



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

RECONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES MARCA HARTRIDGE  
NOZZLE TESTMASTER HH601 PARA EL LABORATORIO DIÉSEL DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ SEDE CUENCA

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: JAIRO SEBASTIÁN ORDOÑEZ DOMÍNGUEZ  
JEFFERSON LEONARDO QUICHIMBO PILLCO

TUTOR: ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez con documento de identificación N° 0107045940 y Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco con documento de identificación N° 0106542426; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 24 de febrero del 2022

Atentamente,



---

Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez

0107045940



---

Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco

0106542426

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez con documento de identificación No. 0107045940 y Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco con documento de identificación No. 0106542426, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Reconstrucción del comprobador de inyectores marca Hartridge Nozzle Testmaster HH601 para el laboratorio diésel de Ingeniería Automotriz sede Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de febrero del 2022

Atentamente,



---

Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez

0107045940



---

Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco

0106542426

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Lauro Fernando Barros Fajardo con documento de identificación N° 0103653457, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: RECONSTRUCCIÓN DEL COMPROBADOR DE INYECTORES MARCA HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER HH601 PARA EL LABORATORIO DIÉSEL DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ SEDE CUENCA, realizado por Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez con documento de identificación N° 0107045940 y por Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco con documento de identificación N° 0106542426, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 24 de febrero del 2022

Atentamente,



---

Ing. Lauro Fernando Barros, MSc.

0103653457

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios por guiarme en mi camino y darme la sabiduría para formarme como persona de bien. A mis padres que han sido pilar fundamental en este proceso de formación académica, quienes me han brindado su apoyo incondicional en todo momento. A mi hermano que ha sido mi compañero, quien siempre me ha impulsado a perseguir mis metas y a no rendirme en los momentos más difíciles.*

*Por último, a mi novia también quien ha sido parte de los momentos complicados junto con su apoyo moral e incondicional incentivándome a seguir adelante con mis decisiones y ambiciones.*

***Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez***

## **AGRADECIMIENTO**

*Son muchas las personas que han contribuido el desarrollo y conclusión de este trabajo de titulación. Primero quiero agradecer a Dios y al esfuerzo de mi madre, gracias a mi familia que fueron participes e influyeron en el proceso de manera directa e indirecta. Gracias a mis padres, que fueron mis mayores promotores durante este arduo y extenso proceso de preparación profesional, gracias por creer y confiar en mí. Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis e incurrir dentro de su repertorio de información académica.*

***Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco***

## **DEDICATORIA**

*Con una gran satisfacción que invade mi ser, dedico esta tesis de grado, de manera especial, a mis padres, quienes me apoyaron en lo económico y afectivo, con todo su amor hasta llegar a convertirme un profesional al servicio del bien común. De la misma manera y con gran cariño, a mi hermano, guía, ejemplo y compañero de tristezas y alegrías.*

***Jairo Sebastián Ordoñez Domínguez***

## **DEDICATORIA**

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi familia, en especial a mi madre pues sin ella no habría logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo. Parece como si nunca hubiéramos estado en paz, siempre batallando ante las circunstancias de la vida, de manera muy especial dedico mi tesis a mi hermana Evelin, estoy seguro que te sentirás muy orgullosa de mi por este logro. Te agradezco por toda la felicidad y emociones que vivimos, siempre estarás presente en mí.*

***Jefferson Leonardo Quichimbo Pillco***



## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un mantenimiento preventivo y correctivo al banco de pruebas Hartridge Testmaster HH601 para inyectores convencionales diésel del laboratorio de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana sede Matriz Cuenca, debido a que se encuentra sin servicio por fallos en el equipo.

Para la reconstrucción del comprobador de inyectores se recopiló información de todo tipo para así diferenciar sus elementos y su funcionamiento, de este modo se planificó las actividades a realizar y diagnosticar las causas de su avería.

Se realizaron mantenimientos de sus mecanismos internos y externos para así reparar los componentes deteriorados o sustituirlos si es el caso. Se ejecutaron diferentes pruebas para identificar fugas, piezas sueltas y elementos faltantes, que pueden afectar al funcionamiento del equipo y posteriormente se reparó los componentes deteriorados para poner en marcha el comprobador de inyectores diésel.

En este documento se aplicó una recopilación teórica-práctica que sirve de referencia para reparaciones de este tipo de comprobadores y la readecuación de este equipo permitirá a los estudiantes realizar pruebas reales fortaleciendo los conocimientos infundidos en el aula de clase, relacionándose con el ambiente de trabajo.

Finalmente, se realizaron distintos ensayos de pulverización, estanqueidad, goteo, entre otras; con el fin de evidenciar el buen funcionamiento del comprobador sin presentar desperfectos durante su puesta en marcha, garantizando la efectividad en cada una de sus pruebas y de los valores obtenidos para determinar las condiciones en las que se encuentran los inyectores diésel.

**Palabras clave:** Comprobador HH601, inyectores, estanqueidad, pulverización, mantenimiento.

## ABSTRACT

In the present work, preventive and corrective maintenance was carried out on the Hartridge Testmaster HH601 test bench for conventional diesel injectors of the Automotive Engineering Laboratory of the Salesian Polytechnic University headquarters in Cuenca, due to the fact that it is out of service due to equipment failure.

For the reconstruction of the injector tester, information of all kinds was collected in order to differentiate its elements and its operation, in this way the activities to be carried out and to diagnose the causes of its failure were planned.

Maintenance of its internal and external mechanisms was carried out in order to repair the deteriorated components or replace them if it is the case. Different tests were carried out to identify leaks, loose parts and missing elements, which can affect the operation of the equipment and later the deteriorated components were repaired to start up the diesel injector tester.

In this document, a theoretical-practical compilation was applied that serves as a reference for repairs of this type of testers and the readjustment of this equipment will allow students to carry out real tests, strengthening the knowledge instilled in the classroom, relating to the work environment.

Finally, different tests of spraying, sealing, dripping, among others, were carried out; in order to demonstrate the proper functioning of the tester without presenting any damage during its start-up, guaranteeing the effectiveness of each of its tests and the values obtained to determine the conditions in which the diesel injectors are found.

**Keywords:** HH601 tester, injectors, tightness, spraying, maintenance.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XIX</b>
<b>PROBLEMA .....</b>	<b>XX</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>XX</b>
<b>IMPORTANCIA Y ALCANCES .....</b>	<b>XXII</b>
<b>DELIMITACIÓN .....</b>	<b>XXII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>24</b>
1.1 COMPROBADOR DE INYECTORES DIÉSEL.....	24
1.2 BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES CONVENCIONALES.....	24
1.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES .....	25
1.4 ELEMENTOS PRINCIPALES .....	26
1.5 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES .....	27
1.5.1 DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE .....	27
1.5.2 MANIVELA.....	28

1.5.3	CONTROL DE COMBUSTIBLE (BOMBA) .....	28
1.5.4	MANÓMETRO .....	29
1.5.5	CÁMARA DE PULVERIZACIÓN .....	30
1.6	TIPOS DE COMPROBADORES DE INYECTORES .....	31
1.6.1	BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES DIÉSEL CON GESTIÓN ELECTRÓNICA .....	31
1.6.2	TIPOS DE COMPROBADORES CON GESTIÓN ELECTRÓNICA .....	32
1.6.3	COMPROBADOR DE INYECTORES DIÉSEL MECÁNICOS .....	33
1.6.4	TIPOS DE COMPROBADORES MECÁNICOS .....	34
1.7	INYECTORES CONVENCIONALES DIÉSEL .....	38
1.7.1	PULVERIZACIÓN .....	39
1.7.2	DISTRIBUCIÓN .....	40
1.7.3	PENETRACIÓN .....	40
1.7.4	CORTE DE LA INYECCIÓN .....	41
1.7.5	TEMPERATURA .....	41
1.8	TIPOS DE INYECTORES .....	41
1.8.1	MECÁNICOS .....	41
1.8.2	INYECTOR TIPO ESPIGA O TETÓN .....	45
1.8.3	ORIFICIOS O AGUJEROS .....	47
1.8.4	DESMONTAJE DEL INYECTOR MECÁNICO DIÉSEL .....	49
1.8.5	INYECTORES CON GESTIÓN ELECTRÓNICA .....	51
1.8.6	DESMONTAJE DEL INYECTOR ELECTRÓNICO DIÉSEL .....	56
1.9	PORTA TOBERA .....	57
1.10	TOBERA .....	58
1.10.1	CARACTERÍSTICAS .....	59

1.10.2	BENEFICIOS .....	59
1.10.3	TIPOS DE TOBERA .....	59
1.10.4	DESIGNACIÓN DE UN TIPO DE TOBERA .....	61
1.10.5	LECTURA DE TOBERAS.....	62
1.10.6	IDENTIFICACIÓN DE LAS TOBERAS .....	64
1.11	AVERÍAS PRINCIPALES DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	64
1.12	FLUIDOS DE CALIBRACIÓN PARA EQUIPOS DE INYECCIÓN DIÉSEL .....	65
1.12.1	ISO 4113 .....	65
1.13	CAÑERÍAS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE.....	66
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>67</b>
<b>DESARROLLO.....</b>		<b>67</b>
2.1	REPARACIÓN Y AJUSTE .....	67
2.1.1	VÁLVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE Y VÁLVULA DEL MANÓMETRO .....	67
2.1.2	REPARACIÓN DE LA BOMBA DEL COMPROBADOR.....	70
2.1.3	MECANISMO DE LA MANIVELA – SEPARACIÓN DEL ÉMBOLO .....	76
2.1.4	INTERRUPTOR DEL EXTRACTOR DE HUMOS .....	77
2.1.5	JUNTAS TÓRICAS DEL BLOQUE DE VÁLVULAS .....	79
2.1.6	MONTAJE DE LA MESA.....	80
2.1.7	TURBINA DEL EXTRACTOR DE PULVERIZACIÓN .....	80
2.2	PROCESO DE REPARACIÓN DE LA PINTURA .....	81
2.3	MONTAJE DE LOS ELEMENTOS .....	84
2.4	ÁREA DE TRABAJO .....	90
2.4.1	INSTALACIÓN DE MESA DE TRABAJO.....	90

2.4.2	TOMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA .....	91
2.4.3	TOMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA .....	91
2.4.4	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	91
2.5	MONTAJE FINAL.....	91
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>92</b>
<b>COMPROBACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES EN EL ÁREA DE PRUEBAS.....</b>		<b>92</b>
3.1	GENERALIDADES.....	92
3.2	AJUSTE DE LA PRESIÓN .....	92
3.3	ENJUAGUE Y AJUSTE LA PRESIÓN .....	93
3.4	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD O GOTEO .....	94
3.5	PRUEBAS DE RETORNO DE FUGAS .....	95
3.6	PRUEBA DE FORMACIÓN DE LA PULVERIZACIÓN (ATOMIZACIÓN) Y “RONQUIDO DE LA AGUJA.” .....	96
3.7	PRUEBA DE PRESIÓN DE INYECCIÓN.....	97
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>98</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	98
4.2	RECOMENDACIONES .....	99
4.3	BIBLIOGRAFÍA.....	100
4.4	ANEXOS.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.....	XXII
<b>FIGURA 2</b> COMPROBADOR HARTRIDGE HH601 DIÉSEL MECÁNICO. ....	25
<b>FIGURA 3</b> ELEMENTOS DEL COMPROBADOR.....	26
<b>FIGURA 4</b> DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE. ....	28
<b>FIGURA 5</b> MANIVELA.....	28
<b>FIGURA 6</b> BOMBA DE PRESIÓN.....	29
<b>FIGURA 7</b> MANÓMETRO. ....	30
<b>FIGURA 8</b> CÁMARA DE EXTRACCIÓN DE CONTAMINACIÓN.....	30
<b>FIGURA 9</b> COMPROBADOR ELECTRÓNICO. ....	32
<b>FIGURA 10</b> BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES DIÉSEL.....	33
<b>FIGURA 11</b> COMPROBADOR DE INYECTOR MANUAL CAV. ....	34
<b>FIGURA 12</b> COMPROBADOR DE INYECTOR EPS 100. ....	35
<b>FIGURA 13</b> COMPROBADOR DE INYECTORES OTC. ....	36
<b>FIGURA 14</b> COMPROBADOR HARTRIDGE HH601 .....	37
<b>FIGURA 15</b> INYECTOR CONVENCIONAL DE ORIFICIOS. ....	38
<b>FIGURA 16</b> INYECTOR CONVENCIONAL.....	39
<b>FIGURA 17</b> INYECTOR CON REGULACIÓN POR TORNILLO.....	42
<b>FIGURA 18</b> INYECTOR POR REGULACIÓN POR ARANDELAS. ....	42
<b>FIGURA 19</b> INYECTOR CON AJUSTE POR TORNILLO.....	44
<b>FIGURA 20</b> INYECTORES CON REGULACIÓN POR ALZAS. ....	45
<b>FIGURA 21</b> TOBERA DE TETÓN CILÍNDRICA. ....	46
<b>FIGURA 22</b> INYECTOR MECÁNICO DE ESPIGA. ....	46
<b>FIGURA 23</b> TOBERA DE ORIFICIOS DE TARADO CIEGO. ....	47

