



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de
sistemas CRDI Bosch y Denso**

Almendariz Maisincho, Carlos Andrés y Naranjo Pullupaxi, Luis Aníbal

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

Enero de 2022



DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso”**, fue realizado por los señores **Almendariz Maisincho Carlos Andrés y Naranjo Pullupaxi Luis Aníbal**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 20 de enero del 2022

.....
Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C.C.: 0501432637

DIRECTOR DEL PROYECTO



Analisi electronico y mecanico en el proceso de calibracion ...

Scanned on: 15:0 February 1, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	585
Words with Minor Changes	84
Paraphrased Words	554
Ommited Words	0

Firmado
digitalmente por
WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE
Fecha: 2022.02.01
10:30:27 -05'00'

**DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA****CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, **Almendariz Maisincho Carlos Andrés** , con cédula de identidad n°1725217838 y **Naranjo Pullupaxi Luis Aníbal** con cédula de identidad n° 1722572474, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 20 enero del 2022

Sr. Almendariz Maisincho Carlos Andrés

C.C.:1725217838

Sr. Naranjo Pullupaxi Luis Aníbal

C.C.: 1722572474

**DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA****CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros, **Almendariz Maisincho, Carlos Andrés** y **Naranjo Pullupaxi, Luis Aníbal**, con cédula de ciudadanía n° 1725217838 y 1722572474 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso**, en el repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 20 enero del 2022

.....
Sr. Almendariz Maisincho Carlos Andrés

C.C.:1725217838

.....
Sr. Naranjo Pullupaxi Luis Aníbal

C.C.: 1722572474

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y llevarme por el camino del bien, por cubrirme con su mano protectora y permitirme acercarme más a él, por ayudarme a sanar mi cuerpo, mi alma, mi espíritu y mi mente, nunca abandonarme en momentos difíciles y ayudarme alcanzar esta meta de tantas que quedan por cumplir.

Almendariz Maisincho Carlos Andrés

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es dedicado a Dios, mi familia y a la vida.

Con mucho aprecio a mis padres, que han sido un apoyo incondicional y que han estado en los momentos más difíciles. A mi padre Juan y a mi madre María que sin duda me han regalado lo más grande que se puede tener, que es la educación y así tener oportunidades en mi futuro.

Gracias a ustedes puedo tener una meta cumplida, no solo en mi carrera sino en mi vida.

Son un ejemplo de esfuerzo, dedicación y superación que hoy han dado sus frutos.

Mil gracias por todo.

Luis Aníbal Naranjo Pullupaxi

AGRADECIMIENTO

A mi madre por nunca dejar de creer en mí en cada paso y decisión, por siempre brindarme su apoyo incondicional, por ser mi soporte y la más grande bendición que Dios ha puesto como guía en este camino denominado vida.

A mi familia que ha estado presente en cada momento importante, siempre brindándome su mano protectora en cada paso, proyecto y metas que me he propuesto alcanzar.

A mi novia por siempre brindarme un espacio de su tiempo compartiendo de sus conocimientos, por siempre escucharme y ser ese motor que en momentos requiero.

Al Laboratorio de Sistemas de Inyección RV Diésel por aportar con su vasto conocimiento para la realización de este proyecto, por esa disposición y voluntad que nos han podido facilitar para culminar con éxito el plan propuesto.

Almendariz Maisincho Carlos Andrés

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres, hermanos y familia que me han ayudado en sus posibilidades para salir adelante y terminar esta hermosa carrera universitaria, y por consiguiente ser un profesional y un buen ser humano.

A mi padre Juan Naranjo y a mi madre Alicia Pullupaxi por su apoyo incondicional y esfuerzo para darme todo en esta travesía

A mi tío Antonio por estar en aquellos momentos cruciales y que ha creído en mi desde el inicio de esta travesía.

A mis hermanos David y Mishel por aportar con su grano de arena y construir este sueño, ya que vamos triunfar en esta vida y su apoyo ha sido muy importante.

A mis amigos y amigas que durante mi carrera he podido conocer y que juntos hemos aprendido, sufrido y salido de las circunstancias más difíciles.

Y a mis docentes que sin dudarlo me han transmitido los mejores conocimientos, experiencias y consejos que he podido recibir para salir al mundo profesional y también personal.

A todos...

MIL GRACIAS

Luis Aníbal Naranjo Pullupaxi

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Tabla de contenidos.....	10
Índice de tablas.....	14
Índice de figuras.....	17
Índice de ecuaciones.....	18
Resumen.....	19
Abstract.....	20
Marco metodológico de la investigación.....	23
Antecedentes	23
Planteamiento del problema.....	23
Descripción resumida del proyecto.....	25
Justificación e importancia	25
Objetivos	27
<i>General</i>	27
<i>Específicos</i>	27
Meta	27
Hipótesis.....	27

Variables de la investigación	27
<i>Variable independiente</i>	28
<i>Variable dependiente</i>	28
Metodología del desarrollo del proyecto	29
<i>Método deductivo</i>	30
<i>Método inductivo</i>	30
<i>Método experimental</i>	30
<i>Método medición</i>	30
<i>Método observación directa</i>	30
Marco teórico.....	32
Inyección electrónica CRDI	33
Función y elementos del sistema CRDI	34
<i>Circuito de baja presión</i>	35
<i>Circuito de alta presión</i>	36
Inyector CRDI.....	36
Principio de funcionamiento del inyector	37
Partes del inyector	37
Inyector Bosch.....	39
Inyector Denso	39
Inyector Delphi.....	40
Etapas de funcionamiento del inyector CRDI	41
<i>Estado de reposo</i>	41
<i>Estado de inyección</i>	42
<i>Inyector totalmente abierto</i>	43
<i>Estado final de inyección</i>	44
Pruebas en los inyectores	45
<i>Pruebas mecánicas</i>	45
<i>Prueba de ruido</i>	46

<i>Control de la pulverización</i>	46
<i>Presión de apertura del inyector</i>	47
<i>Fuga externa</i>	47
<i>Fuga interna</i>	47
Fase de activación de corriente y voltaje	48
<i>Curva de activación de voltaje</i>	49
<i>Fase de activación de corriente</i>	50
<i>Inyector abierto</i>	51
<i>Inyector cerrado</i>	52
Desmontaje del inyector	52
Procesos de calibración	58
<i>Parámetros de ajuste de calibración</i>	58
<i>Medidas aproximadas</i>	59
<i>Procedimiento de reparación</i>	59
<i>Valores de apriete para tuerca porta tobera</i>	59
<i>Valores de apriete para válvula y grupo magnético</i>	61
Pruebas de banco	62
<i>Plena carga</i>	62
<i>Fuga o estanquidad</i>	62
<i>Marcha mínima</i>	62
<i>Preinyección</i>	62
Verificación y pruebas del sistema mecánico	61
Descripción	63
Equipos y herramientas	63
Inyector Bosch serie 044 5110 310	70
<i>Pruebas mecánicas</i>	71
<i>Prueba de ruido</i>	71
<i>Control de pulverización</i>	72

<i>Presión de apertura del inyector</i>	73
<i>Fuga externa</i>	74
<i>Fuga interna</i>	74
Pruebas de funcionamiento	75
Proceso de desarmado	77
Partes del inyector.....	83
Limpieza del inyector.....	88
Proceso de calibración.....	88
Grosor de anillos de calibración.....	94
Proceso de armado.....	94
Prueba en el banco a cargas diferentes	98
<i>Marcha mínima</i>	98
<i>Preinyección</i>	99
<i>Plena carga</i>	99
Inyector Denso serie 6366	100
Pruebas mecánicas	101
<i>Prueba de ruido</i>	102
<i>Control de la pulverización</i>	102
<i>Presión de apertura del inyector</i>	102
<i>Fuga externa</i>	103
<i>Fuga interna</i>	103
<i>Pruebas de funcionamiento</i>	104
Proceso de desarmado	106
Partes del Inyector	110
Limpieza del Inyector	114
Proceso de calibración.....	114
<i>Calibración del anillo AH</i>	114
<i>Calibración del anillo VFK</i>	117

<i>Calibración del anillo DFK</i>	118
Grosor de los anillos de calibración.	118
Proceso de armado	119
Prueba en el banco a cargas diferentes	123
<i>Marcha mínima</i>	123
<i>Preinyección</i>	123
<i>Plena carga</i>	124
Verificación y pruebas del sistema electrónico.....	126
Descripción.....	126
Pruebas inyector Bosch	127
<i>Fase de activación de corriente y voltaje</i>	127
<i>Curva de corriente y voltaje diferentes cargas</i>	127
Trazado de imágenes inyector Bosch	129
Pruebas inyector Denso	132
<i>Fase de activación de corriente y voltaje</i>	132
<i>Curva de corriente y voltaje diferente cargas</i>	133
Trazado de imágenes	134
Marco administrativo.....	138
Presupuesto y financiamiento.....	138
Recursos humanos	138
Recursos tecnológicos.....	138
Costo neto del proyecto.	139
Conclusiones	140
Recomendaciones.....	141
Bibliografía	142
Anexos.....	147

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Variable independiente</i>	28
Tabla 2 <i>Variable dependiente</i>	29
Tabla 3 <i>Metodología de investigación</i>	31
Tabla 4 <i>Vehículos que usan CRDI</i>	34
Tabla 5 <i>Partes del inyector</i>	38
Tabla 6 <i>Torque para tobera de superficie estándar</i>	60
Tabla 7 <i>Torque para tobera de superficie cruz de malta</i>	60
Tabla 8 <i>Torque para tobera de superficie tipo mariposa</i>	61
Tabla 9 <i>Torque de válvula y grupo magnético</i>	61
Tabla 10 <i>Características del banco de pruebas</i>	64
Tabla 11 <i>Especificaciones osciloscopio Hantek</i>	66
Tabla 12 <i>Equipos y herramientas para calibración de inyectores CRDI</i>	68
Tabla 13 <i>Características del inyector Bosch</i>	71
Tabla 14 <i>Pruebas del banco</i>	75
Tabla 15 <i>Verificación de estado del inyector Bosch en el banco de pruebas</i>	76
Tabla 16 <i>Proceso de desarmado del inyector Bosch</i>	77
Tabla 17 <i>Desarmado del inyector Bosch</i>	83
Tabla 18 <i>Ajuste de combustible en emisión y pre-inyección</i>	89
Tabla 19 <i>Ajuste de combustible en full carga y ralentí</i>	92
Tabla 20 <i>Alturas antes y después de los anillos de calibración</i>	94
Tabla 21 <i>Proceso de armado del inyector Bosch</i>	94
Tabla 22 <i>Características de calibración a marcha mínima o ralentí</i>	98
Tabla 23 <i>Características de calibración en preinyección</i>	99

Tabla 24	<i>Características de calibración en la marcha máxima</i>	100
Tabla 25	<i>Características del inyector Denso</i>	101
Tabla 26	<i>Pruebas del banco para el inyector Denso</i>	104
Tabla 27	<i>Verificación de estado del inyector Denso a diferentes cargas</i>	105
Tabla 28	<i>Proceso de desarmado del inyector denso</i>	106
Tabla 29	<i>Partes del inyector denso después del desarmado</i>	110
Tabla 30	<i>Proceso de calibración del anillo de ajuste AH</i>	115
Tabla 31	<i>Proceso de calibración del anillo VFK</i>	117
Tabla 32	<i>Proceso de calibración del anillo DFK</i>	118
Tabla 33	<i>Alturas de los anillos de calibración</i>	118
Tabla 34	<i>Proceso de armado del inyector denso</i>	119
Tabla 35	<i>Características de calibración a marcha mínima o ralentí</i>	123
Tabla 36	<i>Características de calibración en preinyección</i>	124
Tabla 37	<i>Características de calibración a marcha máxima</i>	124
Tabla 38	<i>Curva de corriente y voltaje en ralentí</i>	128
Tabla 39	<i>Curvas de corriente y voltaje en preinyección</i>	128
Tabla 40	<i>Curvas de corriente y voltaje en plena carga</i>	129
Tabla 41	<i>Conexiones del FADOS 9F1</i>	130
Tabla 42	<i>Curva de voltaje y corriente en el estado de preinyección</i>	133
Tabla 43	<i>Curvas de voltaje y corriente en el estado ralentí</i>	133
Tabla 44	<i>Curvas de voltaje y corriente en el estado full carga</i>	134
Tabla 45	<i>Conectores y canales del FADOS 9F1</i>	135
Tabla 46	<i>Recursos humanos</i>	138
Tabla 47	<i>Recursos humanos</i>	138
Tabla 48	<i>Costo neto del Proyecto</i>	139

Índice de figuras

Figura 1 <i>Esquema del planteamiento del problema</i>	24
Figura 2 <i>Sistema Common Rail y sus elementos</i>	35
Figura 3 <i>Elementos de un inyector CRDI</i>	38
Figura 4 <i>Inyector Bosch</i>	39
Figura 5 <i>Inyector Denso</i>	40
Figura 6 <i>Inyector Delphi</i>	41
Figura 7 <i>Primera etapa de funcionamiento</i>	42
Figura 8 <i>Comienzo de inyección</i>	43
Figura 9 <i>Inyector totalmente abierto</i>	44
Figura 10 <i>Inyector totalmente abierto</i>	45
Figura 11 <i>Control de pulverización del inyector</i>	46
Figura 12 <i>Fase de activación de corriente y voltaje</i>	48
Figura 13 <i>Corriente inicial y de mantenimiento</i>	49
Figura 14 <i>Detalle de oscilograma de voltaje</i>	50
Figura 15 <i>Detalle del oscilograma de corriente</i>	50
Figura 16 <i>Inyector abierto en la inyección</i>	51
Figura 17 <i>Inyector cerrado en el fin de inyección</i>	52
Figura 18 <i>Utilización de prensa para el desarme del inyector</i>	53
Figura 19 <i>Utilización de prensa para el desarme del inyector</i>	53
Figura 20 <i>Solenoides de activación</i>	54
Figura 21 <i>Anillo de ajuste VFK</i>	54
Figura 22 <i>Anillo de ajuste AH</i>	55
Figura 23 <i>Inducido</i>	55

Figura 24 <i>Tobera del inyector</i>	56
Figura 25 <i>Cuerpo del inyector</i>	56
Figura 26 <i>Muelle de tobera</i>	57
Figura 27 <i>Herramienta especial para válvula de inyector</i>	57
Figura 28 <i>Pines del inyector</i>	58
Figura 29 <i>Parámetros de ajuste-calibración</i>	58
Figura 30 <i>Medidas aproximadas para la calibración</i>	59
Figura 31 <i>Banco de pruebas CRDI-VP44-COVEC-EUP</i>	64
Figura 32 <i>Bomba de alta presión</i>	65
Figura 33 <i>Osciloscopio Hantek</i>	66
Figura 34 <i>Analizador y osciloscopio multifunción FADOS 9F1</i>	67
Figura 35 <i>Partes del inyector Bosch</i>	70
Figura 36 <i>Inyector Bosch</i>	71
Figura 37 <i>Prueba de ruido del inyector Bosch</i>	71
Figura 38 <i>Control de pulverización del inyector</i>	73
Figura 39 <i>Presión de apertura del inyector</i>	73
Figura 40 <i>Fuga externa</i>	74
Figura 41 <i>Fuga interna</i>	75
Figura 42 <i>Despiece de partes del inyector Bosch</i>	83
Figura 43 <i>Limpieza del inyector Bosch</i>	88
Figura 44 <i>Elementos principales del inyector Denso</i>	100
Figura 45 <i>Inyector Denso</i>	101
Figura 46 <i>Equipo de configuración de presiones</i>	102
Figura 47 <i>Comprobación de fuga externa del inyector Denso</i>	103
Figura 48 <i>Comprobación de goteo por fuga interna</i>	104
Figura 49 <i>Inyector denso preparando para su limpieza</i>	114

Figura 50 <i>Elementos para hallar las curvas de funcionamiento de los inyectores</i>	126
Figura 51 <i>Fase de activación de corriente y voltaje Bosch.....</i>	127
Figura 52 <i>Interfaz gráfica del programa</i>	129
Figura 53 <i>Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 310.....</i>	132
Figura 54 <i>Curvas de corriente y voltaje en sus diferentes fases del inyector denso</i>	132
Figura 55 <i>Interfaz de la gráfica del programa</i>	135
Figura 56 <i>Diagrama de bobina del inyector DENSO 6366</i>	137

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 *Espesor del anillo* **115**

Ecuación 2 *Altura final del anillo* **115**

Resumen

El presente proyecto de investigación desarrolló la calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366, comenzando con las pruebas de inspección como: presión de funcionamiento, ruido, goteo interno, goteo externo y pulverización, cambiando los elementos en mal estado y realizando las pruebas de inyección en ralentí, preinyección y full carga en el banco CRDI-VP44-COVEC-EUP; a su vez se describe las herramientas para ejecutar el proceso de desarmado y enlistando cada elemento para un mejor reconocimiento, prosiguiendo con la limpieza por ultrasonido y desarrollando paso a paso el proceso de armado. Con el uso del manual de calibración de inyectores CRDI de Espinoza Garner se realiza el ajuste de los anillos VFK, DFK, AH, mediante la evaluación de sus alturas, longitudes de algunos elementos del inyector y el uso de fórmulas específicas llegando a obtener los espesores requeridos que solucionan los problemas de inyección y comprobados nuevamente en el banco. Finalmente se analiza electrónicamente los inyectores con el uso del osciloscopio Hantek 1008 obteniendo las curvas de funcionamiento con su respectiva descripción e interpretación de los oscilogramas de corriente y voltaje en las tres diferentes pruebas de inyección; y a su vez con la instalación, conexión y uso del analizador y osciloscopio multifunción FADOS 9F1 se muestra el estado de las bobinas de los inyectores Bosch y Denso mediante el trazado de las curvas equivalentes Lissajous.

Palabras clave:

- **SISTEMAS DE INYECCION CRDI DENSO – BOSCH**
- **ANÁLISIS MECÁNICO Y ELECTRÓNICO**
- **CALIBRACIÓN DE INYECTORES**
- **TRAZADO DE IMAGENES**

Abstract

The present research project developed the calibration and tuning of the CRDI injectors Bosch series 044 5110 310 and Denso series 095000-6366, starting with the inspection tests such as: operating pressure, noise, internal dripping, external dripping and spraying, changing the elements in bad condition and performing the injection tests at idle, pre-injection and full load on the CRDI-VP44-COVEC-EUP bench; in turn, the tools to execute the disassembly process are described and listing each element for better recognition, continuing with the ultrasonic cleaning and developing step by step the assembly process. With the use of Espinoza Garner's CRDI injector calibration manual, the VFK, DFK, AH rings are adjusted by evaluating their heights, lengths of some elements of the injector and the use of specific formulas to obtain the required thicknesses that solve the injection problems and checked again on the bench. Finally the injectors are analyzed electronically with the use of the Hantek 1008 oscilloscope obtaining the operation curves with their respective description and interpretation of the current and voltage oscillograms in the three different injection tests; and at the same time with the installation, connection and use of the analyzer and multifunction oscilloscope FADOS 9F1 the state of the coils of the Bosch and Denso injectors is shown by tracing the equivalent Lissajous curves.

Key words:

- **CRDI INJECTION SYSTEMS DENSO – BOSCH**
- **MECHANICAL AND ELECTRONIC ANALYSIS**
- **INJECTOR CALIBRATION**
- **IMAGE TRACING**

Capítulo I

1. Marco metodológico de la investigación

1.1 Antecedentes

Según (Obando, 2014) en la actualidad se han incrementado los vehículos a diésel, debido a su buen desempeño y bajo consumo de combustible. Sin embargo, uno de los problemas que se detecta en este tipo de motor es la emisión de gases contaminantes, esto se debe al mal mantenimiento de inyectores y a que su combustible contiene grandes cantidades de azufre.

Los inyectores cumplen un papel fundamental en la inyección de combustible en los motores a diésel ya que es el principal componente que ayuda al motor para que tenga un buen funcionamiento, un buen torque y sobre todo menor consumo de combustible en el momento de la inyección.

Este dispositivo requiere de una mano de obra especializada para realizar su respectivo mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, y un correcto procedimiento en su análisis, montaje y pruebas, rigiéndose en los parámetros recomendados por el fabricante.

Así mismo un estratégico plan de mantenimiento en el inyector, permitirá su correcto funcionamiento. Además, cuando existe una correcta calibración en el inyector todo el sistema trabaja de una manera eficiente y el motor su mayor desempeño.

