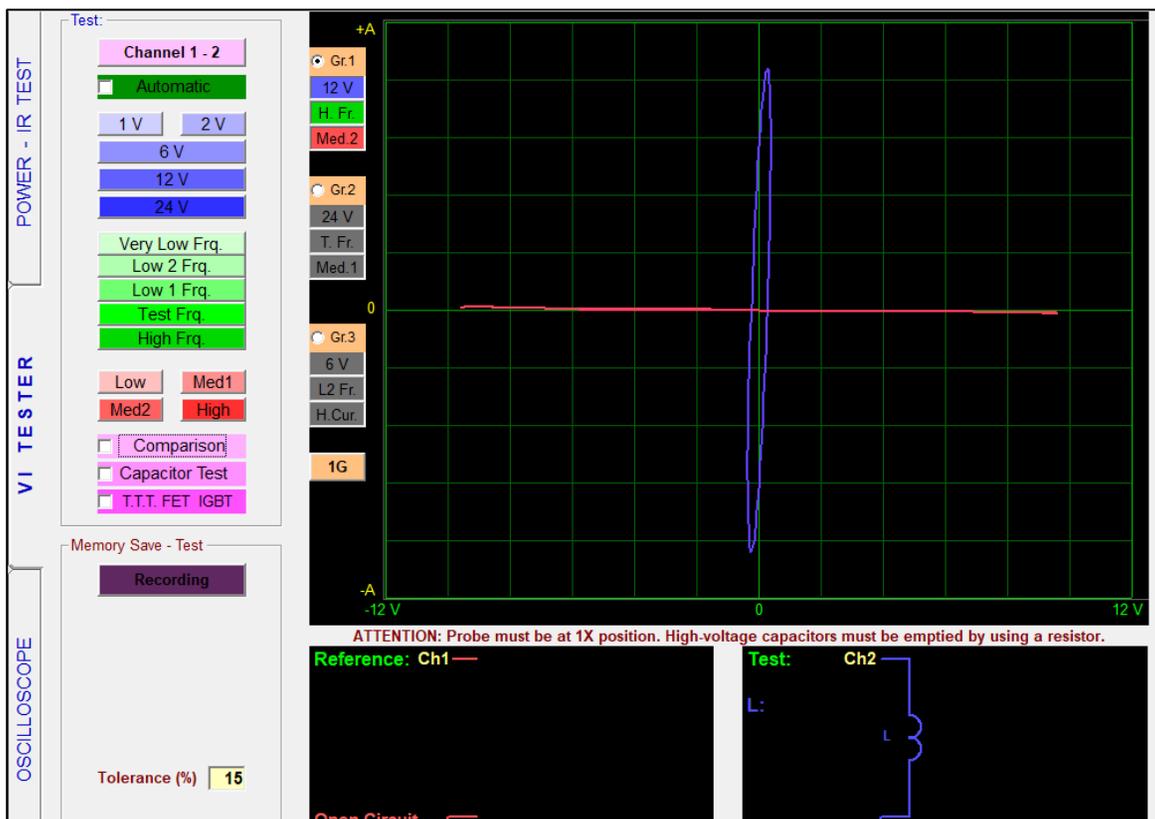
Diagrama de resistencia del inyector BOSCH 0 445 110 250



Nota. Gráfica equivalente del test de la resistencia del inyector CRDI Bosch 0445 110 250 corresponde a un circuito en corto, indicando que la resistencia equivale a cero.