<b>FIGURA 24</b>	<b>INYECTOR CON TARADO CIEGO Y TARADO DE ASIENTO.</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 25</b>	<b>INYECTOR DE ORIFICIOS.</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 26</b>	<b>DESMONTAJE DEL INYECTOR MECÁNICO.</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 27</b>	<b>DESMONTAJE DE LA CAÑERÍA DE REBOSE.</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 28</b>	<b>CAMBIAR ARANDELA DE COBRE.</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 29</b>	<b>DESMONTAJE DEL CABEZOTE.</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 30</b>	<b>DESPIECE DE LA TOBERA Y PORTA TOBERA.</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 31</b>	<b>INYECTOR DELPHI.</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 32</b>	<b>INYECTOR BOSCH.</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 33</b>	<b>FASES DE INYECCIÓN.</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 34</b>	<b>INYECTOR SIEMENS.</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 35</b>	<b>INYECTOR DENSO.</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 36</b>	<b>TOBERAS DIÉSEL.</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 37</b>	<b>TIPOS DE TOBERAS</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 38</b>	<b>TOBERA CON ESTRANGULAMIENTO</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 39</b>	<b>DESIGNACIÓN DE INYECTORES DIÉSEL.</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 40</b>	<b>DESIGNACIÓN DE UN PORTA-INYECTOR.</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 41</b>	<b>CAÑERÍAS DE ALTA PRESIÓN.</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 42</b>	<b>DESMONTAJE DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE.</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 43</b>	<b>VÁLVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE Y VÁLVULA DEL MANÓMETRO.</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 44</b>	<b>LIBERACIÓN DEL EJE DE LA VÁLVULA.</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 45</b>	<b>DESARME DE LOS RETENES DE LA VÁLVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 46</b>	<b>BOMBA DEL COMPROBADOR.</b>	<b>70</b>



<b>FIGURA 47</b>	DESARME DEL CUERPO DE LA BOMBA.....	71
<b>FIGURA 48</b>	DESMONTAJE DEL BLOQUE DE ACOPLA.....	71
<b>FIGURA 49</b>	DESPIECE DE LOS COMPONENTES DE LA BOMBA.....	72
<b>FIGURA 50</b>	MECANISMO DE LA MANIVELA.....	73
<b>FIGURA 51</b>	DESARME DEL TAPÓN DE LLENADO.....	73
<b>FIGURA 52</b>	DESMONTAJE DEL FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	74
<b>FIGURA 53</b>	LIMPIEZA DE LOS COMPONENTES INTERNOS DEL COMPROBADOR. .....	74
<b>FIGURA 54</b>	LIMPIEZA DE LA BOMBA HIDRÁULICA.....	75
<b>FIGURA 55</b>	MANTENIMIENTO DE LA CÁMARA DE PULVERIZACIÓN.....	75
<b>FIGURA 56</b>	COMPROBACIÓN DEL SISTEMA DE ALTA PRESIÓN.....	76
<b>FIGURA 57</b>	MECANISMO DE MANIVELA.....	77
<b>FIGURA 58</b>	MECANISMO DE LA MANIVELA.....	77
<b>FIGURA 59</b>	INTERRUPTOR DE EXTRACTOR DE HUMO.....	78
<b>FIGURA 60</b>	EXTRACTOR DE HUMOS.....	79
<b>FIGURA 61</b>	JUNTAS TÓRICAS DEL COMPROBADOR.....	80
<b>FIGURA 62</b>	MONTAJE DE LA MESA.....	80
<b>FIGURA 63</b>	LIMPIEZA DE LA TURBINA DE PULVERIZACIÓN.....	81
<b>FIGURA 64</b>	LIMPIEZA DE LA MESA DEL COMPROBADOR.....	81
<b>FIGURA 65</b>	ELIMINACIÓN DEL ÓXIDO EN LA SUPERFICIE DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.....	82
<b>FIGURA 66</b>	DESENGRASADO DE LA SUPERFICIE.....	82
<b>FIGURA 67</b>	LIJADO PARA MEJOR ADHERENCIA.....	83
<b>FIGURA 68</b>	LIMPIEZA CON CEPILLO DE ACERO.....	83
<b>FIGURA 69</b>	SUPERFICIE LISTA PARA SU PRIMERA CAPA DE PINTURA.....	84

<b>FIGURA 70</b> MONTAJE DE LA TURBINA.....	84
<b>FIGURA 71</b> BOMBA PRINCIPAL.....	85
<b>FIGURA 72</b> VÁLVULA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE Y DE LA VÁLVULA DEL MANÓMETRO.....	85
<b>FIGURA 73</b> MANÓMETRO.....	86
<b>FIGURA 74</b> CÁMARA DE PULVERIZACIÓN Y LÁMPARA DE ILUMINACIÓN.....	86
<b>FIGURA 75</b> MORDAZA SUJETADORA RÁPIDA.....	87
<b>FIGURA 76</b> RELOJ TEMPORIZADOR.....	87
<b>FIGURA 77</b> FILTRO DE COMBUSTIBLE.....	88
<b>FIGURA 78</b> CAÑERÍA DE ALTA PRESIÓN.....	88
<b>FIGURA 79</b> COMBUSTIBLE PARA EL COMPROBADOR.....	89
<b>FIGURA 80</b> PALANCA MANUAL Y CALIBRACIÓN.....	89
<b>FIGURA 81</b> INSTALACIÓN DEL INYECTOR Y PRUEBA DE PRESIÓN.....	90
<b>FIGURA 82</b> COMPROBADOR HH601 RESTAURADO.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> PARTES DEL COMPROBADOR HARTRIDGE HH601.....	26
<b>TABLA 2</b> AVERÍAS EN LOS INYECTORES.....	64
<b>TABLA 3</b> PRUEBA DE AJUSTE DE PRESIÓN.....	93
<b>TABLA 4</b> PRUEBA DE PRESIÓN POR REGULACIÓN DE TORNILLO.....	94
<b>TABLA 5</b> PRUEBA DE ESTANQUEIDAD.....	95
<b>TABLA 6</b> PRUEBA DE RETORNO DE FUGAS.....	96
<b>TABLA 7</b> PRUEBA DE PULVERIZACIÓN.....	97
<b>TABLA 8</b> PRUEBA DE PRESIÓN DE INYECCIÓN.....	98

## INTRODUCCIÓN

El motor diésel es la revolución del automovilismo por su bajo consumo de combustible y el alto rendimiento que brinda. Su detonación se da por el ingreso de combustible a presiones muy elevadas a una temperatura específica. Para reducir los gases contaminantes se debe calibrar y dar un mantenimiento continuo a los inyectores, es por eso la necesidad de contar con un comprobador de funcionamiento Hartridge HH601 en las instalaciones de la Universidad.

En el trabajo de investigación consta el planteamiento del problema que es el inicio de la investigación, las limitaciones presentes para realizar la restauración del comprobador y los diferentes diseños existentes que se utilizan como referencia para el desarrollo de nuestro proyecto.

En el capítulo I se puntualiza el marco teórico donde se detalla la información relevante sobre el comprobador diésel, su funcionamiento y componentes importantes que permiten diagnosticar averías en los inyectores convencionales. Se especifica el trabajo que realiza el comprobador Hartridge HH601, su mantenimiento y la manera adecuada de manipularlo para obtener resultados válidos con el fin de reparar o sustituir los elementos del inyector.

En el capítulo II se detalla el despiece completo del comprobador Hartridge HH601, la limpieza de sus componentes internos y externos, el análisis de funcionamiento de cada elemento y la reparación del equipo. Se muestra la sustitución de las piezas en mal estado y el montaje según las especificaciones establecidas por el fabricante a través del manual de mantenimiento, de este modo se garantizará un óptimo funcionamiento y se extiende la vida útil de todos los sistemas.

En el capítulo III se establece los resultados obtenidos durante el proceso de reparación del comprobador y los ensayos aplicados a los inyectores diésel convencionales. Se detalla el

proceso para una correcta evaluación de los componentes del inyector y los valores obtenidos durante cada prueba de funcionamiento.

En el capítulo IV se puntualiza las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación y la bibliografía donde especifica las fuentes de donde se obtuvo la respectiva información.

## **PROBLEMA**

En la Carrera de Ingeniería Automotriz en el laboratorio de inyección a diésel, se localiza el banco de pruebas de inyectores marca Hartridge HH601, el equipo se encuentra fuera de servicio por el desgaste en sus partes internas, la falta de mantenimiento y el uso excesivo del mismo. Actualmente no se pudo realizar prácticas sobre las comprobaciones del funcionamiento de inyectores convencionales diésel impidiendo reforzar el conocimiento adquirido en las aulas.

## **ANTECEDENTES**

Según (Arellano Cabrera & Falconí Toro, 2015) titulado “Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diésel”, se analizó el sistema convencional diésel y los componentes que permiten una inyección óptima en la cámara de combustión. La fabricación de un comprobador que permite determinar anomalías durante el trabajo de los inyectores para su sustitución evitando consumos excesivos de combustible o fallos en el motor, para su funcionamiento necesita una fuente de alimentación de 110V, 1hp y una polea de salida de 2 pulgadas.

El banco de pruebas está formado por una bomba lineal y manual, filtro, cañerías, polea y un control de inyección. La manipulación se debe realizar mediante un manual propuesto por

los estudiantes y permite realizar pruebas de pulverización, estanqueidad y presión para determinar el estado de cada componente.

En base al análisis de (Orellana Cruz , 2015) con el trabajo de “Estudio e implementación de área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diésel”, está enfocado en la implementación de comprobadores para inyectores diésel de todo tipo y la readecuación de un sector específico para evitar accidentes y contaminación por los sistemas de alta presión.

Explica la forma de trabajo desde inyectores mecánicos que necesitan presiones de 400 bar hasta inyectores common rail que requieren 2000 bar para sus comprobaciones de funcionamiento. Su modelo a seguir son los laboratorios Bosch que presentan áreas para cada reparación brindando un mejor servicio y resultados correctos.

Según (Jácome , y otros, 2016), “Banco para comprobación de inyectores diesel : DENSO , DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI”, detalla el trabajo de los bancos de comprobación para los inyectores más comunes que funcionan a presiones muy altas, la bomba succiona el diésel del tanque y lo envía al riel mediante cañerías de alta presión que se encuentran acoplados lo inyectores con el fin de administrar combustible en la cámara de combustión del motor. Al ser un comprobador electrónico contiene un generador de pulsos electromagnético que simula el trabajo real para efectuar diferentes experimentos a los inyectores.

Esta formado por 3 placas que permiten analizar el control, potencia y transferencia mediante un ciclo de trabajo, Las pruebas realizadas son muy rápidas y se obtiene resultados precisos para diagnosticar los problemas que se presentan.

## IMPORTANCIA Y ALCANCES

El presente proyecto beneficiara a futuras generaciones de estudiantes para que realicen las prácticas de inyectores en el laboratorio de inyección a diésel de la Carrera de Ingeniería Automotriz y puedan fortalecer los conocimientos teóricos adquiridos en el aula de clase.

## DELIMITACIÓN

El presente proyecto propuesto se realizará en el laboratorio de inyección diésel de la carrera de Ingeniería Automotriz sede Cuenca. El mismo que se encuentra ubicado dentro del casco urbano que comprende las calles Turuhuayco 3-69 y calle vieja.

**Figura 1** Ubicación geográfica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca



**Fuente:** (Google Maps,2022)

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Reconstrucción del comprobador de inyectores marca Hartridge Nozzle Testmaster HH601.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Revisar el estado de arte del comprobador de inyectores convencionales diésel mediante la investigación bibliográfica para la comprensión de los conceptos importantes de estudio.
- Restaurar el banco de pruebas de inyectores convencionales mediante la reparación de sus elementos afectados para su correcto funcionamiento.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del equipo comprobador de inyectores para validar su óptimo funcionamiento.

## CAPÍTULO I

### 1.1 Comprobador de inyectores diésel

Es un equipo que nos presenta distintas pruebas para verificar su estado y su forma de trabajo. Los inyectores deben encontrarse en óptimas condiciones y para eso es necesario planificar un mantenimiento preventivo, se debe controlar el pulverizado, fugas, estanqueidad, pruebas de modelado de atomización y características de funcionamiento. El equipo utilizado para estas pruebas está conectada a una bomba de alta presión que envía el combustible por medio de una cañería acoplada a la riel donde se encuentran los inyectores y los reguladores de presión. (Jácome , y otros, 2013)

### 1.2 Banco de pruebas de inyectores convencionales

El comprobador de toberas HH601 de Hartridge funciona mediante un manejo manual brindando un resultado óptimo en el mantenimiento y comprobación de las toberas de los inyectores diésel para inmediatamente reacondicionarlos. La cámara iluminada de pulverización presenta un extractor de gases que trabaja por medio de aire y una válvula de control de caudal para realizar las diferentes pruebas de funcionamiento, presenta una abrazadera para la fijación de las toberas y así realizar los ensayos sin montar el inyector de forma completa.

El Testmaster permite el trabajo de forma rápida y fácil, por sus accesorios que presenta puede realizar mantenimientos en la mayoría de los inyectores incluso los utilizados en aplicaciones industriales y marinas. Su funcionamiento se da por un tanque de combustible que a través de una palanca manual es enviado el combustible a presiones muy altas y se regula de forma mecánica analizando los valores en un manómetro. (Narvárez Pallares, Villarreal Acosta , Duarte, & Rincón Montenegro , 2017)



Las pruebas que se realizan en este banco son:

- Control de presión
- Control de fugas o estanqueidad
- Control de pulverización y dirección del chorro.