1.2 Planteamiento del problema

Los avances tecnológicos que se ha producido en el área automotriz, específicamente en los motores de combustión interna, se ha visto evolucionado con el uso del sistema CRDI y su incremento en los vehículos diésel, sobre todo porque es muy amigable con el medio ambiente reduciendo gases contaminantes muy nocivos como óxidos

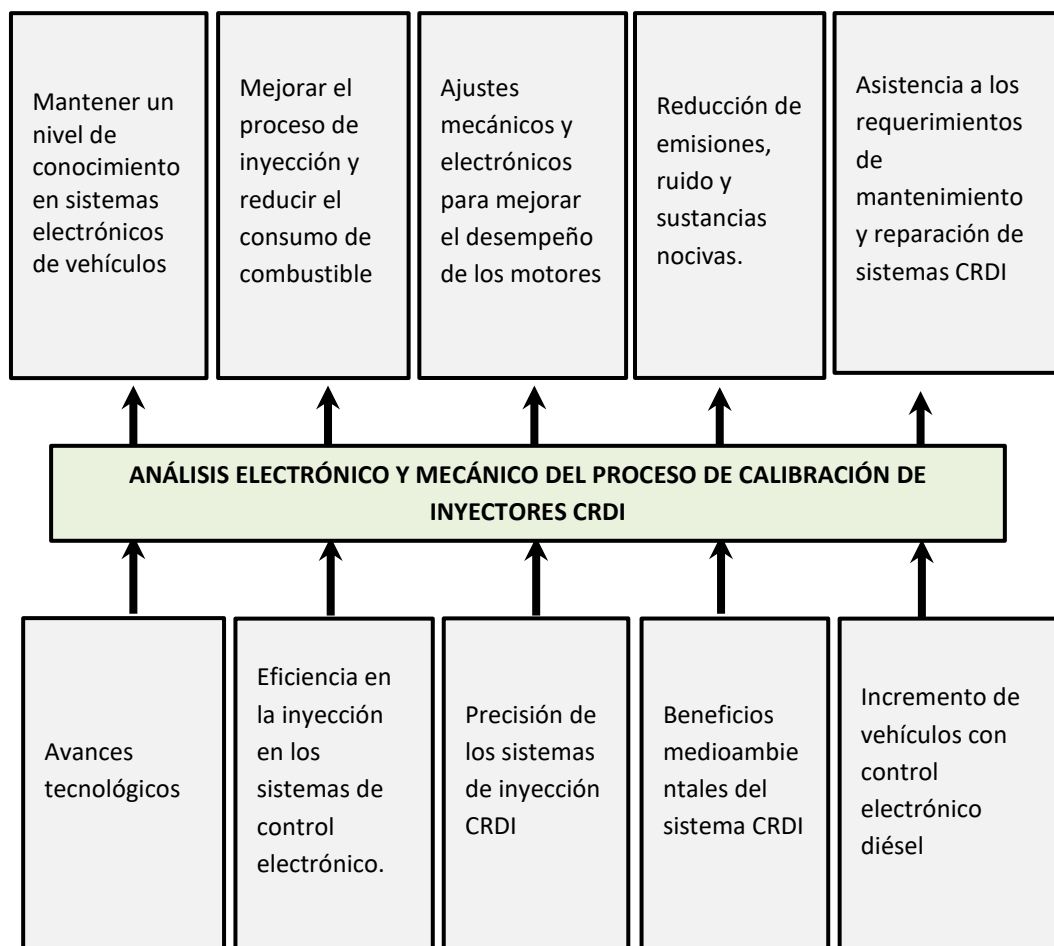
e hidrocarburos y también ruidos.

Al ser comandado por la ECU, tiene un control eficaz sobre la inyección, mejorando su proceso, buena atomización del combustible y reduciendo así su consumo. Esta precisión del sistema CRDI mejora la combustión dentro de los cilindros aumentando el trabajo y desempeño en el motor.

Por eso mantener un conocimiento adecuado, un buen plan de mantenimiento y reparación del sistema de control electrónico, así como de sus inyectores y su calibración, ayuda a obtener un correcto funcionamiento y el motor trabaja con mejor eficiencia.

Figura 1

Esquema del planteamiento del problema



Nota. En tal virtud el problema es determinar los procesos de calibración y puesta a punto, así como un análisis electrónico en los inyectores CRDI.

1.3 Descripción resumida del proyecto

En la investigación se determinó los siguientes pasos a desarrollar:

Se realizó la búsqueda de información en diferentes fuentes pertinente a los sistemas de inyección electrónica, principalmente en las marcas de vehículos donde se utiliza el sistema CRDI.

La selección de los inyectores para este proceso de investigación y análisis fue Bosch serie 0310 y Denso serie 7886 ya que son muy utilizados en los motores diésel de vehículos que circulan en el país.

Se procedió también al análisis mecánico y eléctrico de estos inyectores CRDI como: presión, caudal, estanqueidad y voltaje, corriente, tiempo de inyección respectivamente ya que permite encontrar algún mal funcionamiento de los inyectores.

El proceso de desarmado y armado, se efectúa mediante el uso de herramientas adecuadas, verificando todos sus elementos y buscando anomalías para su respectiva corrección.

Seguido de la obtención de las curvas de funcionamiento de voltaje y corriente mediante el uso del osciloscopio y trazado por imágenes de los inyectores CRDI.

Finalmente se desarrolló los procesos de calibrado y puesta a punto de los inyectores CRDI mediante pruebas como preinyección, inyección a full carga, retorno a full carga, ralentí, purga, fugas y emisiones, para que tenga un correcto funcionamiento ante las prestaciones del motor y así un buen desempeño.

1.4 Justificación e importancia

Los avances tecnológicos en el área automotriz motivan que se desarrolle y se aplique una investigación en sistemas de riel común que permitan lograr las eficiencias de

los motores de combustión interna y aún más con el aumento de vehículos que utilizan este sistema. (Cadena, 2013) afirma lo siguiente:

En el país existe un sin número de vehículos que utilizan el sistema de inyección Diésel CRDI, por razones que se apegan a normativas medioambientales, con gran torque en sus motores, con las prestaciones de trabajo más altas, y aún más como el que existe en el Ecuador. Por este motivo el sistema de inyección ha servido para obtener mejoras y se debe tener un proceso adecuado de mantenimiento, principalmente la calibración en sus inyectores con el objetivo de llegar a un buen funcionamiento tanto en el sistema como el motor. (p.53)

En la mayoría de los casos cuando el sistema de inyección opera defectuosamente es a causa por el errado mantenimiento preventivo y correctivo, además de no seguir el proceso adecuado, así como los defectos de fábrica, problemas electro-mecánicos y el mal estado del combustible. Al pasar desapercibidos éstos, provoca fallas en el motor como humo exagerado, inyección inestable, disminución en la potencia y ruido excesivo.

Por estas razones mencionadas, un adecuado análisis de las fallas en los inyectores, un buen proceso de reparación y una calibración con normas establecidas permiten tener un correcto funcionamiento y la cual será aplicada en los inyectores Bosch serie 0310 y Denso serie 7886 que forman parte del sistema de inyección electrónica de muchos vehículos, para llegar al correcto funcionamiento y buen desempeño del motor.

Para tener una visión más clara al poner en práctica esta investigación, en optimizar tiempo y recursos se elaboró tablas específicas de los procesos de armado, desarmado y calibración de los inyectores.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Realizar el análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso para obtener un óptimo desempeño del motor de combustión interna.

1.5.2 Específicos

- Investigar información en fuentes confiables, relacionadas a los sistemas de inyección diésel CRDI.
- Seleccionar los inyectores de sistemas CRDI de vehículos que circulan en el medio.
- Realizar las pruebas de tipo mecánico eléctrico y electrónico de los inyectores CRDI.
- Desarrollar los procesos de armado, desarmado y verificación de los inyectores CRDI.
- Obtener curvas de funcionamiento de voltaje, corriente y traza de imágenes de los inyectores CRDI.
- Desarrollar los procesos de calibrado y puesta a punto de los inyectores CRDI.

1.6 Meta

Generar el proceso de verificación, calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI de la marca Bosch y Denso con un 95% de confiabilidad mediante el desarrollo de pruebas mecánicas y eléctricas.

1.7 Hipótesis

El análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso permitirá obtener un óptimo desempeño del motor de combustión interna.

1.8 Variables de la investigación

1.8.1 Variable independiente

Pruebas mecánicas

Tabla 1

Variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es un elemento del sistema de inyección cuya función es la atomización del combustible “diésel” al interior del cilindro con el objetivo de producir la ignición.	Académico Tecnológico	Ángulo de atomización	° Grados	Medición Trabajo de campo	Protocolo de pruebas. Registro de datos.
		Estanqueidad	Estanquidad	Medición Trabajo de campo	Protocolo de pruebas. Registro de datos.
		Caudal	ml/min	Medición Trabajo de campo	Protocolo de pruebas. Registro de datos.
		Retorno	ml/min	Medición Trabajo de campo	Protocolo de pruebas. Registro de datos.
		Grosor de anillos de calibración	mm	Medición Trabajo de campo	Protocolo de pruebas. Registro de datos.

Nota. Descripción respectiva de la variable independiente a utilizar dentro del proyecto de investigación, especificando los indicadores que son los aplicados en los procesos de las pruebas mecánicas de los inyectores.

1.8.2 Variable dependiente

Análisis electrónico de inyectores CRDI.

Tabla 2*Variable dependiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
En este sistema la inyección es controlada electrónicamente mediante sensores y actuadores que envían parámetros a la unidad central con el fin de dosificar la mezcla adecuada hacia la cámara		Voltaje de activación	V (Voltios)	Medición Trabajo de campo	Protocolo de prueba. Modelo de práctica
		Corriente de activación	A (Amperios)	Medición Trabajo de campo	Protocolo de prueba. Modelo de práctica
	Académico tecnológico	Inductancia	H (Henrios)	Medición Trabajo de campo	Protocolo de prueba. Modelo de práctica.
	Académico tecnológico	Tiempo de inyección	ms	Medición Trabajo de campo	Proceso de pruebas. Modelo de práctica
		Tiempo de preinyección	ms	Medición Trabajo de campo	Protocolo de prueba. Modelo de práctica
		Patrón de imágenes	Patrón	Medición Trabajo de campo	Protocolo de prueba. Modelo de práctica

Nota. Descripción de la variable dependiente a utilizar dentro del proyecto de investigación.

1.9. Metodología del desarrollo del proyecto

En el proyecto se utilizó el método de investigación planteado por (Ruiz, 2007) el cual manifiesta que “ el método científico es referirse a la ciencia básica y aplicada como un conjunto de pensamientos universales y necesarios, y que en función de esto surgen algunas cualidades importantes” (p.3).

Por consiguiente, el desarrollo de la investigación se ha tomado en cuenta la estructura definida en los siguientes métodos:

1.9.1 Método deductivo

A través de este método se realiza las mediciones correspondientes en los equipos de y evaluar las especificaciones de operación de los inyectores Bosch serie 0310 y Denso serie 7886.

1.9.2 Método inductivo

A través de este método se describe el proceso del despiece, lavado, evaluación, calibración y montaje de los inyectores para ponerlos en un correcto funcionamiento.

1.9.3 Método experimental

En este método se establece valores comparables, es decir si al momento de llevar los inyectores al banco de pruebas estos no se registran los parámetros esperados se procede al cambio de los anillos según las especificaciones técnicas del fabricante y se pondrá a punto.

1.9.4 Método medición

Mediante este método se efectúa la medición de los componentes internos de los inyectores como los anillos de calibración AH, DFK, VFK con procedimientos que se realiza por medio de la utilización de equipos especiales automotrices.

1.9.5 Método observación directa

Mediante este método se verifica que los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI sean los correctos y vayan conforme a lo establecido.

Tabla 3

Metodología de investigación

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Deductivo	Se realiza las mediciones correspondientes se y se evalúa con las especificaciones de operación de los inyectores Bosch y Denso.	Banco de pruebas Computador Osciloscopio. Kit de herramientas de calibración. Reloj comparador	Laboratorio de Autotrónica
Inductivo	A través de este método se describe el proceso del despiece, lavado, evaluación, calibración y montaje de los inyectores para ponerlos en un correcto funcionamiento	Banco de pruebas Computador Osciloscopio. Kit de herramientas de calibración. Reloj comparador	Laboratorio de Autotrónica
Experimental	En este método se establece valores comparables, es decir si al momento de llevar los inyectores al banco de pruebas estos no se registran los parámetros esperados se procederá al cambio de los anillos según las especificaciones técnicas del fabricante y se pondrá a punto.	Banco de pruebas Computador Osciloscopio. Kit de herramientas de calibración. Reloj comparador	Laboratorio de Autotrónica
Medición	Mediante este método se verifica que los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI sean los correctos y vayan conforme a lo establecido.	Banco de pruebas Computador Osciloscopio. Kit de herramientas de calibración. Reloj comparador	Laboratorio de Autotrónica

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Observación directa	Mediante este método se verifica que los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores CRDI sean los correctos y vayan conforme a lo establecido.	Banco de pruebas Computador Osciloscopio. Kit de herramientas de calibración. Reloj comparador	Laboratorio de Autotrónica

Nota. La tabla representa la estructura metodológica definida en función de lo que plantea

(Ruiz, 2007) lo cual permitió seguir un proceso sistemático en la investigación.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Inyección electrónica CRDI

El sistema Common Rail inició a principios de los noventa y en el segundo lapso de la década de los años ochenta, se cita que el año 1986 indudablemente como el año que 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 mejoramiento y desarrollo del sistema ha sido permanente y se enmarcado dentro de un proceso de mejora continua. (Quintana, 2016, p 61-62).

Respecto al sistema Common Rail; (Ullauri, 2016) afirma lo siguiente:

Es un sistema de inyección de combustible en motores diésel, para su funcionamiento, la bomba de alta presión aspira el combustible directamente del depósito enviando a un conducto común para distribuir a los diferentes inyectores con una elevada presión. (p.43)

Cabe mencionar que este sistema es reconocido electrónicamente por un modelo (ECM) mismo que regula la cantidad de combustible y la presión en los inyectores acorde a la carga del motor.









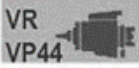









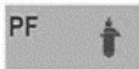








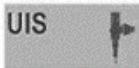

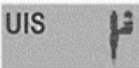
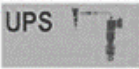

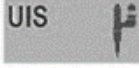
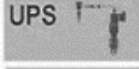




La eficiente atomización del combustible, la alta presión a la que trabaja el sistema permiten que se aumente el par y la potencia en todo rango de revoluciones, se restrinja la cantidad de gases contaminantes, se disminuya el consumo de combustible, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Este sistema puede controlar el momento de la inyección, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto consiente una preinyección antes de la inyección principal, con lo cual amplía la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que incrementa la combustión reduciendo el ruido característico de los motores diésel convencionales”.

Los vehículos que emplean este sistema CRDI son varios, debido a su alto desempeño principalmente usados en vehículos modernos y se lo detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4

Vehículos que usan CRDI

Livianos	SUV	Agrícolas	Camiones	Turismo
				
   	   	   	   	   
 	 	  	  	  

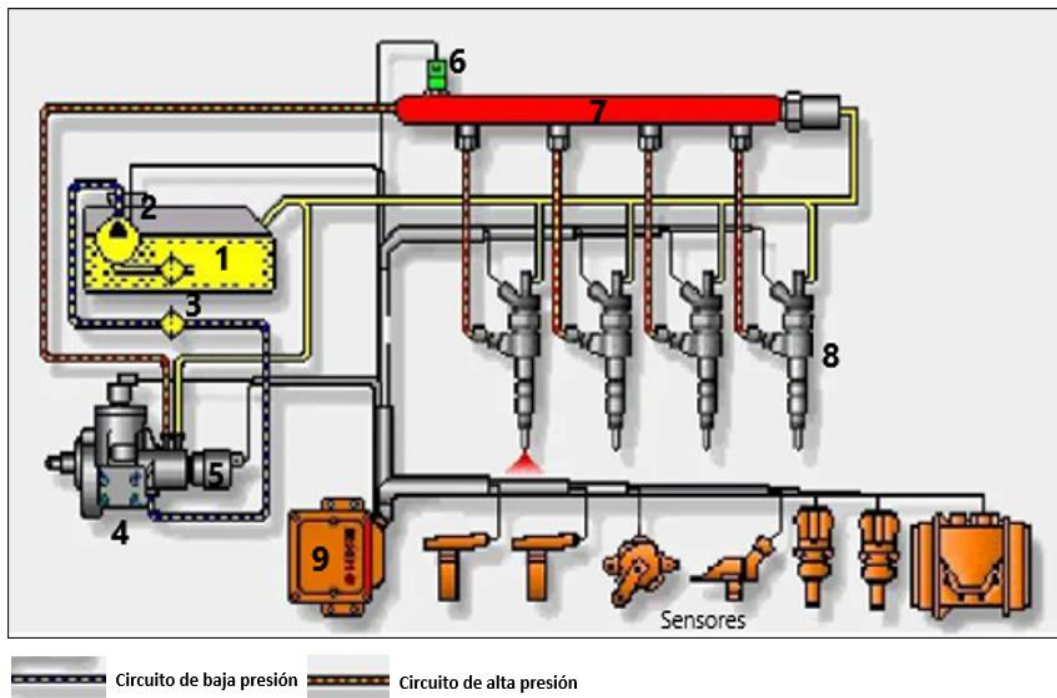
Nota. La tabla representa la clasificación de los vehículos que utilizan sistemas CRDI en su funcionamiento. Tomado de regulación electrónica diésel. (Bosch, 2002, p.30).

2.2 Función y elementos del sistema CRDI.

(Castro & Torres, 2019) afirman que: “El sistema de inyección electrónica Common rail es el conjunto de sensores y actuadores que interaccionan entre sí y es monitoreado por el módulo de control electrónico diésel. Y consta de dos circuitos; uno de baja presión y otro de alta presión” (p.14).

Figura 2

Sistema Common Rail y sus elementos



Nota. En la figura se demuestra el funcionamiento y elementos que forman parte del sistema CRDI. Tomado de Sistema Common Rail Bosch. (KIA, 2016, p.5).

- 1) Tanque de combustible
- 2) Bomba de suministro
- 3) Filtro
- 4) Bomba de alta presión
- 5) Válvula reguladora de presión
- 6) Sensor de presión del riel
- 7) Riel
- 8) Inyectores
- 9) Unidad de control

2.2.1 Circuito de baja presión

El combustible (1) a baja presión, es circula a una bomba de suministro (2) que puede encontrarse en la bomba de alta presión o en el tanque de combustible, y

posteriormente enviar aproximadamente de 4 a 6 Bar por el filtro (3) hasta la bomba generadora de alta presión.

2.2.2 Circuito de alta presión

La bomba de alta (4) presión envía el combustible aproximadamente desde los 300 Bar hasta 1600 Bar, según las condiciones de funcionamiento y es supervisada por la válvula reguladora de presión (5) y así transferir a la línea de alimentación común "Riel Común" (7), controlado por el sensor de presión (6) en el riel y que se distribuye a los inyectores (8). (Kia, 2016, p.6).

La apertura de los inyectores es monitoreada por la Unidad de Control Electrónico ECU (9), así como a los sensores que intervienen para la regulación del sistema".

2.3 Inyector CRDI

Según (Cadena, 2013) afirma que: "La gestión de los inyectores es de dirigir el chorro y la de efectuar la pulverización de la diminuta cantidad de combustible de tal modo que el combustible sea disperso homogéneamente por toda la cámara de combustión" (p.67).

Son muy requeridos los inyectores, además de ser fabricados sus elementos con calibraciones precisas para siendo idénticos entre sí, llegando a trabajar a elevadas presiones como 2000 aberturas por minuto y temperaturas alrededor de 500 Cº y 600 Cº. (Buitrago, 2008, p.2)

En el sistema de inyección, en el riel común los están conectados todos inyectores por cañerías de combustible que soportan presiones muy elevadas a corta longitud. La estanqueidad de los inyectores hacia la cámara de combustión se lleva a cabo mediante una arandela estanqueizante de cobre. Los inyectores van sujetos en la culata con elementos de fijación. Los inyectores Common Rail son adecuados para su montaje recto/oblicuo, según la versión de los inyectores, en los motores Diésel de inyección directa. (Coral, 2013, pp 61-64)

La generación de la presión en la inyección no tiene relación de la cantidad de las RPM y del caudal de inyección, esta es una de las cualidades del sistema.

Con la activación electrónica del inyector se inicia la inyección y caudal de inyección. En ese instante es monitoreado con el sistema ángulo tiempo del control electrónico Diésel. Lo cual es necesario dos sensores del número de revoluciones, tanto en el árbol de levas como en el cigüeñal para reconocer los tiempos.

Es necesario una mezcla adecuada para reducir las emisiones de los gases de escape y disminuir los ruidos del motor, donde los inyectores deben dar caudales pequeños en la preinyección e inyecciones múltiples.

2.4 Principio de funcionamiento del inyector.

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.

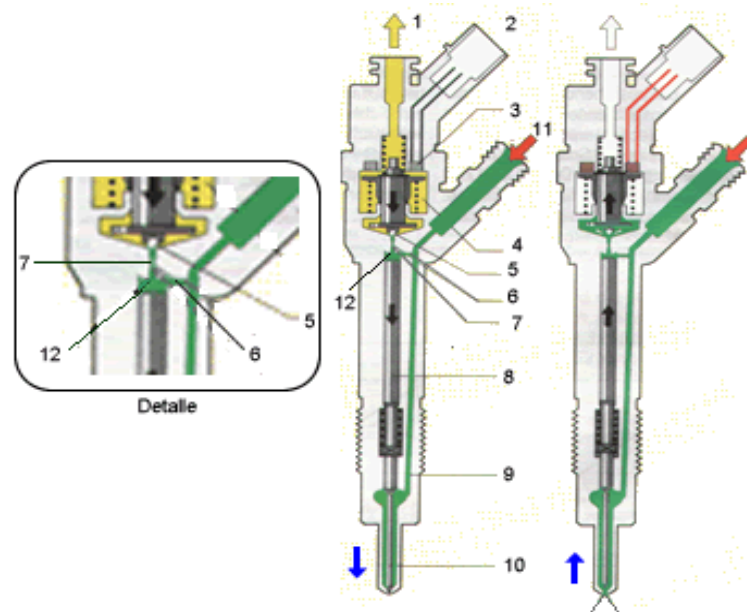
El combustible bajo la presión eleva la aguja e inyecta en la cámara de combustión al momento que la presión desciende, por el fin de la inyección, el resorte regresa a la posición original a la aguja encima del asiento del inyector finalizando la inyección

2.5. Partes del inyector.

Las principales partes de un inyector son:

Figura 3

Elementos de un inyector CRDI



Nota. En el siguiente esquema se observa la clasificación de las partes del inyector *Tomado* de Inyectores CRDI. (Martí & Parera, 2015, p.50).