Figura 96

Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 250

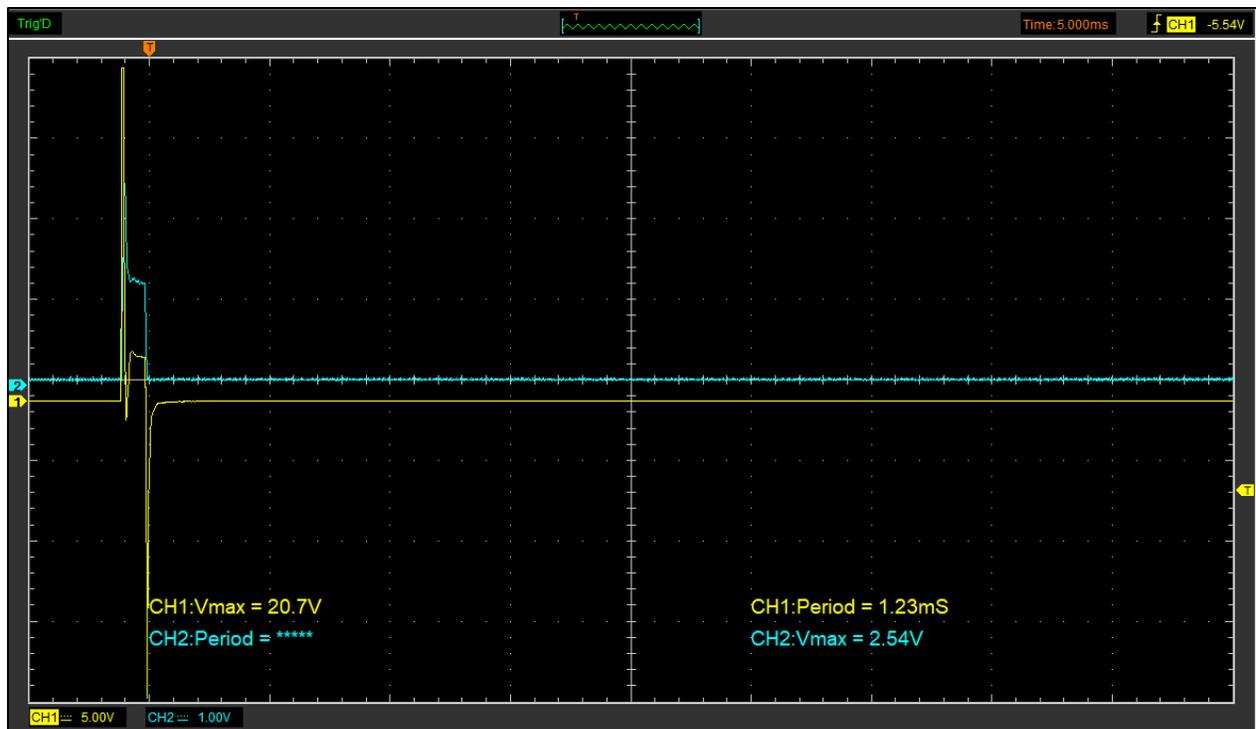


Nota. Gráfica equivalente del test de la bobina del inyector, el cual es una elipse cerrada, indicando el estado de funcionamiento para la bobina.

Voltaje y corriente mediante el interfaz hantek para el inyector Bosch 0445 110 293

Figura 97

Curva de corriente y voltaje en 1 ms 300 strokes 500 bar



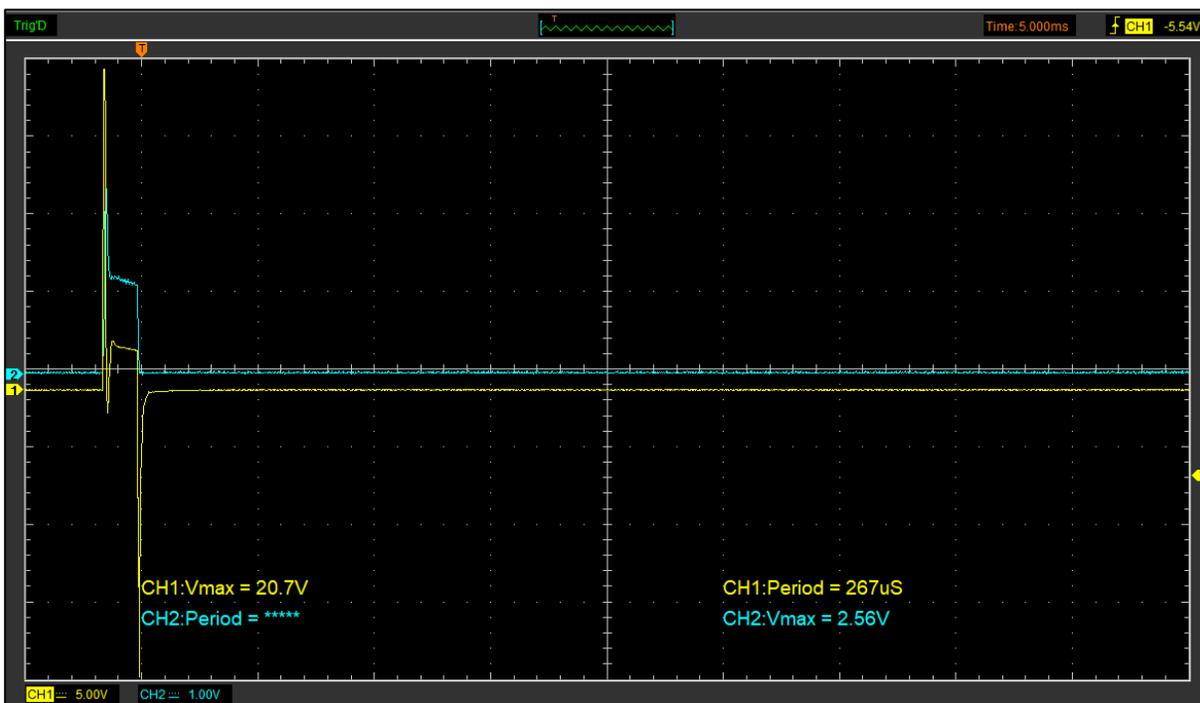
Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 1.23 ms, donde se observó la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 83 se puede ver un voltaje de activación de 20.7 V y una corriente de 25.4

A.

Figura 98

Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 300 strokes 500 bar

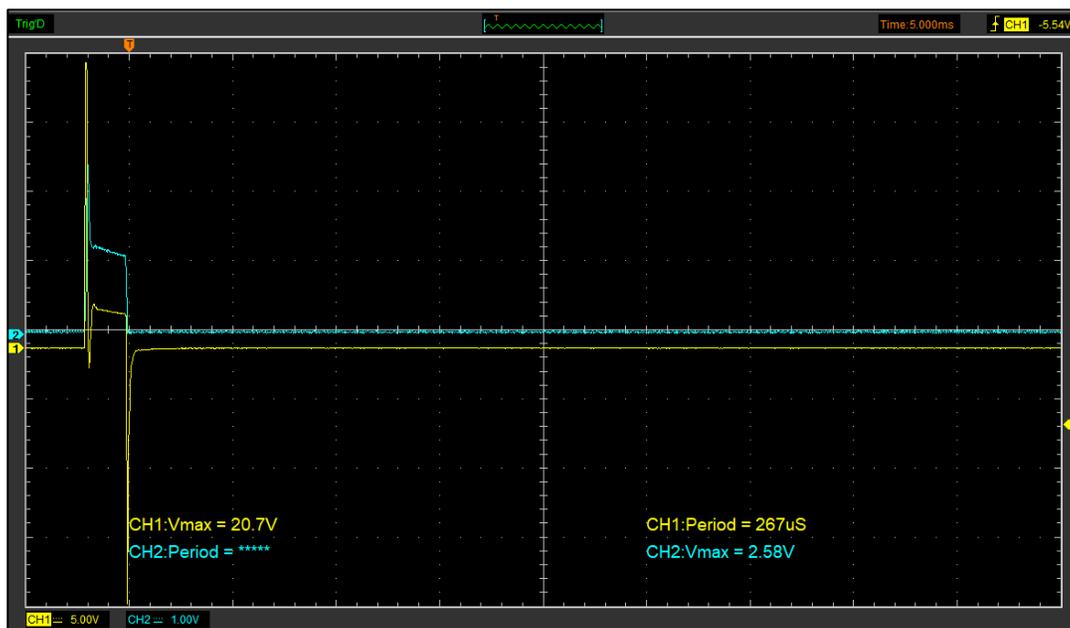


Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 267 us, y se observó la gráfica de activación, se calibró el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 84 se puede ver un voltaje de activación de 20.7 V y una corriente de 25.6 A.