Estas pruebas se realizan con el objetivo de ahorrar combustible, evitar sobrecalentamientos, vibraciones por auto detonaciones y disminuir las emisiones de gases, con el fin de prolongar su vida útil del motor al presentar una buena combustión. (Barco Vargas & Pacay Glinga, 2010)

**Figura 2** Comprobador Hartridge HH601 diésel mecánico.



**Fuente:** (Hartridge, BTLrus, 2006)

### 1.3 Características principales

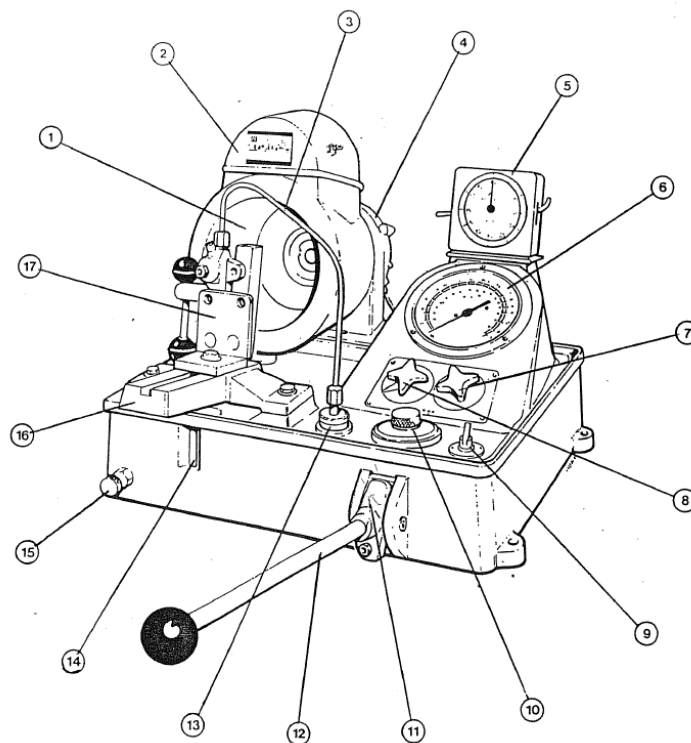
Es un banco de pruebas universal y sus principales características son:

- Realiza pruebas a la mayoría de los inyectores disponibles en el mercado.
- Requiere un montaje parcial del inyector.

- Cámara de pulverización iluminada.
- Presenta un extractor de humo operado por aire.
- Indicador de presión de amplia escala.
- Ajustador del volumen retenido.
- Caudal de aceite de pruebas totalmente regulable.
- Realiza pruebas múltiples en tiempo real. (Coral de la Cadena, 2013)

#### 1.4 Elementos principales

*Figura 3 Elementos del comprobador.*



**Fuente:** (Salinas Carvajal & Villavicencio Ramos, 2013)

**Tabla 1** Partes del comprobador Hartridge HH601.

1	Cámara de pulverización
2	Alojamiento de la lámpara

3	Tubería de alta presión
4	Conjunto de ventilador extractor
5	Reloj
6	Manómetro
7	Aislador del manómetro
8	Control del combustible y aislador de la bomba
9	Interruptor On/Off del ventilador
10	Tapón de llenado
11	Conducto de aceite para el pivote de manivela
12	Manivela
13	Salida de combustible
14	Tubo Visor
15	Drenaje del deposito
16	Soporte inclinada
17	Mordaza de sujeción rápida

Fuente: (Hartridge, BTLrus, 2006)

## 1.5 Descripción de los elementos principales

### 1.5.1 Depósito de combustible

Es un envase de acero y consta de varias paredes lo que le hace robusto y resistente a presiones elevadas producidas por el aumento de temperatura del retorno del sistema. Almacena 7 litros de combustible, presenta mangueras hidráulicas para la salida del fluido al inyector y una conexión secundaria que sirve como retorno al tanque. Consta de un ojo de buey o visor para conocer el nivel de combustible que presenta el depósito y analizar los residuos de las pruebas realizadas a los inyectores. (Carrasco Palomeque & Medina Pacheco, 2011)

*Figura 4 Depósito de combustible.*



*Fuente: Autoría propia*

### **1.5.2 Manivela**

Es una barra de hierro o acero incrustado una manija de caucho sintético para un agarre ergonómico y consiste en incrementar la presión a través del movimiento que realiza la persona. Es un sistema mecánico que envía el combustible al conjunto de válvulas de la bomba y así alimenta al inyector para realizar las pruebas de funcionamiento. (Quinteros Lozada, 2013)

*Figura 5 Manivela*



*Fuente: Autoría propia*

### **1.5.3 Control de combustible (Bomba)**

Está fabricada en aluminio y permite multiplicar la presión ejercida por la manivela, generando una presión máxima de 40MPa que admita el paso de combustible. Su pistón tiene

un movimiento alternativo que comprime el diésel a través de una fuerza vertical. El modelo del soporte del pistón genera una fuerza ascendente por el trabajo de la palanca de bombeo y la fuerza ejercida por un resorte permitiéndole al regresar a su posición inicial. Se convierte en un ciclo de funcionamiento repetitivo. (Lascano López & Montachana Tenorio, 2011)

**Figura 6** Bomba de presión.



Fuente: Autoria propia

#### **1.5.4 Manómetro**

Es una válvula que se encarga de informar al operario la presión de operación para así controlar la salida del líquido hacia el inyector para sus distintas pruebas de funcionamiento. Son medidores analógicos que están elaborados de plástico, acero negro o acero inoxidable con una pantalla que nos permite visualizar mediante una aguja el aumento de presión. Trabaja de 0 a 400 bares o en unidades de Pascal y se define como la compresión que existe en un líquido que se encuentra en un circuito cerrado. (Solís Freire & Mejía Guzmán, 2011)

*Figura 7 Manómetro.*



**Fuente:** Autoria propia

### **1.5.5 Cámara de pulverización**

Extrae todas partículas de pulverización que se encuentran en la atmósfera después de realizar la prueba en los inyectores. Funciona con aire y extrae toda la contaminación por medio de una turbina. Viene acoplada una lámpara de iluminación para visualizar claramente las pruebas en el inyector.

*Figura 8 Cámara de extracción de contaminación.*



**Fuente:** Autoria propia

## **1.6 Tipos de comprobadores de inyectores**

En la actualidad hay muchos modelos con características diferentes, pero con la misma finalidad que es la calibración, el ajuste y la comprobación de la presión en los inyectores. Mediante estos bancos se puede diagnosticar de forma precisa y rápida el estado de los componentes del inyector para repararlos o sustituirlos dependiendo el caso, para así garantizar el buen funcionamiento del motor y el ahorro de combustible. Los diseños van desde un bombillo accionado a mano por el operador hasta comprobadores accionados por un motor eléctrico que nos brinda mayor precisión y diversas pruebas en tiempo real. (Guzmán , Mena , & Rocha , 2014)

### **1.6.1 Banco comprobador de inyectores diésel con gestión electrónica**

Es una maquina sofisticada que permite comprobar los sistemas de inyección de combustible diésel, utilizando ultrasonido y métodos utilizados por un microordenador. Simula el funcionamiento común de los inyectores mediante una unidad electrónica y un riel común.

El control automático de la presión brinda muchos beneficios durante su funcionamiento; permite realizar pruebas automáticas de las bombas de riel común y realizar diferentes comprobaciones en un mismo ciclo lo que brinda resultados confiables.

Estos comprobadores pueden simular distintas situaciones de trabajo de los motores realizando distintas operaciones, con el fin de diagnosticar el estado del inyector y brindar una limpieza profunda. Está formado por un conjunto motriz que va conectado a la bomba de alta presión que es la encargada de transportar el diésel del tanque al riel. (Wiltec, 2021)

**Figura 9** Comprobador electrónico.



Fuente: (Álvarez, 2020)

## **1.6.2 Tipos de comprobadores con gestión electrónica**

### **1.6.2.1 Banco comprobar portátil multifunción**

Son ideales para inyectores de riel común y mecánicos ya que emiten señales similares de accionamiento como lo realiza la ECU en etapas de preinyección e inyección. Realiza pruebas en todo tipo de inyectores electrónicos como: Delphi, Siemens, Bosch, Denso y sistemas common rail. Por su tamaño pequeño es fácil de transportarlo y cómodo para operarlo; sus principales características son:

- Su pantalla y configuración son digitales.
- Fácil de operar y de bajo costo.
- Realiza pruebas de atomización, emisión y condición de carga completa.
- Presenta compatibilidad con la mayoría de los inyectores.
- Voltaje de funcionamiento: AC-220V/AC-110.
- Presenta frecuencia ajustable entre 1-30 Hz solenoide y 1-20 Hz piezoeléctrico
- Tamaño reducido y compacto de 110x260x200mm.
- Presenta sensores de temperatura para evitar sobrecalentamientos.



- Consta de protección para cortocircuitos. (Reyes Cualchi, 2018)

**Figura 10** Banco Comprobador de inyectores diésel.



Fuente: (SEPDIESEL, 2016)

### 1.6.3 Comprobador de inyectores diésel mecánicos

Son comprobadores que genera presión por medio de la fuerza ejercida por el operario, su funcionamiento es manual y permiten el análisis de los inyectores de forma rápida y segura. Son equipos que presentan una composición básica en sus componentes lo que facilita su mantenimiento y su movilidad al ser compactos. Permite conocer el estado de los inyectores mediante las pruebas de pulverización adecuada, presión para abrir la aguja del inyector y estanqueidad para determinar si existen fugas. Estas pruebas permiten alargar la vida útil del motor y sus sistemas auxiliares. (Camacho Pérez, 2018)

Su funcionamiento es el mismo en todos los modelos, por medio de una palanca se bombea el combustible almacenado en el tanque a una presión muy elevada, el manómetro nos indica la presión del combustible que está ingresando al inyector por medio de un codo y el combustible inyectado retornará a un depósito extra de descarga. Es necesario tener precaución

en la utilización de estos equipos ya que puede causar daños en la piel por su elevada presión de pulverización. (Cruz Espinoza, 1013)

## 1.6.4 Tipos de comprobadores mecánicos

### 1.6.4.1 Comprobador de inyector manual CAV

Es el comprobador mecánico más usado incluso en la actualidad por su costo, tamaño y prestaciones. Su mecanismo es muy fácil de utilizar y cómodo al momento de su funcionamiento por su multiplicador de presión, sus principales características son:

- Su manómetro va de 0 a 420 bares.
- El tamaño de la rosca de conexión es de 14x15 mm.
- Es muy compacto y resistente a condiciones bruscas de trabajo.
- Consta de un filtro que debe ser cambiado después de realizar 7 pruebas.
- Necesita diferentes roscas de los racores para la conexión de todo tipo de inyectores.

(Quilligana Zamora, 2020)

*Figura 11 Comprobador de inyector manual CAV.*



Fuente: (Arellano Cabrera & Falconí Toro, 2015)

#### 1.6.4.2 Comprobador de inyector manual EPS 100

Consiste en un comprobador portátil muy liviano de 4kg ideal para movilizarlo sin ningún inconveniente y presenta una precisión de  $\pm 2,4$  bares. Nos permite comprobar la presión de apertura del porta toberas, analizar la pulverización, realizar pruebas de fugas y examinar vibraciones. Sus principales características son:

- Tiene un recipiente transparente con filtro para analizar las fugas existentes.
- Presenta una válvula de apagado con el fin de suspender el indicador de presión en pruebas de vibraciones.
- Es necesario usar EPS 738 para la extracción del vapor generado por el aceite.
- Presenta un manómetro que va de 0 a 400 bares.
- Se encuentra equipado por un controlador de volumen.
- La conexión de tubo de alta precisión es de 14 x 1,5 mm. (Bosch, Bosch Automotive Aftermarket, 2020)

*Figura 12 Comprobador de inyector EPS 100.*



**Fuente:** (Arellano Cabrera & Falconí Toro, 2015)

### 1.6.4.3 Comprobador de inyector manual OTC

Es un comprobador compacto cuyos componentes no se encuentran visibles ya que presenta una carcasa para brindar mayor comodidad y seguridad al momento de transportarlo.

Sus principales características son:

- Presente una presión máxima de 5000 psi o 350 bar.
- Tiene una conexión de salida de 3/8 pulgadas.
- Su manómetro es de una dimensión de 3 ½ pulgada de diámetro y consta de una aguja de guía para analizar los valores.
- Su volumen de inyección es de 2,4 cc de cilindrada.
- Presenta un filtro intercambiable para evitar bloqueos por impurezas provenientes del diésel.
- Necesita diferentes roscas de los racores para la conexión de todo tipo de inyectores.

(OTC, 2015)

*Figura 13 Comprobador de inyectores OTC.*



Fuente: (Jácome , y otros, 2013)

#### 1.6.4.4 Banco comprobador de inyector manual Hartridge HH601

Este comprobador permite una configuración total de los parámetros que se requiera para realizar las pruebas, nos proporciona la alternativa de modificar pruebas existentes y crear nuevas. Nos facilita evidenciar la presión de apertura de los inyectores, pulverización y realizar pruebas de fugas y retornos.