Tabla 5

Partes del inyector

Partes del inyector	
1. Retorno de combustible al depósito	7. Estrangulador de salida
2. Conexión eléctrica	8. Émbolo de control de válvula
3. Electroválvula	9. Canal de afluencia
4. Muelle	10. Aguja del inyector
5. Bola de válvula	11. Entrada de combustible a presión
6. Estrangulador de entrada	12. Cámara de control

Nota. En esta tabla se clasifican las diferentes partes que se encuentran en el cuerpo del inyector, los principales tipos de inyectores son: Bosch, Denso y Delphi.

2.6 Inyector Bosch

Además (Águila, 2017) menciona que: “Estos inyectores trabajan con voltajes que oscilan entre 70 y 80 V con corrientes que van desde los 12 a los 20, 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”.

Figura 4

Inyector Bosch



Nota. En la siguiente imagen se puede identificar la característica física externa del inyector Bosch. Tomado de inyectores CRDI. (Autotronic, 2021, p.30).

2.7 Inyector Denso

Disponen de una resistencia de 0.8 a 1 ohm obteniendo tiempos de inyección de combustible de 0,4 a 1,5 milisegundos, tiempos en los cuales se ha producido la pre inyección e inyección principal hasta alcanzar las 3000 Rpm. El inyector está en reposo cuando no hay excitación en la bobina, en cambio en muelle de la válvula realiza una mayor fuerza respecto a la presión hidráulica generada en la cámara de control, ante esto la válvula de 3 vías no permite que haya inyección cerrando el orificio de la salida de

combustible. (Águila, 2017, p.40).

La presión del circuito hidráulico se aplica al pistón de mando y está al muelle de la tobera del inyector compartiéndola para impedir la inyección de combustible.

Figura 5

Inyector Denso



Nota. En esta imagen se observa la característica externa del inyector Denso. Tomado de inyectores CRDI. (Autotronic, 2021, p.31).

2.8 Inyector Delphi

Los inyectores Delphi son electromagnéticos y con un cuerpo delgado muy cercano a los 17 mm de diámetro, que operan de 200 hasta 1600 Bar, con una resistencia de 0.2 ohm, teniendo un efecto rápido en su activación y con múltiples inyecciones activados por una tensión de 120 V y de 6A a 12A de corriente para sostener su apertura. (Águila, 2017, P.43).

Figura 6

Inyector Delphi



Nota. En esta imagen se observa la característica externa del inyector Delphi. Tomado de inyectores CRDI. (Autotronic, 2021, p.32).

2.9 Etapas de funcionamiento del inyector CRDI

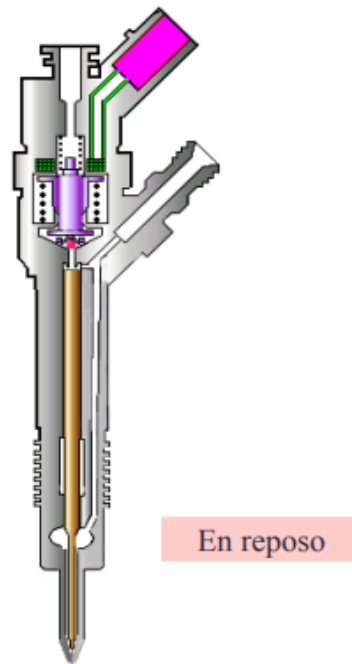
El funcionamiento del inyector CRDI puede darse en diferentes etapas que producen la inyección del combustible:

2.9.1 Estado de reposo

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 (Quispe, 2011, pp 13-20), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 7

Primera etapa de funcionamiento



Nota. En la imagen se aprecia la primera etapa de funcionamiento del inyector en reposo.

Tomado de inyectores para motores Common rail. (Quispe, 2011, p.13).

2.9.2 Estado de inyección

Inyector abre (comienzo de inyección). De acuerdo a (Quispe, 2011), menciona que:

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.

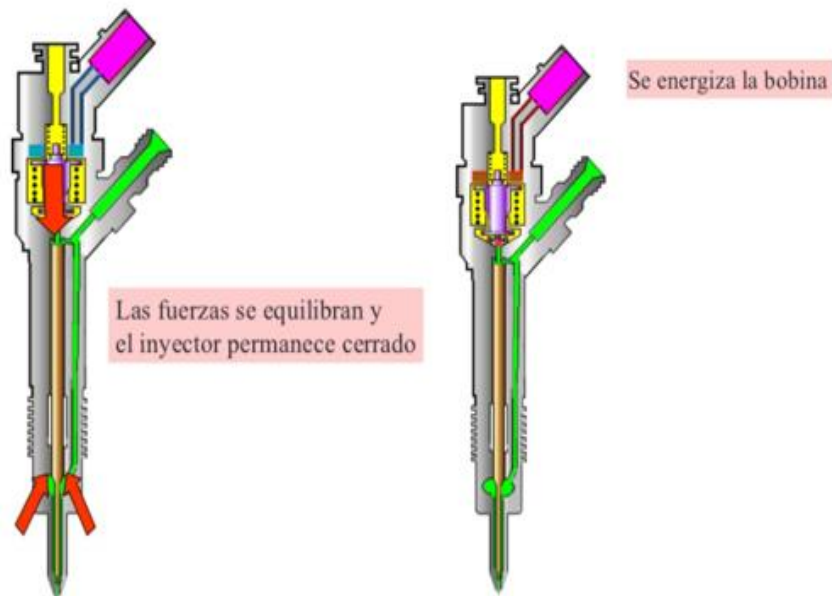
Relacionado con la anterior, cabe citar que el estrangulador de entrada no permite la compensación de presión por completo lo cual disminuye la presión en la cámara de control de válvula, esta presión disminuida produce a una disminución sobre el émbolo de

mando y da paso a la apertura de la aguja del inyector donde comienza ahora la inyección.

(p.14). Es así que, se lo muestra en la siguiente figura:

Figura 8

Comienzo de inyección



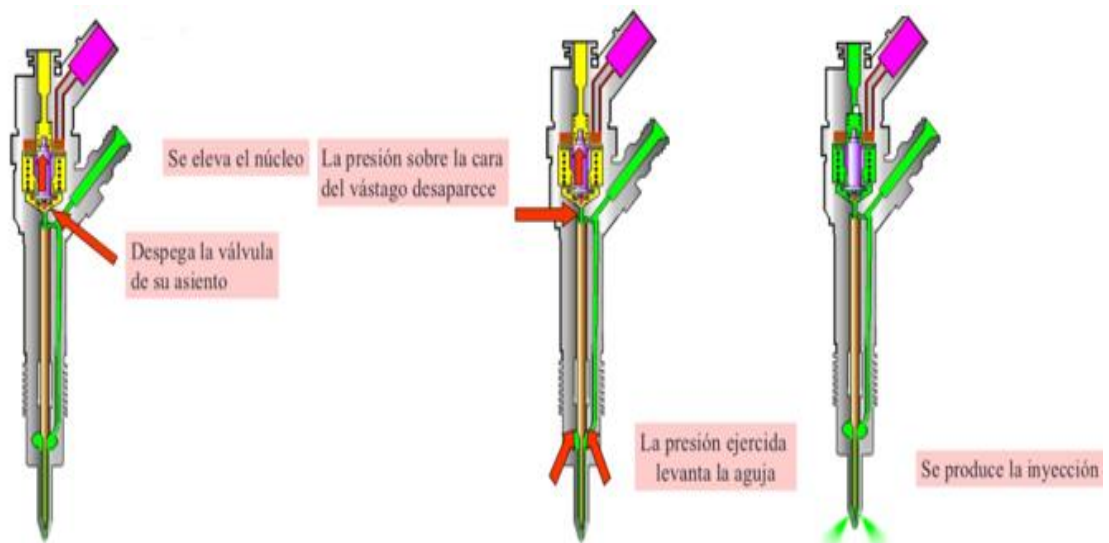
Nota. En la siguiente imagen se puede apreciar la segunda etapa de funcionamiento, comienzo de la inyección. Tomado de inyectores para motores Common rail. (Quispe, 2011, p.14).

2.9.3 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.(Quispe, 2011, pp 14-15), lo que significa que inicia la pulverización en la cámara de combustión, como se muestra a continuación:

Figura 9

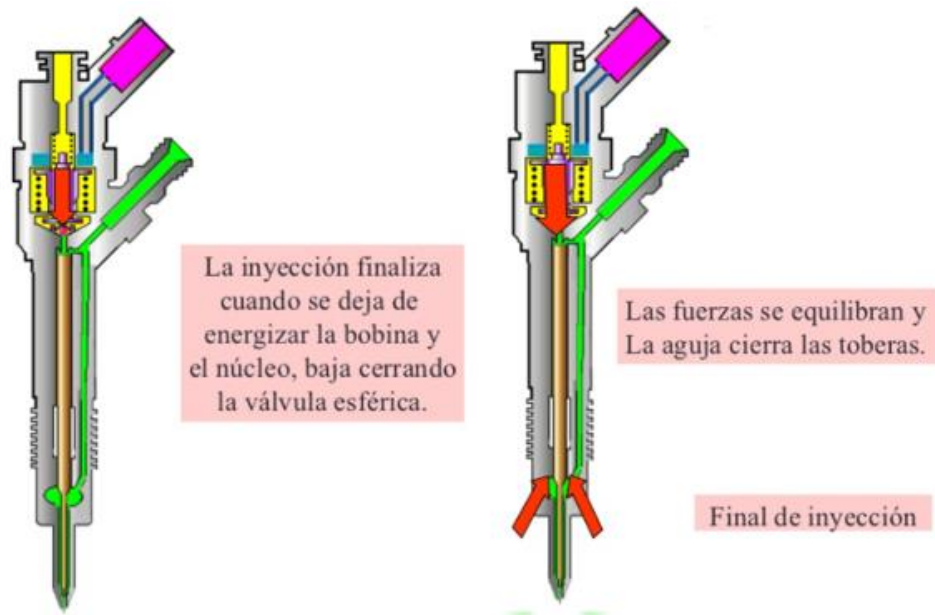
Inyector totalmente abierto



Nota. En la imagen se puede apreciar las características principales del inyector en su funcionamiento de la etapa tres inyectores totalmente abiertos. Tomado de inyectores para motores Common rail. (Quispe, 2011, p.15).

2.9.4 Estado final de inyección

Finalmente se desactiva la electroválvula como menciona Gonzalez (2011) “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”. (p.19), 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.

Figura 10*Inyector totalmente abierto*

Nota. En la imagen se aprecia la fuerza que desequilibra a la aguja la cual cierra la tobera demostrando el fin de la etapa de la inyección. Tomado de inyectores para motores Common rail. (Quispe, 2011, p.19).

2.10 Pruebas en los inyectores

2.10.1 Pruebas mecánicas

Es fundamental generar una inspección de los inyectores CRDI, previo a ello se instala el inyector en el banco de pruebas siguiendo los estándares propuestos por el fabricante.

(Pérez, 2020) afirman que: “Se debe purgar tanto la bomba como la tubería de combustible siguiendo los estándares del constructor para obtener una inyección de dos o tres veces mayor con el propósito de despejar cualquier tipo de impureza en la tobera del inyector”. (p.35)

2.10.2 Prueba de ruido

De acuerdo a (Mafla, 2014) menciona que: En la etapa de inyección de combustible la aguja debe oscilar a una frecuencia máxima, el instante que el combustible llega al inyector se realiza una variación de presión durante el inicio y final de abastecimiento, esto produce que la aguja emite un sonido por la oscilación de su válvula. (p.49)

2.10.3 Control de la pulverización

Se instala el inyector en el banco de pruebas para realizar el control de pulverización en un recipiente fuera de la cámara, se comprobó la dispersión del chorro mismo que debe ser continuo y prolijo, observando la pulverización del combustible en forma de cono, si se manifiesta alguna especie de irregularidad en el chorro se procede a la desinstalación del inyector y limpieza del mismo (Carvajal, 2013, p.2).

Cabe decir al momento de realizar la prueba en el inyector se debe tener en cuenta la limpieza del mismo, ya que al tener una impureza en la boquilla podría realizar un chorro de espiga inaceptable como se muestra en la figura:

Figura 11

Control de pulverización del inyector



Nota. En la figura se puede observar la pulverización de combustible emitida por el inyector en las diferentes formas que se puede verificar. Tomado de Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores Diésel. (Carvajal, 2013, p.3).

2.10.4 Presión de apertura del inyector

Según (Pérez, 2020) afirma que: Al preparar el inyector en el banco de pruebas es necesario colocar la presión de funcionamiento según las especificaciones del fabricante esta presión es por lo general de 175 Bar, si la presión es mayor a lo que necesita el inyector, quiere decir que la espiga se encuentra con impurezas o pegada y existe una obstrucción de la tobera. De lo contrario si la presión es menor significa que la válvula de aguja se encuentra pegada en la posición abierta o puede haber problemas en el muelle. (p.73)

2.10.5 Fuga externa

En esta prueba se produce un aumento de presión en el inyector según las especificaciones técnicas de funcionamiento sin producirse fugas de combustible el método más práctico de inspección es colocando un pequeño papel absorbente en la parte inferior del inyector durante el procedimiento de verificación, si existe goteo del inyector después de la limpieza en la tobera y la válvula de aguja se deberá sustituir (Pérez, 2020, p.74).

2.10.6 Fuga interna

De acuerdo a (Galarza, 2018) menciona que: La prueba consiste en determinar el tiempo que demora en desempeñar una caída de presión sostenida del combustible con un valor por debajo del funcionamiento, se debe comprobar que no tenga ningún goteo, si fuese el caso, varia si es pequeña provoca escasez de holgura entre el vástago, la tobera y si es excesiva indica mayor holgura de lo necesario y deberá sustituirse. (p.37)

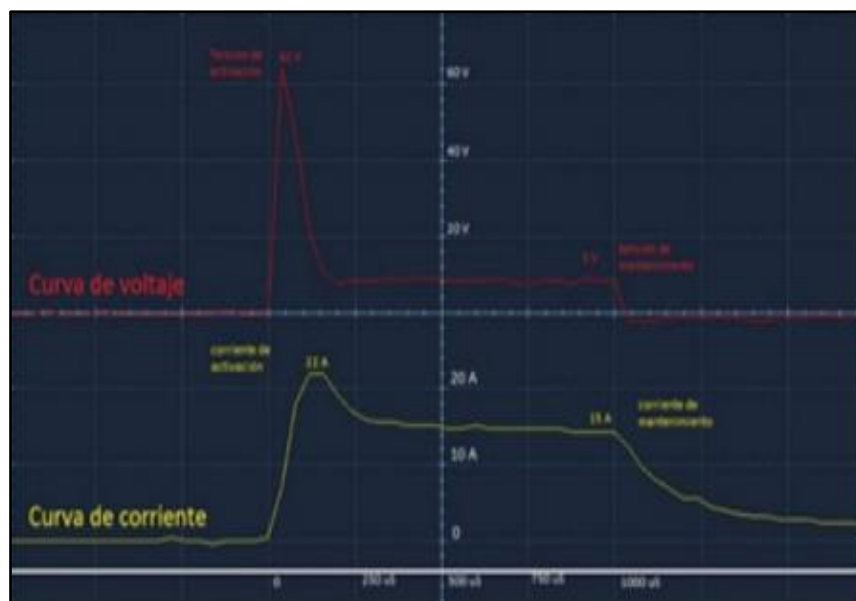
2.11 Fase de activación de corriente y voltaje.

Según (Passo, 2019) dice que: En la fase inicial de corriente la batería proporciona un pulso a la válvula electromagnética, esto ayuda a una apertura breve de activación, la corriente de inicio se limita con una corriente regulada a 22A aproximadamente.

En la fase de mantenimiento se reduce la corriente que ayuda a disminuir la potencia perdida en la unidad de control y del inyector, una vez reducida la corriente de arranque hasta la de mantenimiento libera una cantidad de energía, el módulo de control corta la corriente del solenoide y en ese instante la energía liberada va al condensador para la fase de recarga como se muestra en la figura:

Figura 12

Fase de activación de corriente y voltaje



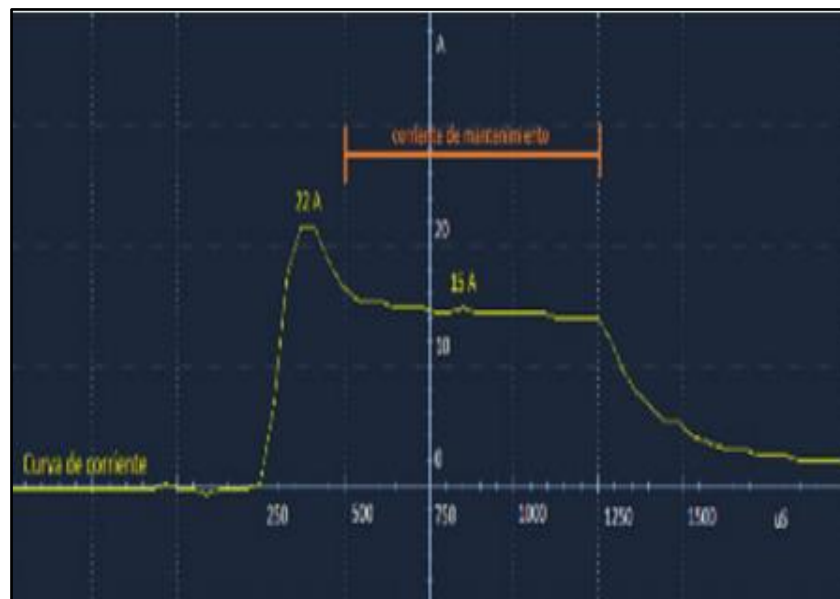
Nota. Tomado de activación y control de inyectores diésel CRDI de las marcas Delphi y Denso (Passo, 2019, p.15).

(Passo, 2019) afirma que: La activación del inyector se realiza mediante la unidad de control se guarda una tensión que se activa inicialmente, la corriente efectúa un pulso hasta

que alcanza una similitud mínima entre la tensión de referencia y la tensión de regulación mediante la multiplicación hidráulica, finalmente la válvula de mando alcanza una posición y empieza a descender las presiones de la cámara y se efectúa la inyección como se aprecia en la siguiente figura:

Figura 13

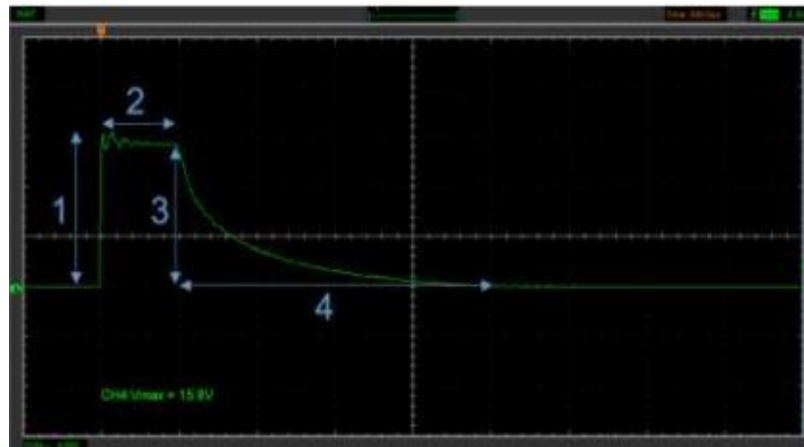
Corriente inicial y de mantenimiento



Nota. Tomado de activación y control de inyectores diésel CRDI de las marcas Delphi y Denso (Passo, 2019, p.16).

2.11.1 Curva de activación de voltaje

De acuerdo a (Robayo, 2018) menciona que: “ El voltaje de activación en el inyector va en función del instante que se realice la prueba de funcionamiento, es decir alrededor de los 175 Bar y al paso que la prueba va aumentando de nivel, el voltaje de activación baja su intensidad y de igual manera el voltaje de retención”(p.107) ,asi como se muestra en la siguiente figura:

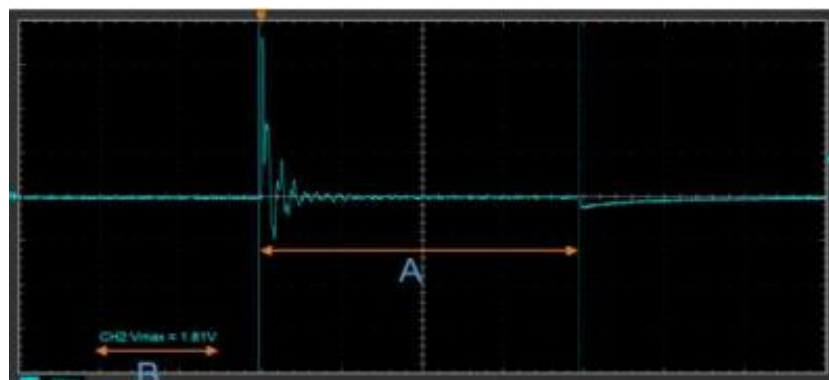
Figura 14*Detalle de oscilograma de voltaje*

Nota. En la siguiente figura se detalla la fase de activación de voltaje utilizando osciloscopio.

Tomado de investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos Bosch del sistema de inyección CRDI. (Robayo, 2018, p.13).

2.11.2 Fase de activación de corriente

Como se puede apreciar en la figura 15 se clasifica los tiempos de activación de inyección con el oscilograma de corriente en la sección A es la duración de la inyección de disparo, B es el inicio de activación de corriente en el oscilograma el cual es identificado mediante una pinza amperimétrica con los valores de conversión de 10V a 1 A para su funcionamiento, (Robayo, 2018, p.108).