Figura 99

Curva de corriente y voltaje en 2 ms 300 strokes 500 bar



Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 267 μ s, donde se pudo observar la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 85 se puede ver un voltaje de activación de 20.7 V y una corriente de 25.8 A.

Tabla 55

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

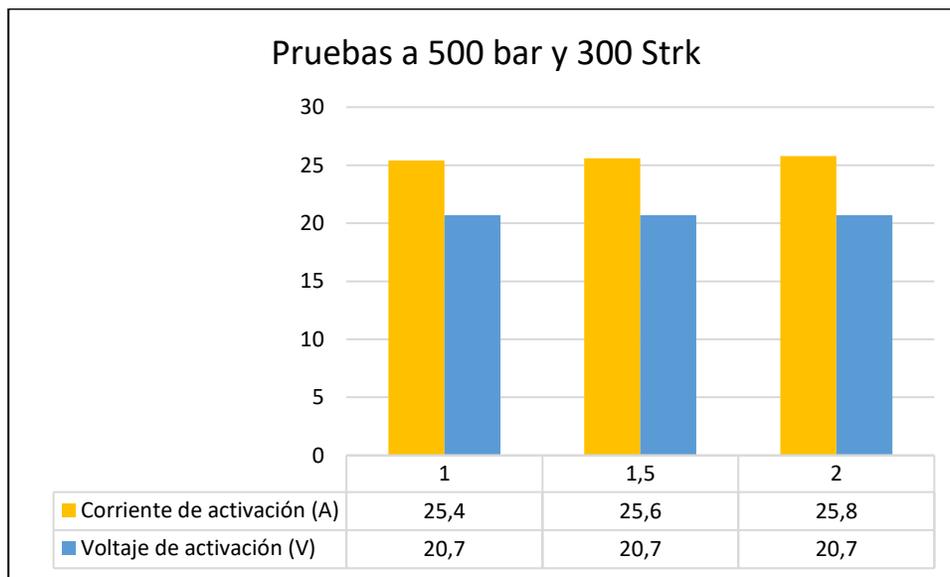
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
500	300	1	25,4	20,7
500	300	1,5	25,6	20,7
500	300	2	25,8	20,7

Nota. Tabulación de las características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presión de 500 bar, 300 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones, muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 25.8 A y un mínimo de 25.4 A dando como promedio un valor de 25.6 A, mientras que el valor promedio del voltaje de activación es de 20.7 V.

Figura 100

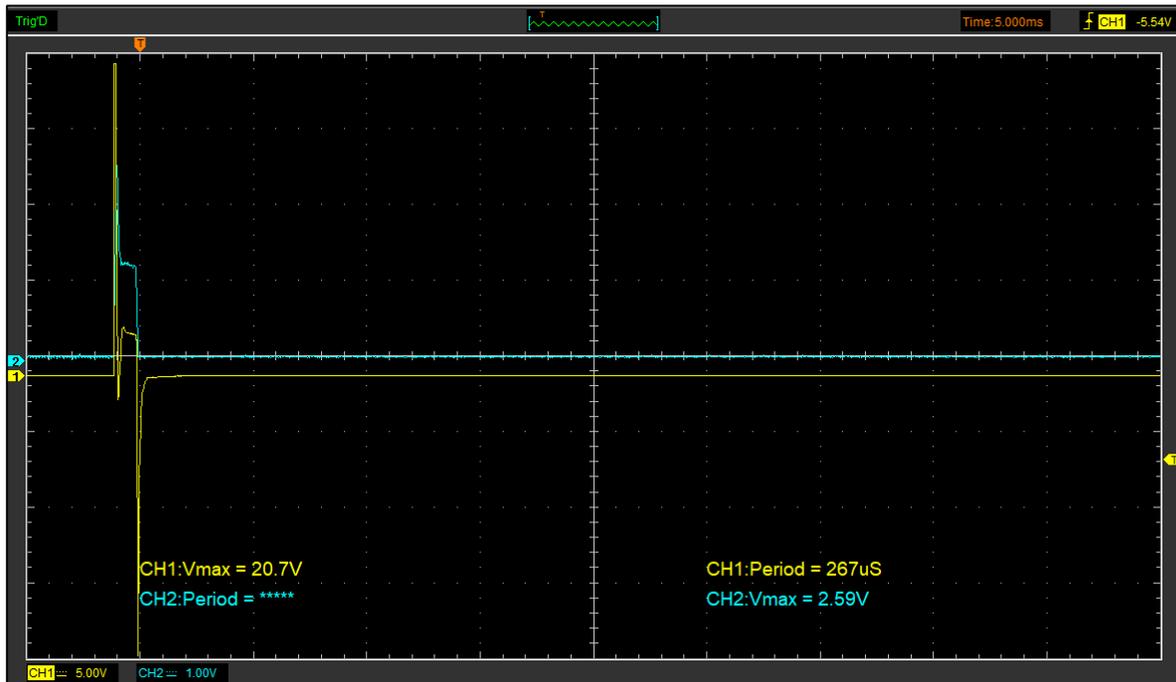
Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293