Sus principales características son:

- Realiza una comprobación rápida.
- Acople rápido de los diferentes inyectores.
- Presenta presiones elevadas en el sistema validando las pruebas realizadas.
- Presenta un manómetro que va de 0 a 400 bares.
- Su manómetro es de una dimensión de 4 ½ pulgadas de diámetro para una mejor visibilidad.
- Interpretación rápida y fácil de los resultados.
- Posee una conexión de salida de 3/8 pulgadas. (Hartridge, HH601Nozzle Testmaster, 2006)

*Figura 14 Comprobador Hartridge HH601*



Fuente: (Arellano Cabrera & Falconí Toro, 2015)

## 1.7 Inyectores convencionales diésel

Son dispositivos que tienen como misión enviar combustible a presiones elevadas en el interior del cilindro produciendo una mezcla entre las moléculas de diésel y el aire que ingresó en la cámara durante el ciclo de admisión, a través de la compresión y las temperaturas elevadas producidas por las bujías de incandescencia se origina la combustión que genera fuerza de trabajo. (Tigre Sangurima & Villa Cayambe, 2015)

Es un conjunto de piezas que presentan una estructura de acero que se acoplan en el cabezote del motor y la punta de la tobera ingresa en el cilindro. El número de inyectores depende del motor y la cantidad de cilindros que este contenga. Este sistema tiene como componente principal el inyector es por eso que se debe llevar un mantenimiento preventivo conservando la limpieza y calibración. Un inyector se puede calibrar por medio de un tornillo de graduación que se ajusta, de este modo provoca que el vástago presione la aguja con el asiento aumentando la presión mediante suplementos calibrados que consiste en la utilización de arandelas y deben ser analizadas en cada cambio. (Gómez Martínez, 2021)

*Figura 15 Inyector convencional de orificios.*



Fuente: (SEPDIESEL, 2016)

Un inyector en malas condiciones puede presentar fallos significativos como:

- Golpeteo en el motor
- Emisión de humo en el escape (Nivel de opacidad alto).
- Pérdida de potencia.
- Fallos de encendido.
- Sobrecalentamiento.
- Excesivo consumo de combustible. (Bosch, Sistemas de inyección Diésel, 2018)

*Figura 16 Inyector convencional.*



Fuente: (SEPDIESEL, 2016)

La misión puede verse muy complicada cuando se trata de introducir combustible a gran velocidad, se compara un inyector con una bujía, la bujía genera una chispa de alta tensión y el inyector diésel debe compensar su trabajo de la siguiente manera:

### **1.7.1 Pulverización**

Para que el proceso de combustión sea estable, corto y eficiente, el diésel debe ingresar en forma de aerosol a velocidades muy altas y bien dirigidas distribuidas por toda la superficie del cilindro. El tamaño de las partículas va entre 1 a 100 $\mu$ , se considera como la transformación

del combustible en pequeñas gotas para así generar la combustión y se lo conoce como atomización ya que oxida de forma rápida el caudal.

En los motores diésel el múltiple deja el paso libre por lo que el cilindro siempre se llena de oxígeno en la etapa de admisión, por lo que la potencia entregada dependerá de la cantidad de combustible inyectado y de la carga que presente el motor. (Rodríguez Castillo, 2014)

### **1.7.2 Distribución**

Los inyectores presentan un leve ángulo de inclinación logrando cubrir en el proceso de inyección toda la cámara de combustión. El diésel debe expandirse por todo el largo y ancho del cilindro para conseguir una homogeneización de la mezcla generando mayor potencia con respecto a los requerimientos del motor. Una buena distribución del combustible evita vibraciones, inestabilidad de ralentí, puntos calientes que pueden deformar los componentes internos del motor, disminuye el consumo de diésel y por ende las temperaturas. (Aguilar, Godoy, & Gómez, 2001)

### **1.7.3 Penetración**

Es la distancia que debe recorrer el combustible en el cilindro ya sea en modo de chorro o flecha y debe ser independiente de la cantidad que envíe el inyector. Si la penetración del diésel resulta muy alta y golpea hacia las paredes del cilindro se condensa evitando la oxidación y dando fallas de funcionamiento como es puntos calientes que pueden picar o incluso fracturar la cabeza del pistón; si la penetración resulta muy corta la distribución del combustible será muy lenta y por ende su combustión ocasionando vibraciones, aumento de compresión y temperaturas. (Cárdenas Almena, 2016)



#### **1.7.4 Corte de la inyección**

El inicio y el final de la alimentación de combustible debe ser instantáneo evitando propagar la combustión y generar más energía dentro del motor. Los inyectores no deben presentar fugas. (Castillejo Calle , 2014)

#### **1.7.5 Temperatura**

Es importante que las temperaturas se encuentren en el rango de funcionamiento establecido por los fabricantes, la punta de la tobera debe presentar valores debajo de los 200°C, para eso el inyector debe hacer circular a gran velocidad el combustible y de esta forma disminuye el calor generado por la combustión. Si la punta de la tobera sobrepasa los 220°C el diésel se descompone causando lacas que se forran en el asiento del inyector evitando su hermeticidad, generando combustiones de mala calidad y detonaciones a destiempo. (Castro Mediavilla & Gonzáles Torres, 2019)

### **1.8 Tipos de inyectores**

#### **1.8.1 Mecánicos**

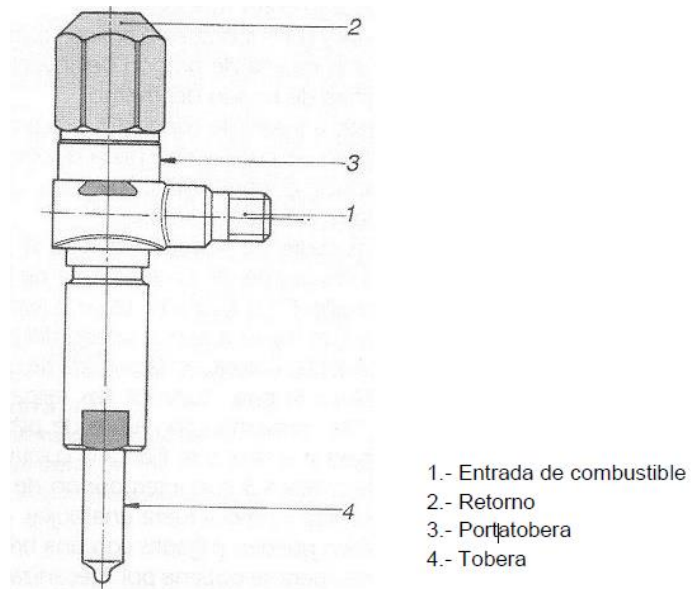
Son inyectores que funcionan por medio de un sistema de alimentación que interviene en la duración de la inyección y la cantidad de combustible de forma mecánica, permiten el ingreso del diésel cuando la presión que existe en el circuito es superior a la del resorte tarado que permite su apertura.

Las etapas de trabajo del inyector son las siguientes:

1. Inyector cerrado (alta presión en el sistema)

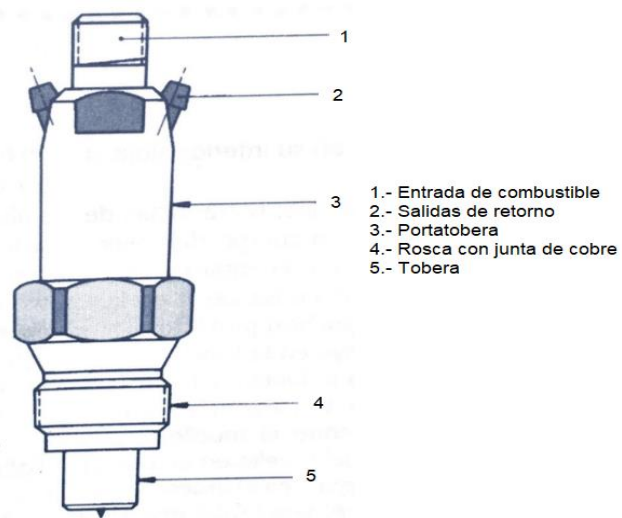
2. Inyector abierto (inicio de la inyección)
3. Inyector totalmente abierto
4. Inyector cierra (fin de la inyección) (Puente , 2018)

**Figura 17** Inyector con regulación por tornillo.



**Fuente:** (Orellana Cruz, 2015)

**Figura 18** Inyector por regulación por arandelas.



**Fuente:** (Gil, 2002)

### 1.8.1.1 Inyectores con regulación por tornillos

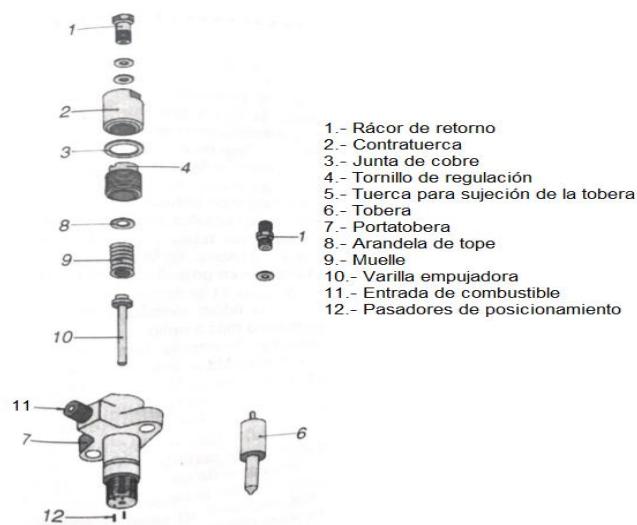
La entrada de combustible 1 está situada lateralmente y el retorno 2 por la parte de arriba, la fijación a la culata es por una brida que generalmente va solidaria al inyector o por una pieza aparte. El inyector presenta una regulación por medio de un tornillo, que al ajustarlo ejerce presión al muelle hacia el vástago empujando la aguja contra la base y su función es aumentar la presión del diésel que sale por los orificios para una mejor pulverización. Al aflojar el tornillo la distancia aumenta y por ende el muelle disminuye la presión del combustible en la cámara de combustión, presenta una contratuerca para evitar que se descalibre el inyector o que la tuerca de ajuste se pierda por las vibraciones que produce el motor encendido. (Quinteros Lozada, 2013)

Se detalla a continuación los componentes del inyector regulado por tornillos:

1. **Racor de retorno:** Permite el retorno del combustible al tanque y hermetiza el inyector. El combustible que se traslada entre la aguja y la porta tobera refrigera el inyector.
2. **Contratuerca:** Es una tuerca que evita que el inyector se descalibre, se le conoce como tuerca de cebado.
3. **Junta de cobre:** Suministran presión de vacío para un correcto funcionamiento del inyector para evitar la filtración del aire exterior.
4. **Tornillo de regulación:** Controla la presión de salida del diésel por el ajuste al muelle del inyector.
5. **Tuerca para sujeción de la tobera:** Mantiene la tobera rígida y con el ángulo requerido para una inyección adecuada.
6. **Tobera:** Va solidario a la porta tobera, su función es taponar los orificios de inyección evitando goteo de combustible y genera una presión de vacío en el cuerpo del inyector.
7. **Porta tobera:** Está elaborada en acero. Es la estructura donde aloja los demás componentes y se encarga de dar paso al combustible para su pulverización.

8. **Arandela de tope:** Es una argolla o arandela que trabaja como base del muelle y permite la apertura del inyector.
9. **Muelle:** Permite cerrar a válvula de salida del inyector y por la presión que se genera vence la fuerza del muelle y se produce la inyección. Es la encargada de sellar el inyector.
10. **Varilla:** Es un vástago que transmite el movimiento de la válvula de aguja y el muelle para abrir el paso de combustible.
11. **Entrada de combustible:** Es el canal para transportar el combustible del riel al inyector dependiendo los requerimientos del conductor.
12. **Pasadores de posicionamiento:** Brindan fijación de los componentes del inyector y evitan que exista cascabeleo durante su puesta en marcha. (Delphi, 2007)

**Figura 19** Inyector con ajuste por tornillo



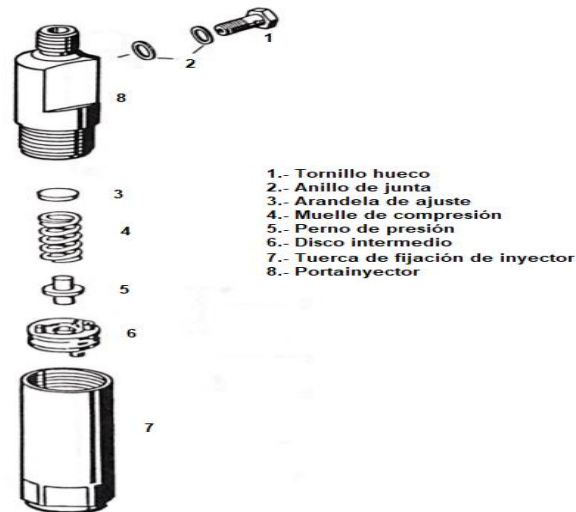
Fuente: (Orellana Cruz, 2015)

### 1.8.1.2 Inyectores con regulación por alzas

Se les conoce como cuñas y sirven para calibrar los inyectores diésel y existen de diferentes tamaños con el fin de regular el caudal de combustible que ingresa en el cilindro.

Estas arandelas comprimen el muelle elevando la presión del combustible dependiendo el grosor que presenten y existen kits para cada inyector dependiendo los requerimientos como son de soporte del muelle, kit espaciador, pines y kits de arandelas de calibración. (Mancheno Ordóñez & Suárez Cisneros, 2017)

**Figura 20** *Inyectores con regulación por alzas.*

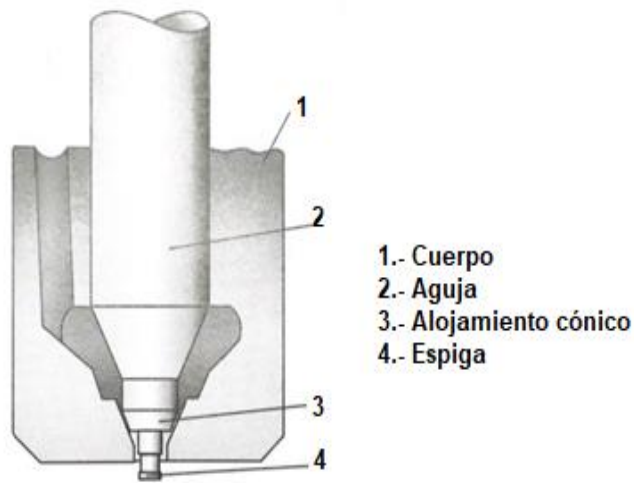


Fuente: (Orellana Cruz, 2015)

### 1.8.2 Inyector tipo espiga o tetón

Son inyectores que trabajan a presiones bajas que van entre los 100 a 150 bares y se utilizan en motores de inyección indirecta, por lo que la mezcla de aire- combustible es realizado en la precámara. Presenta una válvula que termina en forma de espiga que entra y sale en el orificio por el cual es inyectado el diésel, evitando estancamientos o bloqueos por suciedad.