Figura 15*Detalle del oscilograma de corriente*

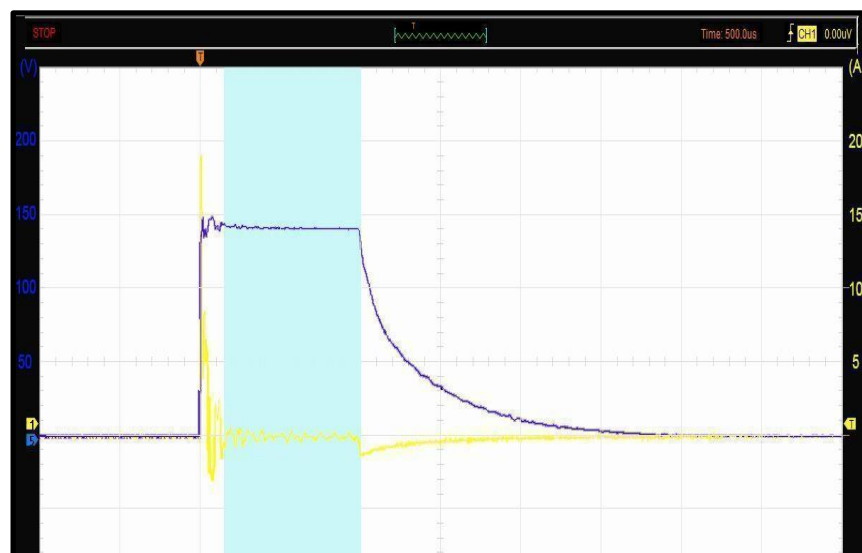
Nota. El oscilograma describe las partes de consumo de corriente en el momento que se activa el oscilograma de activación de voltaje. Tomado de investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos Bosch del sistema de inyección CRDI, (Robayo, 2018, p.16).

2.11.3 Inyector abierto

Como menciona (Bustillos, 2018) “una vez abierto en la fase de inyección como se muestra en la figura 16, deja de ser excitado la bobina esta empieza su funcionamiento, deteniendo la carga eléctrica, permaneciendo la bobina excitada y el inyector activado . Por esta razón, nunca se desconecta el enchufe del inyector con el motor en marcha, si el inyector está en estado abierto podría bloquear el motor hidráulicamente con el combustible diésel”. (p.97)

Figura 16

Inyector abierto en la inyección



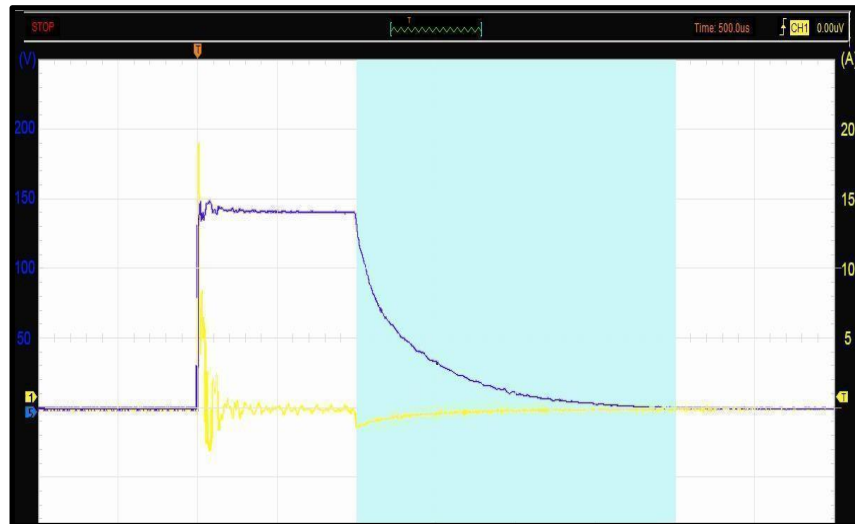
Nota. Tomado de Comportamiento mecánico y electrónico de inyectores piezoeléctricos, por (Bustillos, 2018, p.20).

2.11.4 Inyector cerrado

(Bustillos, 2018) menciona que: “Para cerrar el inyector la unidad actúa como un consumidor, descargando la tensión acumulada en el actuador”. (p.98)

Figura 17

Inyector cerrado en el fin de inyección



Nota. Tomado de Comportamiento mecánico y electrónico de inyectores piezoeléctricos, por (Bustillos, 2018, p.22).

2.12 Desmontaje del inyector

Según (Pacheco, 2007), afirma que: Todos los inyectores con este sistema pueden desmontarse ya que el porta-inyector y el cuerpo del inyector van unidos a una rosca adecuada para la utilización de herramientas específicas, la mayoría de los inyectores utiliza componentes similares siendo los más importantes el cuerpo del inyector, porta inyector, tobera, válvula de aguja y el muelle de presión.

Cabe recalcar que se debe utilizar la herramienta específica que permite el adecuado desarme del inyector, además que los procedimientos pueden variar dependiendo de cada inyector, como se indica en las siguientes figuras:

Figura 18

Utilización de prensa para el desarme del inyector



Nota. En la figura se observa la posición correspondiente del inyector en la prensa para seguir con el desarmado. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch Y Denso. (Pérez, 2020, p.56).

Figura 19

Utilización de prensa para el desarme del inyector



Nota. Se indica el paso para sacar la tuerca de bobina del inyector con la herramienta especial. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020, p.56).

Figura 20

Solenoide de activación



Nota. En la figura se describe como se debe retirar el solenoide teniendo en cuenta que en el interior se encuentra el muelle de la válvula. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch Y Denso. (Pérez, 2020, p.57).

Voltear el solenoide y retirar el anillo de ajuste VFK.

Figura 21

Anillo de ajuste VFK



Nota. En esta figura se describe como se debe retirar el anillo de ajuste VFK. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020, p.57).

Figura 22

Anillo de ajuste AH



Nota. En la figura se observa que con unas pinzas se retira el anillo de ajuste AH. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso.

(Pérez, 2020, p.57).

Figura 23

Inducido



Nota. Se observa el desmontaje del inducido del inyector. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch Y Denso. (Pérez & Sevilla, 2020, p.58).

Figura 24

Tobera del inyector



Nota. Se observa la posición del inyector en la prensa para aflojar la tuerca de sujeción de la tobera. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020. p.59).

Figura 25

Cuerpo del inyector



Nota. La figura indica como retirar la tobera teniendo en cuenta los elementos internos del cuerpo del inyector, la aguja guía y pines. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020 p.60)

Figura 26

Muelle de tobera



Nota. En la figura se describe como voltear el inyector y retirar el muelle de la tobera, anillo DFK y el émbolo. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020, p.60).

Figura 27

Herramienta especial para válvula de inyector



Nota. Con la herramienta especial se retira la tuerca de la válvula del inyector. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020, p.61).

Figura 28

Pines del inyector



Nota. Con la ayuda de las pinzas retirar la válvula y los pines que se encuentran dentro del cuerpo del inyector. Tomado de análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch y Denso. (Pérez, 2020, p.62).

2.13 Procesos de calibración

2.13.1 Parámetros de ajuste de calibración

Figura 29

Parámetros de ajuste-calibración

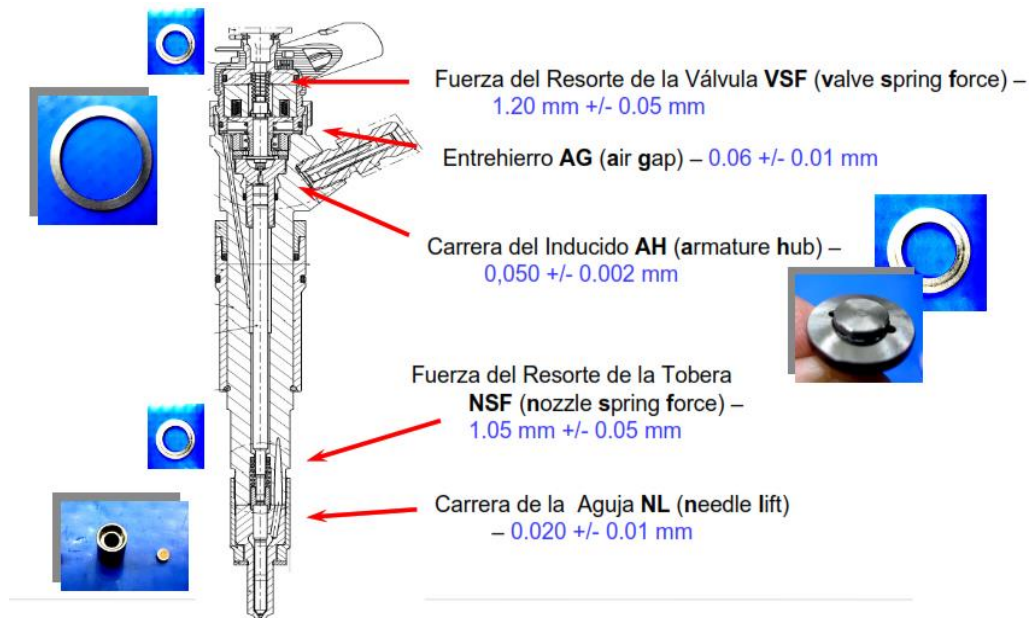


Nota. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2015, p.15)

2.13.2 Medidas aproximadas de calibración

Figura 30

Medidas aproximadas para la calibración



Nota. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2015, pag.16)

2.13.3 Procedimiento de reparación

Como se menciona en (Bosch, 2016): “El proceso de calibración del inyector es válido cuando sea completa la reparación con cambios de sellos, tobera y válvula. Siendo el proceso descrito a continuación:

- Controlar el recorrido AH: Carrera del Inducido. Ajustar según la tolerancia.
- Controlar la medida AG: Entrehierro. Ajustar de ser necesario.
- Verificar la medida VSF: Tensión del resorte de la válvula. Medir la NL: Carrera de la aguja. Ajustar según tolerancia.
- Verificar la medida NSF: Fuerza del resorte de la tobera. Se cambia el cuerpo, caso contrario se modificará durante el ensayo en el banco”.

2.13.4 Valores de apriete para tuerca porta tobera

Tabla 6

Torque para tobera de superficie estándar

Tipo de rosca	Valor
Apriete M15 x 0.5	33...50 Nm
Apriete M17 x 0.75	36...54 Nm
Apriete M19 x 0.75	37...55 Nm



Nota. Se describe los valores de acuerdo al diámetro y paso de rosca. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2016, p.20)

Tabla 7

Torque para tobera de superficie cruz de malta

Tipo de rosca	Valor
Apriete M15 x 0.5	36...38 Nm
Apriete M17 x 0.75	32...50 Nm



Nota. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2016, p.20).

Tabla 8

Torque para tobera de superficie tipo mariposa

Tipo de rosca	Valor
Apriete M15 x 0.5	26...45 Nm
Apriete M17 x 0.75	35...53 Nm



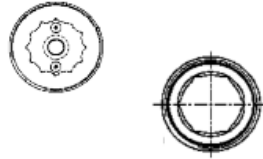



Nota. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2016, p.21)

2.13.5 Valores de apriete para válvula y grupo magnético

Tabla 9

Torque de válvula y grupo magnético

Valor	Tuerca Válvula	Grupo Magnético
CR1		
Torque	40Nm	25Nm
		
CRIN		
Torque	45Nm	25Nm
		

Nota. Tomado de Instrucciones de reparación de inyectores. (Bosch, 2016, p.22).

2.14 Pruebas de banco

2.14.1 Plena carga

Según (Chalco, 2017) menciona que en esta prueba se aumenta la presión de carga y se eleva las condiciones específicas de funcionamiento, midiendo la entrega a plena carga y el retorno al mismo tiempo, aquí se verá el rango mínimo que debe tener el inyector cumpliendo con los estándares de funcionamiento, podrá seguir con la siguiente prueba.

2.14.2 Fuga o estanquidad

La prueba se realiza al aplicar pulsos de inyección que medirá el retorno del inyector, esta prueba se la realiza en el banco a 300 RPM y a 140 MPa.

2.14.3 Marcha mínima

Mide la calidad de entrega de ralentí, la entrega mínima del inyector se la realiza en un rango de 800 RPM a unos 25 [Mpa] dando pulsos al inyector controlando el caudal de inyección mas no el de retorno.

2.14.4 Preinyección

Calcula la velocidad del inyector para realizar la pre inyección, el caudal y del retorno al momento de realizar las pulsaciones en un tiempo menor al de plena carga.

Capítulo III

3. Verificación y pruebas del sistema mecánico.

3.1 Descripción

En este capítulo se describe la composición del inyector de forma correcta y el funcionamiento de sus elementos para llegar a la inyección. Se describen las pruebas mecánicas a tomar en cuenta y tener una visión macro del estado inicial del inyector e identificar qué componentes podrían estar fallando. A continuación, se va a desarrollar el proceso de desarmado donde se describe el paso a paso del desmontaje de las piezas del inyector y herramientas a utilizar.

Una vez identificado todas sus partes, se realiza un lavado de las piezas para continuar con el proceso de armado del inyector donde se muestra el orden, posiciones y torques indispensables.

Por último, se realiza el proceso de calibración, siendo este el más importante, donde se detalla las herramientas, medidas y cálculos relacionado con los anillos de calibración dentro de los rangos especificados por los fabricantes.

Las pruebas en el banco se realizan a diferentes cargas como lo es; ralentí, pre inyección, full carga para verificar la calibración y buen funcionamiento de los inyectores.

3.2 Equipos y herramientas

El banco de pruebas viene equipado con una computadora digital el cual permite observar las mediciones en pantalla, de velocidades y grabar datos en RPM Y STROCK, el manejo de tiempos en los que se realiza la prueba a cada presión con una funcionalidad de tensión de 220V con un motor de 12 Hp en conjunto de 12 probetas ayudan a la calibración de la inyección y retorno de combustible viene equipado para simuladores CRDI, VP44, COVEC y EUP (Diésel, 2015, p.66).

Figura 31

Banco de pruebas CRDI-VP44-COVEC-EUP



Nota. En la figura se puede apreciar el banco de pruebas utilizado para la calibración de los inyectores Bosch y Denso.

Tabla 10

Características del banco de pruebas

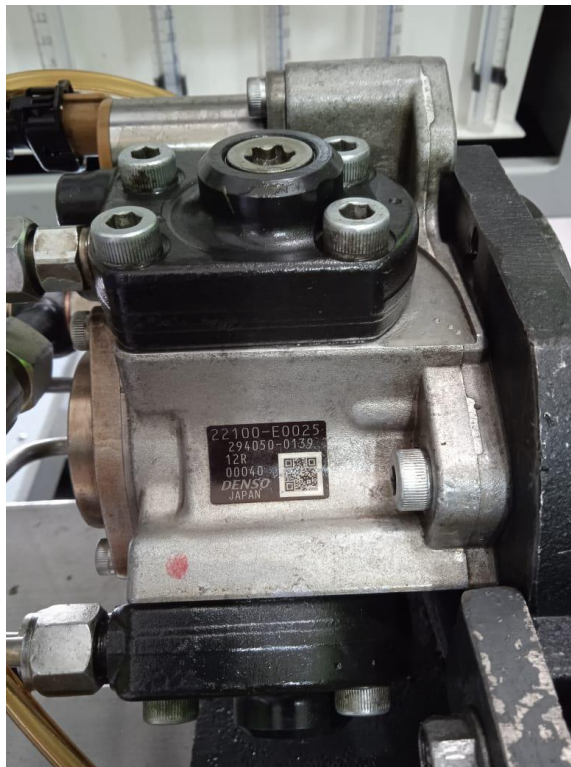
Type	WFM700	Output Power (KW/HPS)	15/20
Speed(rpm)	0-4000	Testing pump Cylinder	12
Ratead voltage(v)ac	3P-220V	Series No.	232010001
Frequency(Hz)	50/60	Ratead Current(A)	32
Manufacturig Date	202011	Total Net Weight	1000

Nota. En la siguiente tabla se puede observar la descripción del funcionamiento del banco de pruebas que se utilizó para la calibración de los inyectores Bosch y Denso.

Para generar la presión adecuada se utilizó una bomba TIPO HP4, es muy similar a la HP3 y está compuesta por la unidad de bomba, la válvula de control de succión, la bomba de alimentación y el sensor de temperatura, donde su característica esencial es que tiene tres émbolos buzo ubicados a 120° entre ellos.

Figura 32

Bomba de alta presión



Nota. La bomba HP4 genera un gran volumen que sirve para motores grandes principalmente para camiones medianos.

Según (Pérez, 2020) menciona 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 medición que arroja en función del voltaje y en el eje horizontal x representa el tiempo. (p.43)

Figura 33*Osciloscopio Hantek*

Nota. En esta imagen se puede apreciar el osciloscopio Hantek utilizado en el proyector para obtener las curvas de fase de activación de corriente, voltaje de los inyectores Bosch y Denso.

Tabla 11*Especificaciones osciloscopio Hantek*

Descripción	Especificaciones
Modelo	Hantek 1008
Canal analógico	8
Impedancia de entrada	Resistencia: 1 MΩ
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
Max. Entrada	2.4MSa/ s

Descripción	Especificaciones
Base de tiempo Rango	1 ns / div a 20000 s / div (1-2-5 secuencias)
Precisión de base de tiempo	± 50 ppm
Sistema de disparo	
Rango de base de tiempo	1 ns / div a 20000 s / div (1-2-5 secuencias)
Precisión de base de tiempo	± 50 ppm
Entrada eje X	CH1
Entrada eje Y	CH2

Nota. En la siguiente tabla se demuestra las especificaciones del osciloscopio Hantek en las pruebas de activación de corriente y voltaje de los inyectores.

Al realizar la traza de imágenes de los inyectores se empleó 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 Lissaions, son obtenidas con la alimentación en las entradas horizontal y vertical, así como en las ondas sinusoidales respectivamente.

Figura 34

Analizador y osciloscopio multifunción FADOS 9F1



Nota. La característica principal es diagnosticar y analizar por imágenes mediante diagramas equivalentes de los elementos electrónicos. (Peñafiel, 2017, p.56).

Tabla 12

Equipos y herramientas para calibración de inyectores CRDI

Herramienta	Gráfico
Prensa	
Pinzas	
Útil D0 1 (CR - V2) Para la tuerca interna de la válvula de control	
Dado 17 mm. Para la porta tobera.	
Adaptador hexagonal Útil (XD11-AS29)	
Útil TS15 (CR-V5) de 10 mm.	

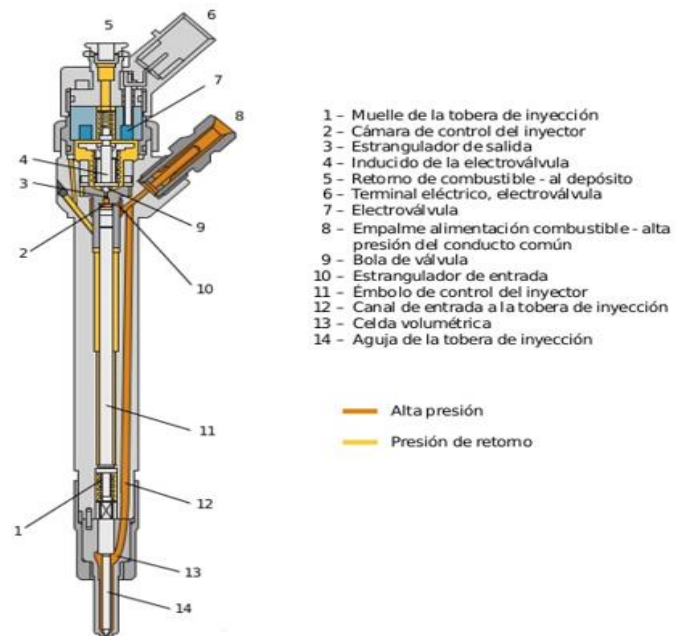
Herramienta	Gráfico
Útil TS15(CR-V)	
Útil D20-M15X0.5	
Extractor del anillo de cierre de alta presión.	
Útil D26m17x1 sirve para inserción de anillo de presión.	
Útil D13- M27x1 de ajuste de válvula	
Reloj Comparador, kit de calibración	

Herramienta	Gráfico
Micrómetro digital	
Torcómetro digital	

3.3 Inyector Bosch serie 044 5110 310

Figura 35

Partes del inyector Bosch



Nota: Tomado Ingeniería y mecánica automotriz (Augeri, 2020, P.89)

Figura 36*Inyector Bosch*

Nota. En la imagen se puede apreciar del inyector calibrado y dejado a punto para las pruebas.

Tabla 13*Características del inyector Bosch*

Características	
Modelo	044 5110 310
Denominación	Inyector, sistema CRI 2.2
Max. Presión de inyección	1800 Bar
Tipo de inyector	CRI 2.2
Código IMA	049 611 102

Nota. En la tabla se menciona las características principales del inyector Bosch.

3.3.1 Pruebas mecánicas

Se realiza una inspección minuciosa del inyector (Bosch serie 044 5110 310), antes de ser sometido a las pruebas de banco, para definir el estado inicial de funcionamiento y proceder con una calibración exitosa.

3.3.2 Prueba de Ruido

Esta prueba consiste en controlar la variación de presión del inyector para producir un movimiento oscilatorio de la aguja del inyector al iniciar y terminar el ciclo de inyección.

Este proceso es muy importante dentro de las pruebas mecánicas y poder descartar algún elemento que este en mal estado.

Figura 37

Prueba de ruido del inyector Bosch



Nota. En esta prueba se realiza una inspección del inyector para determinar cómo se encuentra internamente y así poder seguir con la calibración.

3.3.3 Control de pulverización

Se verifica que el chorro del inyector sea continuo, sin ninguna irregularidad y en forma de cono, caso contrario se debe realizar una limpieza de los componentes hasta conseguir la pulverización adecuada.

Figura 38

Control de pulverización del inyector



Nota. Se realiza un análisis visual de la pulverización del inyector, se verifica la forma continua y sin irregularidades del mismo.