Nota. Voltaje y corriente de activación del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presión de 500 bar, 300 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

Figura 101

Curva de corriente y voltaje en 1 ms 500 strokes 600 bar



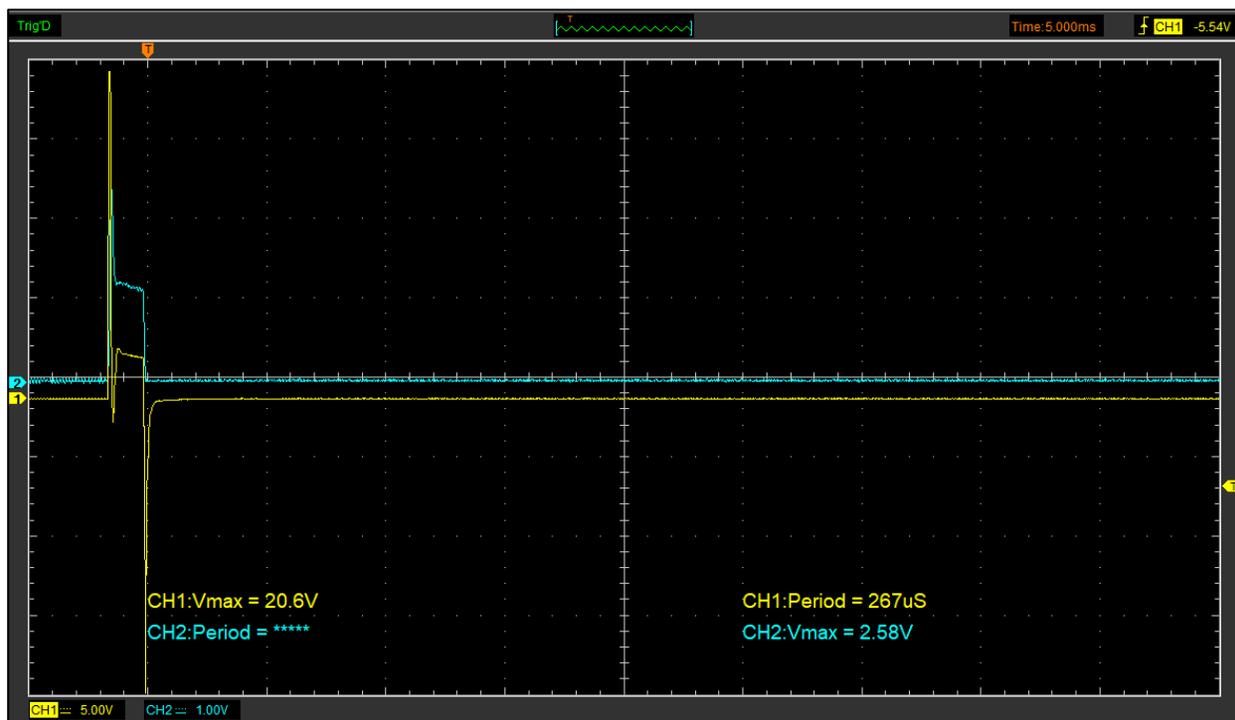
Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 267 μ s, donde se observó la gráfica de activación, se calibró el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 86 se puede ver un voltaje de activación de 20.7 V y una corriente de 25.9

A.

Figura 102

Curva de corriente y voltaje en 1.5 ms 500 strokes 600 bar



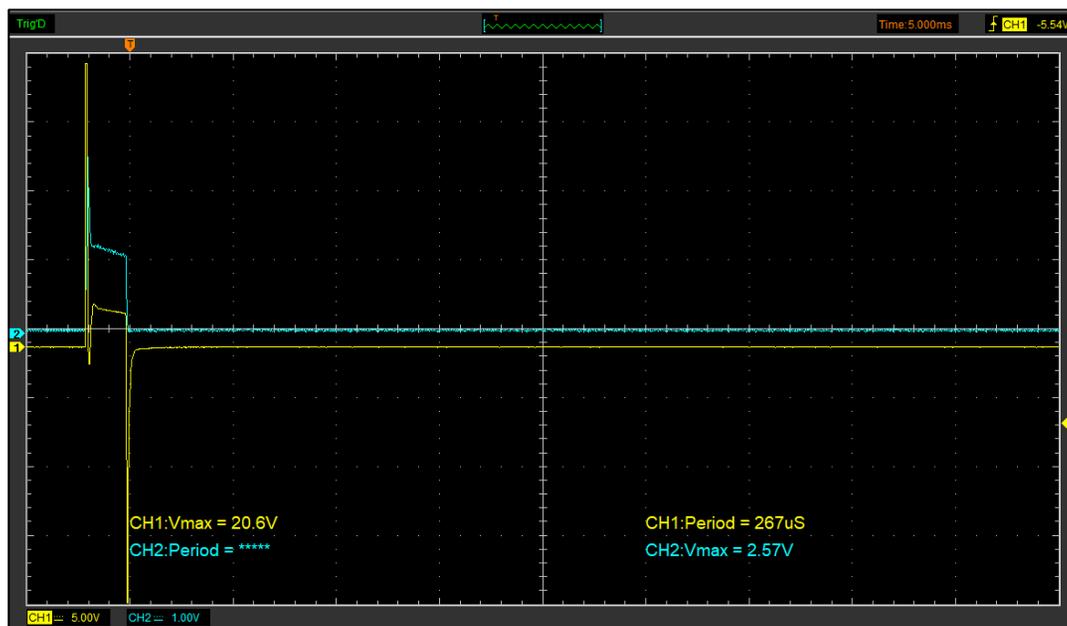
Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 267 μ s, donde se observó la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 87 se puede ver un voltaje de activación de 20.6 V y una corriente de 25.8

A.