**Figura 21** Tobera de tetón cilíndrica.

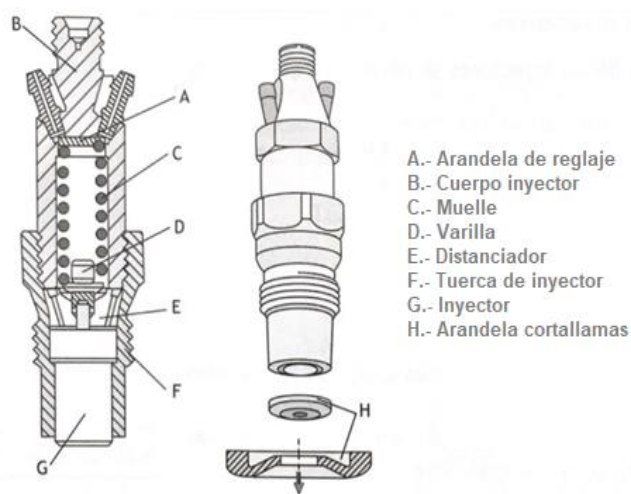


**Fuente:** (Arellano Cabrera & Falconi Toro, 2015)

Los inyectores de tetón se clasifican en:

- **Punta cilíndrica:** Expulsan el combustible en forma de chorro muy concentrado lo que provoca una lenta oxidación del diésel ocasionando una mezcla homogénea y rápida.
- **Punta cónica:** Produce un chorro geométrico de diésel y el montaje del inyector es con un ángulo de inclinación para un mejor llenado en el cilindro, produciendo mayor eficiencia y ahorro de combustible. (Tomás Pérez, 2015)

**Figura 22** Inyector mecánico de espiga.

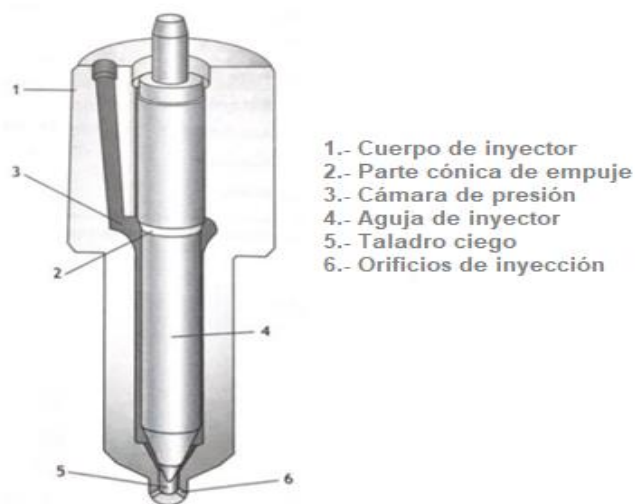


**Fuente:** (Obando Cabezas, 2014)

### 1.8.3 Orificios o agujeros

Se usan en motores de combustión directa y su montaje depende del modelo del cabezote, manteniendo un ángulo de inclinación para una mejor pulverización del combustible. Presentan una espiga que encaja en una superficie cónica con una punta que consta de pequeños agujeros por donde circula el combustible antes de ingresar al cilindro y la presión de apertura es entre 150 a 250 bares.

*Figura 23 Tobera de orificios de tarado ciego.*



**Fuente:** (Arellano Cabrera & Falconi Toro, 2015)

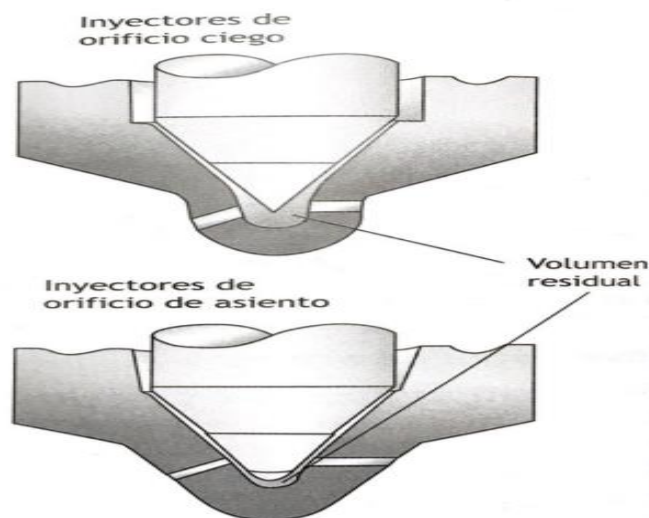
En estos modelos se necesita mayor presión para así pulverizar el diésel en chorros muy finos y en algunos motores se puede realizar una preinyección preparando la cámara de combustión para la inyección principal, con el objetivo de reducir los ruidos secos y fuertes vibraciones durante su funcionamiento. (Mafla Yépez & Guerrero Quintana , 2018)

Existen dos tipos de inyectores que son:

- **Inyector de taladro ciego:** Presenta orificios alineados y con una longitud uniforme entre agujeros. Consiste en un taladro cilíndrico y casquete cónico que tiene una dimensión de 0,6 mm entre agujeros aumentando la resistencia y espesor entre el casquete y el taladro.

- **Inyector de taladro en asiento:** Con el fin de disminuir los residuos de HC el inicio del orificio está ubicado en el asiento del inyector y la aguja encaja cuando no existen pulsos de inyección. Estos inyectores presentan un límite de carga inferior y una elevada resistencia que es el resultado de su diseño cónico, su temperatura máxima es de 300°C.

*Figura 24 Inyector con tarado ciego y tarado de asiento.*



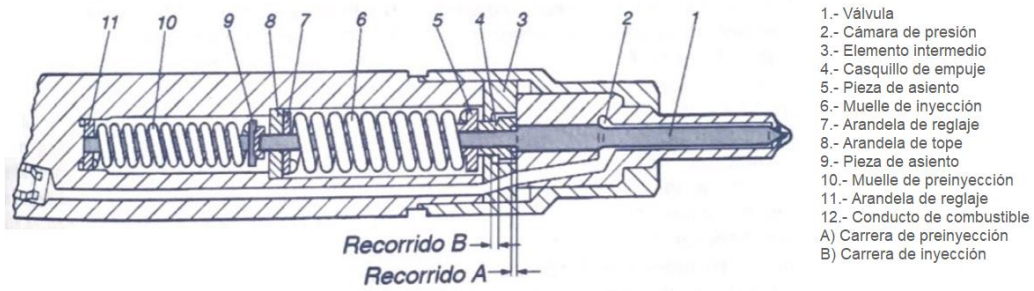
**Fuente:** (Arellano Cabrera & Falconi Toro, 2015)

Por su tamaño se clasifican en:

- **Inyector de orificio tipo P:** Se usan en inyectores de taladro ciego y en asiento, el diámetro que presenta la aguja es de 4mm garantizando la pulverización del combustible.
- **Inyector de orificio tipo S:** Son apropiados para inyectores de taladro ciego especial para motores grandes y maquinaria agrícola, presenta un diámetro de 5 y 6 mm brindando mayor torque de salida. (Orellana Cruz, 2015)



**Figura 25** Inyector de orificios.



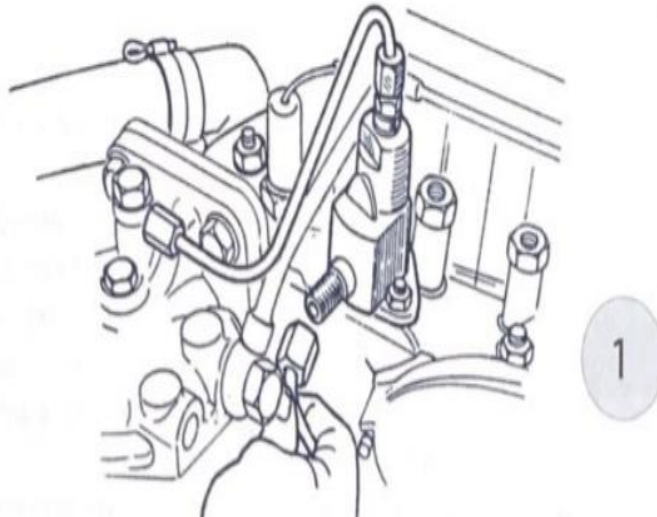
Fuente: (Gil, 2002)

### 1.8.4 Desmontaje del inyector mecánico diésel

Los inyectores presentan distintos modelos y su sujeción a la culata es por medio de rosca o tornillo. Poseen un seguro de acoplamiento para las cañerías de presión y retorno, evitando fugas de combustible o entradas de aire. Los pasos para un correcto desmontaje son:

1. Desenroscar el racor de la cañería de alta presión (alimentación de combustible).

**Figura 26** Desmontaje del inyector mecánico.



Fuente: (Gil, 2002)

2. Desconectar la cañería de reboso.

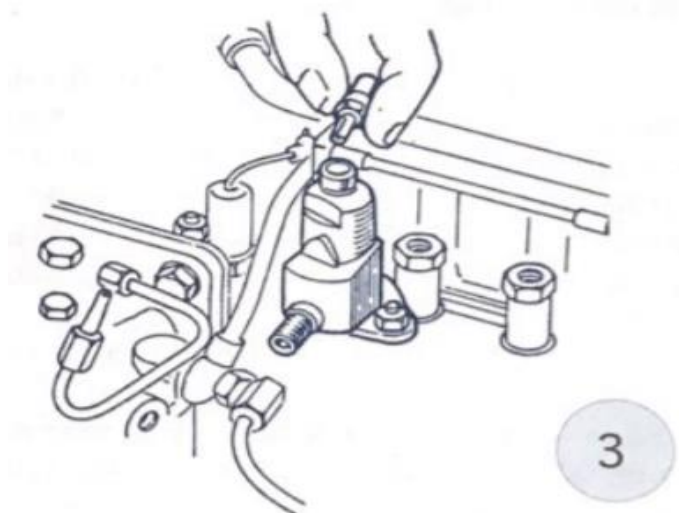
**Figura 27** Desmontaje de la cañería de rebose.



**Fuente:** (Gil, 2002)

3. Comprobar el estado de la arandela y sustituirla si es necesario.

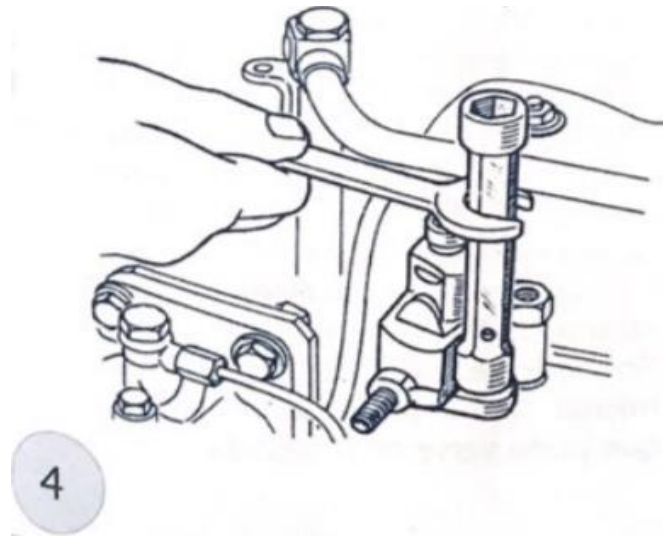
**Figura 28** Cambiar arandela de cobre.



**Fuente:** (Gil, 2002)

4. Desmontaje del porta inyector evitando dañar su rosca.

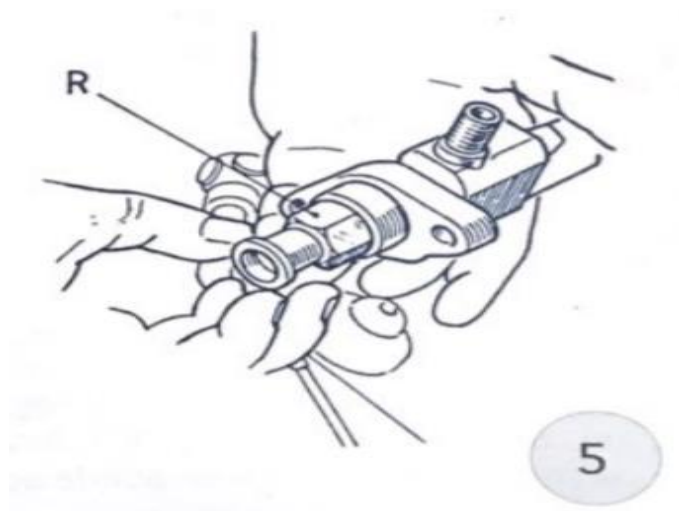
**Figura 29** Desmontaje del cabezote.



Fuente: (Gil, 2002)

5. Despiece del inyector evitando dañar sus componentes internos.

**Figura 30** Despiece de la tobera y porta tobera.



Fuente: (Gil, 2002)

### **1.8.5 Inyectores con gestión electrónica**

Consiste en la utilización de bombas de alta presión con inyectores electrohidráulicos con una presión que oscila entre 400 y 2000 bares dependiendo de los requerimientos del motor.