3.3.4 Presión de apertura del inyector

Como se citó en (Pérez, 2020) se observa si el inyector entra en funcionamiento a una presión de 175 Bar de forma general. El resultado obtenido es:

Figura 39

Presión de apertura del inyector



Nota. En la figura se observa la configuración en el common rail test que determina el inicio de funcionamiento en el inyector.

3.3.5 Fuga externa

Se efectúa un aumento de presión en el inyector donde se coloca un pequeño papel absorbente en la parte inferior y superior del inyector, durante el procedimiento de fuga externa cuyo resultado es:

Figura 40

Fuga externa



Nota. El inyector no presenta fuga externa ya que sus elementos externos están debidamente sellados y no se requiere cambios.

3.3.6 Fuga interna

De acuerdo a (Álvarez, 2018), con una presión sostenida del combustible por debajo del funcionamiento, se comprueba que no tenga ningún goteo, dando como resultado.

Figura 41*Fuga interna*

Nota. Existe goteo excesivo, con la posible causa que haya demasiada holgura entre el vástago y la tobera por lo que se deberá sustituir este elemento (tobera).

3.4 Pruebas de funcionamiento

En el banco se procede a observar las posibles fallas, analizar el estado inicial del inyector en sus diferentes cargas.

Tabla 14*Pruebas del banco*

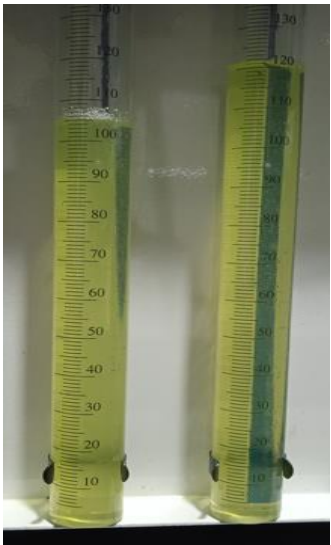

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full Carga	1600	1380	25	30
VE	Preinyección	800	220	8	15
LL	Ralentí	320	675	6	30

Nota. En la tabla especifica cuáles son las pruebas que se realizan en el banco de pruebas para los inyectores. Tomado del Manual de calibraciones de inyectores CRDI BOSCH, DENSO DELPHI, (Espinoza, 2016, p.89).

Antes de desarmar el inyector se realiza pruebas de banco CRDI para determinar el estado y parámetros de calibración que se ejecuta en el proceso de calibrado del inyector.

Tabla 15

Verificación de estado del inyector Bosch en el banco de pruebas

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15
Imagen Resultado (P0)	Retorno	Inyección	Observación		
	F U L L R E T O R N O	116 ml	Se determina que al emitir un exceso de inyección y retorno de combustibles en preinyección ralentí y full carga este requiere de calibración (inyector Bosch) Vehículo con elevada temperatura y exceso de humo, pérdida de potencia.		
LL	Ralentí	320	675	6	30
FULL RETORNO	Observación				
			Se realizó una inspección previa a la obtención de los datos de inyección y retorno de combustible en la cual se determina qué; el inyector en ralentí arroja exceso de combustible		

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1600	1380	25	30
FULL RETORNO		Observación			



Se verifica exceso de retorno de combustible en el inyector al someter a prueba de full carga para comprobar el estado final del inyector antes de ser calibrado.


Nota. En la tabla se especifica cual fue el estado del inyector en las pruebas de banco realizadas, dando como resultado lo ya establecido y dando paso a la calibración respectiva del mismo.






3.5 Proceso de desarmado



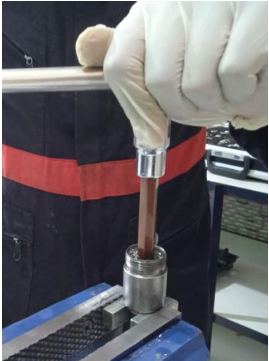

En la siguiente tabla se enlista el proceso correcto de desarmado del inyector Bosch utilizando las herramientas específicas como se puede observar en la siguiente tabla:

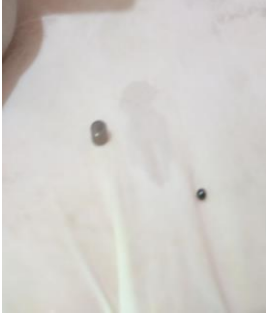



Tabla 16





Proceso de desarmado del inyector Bosch





Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
1	Sujetar el inyector en la prensa con la ayuda de soportes, ubicados en los extremos del inyector.	Inyector	Prensa Sujetadores	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
2	Aflojar la tuerca de bobina con el útil XD 11-AS29 y retirar con cuidado del cuerpo del inyector.	Inyector (Bobina)	Útil (XD11-AS29) Palanca de fuerza Prensa	
3	Extraer el conjunto que se encuentra en el interior de la bobina, resorte de bobina y anillo MFK.	Anillo MFK Resorte de Bobina	Pinzas	
4	Con la ayuda de unas pinzas retirar los seguros del inducido.	Seguros	Pinzas	
		Inducido	Pinzas	
5	Separar inducido de la guía control de válvula.	Inducido	Pinzas	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
	Separar el resorte del inducido.	Resorte	Pinzas	
6	Extraer el anillo de ajuste o arandela de separación de la bobina.	Anillo RLS	Pinzas	
7	Extraer la tuerca de sujeción de válvula con el útil TS15 (CR-V5) de 10 mm.	Tuerca de válvula	Palanca de fuerza	
8	Una vez removida la tuerca de sujeción se retira el control de válvula en conjunto con el anillo de calibración AH.	Control De válvula Anillo AH	Pinzas	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
9	Con la ayuda de unas pinzas retirar la guía y esfera de válvula.	Guía de esfera Esfera	Pinzas	
10	Asegurar de manera invertida el inyector para retirar la tuerca de sujeción de tobera.	Inyector Tuerca de sujeción de tobera	Prensa	
11	Extraer cuidadosamente la tuerca de sujeción de tobera con el útil TS15 (CR-V) del cuerpo del inyector.	Tobera Pines	Pinzas útil TS15 (CR-V) Palanca de fuerza	
12	Con la ayuda de una mano presionar la tobera de manera vertical y aflojar la tuerca de sujeción de tobera.	Tobera Tuerca de sujeción		

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
13	Separar la tobera del cuerpo del inyector sin dejar caer los pines de guía.	Inyector		
		Tobera		
	Con la ayuda de unas pinzas separar los pines del cuerpo del inyector.	Pines	Pinzas	
14	Extraer el conjunto interno de la sección de tobera, correspondiente a la arandela de calibración DNH y su guía.	Guía	Pinzas	
	Separar la arandela de calibración DNH de su guía.	Arandela DNH	Pinzas	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
15	Separar de la prensa el inyector, girar y sacudirlo levemente para que caiga el resorte y anillo de calibración DFK.	Anillo DFK Resorte de tobera	Pinzas	
16	Una vez removida la sección interna, emplear el útil D20-M15X0.5. Extraer la válvula y émbolo (plunger) del cuerpo del inyector.	Inyector Válvula Émbolo	útil D20-M15X0.5	 
17	Emplear el útil D17 para extraer el teflón del cuerpo del inyector verificando las condiciones en las que este se encuentre.	Teflón	D17	

Nota. En la siguiente tabla se realizó el proceso de desarmado del inyector Bosch utilizando las herramientas correspondientes a cada pieza para seguir con la calibración.

Figura 42*Despiece de partes del inyector Bosch*

Nota. En la imagen se observa todo el despiece del inyector Bosch para posterior seguir con la calibración y medición de los anillos de calibración.

3.6 Partes del Inyector

En la siguiente tabla se observa las piezas internas del inyector Bosch, teniendo un orden de despiece para que no haya alguna equivocación.

Tabla 17*Desarmado del inyector Bosch*

Nº	Elemento	Gráfico
1	Bobina	

Nº	Elemento	Gráfico
2	Resorte de válvula	
3	Anillo de ajuste VFK	
4	Control de válvula	
5	Anillo RLS	
6	Anillo de calibración AH	
7	Guía de esfera	

Nº	Elemento	Gráfico
8	Esfera de la válvula	
9	Tuerca de válvula	
10	Resorte de inducido	
11	Inducido	
12	Seguro A	
13	Seguro B	

Nº	Elemento	Gráfico
14	Teflón	 Two circular Teflon rings of different sizes are shown against a white background. The top ring is larger and has a slightly irregular, textured appearance, while the bottom ring is smaller and smoother.
15	Válvula y Émbolo (plunger)	 A long, thin metal plunger valve with a small cylindrical head at one end and a tapered tip at the other, shown against a white background.
16	Anillo de calibración de tobera DFK	 A single, thick, circular metal ring with a slightly irregular, textured surface, shown against a white background.
17	Resorte de tobera	 A coiled metal spring with approximately 8 turns, shown against a white background.
18	Guía	 A short, cylindrical metal piece with a slightly tapered end, shown against a white background.
19	Arandela de calibración DNH	 A small, circular metal washer with a slightly irregular, textured surface, shown against a white background.

Nº	Elemento	Gráfico
20	Pines	
21	Aguja de tobera	
22	Tobera	
23	Tuerca de sujeción de tobera	

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

3.7 Limpieza del Inyector

Para una buena calibración del inyector, es importante mantener las piezas en excelentes condiciones, una de ellas es la limpieza de estos componentes internos como externos, impidiendo que se mezclen con impurezas.

Figura 43

Limpieza del inyector Bosch








Nota: como se observa en la figura se la limpieza del inyector se debe hacer fuera de impurezas ya que al mezclar puede arrojar datos erróneos o un mal sellado interno del mismo.




3.8 Proceso de calibración




Para la calibración del inyector Bosch se debe observar que este no tenga ninguna especie de rajaduras o alguna imperfección ya que estas podrían causar una mala calibración o simplemente arrojar datos erróneos dentro del banco de pruebas, también tener a la disposición los instrumentos de medición y en perfecto estado, ya que son de suma importancia para realizar este proceso, como se describe a continuación:

Tabla 18

Ajuste de combustible en emisión y pre-inyección

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
1	Útil (XD11-AS29)	Extraer la bobina del cuerpo inyector.	
2	Pinzas	Separar anillo de calibración MFK y resorte de bobina.	
3		Retirar el inducido y reemplazar el resorte para el calibre.	 
4	Torquímetro	Montar la bobina en el inyector y dar el ajuste necesario de: T=15 Nm	
		Nota: No colocar el resorte de bobina y el anillo VFK.	




Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
5	Micrómetro	Fijar el micrómetro sobre la parte superior de la bobina e introducir el husillo hasta que la punta haga contacto con el inducido para determinar el recorrido de la esfera de la válvula.	
6	Micrómetro	Encerar el micrómetro	
7	Micrómetro	Presionar el capuchón tomar nota de la medida obtenida, esta deberá estar dentro de un rango determinado que se encuentra entre: 0,037 - 0,043 [mm] Caso contrario se procede al cambio o desbaste del anillo AH Nota: Si el grosor del anillo es mayor al de la medida requerida se procede al desbaste, caso contrario realizar el cambio de anillo AH.	





Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
8	Lija de 400	Realizar el desbaste del anillo AH, hasta conseguir la medida requerida dentro del rango determinado.	
	Vidrio	NOTA: El desgaste del anillo siempre debe hacerse en forma de ocho, sobre una superficie plana, de preferencia un vidrio y una lija de 400.	
	Micrómetro		
9		<p>La altura del anillo VFK tiene un rango de referencia entre:</p> <p>1,40 - 1,60 [mm]</p> <p>El grosor de estos anillos debe encontrarse dentro de estos parámetros establecidos, siendo únicamente rectificable para el ajuste de combustible.</p>	

Nota. En la tabla se puede observar el proceso de calibración en preinyección con las respectivas características, notando el rango preestablecido y que se ha de respetar durante todo el proceso y que solo dentro de éste se mueve el espesor del anillo de calibración. Tomar como mínimo 2 veces las mediciones y realizar un promedio para tener mayor exactitud.

Tabla 19

Ajuste de combustible en full carga y ralentí

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
1	Palanca de fuerza	Extraer la tuerca de sujeción de tobera.	
2	Reloj palpador útil G01 útil G11	Encerar el reloj palpador con el útil G01 en el útil G11.	
3	Reloj palpador	Colocar el reloj palpador en la base del inyector para tomar datos de la altura del DNH.	
4	Reloj palpador	Anotar la medida obtenida en X la cual será el desplazamiento de la aguja de tobera que se encuentra en el rango (tolerancias) de: 0.19-0.25 [mm]	

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
		<p>medida obtenida $X=1.578$ [mm] este es el desplazamiento del husillo del reloj palpador.</p>	
5		<p>Medir la altura de la arandela DNH y verificar si se encuentra dentro del rango determinado.</p> <p>Realizar los siguientes cálculos:</p> <p>$x=1.578-0.19$; $x=1.388$ [mm] h_{max}</p> <p>$x=1.578-0.25$; $x=1.328$ [mm] h_{min}</p> <p>Si esta altura se encuentra fuera del rango se procede al cambio o desbaste de la arandela.</p> <p>Nota: Las alturas de los anillos de ajuste deben ser objeto de variación de acuerdo a cada calibración y pruebas que se realizan en el banco.</p>	
	<p>Caja de utensilios (DNH) Bosch</p>	<p>Como la altura se encuentra fuera del rango se realiza el cambio por una de 1.300 mm ya que al realizar la prueba en el banco es la que mejor inyección otorga.</p>	
	<p>Micrómetro</p>	<p>Medir el anillo de calibración DFK y verificar si este se encuentra dentro de los parámetros determinados que son:</p> <p>1.300 -1.600 [mm].</p> <p>$x=1.442$ [mm]</p>	

3.9 Grosor de anillos de calibración

Tabla 20

Alturas antes y después de los anillos de calibración.



Anillo	Antes	Después	Rango
VFK	1.542 mm	1.542 mm	1,40 - 1,60 mm
AH	0,046 mm	0,041 mm	0,037 - 0,043 mm
DFK	1.442 mm	1.442 mm	1.30 - 1.70 mm
DNH	1.578 mm	1.3 mm	0.19-0.25 mm





Nota. La tabla anterior muestra las medidas de los anillos de ajuste antes y después de haber pasado por el proceso de calibración y estar dentro de rango requeridos.


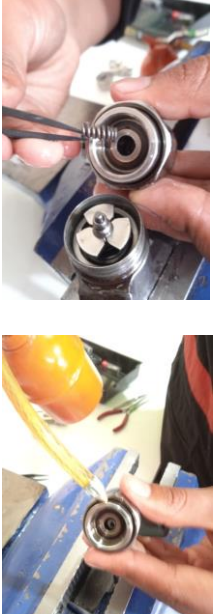
3.10 Proceso de armado





Tabla 21



Proceso de armado del inyector Bosch

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta/ Insumo	Evidencia
1	Realizar una limpieza de todos los componentes del inyector y mantener una buena lubricación en el ensamble de cada pieza.	Componentes del inyector	Aceite ISO 4113	
2	Comprobar que el área interna del cuerpo de inyector esté limpia para proceder a instalar el nuevo teflón con el útil D26m17x1. Nota: Verificar que el nuevo teflón se encuentre en la posición correcta, ya que al no mantener su posición este podría ocasionar un mal sellado en el interior del cuerpo del inyector.	Teflón	D26m17x1.	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta/ Insumo	Evidencia
3	Con la ayuda del útil D13-M27x1 colocar el conjunto de émbolo y válvula en el interior del inyector.	Válvula y Émbolo	D13- M27x1	
4	Ubicar la esfera y guía de esfera sobre el conducto de combustible de la válvula.	Esfera Guía	Pinzas	
5	Colocar el conjunto de control de válvula sobre la guía de esfera procurando que este se encuentre alineado correctamente.	Guías Españador de tobera	Pinzas	
6	Situación la tuerca de sujeción de válvula con la herramienta.... y aplicar el torque según las especificaciones. Torque= 55 Nm Nota: Verificar la posición de la tuerca de sujeción de válvula ya que esta se compone de dos caras una plana y otra ovalada, (la cara plana hacia abajo).	Tuerca de sujeción	Pinzas	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta/ Insumo	Evidencia
7	Introducir el resorte y guía de inducido asegurando su posición. Nota: Aplicar leves movimientos verticales sobre el inducido para comprobar que este se encuentre posicionado correctamente, se visualiza una leve holgura, esto indicara una alineación correcta.	Resorte Inducido Seguros	Pinzas	
8	Colocar en el interior de la bobina el resorte y anillo de calibración, con la ayuda de un aceitero lubricar el interior y la circunferencia de la bobina para su montaje.	Resorte Bobina	Pinzas Aceitero	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta/ Insumo	Evidencia
9	Insertar la bobina sobre el cuerpo del inyector y aplicar su torque correspondiente. Torque= 15 Nm Nota: Girar levemente la bobina para verificar su alineación correcta en conjunto con el inducido.	Bobina	Útil XD 11-AS29	
11	Posicionar el inyector de forma invertida en la prensa (entenalla), para seguir con el armado.	Inyector	Prensa	
12	Introducir el Anillo DFK. y el resorte de tobera. Con la ayuda de un aceitero lubricar el conjunto.	Anillo DFK	Pinzas	
13	Colocar la Guía y la arandela DNH. Posicionar los pines en los orificios correspondientes.	Arandel a DNH	Pinzas	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta/ Insumo	Evidencia
14	Ubicar la tobera sobre los pines. Nota: verificar que el orificio de combustible del cuerpo del inyector se encuentre alineado con el orificio de la tobera. Colocar la porta tobera y aplicar el torque correspondiente. Torque= 65 Nm	Tobera	Torcómetro	 

Nota. En la tabla se observa el proceso de calibrado y ajustando de las arandelas.

3.11 Prueba en el banco a cargas diferentes

Se realiza las pruebas en el banco a tres cargas diferentes preinyección, ralentí y full carga para determinante el correcto funcionamiento del inyector.

3.11.1 Marcha mínima

Tabla 22

Características de calibración a marcha mínima o ralentí

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralentí	320	675	6	30
Imagen Resultado (Pf)	Retorno	Inyección	Observación		
	1.8 ml	2 ml	Al ejercer la calibración del inyector Bosch en ralentí se debió ajustar el anillo DFK situando los parámetros de funcionamiento dentro del rango respectivo		

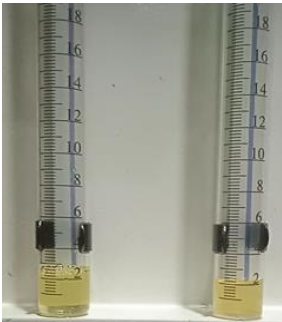
Nota. En la tabla se especifica la carga por el cual paso las pruebas en el banco y da como resultado los parámetros requeridos de funcionamiento dando como visto bueno los ml en llenado y retorno de combustible.

3.11.2 Preinyección

La preinyección se considera la prueba que parametriza al inyector, ya que es la distancia en la que se levanta el inducido y deja fluir el combustible, por eso es de suma importancia. Es la primera calibración que se debe realizar ya que da punto de partida satisfactorio ajustando el anillo AH y así seguir con los demás ajustes en las cargas,

Tabla 23

Características de calibración en preinyección

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	8	15
Imagen Resultado (P0)		Retorno	Inyección	Observación	
		2 ml	2.2 ml	Al realizar el ajuste del anillo AH, el cual sirve para la calibración en preinyección se puede observar que los datos respectivos están dentro del rango de funcionamiento de este inyector.	


Nota. En la tabla se especifica que anillo se debe calibrar para realizar la prueba de carga en preinyección.

3.11.3 Plena carga

Esta prueba se la realiza ajustando el anillo de calibración DNH que da el recorrido de la aguja de la tobera dando como resultado lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla 24

Características de calibración en la marcha máxima

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1600	1380	25	30
Imagen Resultado (Pf)	Retorno	Inyección	Observación		
	16 ml	90 ml	Al ajustar el anillo de calibración DNH que desempeña el trabajo para la calibración en full carga, el cual se colocó dentro de los parámetros de funcionamiento del inyector Bosch esté debidamente calibrado.		

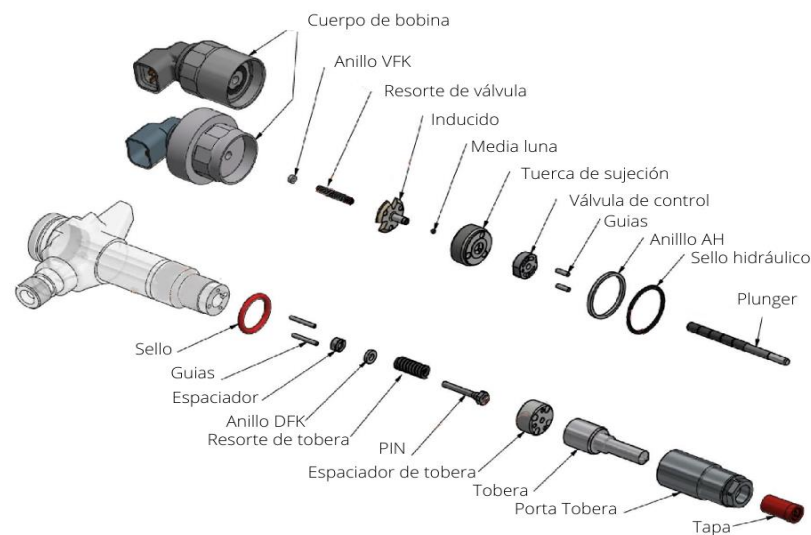
Nota. Se observar una correcta calibración del inyector Bosch en full carga.

3.12 Inyector Denso serie 095000 - 6366

El inyector Denso se puede encontrar en vehículos como el Hino NPR, trabajar a altas presiones y con elementos muy bien diseñados para cumplir su función.