Figura 103

Curva de corriente y voltaje en 2 ms 500 strokes 600 bar



Nota. Curva azul representa la corriente y la curva amarilla representa el voltaje.

Durante el tiempo de prueba el inyector estuvo sometido a un tiempo de activación de 267 μ s, donde se observó la gráfica de activación, se calibro el osciloscopio a 5 V por división, con un tiempo de lastrado de 5 ms. En la figura 88 se puede ver un voltaje de activación de 20.6 V y una corriente de 25.7

A.

Tabla 56

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

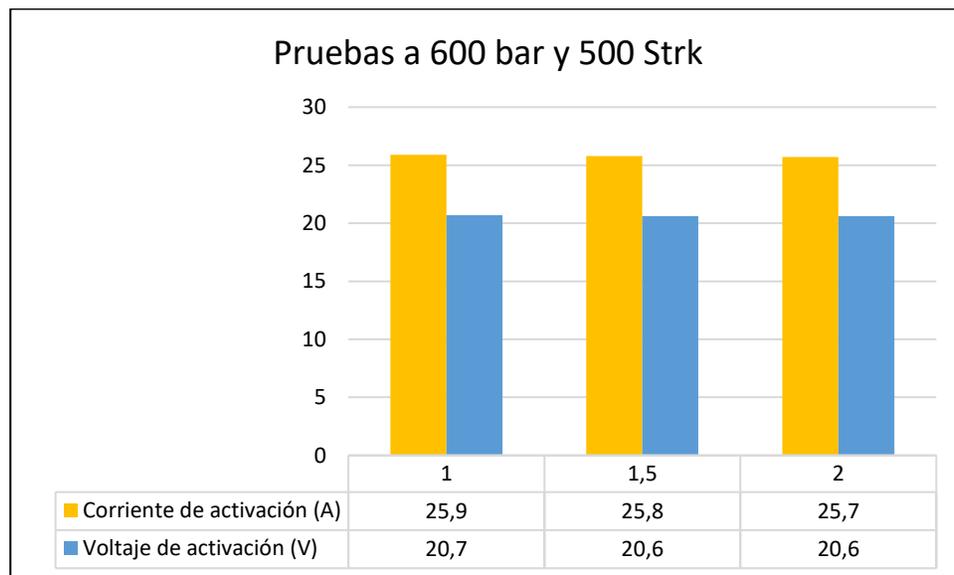
Presión de prueba (bar)	Variación de números de pulsos (STRK)	Tiempo de inyección (ms)	Corriente de activación (A)	Voltaje de activación (V)
600	500	1	25,9	20,7
600	500	1,5	25,8	20,6
600	500	2	25,7	20,6

Nota. Tabulación de las características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presión de 600 bar, 500 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

En la tabla los valores adquiridos mediante la variación de los STRK y el tiempo de inyección a las respectivas presiones, muestran que el valor máximo de la corriente de activación es de 25.9 A y un mínimo de 25.7 A dando como promedio un valor de 25.8 A, mientras que el valor promedio del voltaje de activación es de 20.63 V.

Figura 104

Características eléctricas del inyector CRDI Bosch 0445 110 293

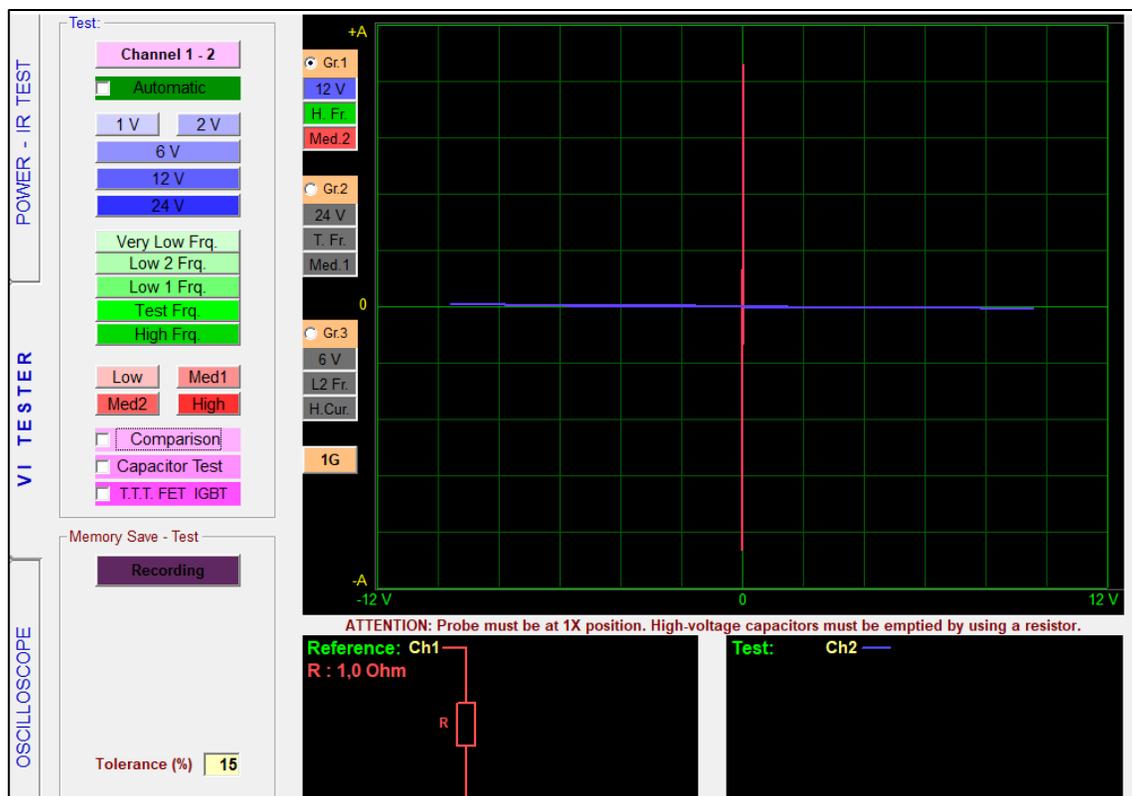


Nota. Voltaje y corriente de activación del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 a presión de 600 bar, 500 Strk y tiempos de inyección de (1, 1.5, 2) ms.