Su activación es por una corriente eléctrica para obtener mayor precisión en la inyección, disminuir las emisiones de gases de escape y simplificar el sistema. Cuentan con un conjunto de sensores que envían los valores obtenidos en tiempo real a la Unidad de Control (ECU) para que determine la inyección y el tiempo de apertura. La centralita crea un campo magnético dentro del inyector para que el combustible pueda ingresar a la cámara y se suspende la inyección mediante un resorte tarado. Las ventajas de estos inyectores piezoeléctricos son:

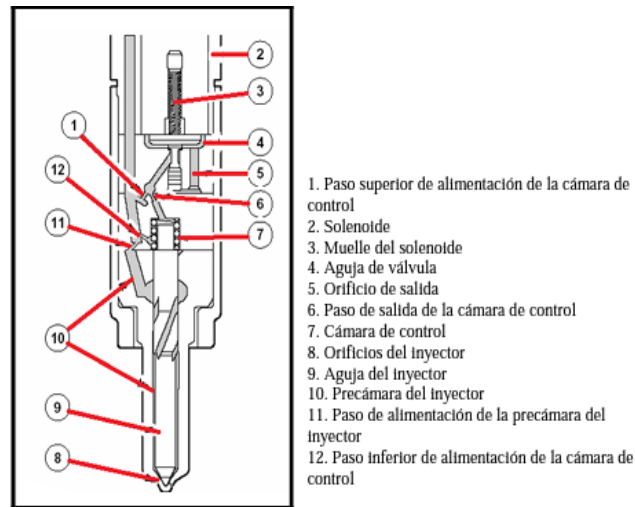
- Tiempos de conmutación muy pequeños
- Inyecciones múltiples en periodos muy cortos
- Gran exactitud de dosificación (Cabascango , Dávila, Mena, & Erazo , 2014)

#### **1.8.5.1 Inyector marca Delphi**

Su función es entregar la cantidad precisa al motor según sus necesidades de carga, para su funcionamiento ingresa corriente a la bobina que eleva la tensión del muelle mediante un campo electromagnético y se realiza mediante el PCM utilizando un módulo llamada IDM (Inyector Drive Module). La discrepancia de presión entre el vástago y la cámara superior vence la tensión del resorte lo que desplaza el vástago e inicia la inyección, se necesita 12A para iniciar este proceso y para mantenerlo abierto 6A. La presión de trabajo va desde 250 a 1600 bares.

Para cortar la inyección solo se requiere quitar la corriente de alimentación y se cierra la cámara superior e inferior, es donde trabaja el muelle que sella el inyector. Para realizar el proceso completo se debe presentar valores de 3500 RPM, con una velocidad de 50km/h y una temperatura aproximada a 70°C; el IDM compara los valores obtenidos con el KS (knock Sensor) y los utiliza para brindar un buen funcionamiento. (Passo , Ulcuango , Toapanta , & Luna , 2019)

**Figura 31** *Inyector Delphi.*

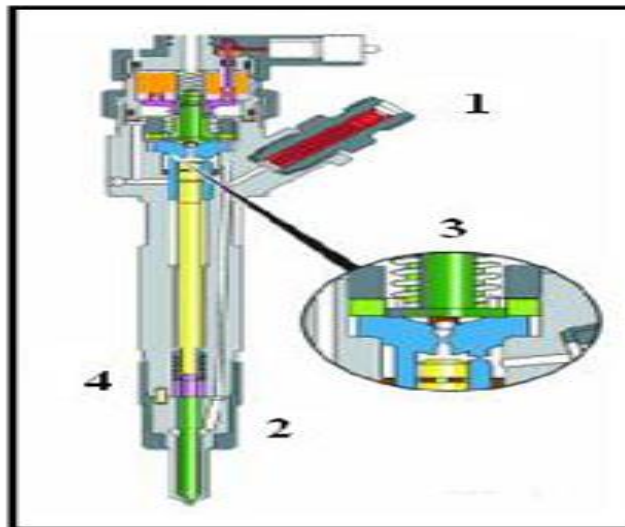


Fuente: (Clavero, 2012)

### 1.8.5.2 Inyector marca Bosch

En estos sistemas existen dos cámaras, el combustible es enviado desde la bomba a presiones muy altas y en este momento la presión es la misma en todo el inyector lo que permite que el diésel circule a la cámara inferior y superior. Para su funcionamiento se acciona el solenoide que contrae al muelle y así se logra la inyección ya que presenta temperaturas y presiones elevadas. La resistencia del inyector es de 0,5 a 0,8 Ohm, una tensión acometida de 70-80V y una corriente de 20-12V; consta de dos cables y la presión de inyección va de 220 a 1350 bares.

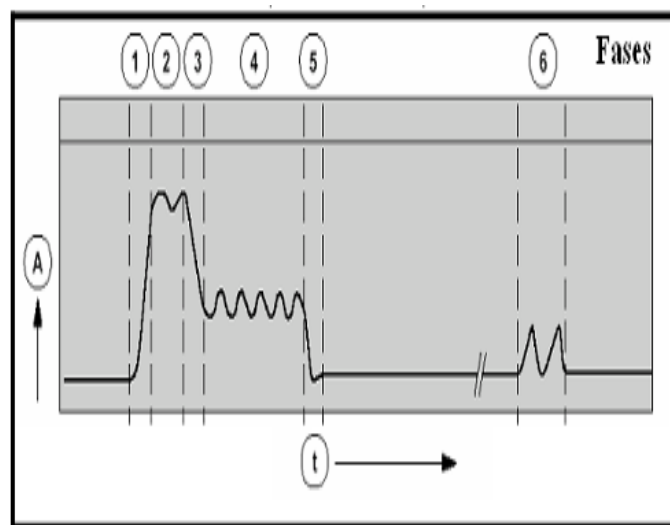
**Figura 32** Inyector Bosch.



Fuente: *(Jimenez, 2014)*

Las fases del proceso de inyección son:

**Figura 33** Fases de inyección.



Fuente: *(Jimenez, 2014)*

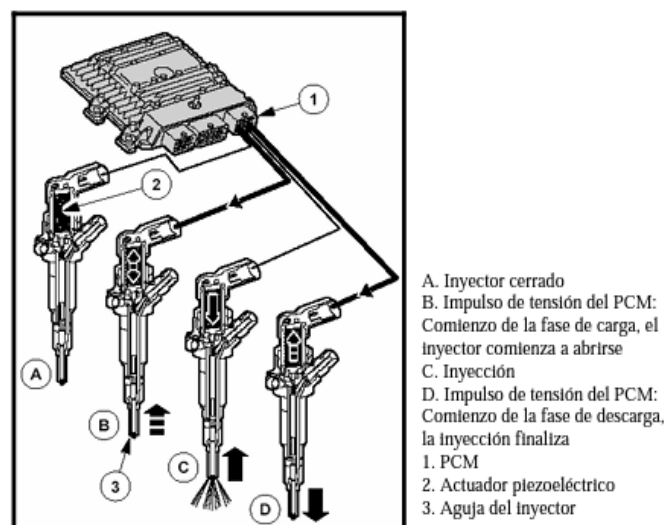
- En la fase 1 o fase de apertura, el PCM coloca una corriente sobre el solenoide de 100V y 20A y mediante un condensador se logrará una activación muy rápida.
- En la fase 2 o corriente de atracción, el PCM elimina el voltaje y solo trabaja con 20A evitando así el sobrecalentamiento por potencia eléctrica.

- En la fase 3 o transición a la retención, no existen cambios de funcionamiento.
- En la fase 4 o corriente de retención, el PCM mantiene los 12V, reduce la corriente a 12A que va al solenoide y almacena la energía liberada en un condensador.
- En la fase 5 o desconexión, el PCM elimina la corriente del circuito y la energía va al condensador para que sea la fuente de inicio del siguiente ciclo. (Muñoz Vizhñay & Correa Gárate, 2017)

### 1.8.5.3 Inyector marca Siemens

Estos inyectores trabajan por medio de un componente conocido como piezo eléctrico, que es un cristal que puede variar su tamaño cuando se aplica un impulso eléctrico y genera un campo eléctrico si se aplica una fuerza de deformación. El PCM reemite una tensión de 70V durante 0,2ms al interior del piezo eléctrico, que logra aumentar su voltaje a 140V por 0,2ms y lo realiza con una corriente de 1A. El aumento de tensión se da por el contacto entre los cristales para así multiplicar el voltaje produciendo la inyección y el ciclo de inyección se denomina tiempo de descarga. (Sempértegui Ramírez, 2013)

**Figura 34** Inyector Siemens.

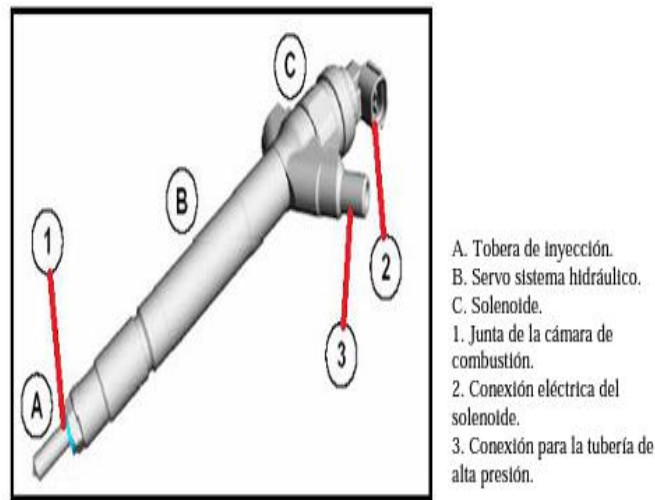


Fuente: (Perex, 2014)

#### 1.8.5.4 Inyector marca Denso

Estos inyectores trabajan de la misma manera que el sistema BOSCH, presentan un asiento que sirve para el descanso de la válvula de bolita que permite la apertura y cierre del inyector a través de presiones elevadas. En este tipo de inyección tiene una resistencia de 0,8 a 1 Ohm, la bomba reguladora del riel va de 20MPa a 180MPa y la presión puede llegar a 2700 bar; por lo que es recomendable que el mantenimiento sea realizado por personas capacitadas. Para su correcto funcionamiento en los piezo eléctrico se debe programar la serie colocada en la cabeza del inyector que consta de 16 dígitos, formando una compatibilidad en los componentes del sistema de inyección y esto se logra con ayuda de un scanner automotriz. (Analuisa Tipantuña & Viscaino de la Cruz, 2017)

*Figura 35 Inyector Denso.*



Fuente: (Sempértégui Ramírez , 2013)

#### 1.8.6 Desmontaje del inyector electrónico diésel

Los pasos por seguir para un desmontaje y un mantenimiento adecuado de los inyectores diésel son:

1. Desconectar la alimentación eléctrica del inyector.



2. Eliminar las impurezas almacenadas en la base del inyector a través de un aditivo.
  3. Desconectar los racores suspendiendo el circuito de alimentación.
  4. Retirar las mangueras de retorno del combustible.
  5. Desmontar el inyector aflojando las tuercas de los soportes.
  6. Desarmar el inyector retirando la tobera.
  7. Desmontar los sistemas de regulación del inyector.
  8. Limpiar profundamente el inyector y reemplazar los componentes en mal estado.
  9. Reemplazar el área de fijación de la tobera.
  10. Comprobar la longitud del muelle y el estado en que se encuentra.
  11. Limpiar los orificios de pulverización mediante un alambre con el diámetro apropiado.
  12. Armar el inyector de acuerdo con las especificaciones propuestas por el fabricante.
- (Castillejo Calle , 2014)

## **1.9 Porta tobera**

Son dispositivos que alojan las toberas y permite la unión del inyector a la culata mediante una brida, que va sujeta por tornillos o una tuerca hexagonal que gira en el cuerpo del inyector y para obtener un cierre hermético se utiliza una arandela de cobre con asiento cónico. Cada cilindro necesita una porta tobera que conduce el diésel de la cañería a la tobera permitiendo una inyección adecuada y su composición es de acero forjado.

Existen dos tipos que son la DL porta tobera corta y DLL porta tobera larga, usadas en motores de inyección directa que trabaja a 300 bares de presión, presenta orificios de 0,05mm dependiendo del diámetro de la tobera y se diferencian por el tarado del muelle que sirven para obtener un montaje más sencillo. (Valencia Osorio, 2014)

Sus funciones son:

1. Dosificar la inyección.
2. Preparar el combustible para la inyección
3. Conformar el progreso de la inyección.
4. Brindar estanqueidad al inyector y la cámara. (Sánchez Pérez, 2018)

### 1.10 Tobera

Las toberas son componentes de precisión y es la parte más importante del inyector ya que su función es la de ingresar el diésel en la cámara, de este proceso dependerá el rendimiento del motor. Está formado de dos partes que es el cuerpo y la válvula, fabricados de acero con un tratamiento térmico para así fortalecer su composición soportando presiones y temperaturas muy elevadas. (Martínez López , 2013)

*Figura 36 Toberas diésel*



*Fuente:* (Bosch, 2018)

### **1.10.1 Características**

- Orificios distribuidos ordenadamente.
- Elaborados en acero y resistentes a temperaturas elevadas.
- Distribución de la aguja y el cuerpo.
- Calibración hidráulica.
- Aguja de inyección con doble ángulo.

### **1.10.2 Beneficios**

- Inyección de diésel en cantidades exactas para generar mayor torque y potencia.
- Duración prolongada de trabajo.
- Permite el paso libre del diésel obteniendo un mayor rendimiento.
- Brinda un sellado hermético evitando fugas de combustible.