Figura 44

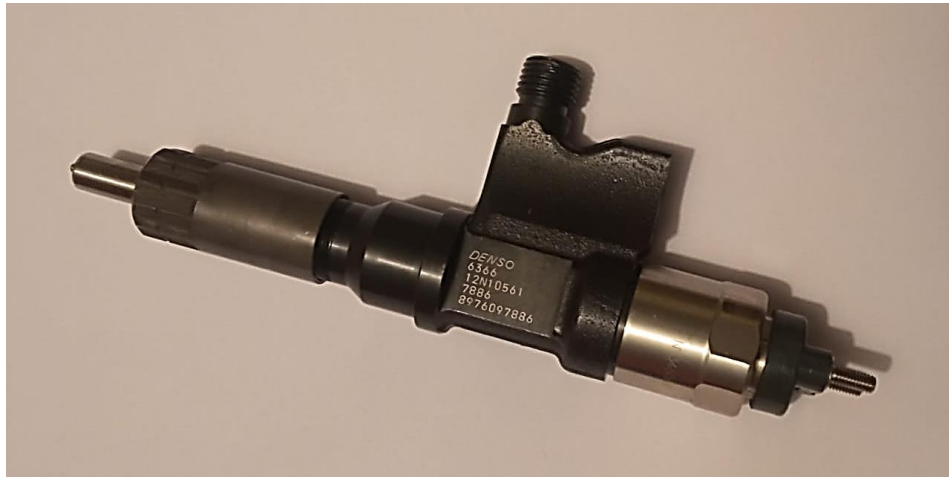
Elementos principales del inyector Denso



Nota. Se puede ilustrar las partes del inyector Denso para tener una visión y tenerlo en cuenta antes de realizar el desarmado y las pruebas. (Amadini, 2017, P.56).

Figura 45

Inyector Denso



Nota. En la imagen se observa el inyector utilizado en la investigación, el cual fue desarmado, calibrado y realizado las pruebas en el banco.

Tabla 25

Características del inyector Denso

Características	
Material	Acero
No. Modelo	095000-6366
Boquilla	12N10561
Voltaje	12 V
Amperaje	20A
Resistencia	0.6 Ohm
Presión de funcionamiento	200 Bar
Presión máxima	1800 Bar

Nota. En la tabla se menciona las características principales del inyector Denso. (Noboa, 2019, p.30).

3.13. Pruebas mecánicas

Previo al desarme del Inyector Denso, se procedió a montar en el banco de pruebas

para verificar si existe alguna anomalía mecánica.

3.13.1 Prueba de ruido

Se hizo llegar al inyector combustible y se realizó una variación de presión con el objetivo que la aguja emitiera un sonido por la oscilación de su válvula.

3.13.2 Control de la pulverización

El inyector sobre el banco se procede a conseguir que el chorro sea continuo, en forma de cono, para ver si no existe alguna irregularidad.

3.13.3 Presión de apertura del inyector

Según (Pérez & Sevilla, 2020) se observa si el inyector entra en funcionamiento a una presión de 175 Bar de forma general. El resultado obtenido es:

Figura 46

Equipo de configuración de presiones



Nota. Se puede apreciar la presión necesaria para el funcionamiento del inyector que es alrededor de los 175 Bar.

3.13.4 Fuga externa

Se produce un aumento de presión y se coloca un pequeño papel absorbente en la parte inferior del inyector durante el procedimiento de verificación, para ver si existe goteo o fuga externa cuyo resultado es:

Figura 47

Comprobación de fuga externa del inyector Denso



Nota. La figura muestra que no existe goteo externo, es decir que está bien sellado el inyector. Habrá casos donde habrá elementos que estén rotos y con grietas por donde se fuge el combustible, sustituyéndolos de inmediato.

3.13.5 Fuga interna

De acuerdo a (Álvarez, 2018), con una presión sostenida del combustible por debajo del funcionamiento, se comprueba que no tenga ningún goteo, dando como resultado:

Figura 48

Comprobación de goteo por fuga interna



Conclusión: Existe goteo excesivo, con la posible causa que haya demasiada holgura entre el vástago y la tobera por lo que se deberá sustituir.

3.13.6 Pruebas de funcionamiento

En el banco se procede a realizar las pruebas del inyector a diferentes cargas, para observar y analizar el estado inicial y final del inyector. A continuación, se presenta a detalle las pruebas a ejecutar:

Tabla 26

Pruebas del banco del inyector Denso

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full Carga	1350	1380	20	30
VE	Preinyección	800	220	16	30
LL	Ralentí	300	675	6	30

Nota. En la tabla se especifica cuáles son las pruebas que se realizan en el banco de pruebas para los inyectores. Tomado del Manual de calibraciones de inyectores CRDI BOSCH, DENSO DELPHI. (Espinoza, 2016, p.89).

Antes de desarmar el inyector se realiza las pruebas de banco CRDI, para determinar el estado y parámetros de calibración del inyector.

Tabla 27

Verificación de estado del inyector Denso a diferentes cargas

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	16	30
Imagen	Resultado (P0)	Retorno	Inyección	Observación	
	LIGERAMENTE POR DEBAJO DE LA MEDIDA REQUERIDA	13.3 ml		Se observa que la inyección de combustible en la prueba de preinyección se encuentra dentro de los parámetros, lo cual es un buen indicio que el anillo de calibración está dentro del rango, pero será necesario su revisión y validar dicha hipótesis.	
LL	Ralentí	300	675	6	30
	DENTRO DE LA MEDIDA REQUERIDA	2.9 ml		Se observa que la inyección de combustible en la prueba de ralentí se encuentra dentro de los parámetros, será necesario la revisión del anillo de calibración y verificar sus dimensiones.	

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1350	1380	20	30
FULL RETORNO		Observación			



DENTRO DEL RANGO

101 ml



Se puede observar en la ilustración que existe un exceso de combustible en la carga máxima, y un problema que causa es la emisión de humo blanco al no ser quemado por completo el diésel por lo mencionado. Sera necesario calibrar y reducir el volumen de la inyección.





Nota. En la tabla se detalla el estado inicial del inyector sometido a las diferentes cargas de inyección.

3.14 Proceso de desarmado


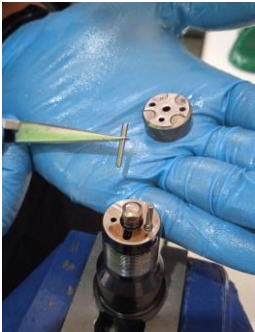
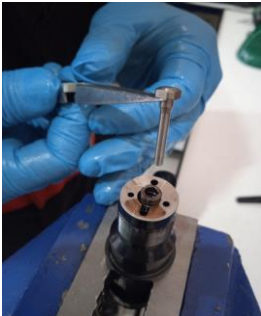

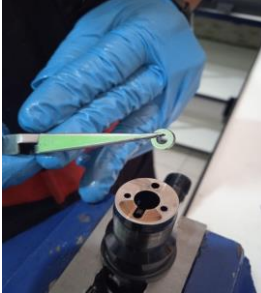
Tabla 28

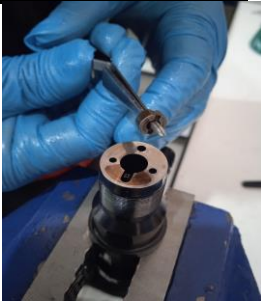
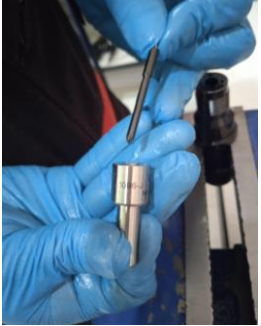
Proceso de desarmado del inyector Denso

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
1	Sujetar el inyector en la prensa en las partes más sólidas.	Inyector	Prensa	
2	Aflojar la tuerca de la bobina y retirarla con cuidado.	Bobina	Palanca de fuerza Acople de medio hexágono	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
3	Extraer el conjunto que encuentra en el interior de la bobina que es el resorte de válvula y el anillo VFK	Anillo VFK Resorte de válvula	Pinzas	
4	Extraer el anillo de ajuste o arandela de separación de la bobina.	Anillo AH	Pinzas	
5	Retirar con mucho cuidado el inducido que se encuentra en el cuerpo del inyector.	Inducido Media esfera	Pinzas	
6	Aflojar la tuerca interna de la válvula de control	Tuerca de sujeción	Palanca de fuerza Acople D01 – CCR	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
7	Extraer la válvula de control	Válvula de control	Pinzas	
8	Extraer las dos guías de la válvula de control	Guías	Pinzas	
9	Quitar de la presa el inyector, girar y sacudirlo para que caiga el Plunger.	Plunger (Émbolo)	Pinzas	
10	Sujetar nuevamente el inyector en posición invertida	Inyector	Prensa	
11	Aflojar la porta tobera y retirarla con cuidado.	Porta tobera	Palanca de fuerza Dado largo 19mm	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
				
	Retirar el espaciador y sus guías	Espaciador de tobera Guías	Pinzas	
12	Extraer el PIN	PIN (Alfiler)	Pinzas	
13	Extraer el conjunto del interior del cuerpo que es el resorte, el anillo y el espaciador.	Resorte de tobera Anillo DFK Espaciador	Pinzas	 

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta	Evidencia
				
14	Extraer la aguja de la tobera	Aguja Tobera	Pinzas	


Nota. La tabla describe todo el proceso de desarmado de las piezas del inyector, teniendo en cuenta el uso de las herramientas y manejo correcto.





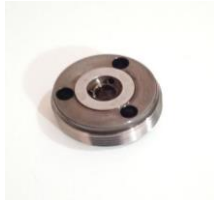

3.15 Partes del inyector

Una vez realizado el proceso del desarme del inyector, se muestran todas las piezas y los elementos para identificar a cada una de ellas.

Tabla 29

Partes del inyector Denso después del desarmado

Nº	Elemento	Gráfico
1	Bobina	

Nº	Elemento	Gráfico
2	Anillo VFK	
3	Resorte de válvula	
4	Anillo AH	
5	Inducido	
7	Tuerca de sujeción	
8	Válvula de control	

Nº	Elemento	Gráfico
9	Guías	
10	Plunger (Émbolo)	
11	Cuerpo	
12	Espaciador	
13	Anillo DFK	
14	Resorte de tobera	

Nº	Elemento	Gráfico
15	PIN (Alfiler)	
16	Espaciador de tobera	
17	Guías	
18	Aguja de tobera	
19	Tobera	
20	Porta tobera	

Nota. Con el desarme del inyector se puede visualizar de mejor manera los elementos y entender el funcionamiento de cada una de ellas.

3.16 Limpieza del inyector

Figura 49

Inyector Denso preparando para su limpieza



Nota. Se muestra las partes del inyector después de haber pasado por la limpieza, que es necesario antes de armarlo. Con esto se eliminan partículas que no causen problemas en su funcionalidad.

3.17 Proceso de calibración

Una vez realizada la limpieza del inyector, se procederá a las calibraciones correspondientes. Entre los elementos más importantes está el anillo de ajuste AH, el anillo VFK y el anillo DFK.

3.17.1 Calibración del anillo AH

Según (Espinoza, 2016) para determinar la altura del anillo del ajuste AH se requiere de las siguientes ecuaciones.

Espesor del anillo (x)

$$x = m - n$$


*Ecuación 1.**m: Profundidad de la bobina**n: Altura del inducido***Altura final del anillo (X)**



$$X = x + t$$


*Ecuación 2**x: Espesor del anillo**t: Tolerancias*

Las fórmulas mencionadas son de mucha ayuda para la calibración, se necesita medir las alturas de cada elemento que interviene en las ecuaciones y con los cálculos respectivos obtener el espesor del anillo AH. A continuación, se muestra el proceso de calibración de manera más detallada.

Tabla 30*Proceso de calibración del anillo de ajuste AH*

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfica
1	Reloj palpador Útil G08	Acoplar el útil G08, encerrar el reloj palpador con el útil G11 y proceder a medir la profundidad de la bobina. Resultado: M =4.99 [mm]	

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfica
2	Reloj palpador Útil G09	Tomar el reloj palpador y acoplar el útil G09, encerar y proceder a medir la altura del cuerpo del inyector hacia el inducido. Resultado: N=3.42 [mm]	
3	Cálculo	Hallar el espesor inicial utilizando los datos obtenidos	$x = 4.99 - 3.42$ $x = 1.57$ [mm]
4	Cálculo	Hallar la altura final con las tolerancias mínima y máxima	$X_{min} = 1.57 + 0.06$ $X_{min} = 1.63$ [mm] $X_{max} = 1.57 + 0.08$ $X_{min} = 1.65$ [mm]
5	Micrómetro digital	Medir la altura del anillo y tomar la decisión respectiva. Resultado: $X_o = 1.60$ [mm]	

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfica
6	Micrómetro digital	Se procedió a cambiar el anillo porque no se encontraba dentro del rango y estaba en mal estado. Xf=1.643 [mm]	


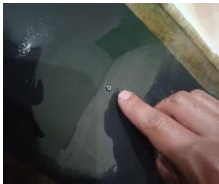
Nota. La tabla ilustra los cálculos ya realizados para calibrar el anillo AH y el proceso desarrollado, teniendo como resultado la sustitución del mismo.

3.17.2 Calibración del anillo VFK

Según (Perez & Sevilla, 2020) la altura del anillo VFK de los inyectores Denso pueden estar entre 1.10mm y 1.20mm. En este caso solo será necesario medir el estado inicial y comparar con la medida requerida, en el caso de sobrepasarse se podrá desbastar materia, caso contrario se sustituirá por uno nuevo.

Tabla 31

Proceso de calibración del anillo VFK

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
1	Micrómetro	Ubicar el anillo VFK entre las superficies de contacto y medir su espesor. Resultado H = 1.164 [mm]	
2	Ninguna	Observar si la altura está dentro del rango y tomar la decisión respectiva. En este caso no se realizó ningún cambio porque si está dentro del rango	


Nota. EL anillo VFK estaba dentro del parámetro establecido, lo cual no fue necesario sustituir, si como se lo detallo en la tabla.

3.17.3 Calibración del anillo DFK

Según (Espinoza, 2016) la altura del anillo DFK o de tobera de los inyectores Denso pueden estar entre 1.30mm y 1.70mm.

Tabla 32

Proceso de calibración del anillo DFK

Nº	Herramienta	Proceso	Gráfico
1	Micrómetro	Ubicar el anillo DFK entre las superficies de contacto y medir su espesor. Resultado H= 1.554 [mm] La altura está dentro del rango y no se realizó ningún cambio.	

Nota. La tabla muestra el espesor del anillo DFK dentro del rango.

3.18 Grosor de los anillos de calibración

Realizadas las calibraciones de los anillos AH, VFK y DFK se puede comparar su estado inicial y el posterior con el rango requerido, así como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 33

Alturas de los anillos de calibración

Anillo	Antes	Después	Rango
AH	1.60	1.643 mm	1.63mm - 1.65mm
VFK	1.164	1.164	1.10mm - 1.20mm
DFK	1.554 mm	1.554 mm	1.30mm - 1.70mm



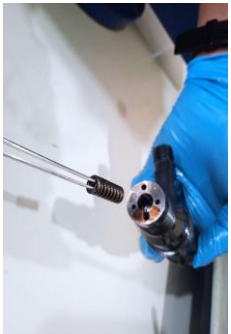
Nota. La tabla describe las medidas iniciales de los anillos de calibración, así como los resultados finales después de las correcciones realizadas.




3.19 Proceso de armado


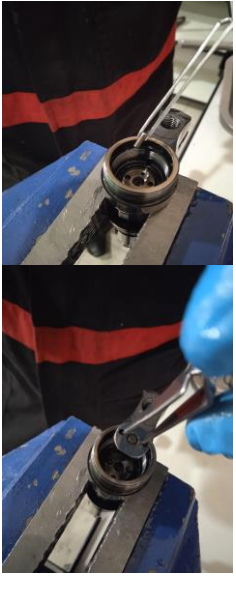

Una vez realizada la limpieza del inyector y calibrados los elementos pertinentes, se procede a armar. El proceso se realiza de forma inversa, pero teniendo en cuenta algunos detalles que son muy importantes en el montaje.





Tabla 34

Proceso de armado del inyector Denso

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta / Insumo	Evidencia
2	Lubricar el Plunger e introducir en el interior del cuerpo del inyector desde su parte inferior.	Plunger (Émbolo)	Pinzas	
3	Introducir el conjunto de tobera. Primero ubicar el espaciador con sus cortes en dirección a la tobera. Segundo introducir el anillo DKF sin importar su dirección Tercero ingresar el resorte sin importar su dirección	Espaciador Anillo DKF Resorte de tobera	Pinzas	 

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta / Insumo	Evidencia
4	Ingresar el PIN en el interior del resorte de tobera	PIN (Alfiler)	Pinzas	
5	<p>Ubicar guías y el espaciador de tobera.</p> <p>Tener en cuenta la posición del espaciador respecto al orificio de combustible.</p>	<p>Guías</p> <p>Espaciador de tobera</p>	Pinzas	
6	Ingresar la aguja en la tobera y superponer en el espaciador de tobera.	Aguja	Pinzas	
		Tobera		

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta / Insumo	Evidencia
7	<p>Ajustar la porta tobera y aplicar el torque según las especificaciones.</p> <p>Torque=65Nm</p>	Porta tobera	Torque digital	
8	<p>Insertar las dos guías y la válvula de control.</p> <p>La posición debe estar acorde al orificio de combustible.</p>	<p>Guías</p> <p>Válvula de control</p>	Pinzas	
9	<p>Ajustar la tuerca interna de la válvula de control con el útil respectivo y al torque según especificaciones.</p> <p>Torque= 55 Nm</p>	Tuerca de sujeción	Torque digital	

Nº	Proceso	Elemento	Herramienta / Insumo	Evidencia
10	<p>Introducir y posicionar el inducido.</p> <p>Tener en cuenta que la cara plana de la media esfera debe dirigirse hacia afuera.</p>	<p>Media esfera</p> <p>Inducido</p>	Pinzas	
11	<p>Introducir en el interior de la bobina el anillo VFK y el resorte de válvula.</p> <p>La forma cónica del anillo debe apuntar hacia la parte superior del inyector.</p>	<p>Anillo VFK</p> <p>Resorte de válvula</p>	Pinzas	
12	<p>Ingresa el anillo de ajuste o arandela de separación en la bobina.</p>	Anillo AH	Pinzas	
13	<p>Lubricar el canal de la bobina.</p> <p>Ajustar la bobina en el cuerpo del inyector con una pequeña presión.</p> <p>Aplicar un torque según las especificaciones.</p> <p>Torque = 14Nm</p>	Bobina	Torque digital	

Nota. En la tabla se ilustra el proceso inverso. En este caso particular se detalla aspectos muy importantes para realizarlo de manera correcta. Tener en cuenta que durante todo el proceso ir lubricando sus partes.

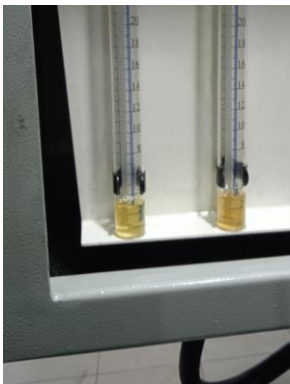
3.20 Prueba en el banco a cargas diferentes

Cuando el inyector está armado con todas sus piezas y elementos de calibración se procede a montar en el banco de pruebas, conectando las cañerías de inyección, retorno, y la señal PMW y realizar las pruebas a diferentes cargas para observar el estado final de funcionamiento.

3.20.1 Marcha mínima

Tabla 35

Características de calibración a marcha mínima o ralentí

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
LL	Ralentí	300	675	6	30
Imagen Resultado (Pf)		Retorno	Inyección	Observación	
		2.5 ml	3 ml	Se ilustra la prueba en ralentí después de calibrar el anillo, dando como resultado 2,5 ml de inyección y encontrándose dentro del parámetro.	

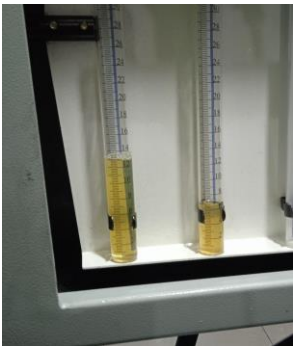
Nota. Se ilustra el volumen de la prueba después de la calibración del anillo VFK.

3.20.2 Preinyección

Es uno de los procesos de calibración que la facilidad para realizar la calibración de los anillos de ralentí y full carga.

Tabla 36

Características de calibración en preinyección

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VE	Preinyección	800	220	16	30
Imagen Resultado (Pf)	Retorno	Inyección	Observación		
	13 ml	7 ml	Al calibrar el anillo AH se ajusta la pre inyección del inyector, dando un volumen favorable.		

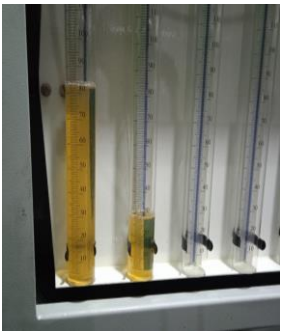
Nota. Se muestra que el volumen de inyección es correcto en la preinyección.

3.20.3 Plena carga

La prueba a plena carga se lo verifica ajustando el anillo DFK que da el recorrido de la aguja de la tobera y en consecuencia los resultados de inyección mostrado a continuación.

Tabla 37

Características de calibración a marcha máxima

Detalle	Prueba	Presión (Bar)	Ancho de pulso (ms)	Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)
VL	Full carga	1350	1380	20	30
Imagen Resultado (Pf)	Retorno	Inyección	Observación		
	84 ml	29 ml	Al ajustar el anillo DFK se calibra la carga máxima. Como está dentro del rango, el volumen de la inyección es aceptable.		