Trazado de imágenes en el inyector BOSCH 0445 110 293

Figura 105

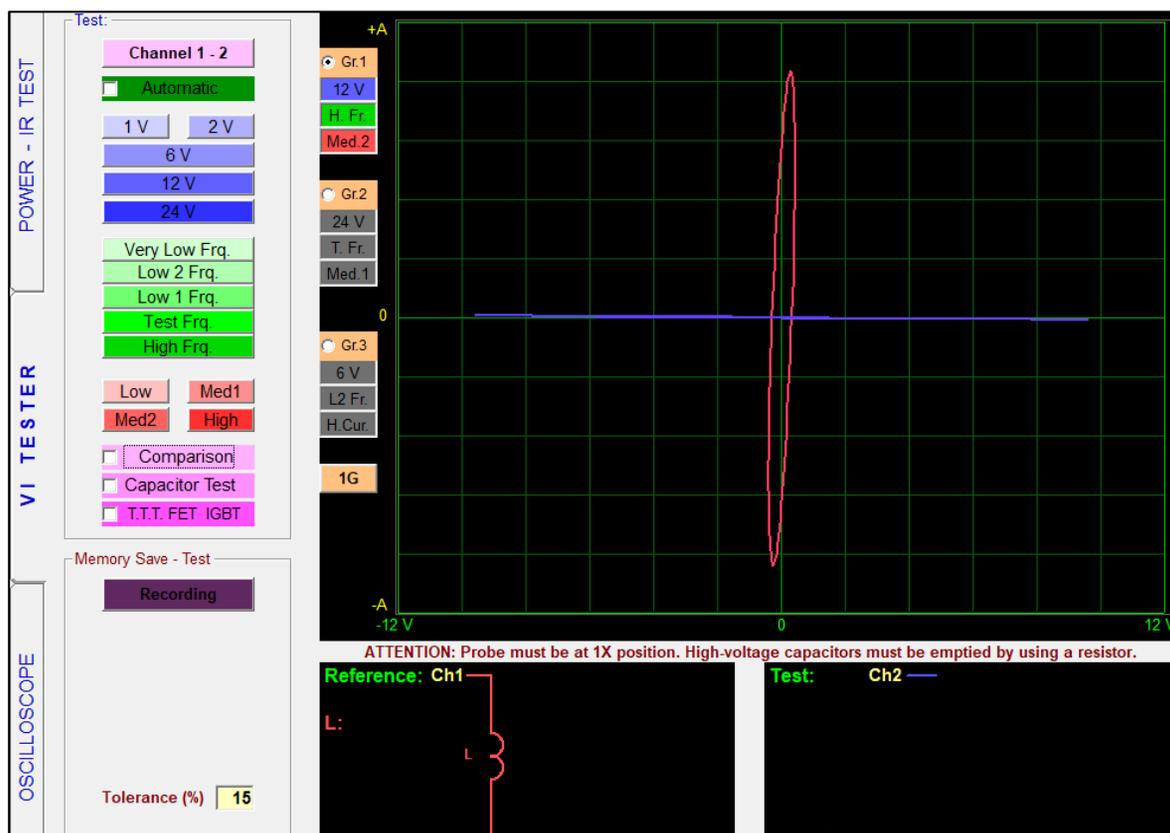
Diagrama de resistencia del inyector BOSCH 0445 110 293



Nota. Gráfica equivalente del test de la resistencia del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 corresponde a un circuito en corto, indicando que la resistencia equivale a cero.

Figura 106

Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 250



Nota. Test de la bobina del inyector CRDI Bosch 0445 110 293 donde es una elipse cerrada, indicando el estado de funcionamiento de la bobina.

Capítulo IV

Marco Administrativo

Para llevar a cabo este proyecto de investigación se tomaron varios parámetros como aspectos administrativos, financieros y técnicos, los cuales son parte de las herramientas que ayudarán con el desarrollo y ejecución del proyecto.

Recursos

Los recursos utilizados en esta investigación fueron cruciales durante su desarrollo y ofrecer una adecuada orientación a la misma. Entre ellos se encuentran recursos humanos, físicos, tecnológicos, materiales y financieros, quienes le dieron credibilidad y validez a este proyecto de investigación.

Recursos humanos

Los recursos humanos son de crucial importancia durante el desarrollo de este proyecto, ya que se depende de estos participantes en el correcto desarrollo del tema propuesto y de esta manera lograr culminarlo con éxito. DE otro modo sin el aporte sustancial de estos recursos no se hubieran logrado los objetivos planteados del estudio de esta investigación.

Tabla 57

Recursos humanos

Descripción	Función
Ing. Germán Erazo	Colaborador científico
Pilatasig Wilmer	Investigador
Tonato Brayán	Investigador

Nota. Los recursos humanos son muy importantes en el desarrollo del proyecto ya mencionado.

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos utilizados en este proyecto de investigación se detallan a continuación:

Tabla 58*Recursos tecnológicos*

Detalle	Equipos	Cantidad	Costo
Pruebas de laboratorio	Multímetro Automotriz	1	\$20
	Osciloscopio Hantek 1008C	1	\$20
	Pinza amperimétrica SPX OTC	1	\$20
	Tester VNP – 3500 CRDI	1	\$200
	Tester Komtest CRI – 2400	1	\$200
	Medidor palpador	1	\$20
	Compresor de aire de 3 HP	1	\$20
	TOTAL		

Nota. Los recursos tecnológicos utilizados en el laboratorio y recursos teóricos empleados.