### **1.10.3 Tipos de tobera**

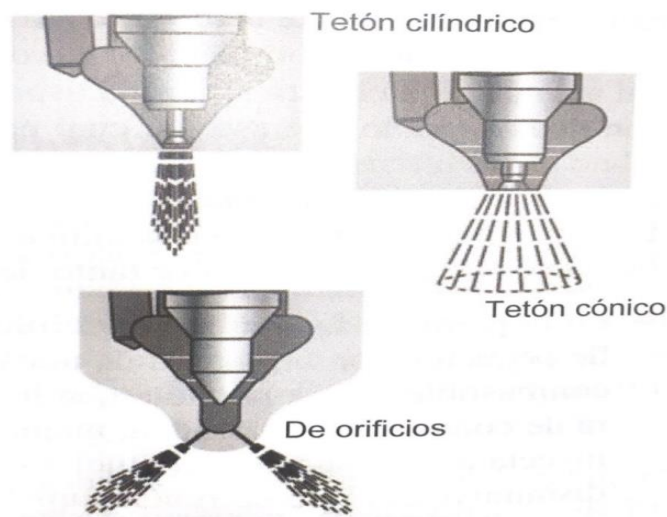
#### ***1.10.3.1 Toberas de espiga***

Se usan en motores de inyección indirecta donde el diésel se inyecta en una precámara con el fin de que la mezcla aire-combustible ingrese a la cámara principal lista para su detonación y su presión de trabajo va entre 110 a 135 bares. Esta tobera modifica el chorro de combustible dependiendo el diseño que presente y mantiene limpia las incrustaciones del orificio donde se aloja. Se clasifican en:

1. **Espiga cilíndrica:** Consta de un tetón cilíndrico que abre de forma ligera el combustible pulverizado con un ángulo corto de inyección.

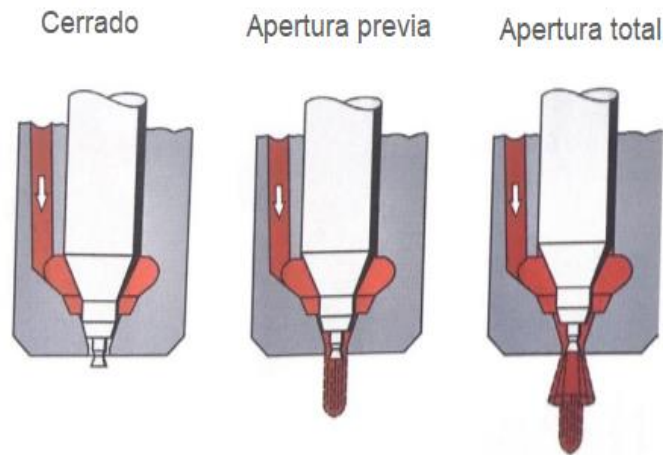
2. **Espiga cónica:** El tetón presenta una forma cónica formando un ángulo más amplio de inyección y de esta forma se mejora la mezcla de aire-combustible en toda la superficie de la precámara.
3. **Orificio auxiliar:** Su función es mejorar el arranque en frío por lo que trabaja solo en revoluciones bajas, por la baja presión en estas condiciones el orificio auxiliar es el primero en abrirse incluso antes que la aguja del inyector. El chorro producido va dirigido a la entrada de aire de la precámara produciendo una combustión acelerada.
4. **Espiga de estrangulación:** El agujero de la tobera es más largo lo que provoca que la parte cilíndrica del tetón ingrese y el chorro de la inyección depende de la apertura que exista entre estos dos componentes. Este sistema ahorra combustible ya que inicia su arranque con poca cantidad de diésel y aumenta dependiendo los requerimientos del motor y la carga que presente. (Salinas Carvajal & Villavicencio Ramos, 2013)

*Figura 37 Tipos de toberas*



*Fuente:* (Pérez, 2018)

**Figura 38** Tobera con estrangulamiento



*Fuente:* (Pérez, 2018)

### **1.10.3.2 Toberas de orificios**

Se usa en motores de inyección directa, presenta de 1 a 8 orificios dependiendo su modelo y diámetro de la tobera. Al aumentar la presión del sistema la aguja del inyector libera los orificios para que se genere la inyección y la presión de trabajo de estas toberas es de 300 bares. Los orificios se ubican simétricamente y el chorro puede formar ángulos de 180°. Su achaflanamiento y su longitud son los responsables de la forma, penetración y calidad del chorro. (Mena Farfán & Paz Zeballos, 2017)

### **1.10.4 Designación de un tipo de tobera**

Para designar un inyector se debe seleccionar dependiendo del motor para lograr una combustión adecuada y brindar mayor eficiencia. Para la elección del inyector se debe determinar lo siguiente:

- Los inyectores presentan tolerancias establecidas por sus fabricantes, el ajuste y el acople correcto evita fugas y garantiza un funcionamiento apropiado.

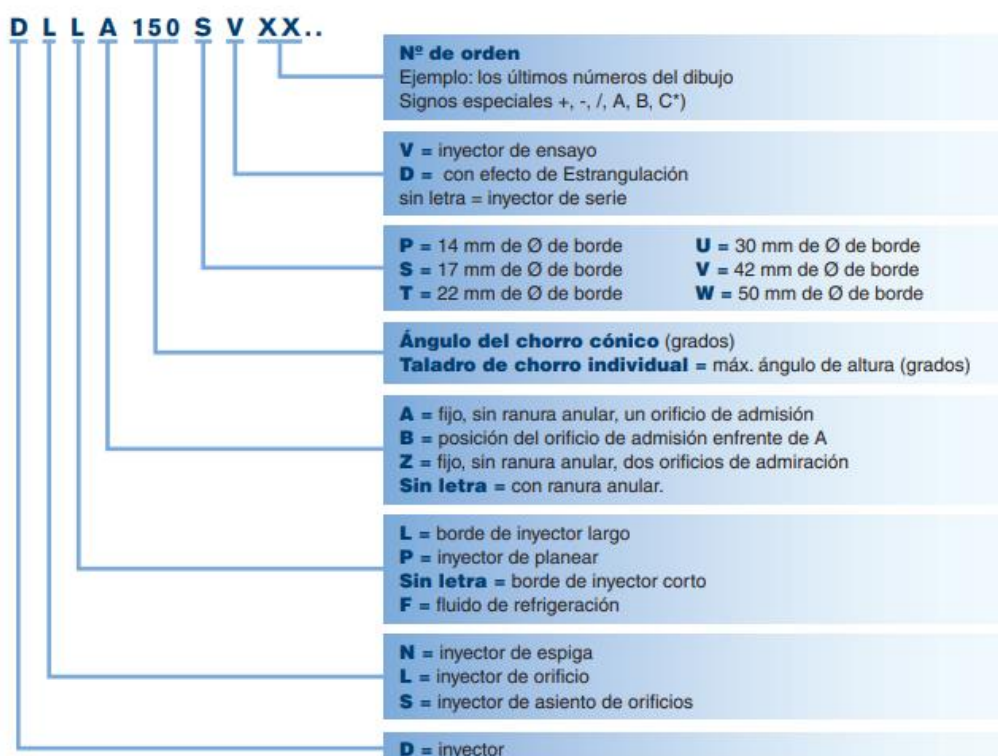
- Un inyector correcto según los requisitos del motor brindará mayor potencia y torque para una conducción segura.
- Se debe tener conocimiento de las letras y símbolos existentes para evitar el montaje de inyectores y porta inyectores inapropiados según el motor que contenga el vehículo.  
(Tobar Villacís, 2014)

### **1.10.5 Lectura de toberas**

Toberas de varios orificios, DL - DLL. Se utilizan en inyección directa y forman un ángulo de 180°. La presión de inyección es de 300 Kg/cm<sup>2</sup> logrando una atomización adecuada en el cilindro y el diámetro de sus orificios es de 0,05 mm. La dimensión de la tobera permite ubicar con mayor rapidez el inyector en el cabezote. (Guerrero, 1983)

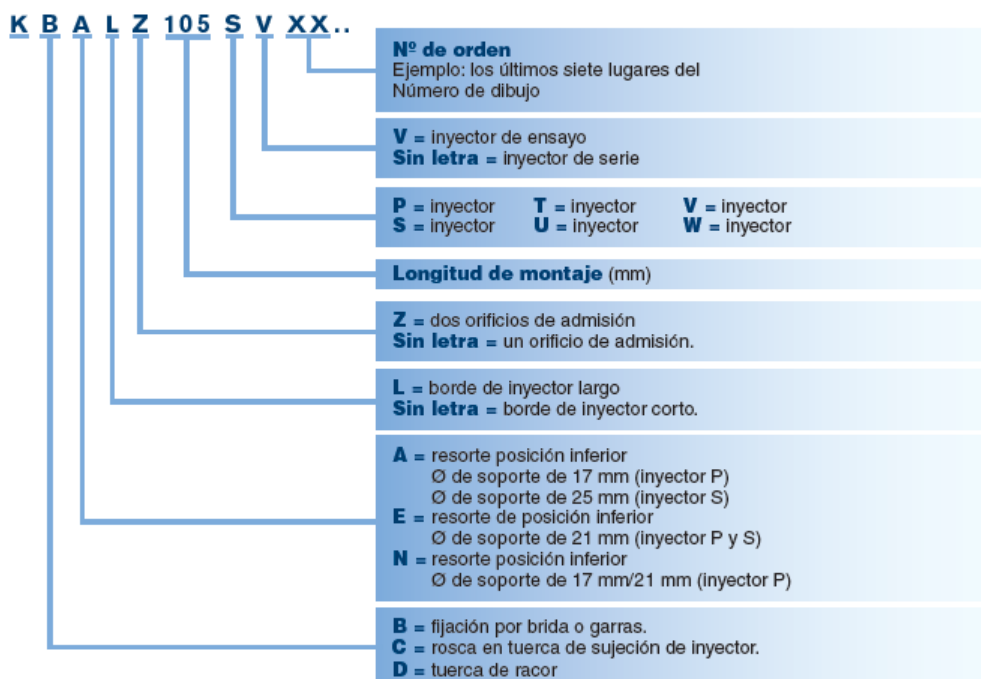
Para las toberas de espiga se usa la sigla DN y son comunes en motores de inyección indirecta en donde se utilizan presiones de descarga de hasta 150 Kg /cm<sup>2</sup>. (Bosch, Toberas , 2001)

Figura 39 Designación de inyectores diésel.



Fuente: (Bosch, 2018)

Figura 40 Designación de un porta-inyector.



Fuente: (Bosch, 2018)

### 1.10.6 Identificación de las toberas

Todos los inyectores presentan una descripción plasmada en su cuerpo, con el fin de diferenciar el modelo y la marca para así instalar el tipo de inyector correcto para cada motor.

(Bosch, Toberas , 2001)

Tipos de datos del inyector:

- Bosch, tiene como referencia las siglas KB o KC seguida de números y letras.
- Lucas, presenta las siglas LC o LR seguida de números y letras, en inyectores electrónicos sus siglas son LDC y en inyectores de lápiz inician como RKB.
- Diésel Zekel, su distribución es por 2 números un guion y 4 números.
- Nippondenso, la referencia consta de cuatro números un guion y dos dígitos.

### 1.11 Averías principales del sistema de alimentación de combustible.

*Tabla 2 Averías en los inyectores*

<b>AVERÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CAUSA</b>
Ralentí inestable	Esto se produce cuando no se administra el suficiente al motor.	-Deterioro en la bomba de combustible. -Inyectores obstruidos. -Filtros de combustible deteriorados.
Vibraciones excesivas	Se produce al terminar los ciclos sin el combustible necesario.	-Tiempo incorrecto en el motor. -Inyectores obstruidos. -Inyectores descalibrados. -Fugas en el circuito de inyección.
Fallos en el motor	El inyector se encuentra defectuoso proporcionando	-Fugas en el inyector. -Baja presión de pulverizado. -Filtro de combustible obstruido.



	cantidades erróneas de combustible.	-Ángulo de instalación del inyector incorrecto.
Testigo MIL encendido	Indica el mal funcionamiento del motor o un excesivo nivel de contaminación.	-Inyección de cantidades erróneas de combustible. -Filtros obstruidos. -Sensores Lambda en mal estado. -Presiones incorrectas en el riel y el inyector.
Fuga de combustible	Es la filtración del diésel por el deterioro del inyector produciendo mezclas irregulares.	-Daño en el inyector -Muelle del inyector en mal estado. -Juntas de estanqueidad deterioradas. -Presiones demasiado altas.
Sobrecalentamiento	Es el aumento excesivo de temperatura en el motor que puede ocasionar problemas de funcionamiento.	-Inyector abierto. -Acumulación de impurezas en la tobera. -Sonda Lambda en mal estado.

**Fuente:** (Jimenez, 2014)

## 1.12 Fluidos de calibración para equipos de inyección diésel

### 1.12.1 ISO 4113

El fluido CV es utilizado para la calibración de equipos diésel y tiene un rango de tolerancia menor para la densidad y la viscosidad cinemática. Su componente anti-desgaste (AW) brinda una mayor lubricación durante las pruebas de funcionamiento y mejora la precisión durante su mantenimiento. Según la norma ISO 4113 el aceite presenta baja viscosidad de 3 mm<sup>2</sup>/s y su utilización es especial para juntas de fluoro carbono (FKM FLUOR KARBON MONOMER). Este lubricante es recomendado para el análisis de bombas diésel, banco de prueba de frenos y comprobadores de motores de arranque. (ISO, 2010)

Se recomiendan usar los siguientes fluidos:

- Shell Calibration Fluid S 9365 (International)
- Shell V-oil 1404
- Rock Vallery Viscor 1487 AW-2
- Castrol calibration 4113
- Esso EGL 70 147
- Benz Oil UCF-1 (Bermeo Ayora, 2017)

### **1.13 Cañerías del sistema de alimentación de combustible.**

Las cañerías de estos sistemas deben soportar presiones muy elevadas ya que el combustible se transporta desde la bomba hasta el inyector a una presión de 1200 bar, estos componentes presenten una curvatura especial dependiendo el modelo del vehículo y la disposición de los demás componentes y están elaboradas de acero. Estas mangueras se les conoce como de alta presión, constan de doble pared para evitar fugas y el fenómeno de cavitación ya que podría generar incendios inesperados.