Nota. Después de modificar la altura del anillo DFK se redujo el volumen inicial de inyección para que este dentro del parámetro establecido, así como se lo indicó en la tabla.

Los anillos de calibración son importantes en el correcto funcionamiento del inyector. Por ello se ha realizado todos los procesos y cálculos para llegar a las medidas deseadas.

Dando resultados favorables en cada uno de ellos y que han sido comprados en las pruebas del banco a las diferentes cargas. Una vez terminado este estudio mecánico del inyector, se procede a la investigación de campo de la variable independiente que es la funcionalidad eléctrica y electrónica de inyector Denso.

Capítulo IV

4. Verificación y pruebas del sistema electrónico.

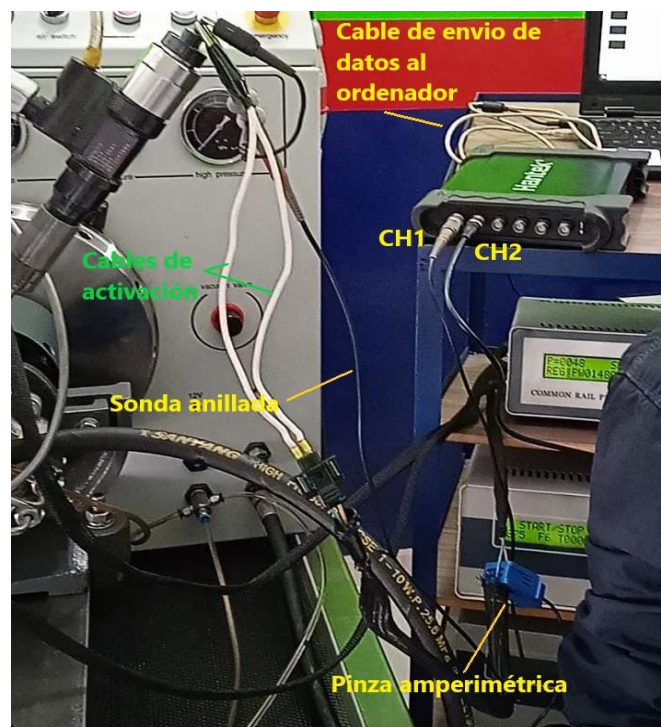
4.1 Descripción

En este capítulo se investiga el funcionamiento eléctrico y electrónico de los inyectores Bosch y Denso, las variables que intervienen en activación y los instrumentos de medición para obtener las gráficas de inyección y reconocer cada una de las fases desde el inicio hasta el final de la inyección, con el objetivo de saber identificar posibles averías de los elementos que intervienen.

Se debe tomar en cuenta que las gráficas se obtienen con el uso del osciloscopio HANTEK 1008, en este caso se utilizó los canales CH1 y CH2 para recibir la señal de activación de los inyectores a través de la sonda anillada y la pinza amperimétrica, que serán emitidas al osciloscopio y que son enviadas al ordenador mostrando los datos e información.

Figura 50

Elementos para hallar las curvas de funcionamiento de los inyectores



Nota. En la figura se muestra los elementos necesarios para hallar las curvas de corriente y voltaje de los inyectores Bosh y Denso.

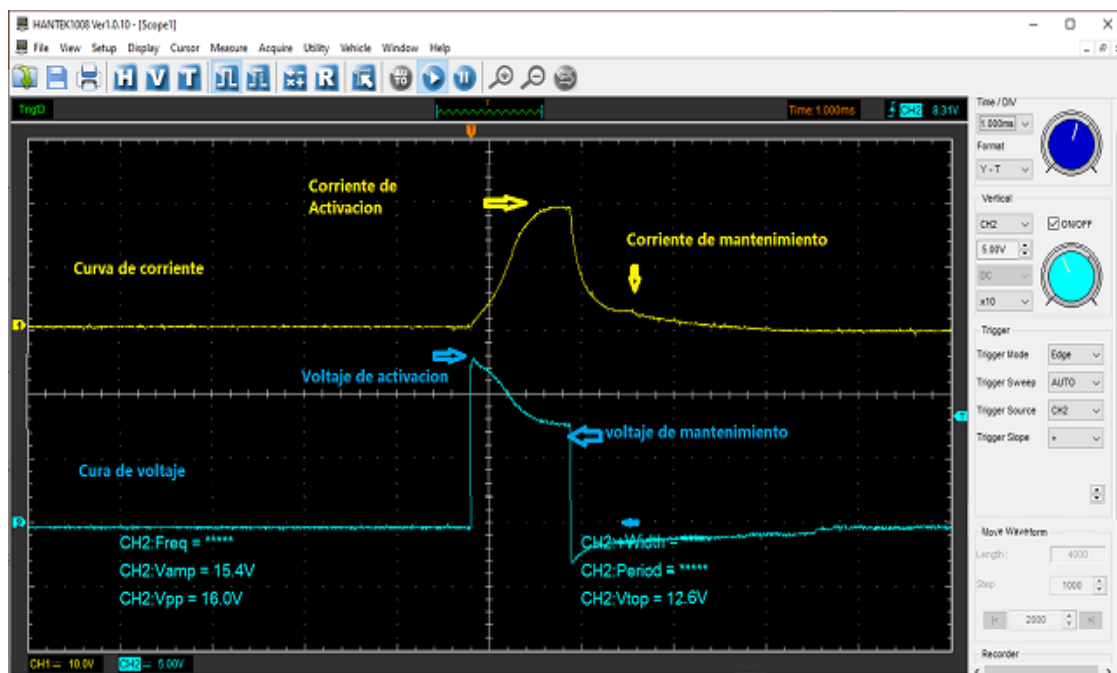
El software utilizado el Hantek 1008 versión 1.0.10 y permite variar las lecturas para una mayor compresión en el caso de ser necesario.

4.2 Pruebas inyector Bosch

4.2.1 Fase de activación de corriente y voltaje

Figura 51

Fase de activación de corriente y voltaje Bosch



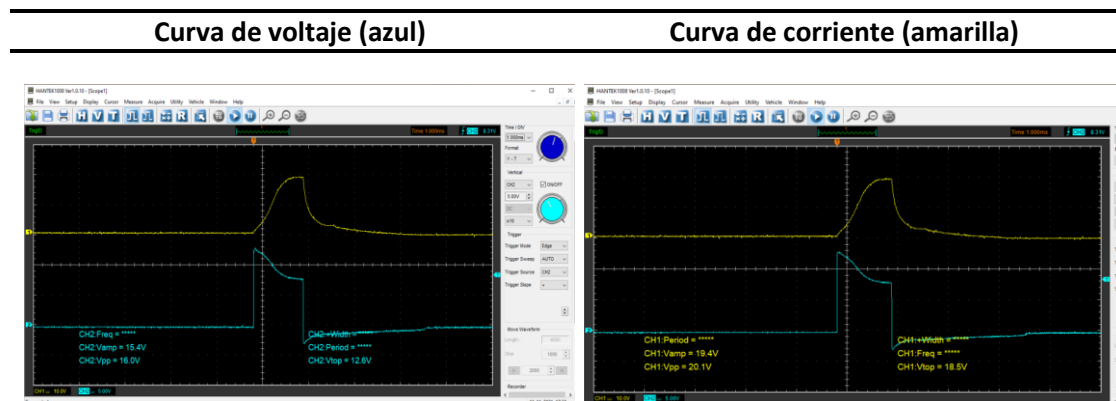
En la fase inicial, la batería suministra la tensión suficiente para la apertura y generar la fase de activación limitada con una regulación de corriente aproximadamente de **16.2A** En la fase de mantenimiento disminuye hasta **4A** y con esto se libera energía.

Esta energía liberada va al condensador en la fase de recarga entre cada inyector y esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo.

4.2.2 Curva de corriente y voltaje diferentes cargas

Tabla 38

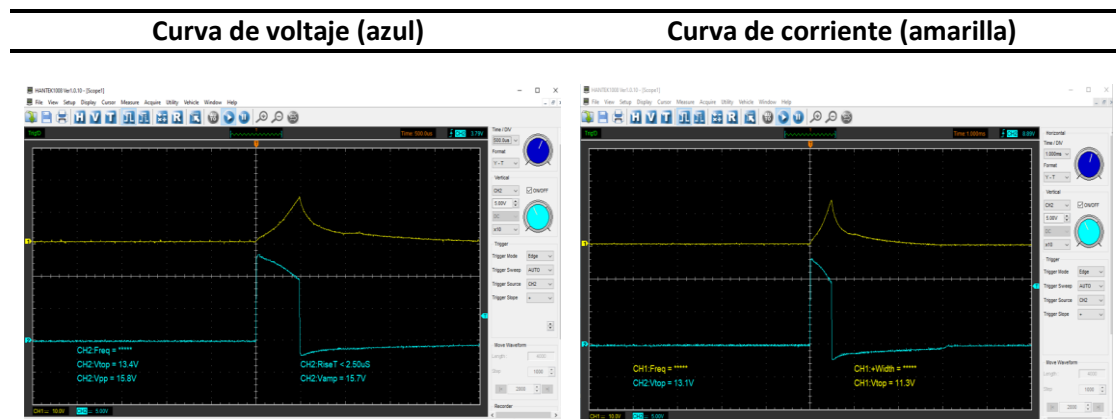
Curva de corriente y voltaje en ralentí



Descripción: La curva azul de voltaje tiene una activación de 12.6V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 18.5 A, a un tiempo de inyección de 2 ms con un tiempo de cierre de 1.2ms el periodo total es de 185 ms a 960 rpm y 5.42 Hz.

Tabla 39

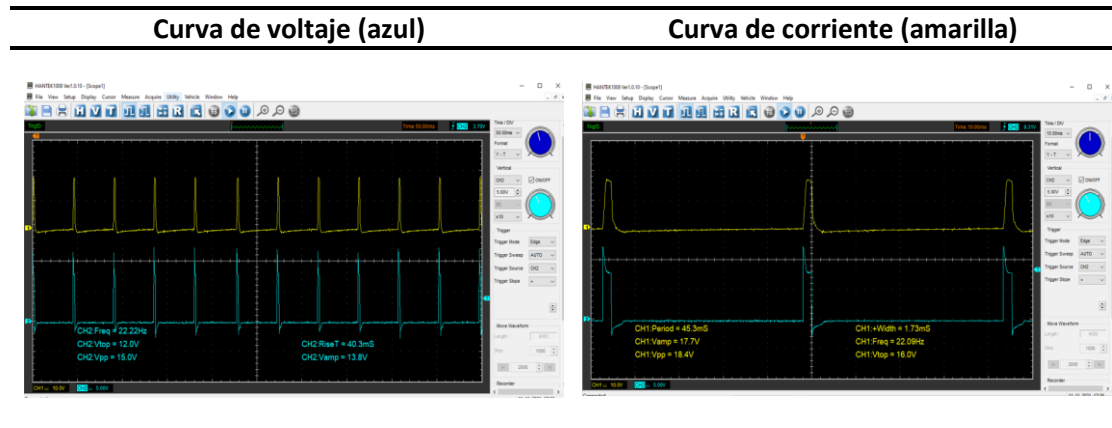
Curvas de corriente y voltaje en preinyección



Descripción: La curva azul de voltaje tiene una activación de 15.7 V y un voltaje de mantenimiento de 13,4V, la curva amarilla de corriente tiene una apertura de inyección de 11.3 A a un tiempo de inyección de 1 ms con un tiempo de cierre 2.6ms el periodo total es de 188 ms y 7.22Hz

Tabla 40

Curvas de corriente y voltaje en plena carga



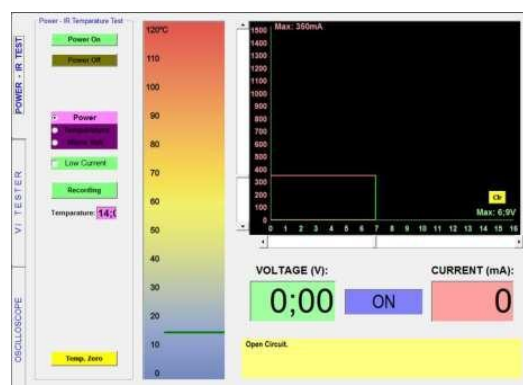
Descripción: Se observa la curva azul de voltaje tiene una activación de 12.1V y la curva amarilla de corriente tiene una apertura de la inyección de 16.2 A, a un tiempo de inyección de 2.8 ms con un tiempo de cierre de 40.7 ms el periodo total es de 43.5 ms a 960 rpm y 22.09 Hz.

4.3 Trazado de imágenes inyector Bosch

- Como primer paso es instalar el CD en el ordenador y conectar mediante el USB
- Haga clic en FADOS9F1 SETUP.exe e instale el programa.
- Ejecute FADOS9F1.exe, se observa la interfaz gráfica en su ordenador de esta manera:

Figura 52

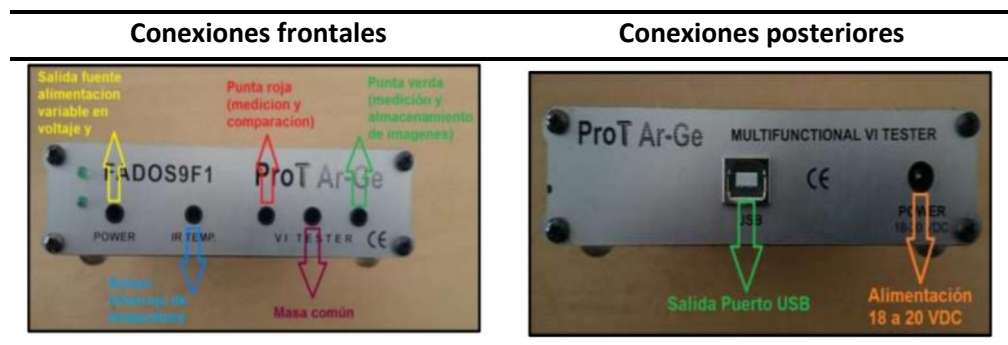
Interfaz gráfica del programa



Nota. Antes de continuar con la prueba en el equipo de diagnóstico por imágenes se debe tomar en cuenta las conexiones de todo el sistema operativo.

Tabla 41

Conexiones del FADOS 9F1



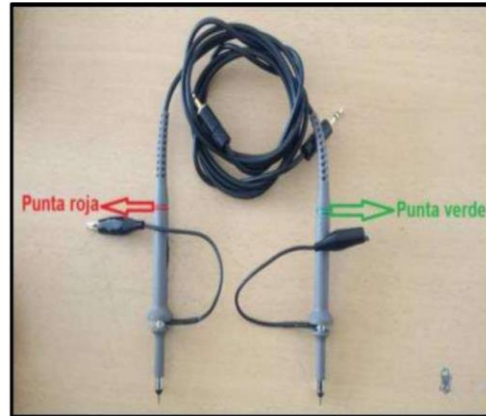
Nota. La tabla ilustra las conexiones frontales y posteriores del Fados 9F1. Tomado de (Peñañiel, 2015, p.40).

Posteriormente se detalla una serie explicada de manera ordenada, cómo se debe realizar las conexiones antes de verificar los componentes electrónicos del vehículo:

- Una vez realizado la instalación del programa en el ordenador, se debe conectar el cable de alimentación de FADOS9F1 hacia una toma de alimentación posterior al equipo.



- Se realiza las conexiones de las sondas respectivamente en los canales del equipo, se toma la primera sonda hacia CH1 (verde), la sonda dos en CH2 (roja) y el cable con pinzas en tierra (común).



- El cable USB se lo utiliza para la comunicación entre el equipo FADOS9F1 y el ordenador.

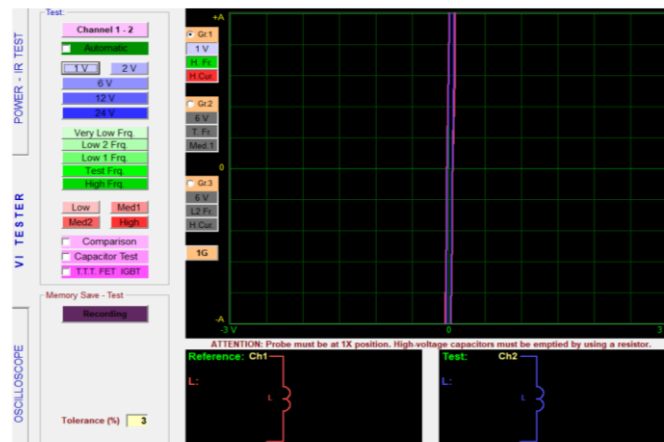


- Tener en cuenta que cuando se realiza esta conexión dentro del vehículo se debe desconectar la alimentación, es decir la batería de 12v.
- Si se realiza el test en sensores o actuadores el cable de la masa común se conecta en una de las terminales ya sean estos sensores o actuadores.
- Con la sonda o punta de prueba se debe tocar la terminal para obtener las curvas voltaje – corriente.

En este caso para realizar el test en el inyector Bosch, se realizar las conexiones de acuerdo a la descripción anterior. Como el inyector en su interior tienen una bobina la cual al ser energizada permite la pulverización del combustible, el componente interno de los inyectores se lo comprueba mediante el diagnóstico de imágenes, dando como resultado lo mostrado en la siguiente figura:

Figura 53

Diagrama de bobina del inyector BOSCH 0445 110 310



Nota. El grafica equivalente del test de la bobina del inyector Bosch es una elipse cerrada, indicando él estado en funcionamiento para la bobina. Tomado de (Molina, 2019, p.105).

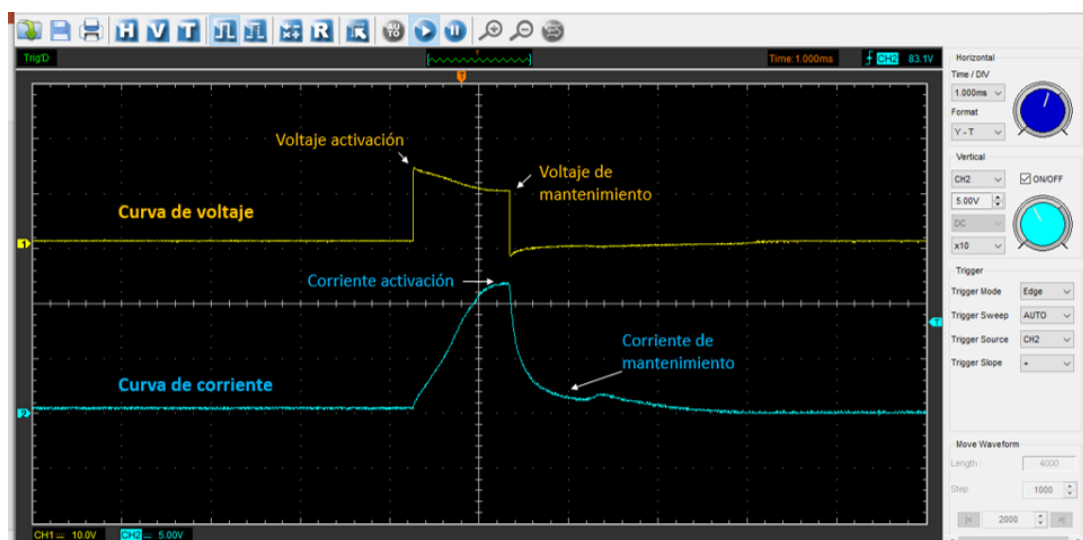
4.4 Pruebas inyector Denso

En el inyector Denso, el instrumento conectado a CH1 es la sonda anillada que mide el voltaje, y una pinza a perimétrica conectado a CH2 que mide la corriente.

4.4.1 Fase de activación de corriente y voltaje

Figura 54

Curvas de corriente y voltaje en sus diferentes fases del inyector Denso

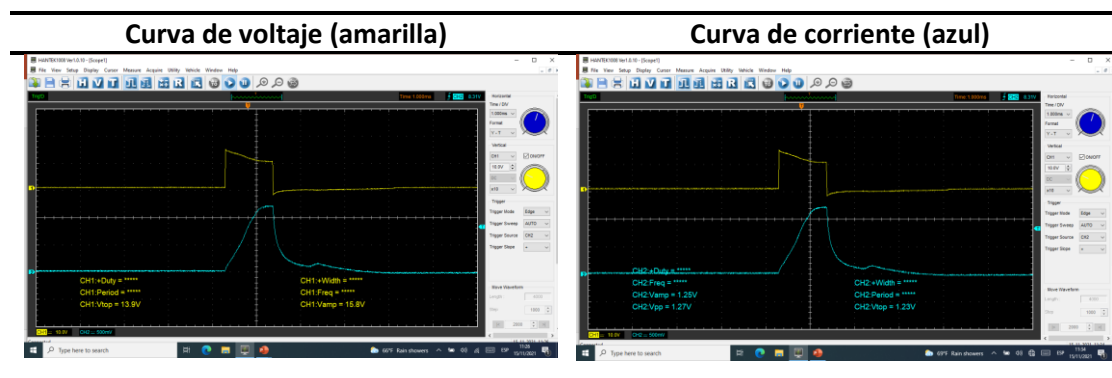


Nota. En la fase inicial, la batería suministra la tensión suficiente para la apertura y generar la fase de activación limitada con una regulación de corriente aproximadamente de **24A** En la fase de mantenimiento disminuye hasta **4A** y con esto se libera energía. Esta energía liberada va al condensador en la fase de recarga entre cada inyector y esto ayuda a mantenerlo cargado para el siguiente ciclo.