Recursos materiales**Tabla 59***Recursos materiales*

Detalle	Equipos	Cantidad	Costo
	Inyectores	2	\$200
	Herramientas	1	\$50
	Automotrices		
	Calibrador pie de rey	1	\$3.00
	Conectores de	2	\$2.00
Pruebas de laboratorio	inyectores		
	Guaípe	1	\$1.00
	Franela	2	\$1.50
	Combustible	5 gl	\$8.75
	(diésel)		
	Fluido caudal	1	\$20
	Libros del sistema de	5	\$25
Desarrollo tecnológico	inyección diésel		
	Hojas de papel	1	\$1.00
	TOTAL		\$312.25

Nota. Los recursos materiales son de vital importancia al momento del trabajo en el laboratorio.

Recursos de apoyo**Tabla 60***Recursos de apoyo*

Detalle	Cantidad	Costo U.	Costo Total
Proceso de calibración e inducción	2	\$80	\$160
TOTAL			\$160

Nota. Los recursos de apoyo nos ayudan a enriquecer nuestro conocimiento sobre el mantenimiento de inyectoros CRDI y también al manejo correcto de herramientas.

Análisis de costos del proyecto de investigación

En cuanto al análisis de costos totales del proyecto de investigación se consideran todos los recursos, así como tecnológicos, materiales y de apoyo que dieron éxito en todo el proceso de investigación y también la parte práctica.

Tanto los equipos y elementos automotrices que fueron adquiridos por parte de la Universidad no fueron tomados en cuenta en este análisis de costos. A continuación, se muestra el detalle total de costos del proyecto de investigación.

Tabla 61*Análisis costos del proyecto de investigación*

Detalle	Descripción	Cantidad
Recursos tecnológicos	Equipos de medición, compresor, etc.	\$500

Detalle	Descripción	Cantidad
Recursos materiales	Inyectores, cables, guaipe, diésel	\$312.25
Recursos de apoyo	Pruebas de calibración	\$160
Movilización	Transporte	\$10
Imprevistos	Alimentación	\$20
	TOTAL	\$1002.25

Nota. Costo total del proyecto de investigación.

Conclusiones

- Se desarrolló el proceso de diagnóstico mecánico electrónico y mantenimiento para la puesta a punto de inyectores diésel CRDI Bosch.
- Se realizó el levantamiento de requerimientos y selección de equipos de verificación de diagnóstico de sistemas CRDI Bosch.
- Se determinó del proceso de operación, verificación y especificaciones del sistema.
- Se verificó el desempeño mecánico, hidráulico y electrónico de los inyectores CRDI Bosch.
- Se realizó las pruebas eléctricas tales como corriente, voltaje, resistencia e inductancia de la bobina de los inyectores CRDI Bosch.
- Se determinó que las pruebas eléctricas efectuada al inyector CRDI Bosch variando el número de inyecciones, tiempo de inyección y presión, el valor de la resistencia e inductancia del adecuado funcionamiento de la bobina emite un valor de 0.3Ω y 0.215 mH respectivamente dichos valores son constantes en los distintos parámetros de prueba.
- Se desarrolló tablas con los resultados obtenidos generando una base de datos con el caudal de inyección y el caudal de retorno comparando los parámetros medidos.
- Se desarrolló el protocolo e informe de reparación, calibración ajuste y puesta a punto mecánica y eléctrica de inyectores CRDI BOSCH.
- Los inyectores Bosch analizados operan con corriente de paso 25 A y voltaje de 21.5 V
- El proceso de calibración para variar el caudal de entrega y retorno de los inyectores CRDI Bosch dependen de las alturas base de la electroválvula.

Recomendaciones

- Antes de realizar el proceso de desarmado se debe verificar la resistencia del bobinado de los inyectores ya que en el caso de ser incorrecta a la establecida por el fabricante no habría activación hacia la bobina.
- Las cañerías y tuberías de alta presión deben ser colocados y ajustados con precisión previamente a la realización de las pruebas y de esta manera evitar cualquier tipo de fuga de combustible, ya que esto podría ocasionar daños en el circuito electrónico dentro del circuito electrónico del *Banco KOMTEST CRI PUMP – 2400*.
- Se debe tener en cuenta el ajuste de los inyectores previamente a la realización de las pruebas ya que de esta manera se pueda evitar cualquier tipo de lecturas erróneas dentro del Tester CRDI V-3500.
- Tener en cuenta la calibración y parámetros de medición del osciloscopio Hantek 1008c donde se observa las señales de voltaje y corriente del inyector CRDI Bosch
- Se debe utilizar el equipo de seguridad personal y así evitar cualquier tipo de percance que pueda resultar perjudicial para la integridad de los operadores de la máquina y equipos al momento de la realización de las pruebas dentro del laboratorio.
- Se debe tomar en cuenta que no se debe encender el banco de pruebas si los inyectores no están instalados con anterioridad, ya que esto podría ocasionar algún tipo de accidente puesto que la maquina trabaja con altas presiones.
- Se debe purgar el sistema de presión al girar la válvula de presión en sentido antihorario, misma que se encuentra ubicada al costado derecho de la máquina y así proceder a desmontar los inyectores con seguridad.
- Uso de equipos de protección personal dentro del laboratorio de pruebas.

- Disponer de un extintor cerca por si ocurre cualquier tipo de percance.
- Verificar que los cables, conectores, puntas de osciloscopio se encuentren en buen estado y funcionales.