4.4.2 Curva de corriente y voltaje diferente cargas

Tabla 42

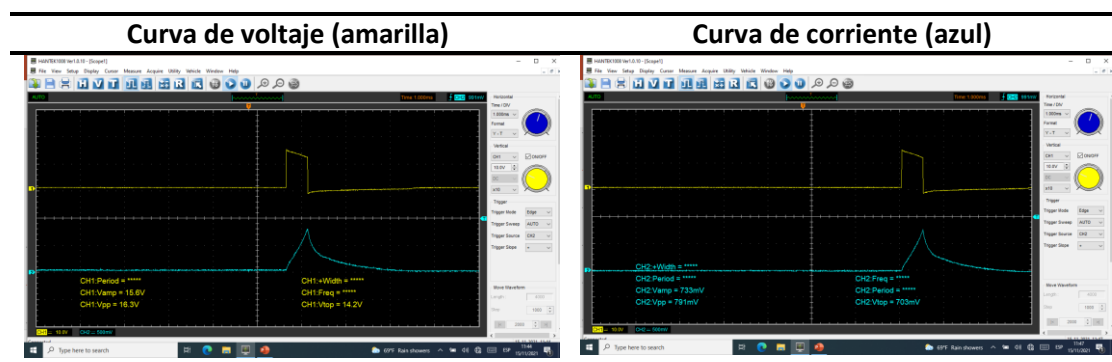
Curva de voltaje y corriente en el estado de preinyección



Descripción: La curva amarilla de voltaje tiene una activación de 15V y un voltaje de mantenimiento de 10V, la curva azul de corriente tiene una apertura de inyección de 24A a un tiempo de inyección de 1.1 ms con un tiempo de cierre de 186,9 el periodo total es de 188 ms a 960 rpm y 5.333 Hz

Tabla 43

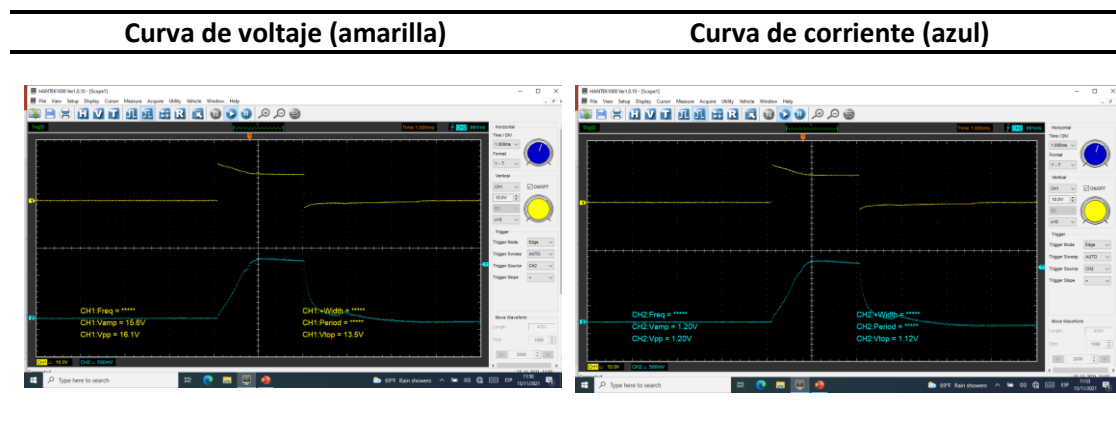
Curvas de voltaje y corriente en el estado ralentí



Descripción: Se observa la curva amarilla de voltaje tiene una activación de 14.8V y la curva azul de corriente tiene una apertura de la inyección de 16A, a un tiempo de inyección de 0,45 ms con un tiempo de cierre de 69,05 ms el periodo total es de 69.5 ms a 960 rpm y 14.40 Hz.

Tabla 44

Curvas de voltaje y corriente en el estado full carga



Descripción: Se observa la curva amarilla de voltaje tiene una activación de 13.5V y la curva azul de corriente tiene una apertura de la inyección de 20A, a un tiempo de inyección de 1.9 ms con un tiempo de cierre de 54.6 el periodo total es de 56.5 ms a 960 rpm y 17.71 Hz.

4.5 Trazado de imágenes

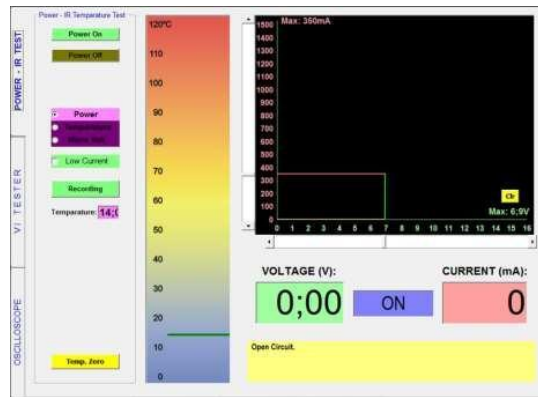
En el diagnóstico por imágenes se utilizó el FADOS 9F1, que bajo curvas características sirve para ver al estado de algún elemento electrónico. Como el inyector denso es inductivo, el componente a testear será la bobina.

- Se ha de conectar el FADOS 9F1 al ordenador a través del cable USB, instalando en el ordenador el CD.
- Ejecutar la aplicación FADOS9F1 SETUP.exe para instalar el programa

- Abrir la aplicación y observar la interfaz.

Figura 55

Interfaz de la gráfica del programa

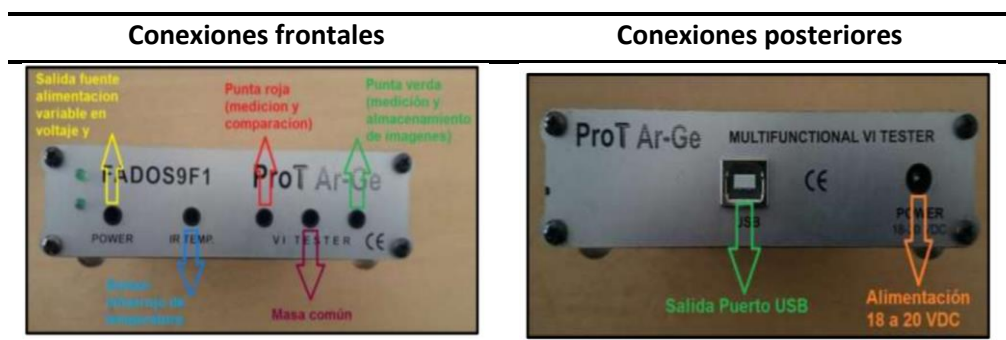


Nota. La interfaz del software instalado será donde se muestra las curvas características y equivalentes de los componentes electrónicos.

Antes de realizar las comprobaciones con el equipo FADOS 9F1, es necesario saber los conectores con su respectiva función para operar de manera correcta y mostrada continuación.

Tabla 45

Conectores y canales del FADOS F91



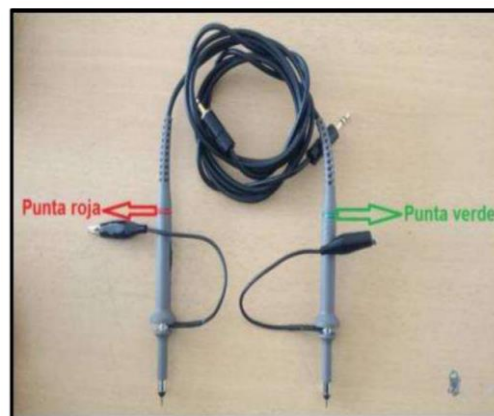
Nota. La tabla ilustra las conexiones frontales y posteriores del FADOS 9F1. Tomado de (Peñañiel, 2015, p.40).

A continuación, se describe el procedimiento para conectar los cables antes de realizar el testeo en los elementos electrónicos.

- Con el software instalado, se realiza la conexión del cable de alimentación del FADOS 9F1 hacia una toma corriente.



- Se conecta la primera sonda en el canal CH1 (verde) y la segunda sonda en el canal CH2 (rojo) del equipo, además del cable lagarto conectado a tierra.



- Para comunicar la información entre el FADOS 9F1 y el ordenador se conectan mediante el cable USB.

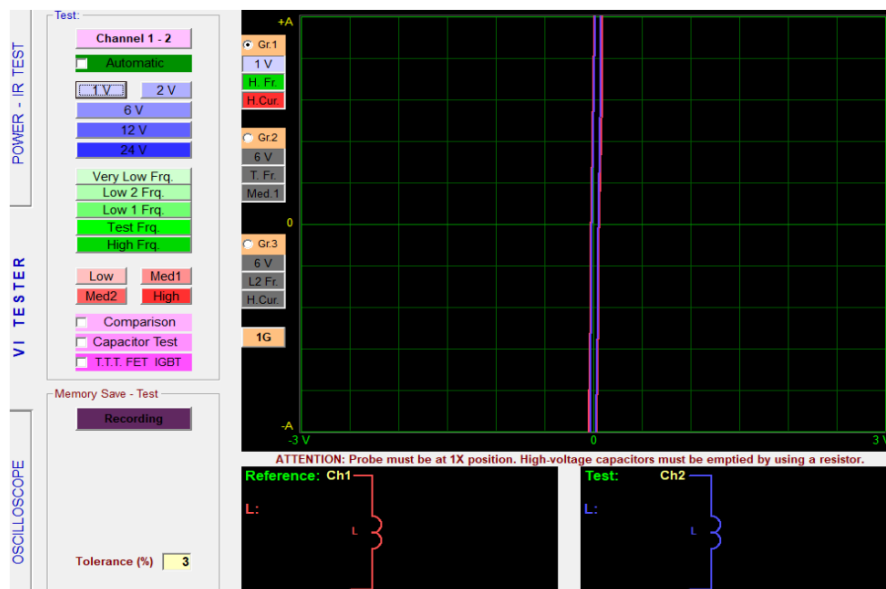


- Para realizar el análisis y comprobación de elementos electrónicos como sensores y actuadores, en uno de los terminales de cualquiera de estos debe ir conectado el cable de masa común.
- Y para realizar el testeo solo se debe hacer contacto la punta de la sonda en el terminal y así obtener la traza de imágenes.

Como el inyector Denso serie 6366 es un actuador se puede realizar las conexiones de acuerdo al proceso anterior. Al tener una bobina en su interior y al ser energizada, cuando se realice la conexión de la sonda de contacto en uno de sus terminales la imagen generada es la siguiente:

Figura 56

Diagrama de bobina del inyector DENSO 6366



Nota. El grafica equivalente del test de la bobina del inyector Denso es una elipse cerrada, indicando el funcionamiento de la bobina. Tomado de (Molina, 2019, p.105).

Capítulo V

5. Marco administrativo

5.1. Presupuesto y financiamiento

Para realizar la presente investigación de manera organizada y detallada, y que el proyecto sea factible, se detalla a continuación el análisis y optimización de los recursos humanos, materiales y tecnológicos.

5.2 Recursos Humanos

El recurso humano que intervendrá en la ejecución de la investigación es el siguiente:

Tabla 46

Recursos humanos

Ord.	Descripción	Cantidad	Función
1.	Almendariz Maisincho Carlos Andrés	1	Investigador
2.	Naranjo Pullupaxi Luis Aníbal	1	Investigador
3.	Ing. Washington Germán Erazo Laverde	1	Colaborador Científico

5.3 Recursos tecnológicos

Para la realización correcta de la investigación es necesario contar con equipos tecnológicos que se mencionan a continuación:

Tabla 47

Recursos humanos

Ord.	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo
1	Osciloscopio Hantek 1008c	1	\$ 250	\$ 250
2	Alquiler de kit de herramientas para armado y calibración de inyectores.	1	\$ 350	\$ 350
3	Alquiler banco de pruebas	1	\$ 300	\$ 350
4	Inyectores	2	\$ 200	\$ 400
5	Alquiler de torquímetro digital	1	\$ 250	\$ 250
6	Alquiler de micrómetro digital		\$ 90	\$ 90

7	Acoples de micrómetro digital	1	\$ 150	\$ 150
8	Alquiler de prensa para inyectores	1	\$ 450	\$ 450
TOTAL				\$ 2,290

5.4 Costo neto del proyecto.

El costo neto del proyecto titulado como: “Análisis electrónico y mecánico en el proceso de calibración de los inyectores de sistemas CRDI Bosch y Denso”, resulta de la suma total de los recursos a utilizar y la movilidad.

Tabla 48

Costo Neto del Proyecto

Descripción	Costo total USD
Recursos tecnológicos	\$ 2,290
Movilidad	\$ 100
TOTAL	\$ 2,390

Conclusiones

Al finalizar el trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Se investigó las fuentes bibliográficas a través de libros, tesis, información de manuales y revistas técnicas que sirvieron de ayuda con los procesos y parámetros de calibración de los inyectores CRDI Bosch y Denso.
- Se seleccionó minuciosamente los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 que sirvieron para el desarrollo de la investigación.
- Se realizó las pruebas mecánicas y eléctricas de los inyectores Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 utilizando el Banco de pruebas CRDI-VP44-COVEC-EUP y el software (osciloscopio) Hantek 1008.
- Se desarrolló todos los procedimientos de armado, desarmado y verificación de los inyectores CRDI Bosch y Denso mediante tablas de secuencia y todo esto gracias a investigar información exhaustiva y detalla, además de la práctica constante para llegar a lo planificado.
- Se obtuvo las curvas de funcionamiento de voltaje, corriente, sus diferentes fases e interpretación y además la traza de imágenes de los inyectores CRDI gracias al analizador en forma gráfica FADOS9F1.
- Se desarrolló los procesos de calibrado de los inyectores CRDI tomando medidas de los elementos y pasando a los cálculos y obtener a las dimensiones requeridas de los anillos de calibración.

Recomendaciones

- Tomar en cuenta las características específicas de la calibración de los inyectores CRDI Bosch serie 044 5110 310 y Denso serie 095000-6366 para no tener ningún inconveniente al momento de realizar las pruebas en el banco ya que al colocar un dato errado se puede alterar los valores finales.
- Se debe mantener una limpieza minuciosa al momento de extraer las partes internas del inyector ya que al realizar las mediciones puede alterar el valor o a su vez causar fugas internas y perjudicar la calibración de los inyectores.
- Utilizar las herramientas adecuadas en el desarme del inyector ya que puede causar algún daño externo del inyector y provocar que no se llegue a la calibración deseada.
- Para realizar el desarmado de los inyectores, se ha de tener un área limpia y adecuada, así como las herramientas adecuadas para el proceso y sobre todo con los instrumentos calibrados se lo realiza de manera eficaz.
- En el proceso de armado tener en cuenta la limpieza previa de todas las piezas ya que podría generar fallas en el funcionamiento del inyector y tener precaución en la aplicación de los respectivos torques.
- Tener en cuenta la correcta instalación del software FADOS 9F1, especialmente el controlador o puerto de comunicación del ordenador. Realizar las conexiones con mucho cuidado antes de tomar las mediciones pertinentes de las bobinas de los inyectores.
- Se ha de considerar poner al punto o encerar los micrómetros y relojes comparadores al menos 2 veces para precisar las medidas de los elementos que intervienen y hallar las alturas de los anillos de calibración, estas medidas se han de tomar varias veces para tener lecturas correctas y definitivas, ya que depende de esto el desarrollar de los criterios y toma de decisión al momento de calibrar.

Bibliografía

- Águila, A. (2017). Comprobación de inyectores CRDI (Bosch, Denso y Delphi). Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://vsip.info/inyectores-diesel-pdf-free.html>
- Augeri. C. (2020). Partes y funcionamiento de inyector Bosch 17. Recuperado el 17 de 10 de 202, de <https://Reparacion-vehiculos.es/tipos-de-inyectores-diesel-y-consejos-de-mantenimiento>
- Bosch, E. (2016). TEMA:” De la inyección indirecta a la inyección directa en el turismo”. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.tallerdemecanica.com/54-de-la-inyeccion-indirecta-a-la-inyeccion-directa-en-el-turismo>
- Bosch. (2015). Instrucciones de reparación y ensayo de inyectores Common Rail Bosch CRI/CRIN. Recuperado el 26 de 03 de 2021 de <https://es.scribd.com/document/446499537/IR-CRI-CRIN-VR-pdf>
- Bustillos, H. (2018). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos Bosch del sistema de inyección CRDI (common rail diésel injection) de los vehículos Volkswagen Amarok 2.0 y Land Rover Freelander ii 2.2. Recuperado el 26 de 03 de 2021 de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14025/T-ESPEL-MAI-0615.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cadena, D. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz. Recuperado el 22 de 03 de 2021 de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>

- Carvajal, D. A. S., & Ramos, J. D. V. (2013). "Diseño y construcción mecánica de un banco para la comprobación de inyectores diésel: Denso, Delphi y Bosch del sistema crdi". 115. Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/7217>
- Castillejo, A. (2014). Sistemas de inyección diésel electrónico, para servicio automotriz pesado. principio de funcionamiento. Recuperado el 26 de 03 de 2021 de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0754_M.pdf
- Castro, J. J., & Torres, M. E. (2019). Análisis comparativo del funcionamiento del inyector de un motor CRDI bajo diferentes alturas geográficas. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n1.2019.906>
- Chalco, M. (2017). "investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores de marca Delphi "ejbr02801d" y "ejbr04601d" del sistema de inyección crdi (common rail Diésel Injection)". Recuperado el 27 de 06 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/13729>
- Coral, F. (2013). Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz. Recuperado el 22 de 03 de 2021 de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>
- Espinosa, G. (2016). Manual de calibración de inyectores CRDI Denso, Bosch y Delphi.
- Galarza, C. (2018). Pruebas de chorro y goteo en sistemas de inyección Diésel, (pp. 45–48). Recuperado el 13 de 07 de 2021, de https://www.studocu.com/en-au/document/university-of-queensland/introductory-econometrics/lecture-notes/lecture-notes-introductory-econometrics-course-91011/156475/view?auth=0&auth_prem=0&prem_doc=0&new_title=0&has_flashcard_s=true
- Gonzalez, C. (2011). Inyectores para motores Common Rail. Recuperado 15 de 03 de 2021 de

- KIA MOTORS, C. (2016). COMMON RAIL - Delphi Manual de Entrenamiento de Servicio. Departamento de Asistencia Técnica de DIASA Ltda., Chile. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://www.coursehero.com/file/64381920/handsout-instructorguide4kiapdf/>
- Mafla, C. (2014). Módulo Didáctico De Los Inyectores Del Sistema Common Rail De La Camioneta Volkswagen Amarok. Recuperado el 23 de 03 de 2012 de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4200/1/05%20FECYT%202109%20TESIS.pdf>
- Martí Parera, A. (2015). Inyección electrónica en motores Diesel. Recuperado el 26 de 03 de 2021 de <https://cie.gov.ar/web/images/INYECCION-ELECTRONICA-DIESEL.pdf>
- Molina, J. (2019). Análisis de los parámetros mecánicos y electrónicos de funcionamiento del sistema de alta presión del conjunto CRDI del motor diésel Kia 2.0l tipo D4EA. Recuperado el 27 de 12 de 2021 de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20716/1/T-ESPEL-MAI-0659.pdf>
- Noboa, A. (2019). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores Bosch “0445120289” y “0445110250” del sistema Common Rail. Recuperado el 23 de 03 de 2021 de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2892/1/T-UIDE-220.pdf>
- Obando. (2014). Prueba de inyectores a diésel doble calibración. Recuperado el 23 de 03 de 2021 de https://1library.co/document/y959d3rz-prueba-de-inyectores-a-diesel-doble-calibracion.html?utm_source=seo_title_list
- Pacheco, C. (2007). Módulo Motores Diésel, material desarrollado y recopilado para uso didáctico. Recuperado el 29 de 09 de 2021, de <http://www.itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>

- Padilla, D. (2018). Descripción y mantenimiento del sistema common rail montado en el motor Hyundai D4EA. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/42436/3560901544198UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Passo, R., Ulcuango, C., & Carmen Toapanta. (2019). Activación y control de inyectores diésel crdi de las marcas Denso y Delphi. 21. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/238/359>
- Peñañiel, J. (2015). Diseño de manual para el diagnóstico por imágenes de circuitos electrónicos automotrices a través del software "FADOS". Recuperado el 27 de 12 de 2021 de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2306/1/T-UIDE-155.pdf>
- Pérez, B., & Sevilla, M. (2020). Análisis de los procesos de calibración y puesta a punto de los inyectores Bosch serie 0 445 110 250 y Denso serie 23070 - 01010. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22743>
- Quintana, G. (2016). Estudio de la evolución de los CRDI (Common Rail Direct Inyection) en función del combustible en Sudamérica. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1766/1/T-UIDE-1313.pdf>
- Quispe, E. (2011). TEMA:" Inyectores para motores Common Rail". Recuperado el 20 de 04 de 2021, de https://es.slideshare.net/celinpadilla/common-rail-inyectores?from_action=save
- Raghani, R. (2017). Desarrollo de un manual de procesos para la comprobación de inyectores common rail del motor Hyundai J3. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2308/1/T-UIDE-157.pdf>
- Robayo, F. (2018). Investigación del comportamiento mecánico y electrónico de los inyectores piezoeléctricos Bosch del sistema de inyección CRDI (Common Rail Diesel

Injection) de los vehículos Volkswagen Crafter 2.5 TDI Hyundai Veracruz IX55 3.0.

Recuperado el 26 de 03 de 2012 de

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14151/T-ESPEL-MAI-0625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, R. (2007). Metodo Cientifico. Recuperado el 15 de 03 de 2021 de

<http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>

Ullauri, G. (2016). Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para

inyectores del sistema Common Rail Bosch. Recuperado el 10 de 03 de 2021 de

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1433/1/09601.pdf>

Villamizar, J. B. (2017). Inyección HEUI y Common Rail Ford, sensores y actuadores en

motores diésel. Recuperado el 05 de 04 de 2021, de

<https://fddocuments.ec/document/inyeccion-heui-y-common-rail-ford-navistar-2014-06-23-en-la-figura-bombas.html>

Anexos