Bibliografía

- Águila, A. (2017). *VSIP*. From VSIP: <https://vsip.info/inyectores-diesel-pdf-free.html>
- Almendariz, M. C., & Naranjo, P. L. (2022, Enero 20). *Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso*. Latacunga. From Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso:
file:///D:/Users/admin/OneDrive/espe%20vo/TESIS%202023/tesis%20modelo%20a%20seguir/T-ESPEL-MAI-0731%20almendariz.pdf
- Alonso, P. ,. (2001). *Técnicas del Automóvil*. Madrid: Thomson Editores Spain.
- Augeri, F. (2015, Junio 23). *Cise Electrónica*. From Cise Electrónica:
<http://www.cise.com/portal/component/k2/item/759-curso-online-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes-en-electr%C3%B3nica-automotriz.html>
- Autonoción.com. (2021, julio 26). *Inyección Diésel*. From Inyección Diésel:
<https://www.autonocion.com/inyeccion-diesel-motor/>
- BOSCH. (2005). Tipos de inyectores . In R. B. Ltda.. SLA/PMA.
- BOSCH. (2005). *Sistema de inyección Diesel por acumulador Common Rail* . Alemania: Postfach 1129.
- BOSCH. (2006). *Reparación y Prueba para CRI / CRIN*.
- BOSCH. (2013, Agosto 20). *SCRIBD*. From SCRIBD: <https://es.scribd.com/doc/161787279/Inyeccion-Electronica-Diesel-Common-Rail-Bosch1-ordm-gen>
- BOSCH. (2016). *Sistemas de Inyección Diesel*. In R. Bosch, Ltda. , *Sistemas de Inyección Diesel* (p. 27). Campinas/SP – Brasil.
- BOSCH. (2019). *MANUAL BOSCH COMMON RAIL*.
- BOSCH. (2020, Junio 17). *SCRIBD*. From SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/465994997/Curso-de-reparacion-de-inyectores-BOSCH-pdf>

- BOSCH. (2020, Junio 17). *SCRIBD*. From SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/465994997/Curso-de-reparacion-de-inyectores-BOSCH-pdf#>
- BOSCH. (2021). From <https://www.boschautopartes.mx/p/common-rail-system>
- BOSCH. (n.d.). *Inyectores Diesel Bosch*. From Autorex: <http://www.autorex.com.pe/pdf/consejo-del-especialista-inyectores-bosch-3.pdf>
- BOSCH. (LCAR). From LCAR: <http://www.distribuciones-lcar.es/INYECTOR-BOSCH-0445110800-166007427R-H8201636333-8201636333>
- Bustillo, J. (2018). *Sistemas Common Rail*. Argentina.
- Castillejo, C. ,. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla.
- Coral, d. I. (2013, Julio 12). : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>
- DIGIKEY. (2022). *DIGIKEY*. From DIGIKEY: <https://www.digikey.com/es/products/detail/pro-skit/MT-5211/15779944>
- Donado, A. (2021, diciembre 14). *Autosoporte*. From Diesel: Sistema Bosch y el Inyector de Bomba: <https://autosoporte.com/diesel-sistema-bosch-y-el-inyector-de-bomba/>
- EL MAQUINANTE. (2019, Febrero 20). *SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE*. From SISTEMA DE INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE: <https://elmaquinante.blogspot.com/2019/02/prl-unidad-5-sistema-de-inyeccion-de.html>
- ELECTRÓNICA MOLGAR. (2022). *Molgar*. From Molgar: <https://www.molgar.com/producto/MUL5211>
- Erazo, G., Guangaje, E., & Murillo, L. (2016). Diagnóstico por Imagen del Sistema de Control Electrónico de Inyección Diésel Riel Común CRDI. *REVISTA INFOCIENCIA*, 8.
- Garrido, Q. D., & Álvarez, L. V. (2016, Diciembre). *UIDE*. From UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1766/1/T-UIDE-1313.pdf>

- GRUPO DOCU. (2019, diciembre 05). *Averías Frecuentes: Sistema de inyección*. From Cuando se debe reemplazar un inyector: <https://www.grupodocu.com/blog-1/averias-frecuentes-sistema-de-inyeccion-parte-2-93>
- KIA MOTORS. (2016). *KIA*. From KIA.
- KIA MOTORS. (n.d.). *COMMON RAIL - Bosch Manual de Entrenamiento de Servicio 1a edición*.
- KOMTEST. (2021, Diciembre 08). *KOMTEST DIESEL TEST BENCH MANUFACTURER*. From KOMTEST DIESEL TEST BENCH MANUFACTURER: <https://www.komtest.net/urunler/cri-pump-2400>
- León, w. (2020, Junio 17). *SCRIBD*. From SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/465994997/Curso-de-reparacion-de-inyectores-BOSCH-pdf>
- MERCEDES-BENZ. (2005). *Descripción del sistema Inyección Diesel Common-Rail CDI 4*. Stuttgart: DaimlerChrysler AG.
- Morales, P. A. (2015, marzo 05). *Scribd*. From Scribd: <https://es.scribd.com/document/257782991/Denso#>
- Pedroza, A. (2012, Octubre 21). *slideshare a Scribd company*. From slideshare a Scribd company: <https://es.slideshare.net/anthonydimare/curso-inyectores-crsdieselartperu>
- Pérez Fiallos, B. O., & Sevilla Miño, M. S. (2020, Enero 17). *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. From Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22743>
- Pintos, M. (2011). *Mantenimiento de bombas e inyectores diésel*. From Mantenimiento de bombas e inyectores diésel.
- Quispe, E. (2011). *Inyectores para motores Common Rail*. From Inyectores para motores Common Rail: https://es.slideshare.net/celinpadilla/common-rail-inyectores?from_action=save
- Robayo, C. F., & Sarabia, G. A. (2018). LATACUNGA.

Anexos