Existen mangueras de baja presión que se utilizan en el retorno del combustible al tanque y paso al filtro, son de caucho resistentes a temperaturas y presiones no muy elevadas. (Ordóñez Astudillo, 2015)

**Figura 41** Cañerías de alta presión.



*Fuente:* (Bosch, 2018)

## CAPÍTULO II

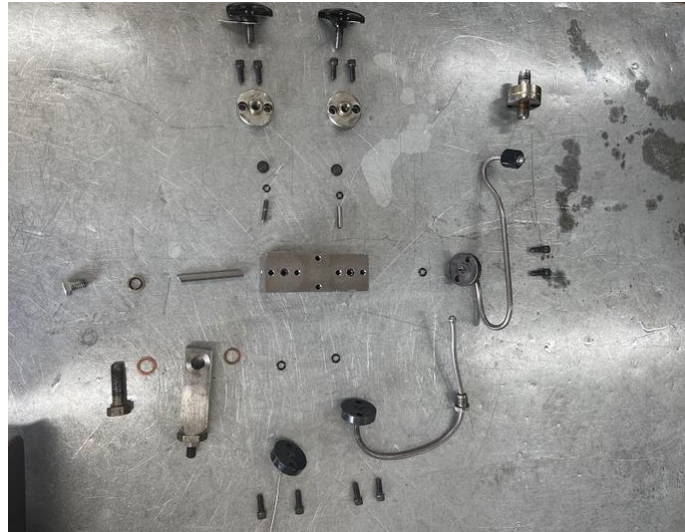
### DESARROLLO

#### 2.1 Reparación y ajuste

##### 2.1.1 Válvula de control de combustible y válvula del manómetro

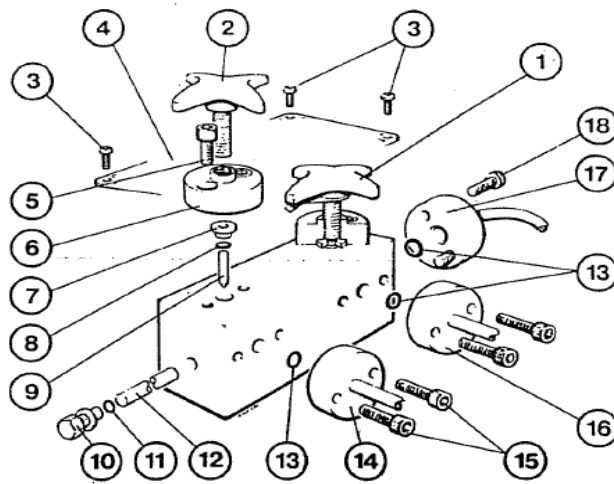
- a. Desmontar los pomos de control (1) y (2), retirar los cuatro tornillos (3) y la placa (4).
- b. Quitar los tornillos de sujeción de las bridas (5), las bridas (6) y los retenes (7).
- c. Presione lentamente la manivela para liberar el eje de la válvula (9) y retire la junta tórica (8).
- d. Coloque una junta tórica nueva y realice su montaje.

**Figura 42** Desmontaje de la válvula de presión de combustible.



**Fuente:** Autoría propia

**Figura 43** Válvula de control de combustible y válvula del manómetro.



**Fuente:** (Hartridge, 2006)

*Figura 44 Liberación del eje de la válvula.*



**Fuente:** Autoría propia

*Figura 45 Desarme de los retenes de la válvula de control de combustible.*

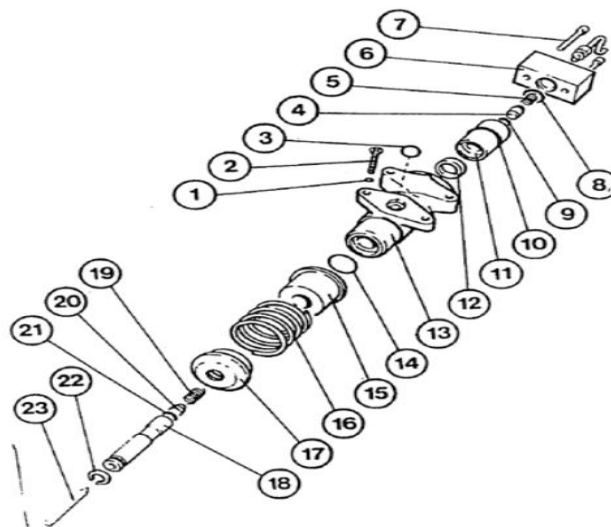


**Fuente:** Autoría propia

### 2.1.2 Reparación de la bomba del comprobador

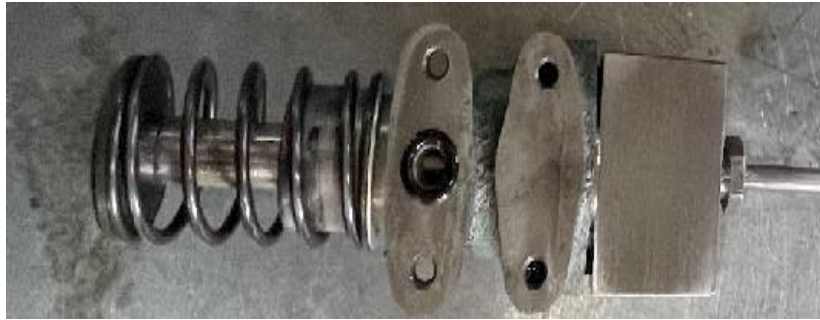
- a. Cierre y desconecte la alimentación de aire y drene el recipiente de combustible.
- b. Retire el anillo elástico (2) y saque el pasador de pivote (3). Quite el codo (1) y no altere el ajuste del tornillo (14).
- c. Quite la biela (13) y retire la tubería (9) de la bomba.
- d. Afloje el tapón de llenado (7) y quite la tapa (8), desmonte la mesa (4).
- e. Afloje el pomo (6), quite el filtro (5) y retire la bomba completa.

*Figura 46* Bomba del comprobador.



Fuente: (Hartridge, 2006)

*Figura 47* Desarme del cuerpo de la bomba.



**Fuente:** Autoría propia

*Figura 48* Desmontaje del bloque de acople.



**Fuente:** Autoría propia

**Figura 49** Despiece de los componentes de la bomba.



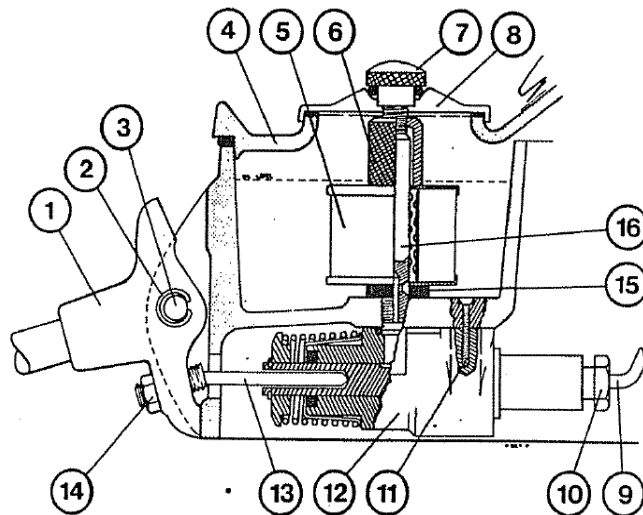
**Fuente:** Autoría propia

- f. Desmonte el émbolo de la bomba, quite el capuchón (15), el muelle (16) y la placa de resorte (17). Afloje los dos tornillos (7) y quite el cuerpo de la válvula (6), los retenes (8) y (9), la válvula de bola (4) y el muelle pequeño (5).
- g. Introduzca una varilla adecuada a través del orificio del embolo y saque el casquillo (11). Quite los retenes (10), (12), (3) y (14).
- h. Limpie a fondo el cuerpo (13) de la bomba, el manguito (11) y el cuerpo (6) de la válvula. Monte una junta tórica (10) nueva desde el extremo cónico del manguito (11). Monte un retén (12) nuevo de alta presión con el lado redondeado primero en el manguito (11). Empuje el manguito dentro del cuerpo de la bomba.
- i. Introduzca el muelle (5) en el orificio del bloque (6). Introduzca la válvula (4) con la nueva junta tórica (9).
- j. Coloque una junta de estanqueidad (14) nueva. Coloque de nuevo el capuchón (15) y el muelle (16) en la bomba. Coloque de nuevo el capuchón (17) del muelle en el embolo.
- k. Tomando como referencia la figura, ponga un poco de aceite o de grasa ligera en el embolo (13) de la bomba y empuje el embolo dentro del cuerpo de la bomba. Limpie a



fondo el interior del recipiente de aceite. Quite el retén (15), limpie los orificios del vástago del filtro (16) con aire a presión y monte un retén (15) nuevo.

*Figura 50 Mecanismo de la manivela.*



Fuente: (Hartridge, 2006)

*Figura 51 Desarme del tapón de llenado.*



Fuente: Autoría propia

*Figura 52* Desmontaje del filtro de combustible.



**Fuente:** Autoría propia

*Figura 53* Limpieza de los componentes internos del comprobador.



**Fuente:** Autoría propia

**Figura 54** Limpieza de la bomba hidráulica.



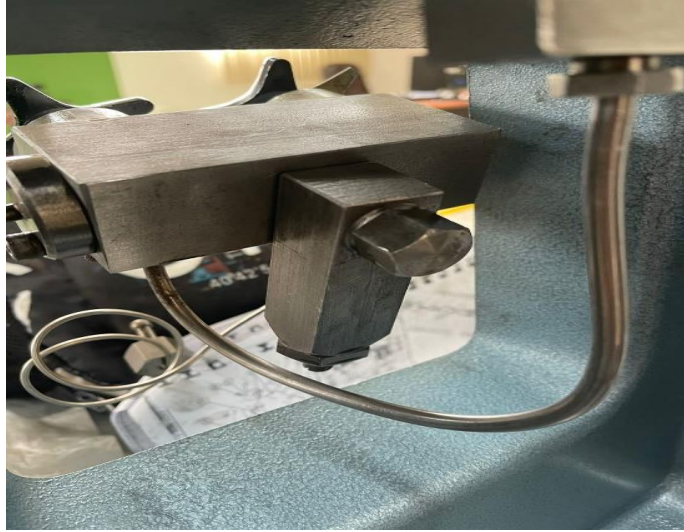
**Fuente:** Autoría propia

**Figura 55** Mantenimiento de la cámara de pulverización.



**Fuente:** Autoría propia

*Figura 56 Comprobación del sistema de alta presión.*



**Fuente:** Autoría propia

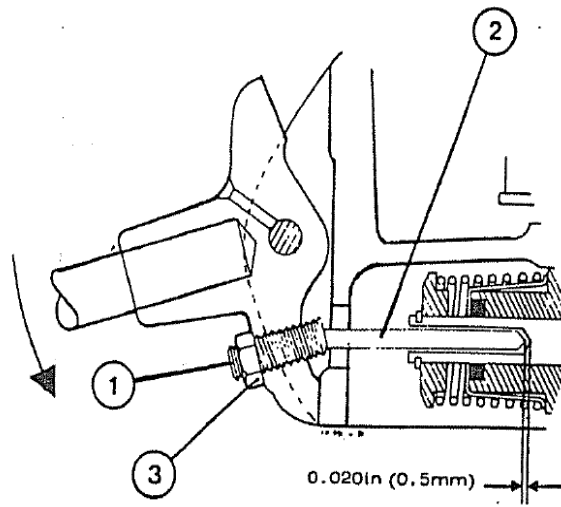
- l. Coloque una junta tórica (3) nueva.
- m. Monte cuatro juntas tóricas (1) nuevas en los cuatro tornillos (2) y coloque de nuevo los componentes de la bomba, cerciorándose de que los cuatro tornillos de fijación estén totalmente apretados.
- n. Coloque de nuevo el filtro e instale nuevamente el codo con la manivela.
- o. Compruebe que la manivela no golpee con la base al aplicarle una fuerza.

### **2.1.3 Mecanismo de la manivela – separación del émbolo**

El mecanismo de manivela /émbolo, está ajustado en fábrica para evitar que el émbolo llegue al fondo al final de su carrera. Cuando se baja totalmente la manivela, el movimiento debe pararse por el codo que interviene con el cuerpo de la máquina para dejar aproximadamente 0.020 pulg. (0.5mm) de recorrido libre. Si se necesita ajuste, suelte la tuerca de bloqueo (3) y ajuste el tronillo (1) hasta que el émbolo llegue al fondo cuando se baje totalmente la palanca. Suelte la manivela y afloje el tornillo (1) media vuelta. Inmovilice la tuerca (3).



**Figura 57** Mecanismo de manivela.



Fuente: (Hartridge, 2006)

**Figura 58** Mecanismo de la manivela.



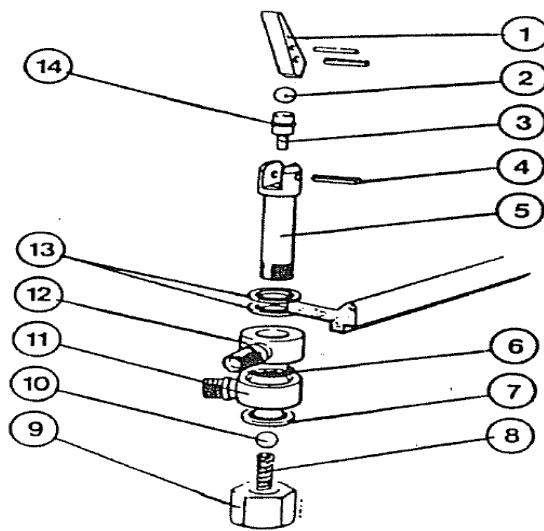
Fuente: Autoría propia

#### 2.1.4 Interruptor del extractor de humos

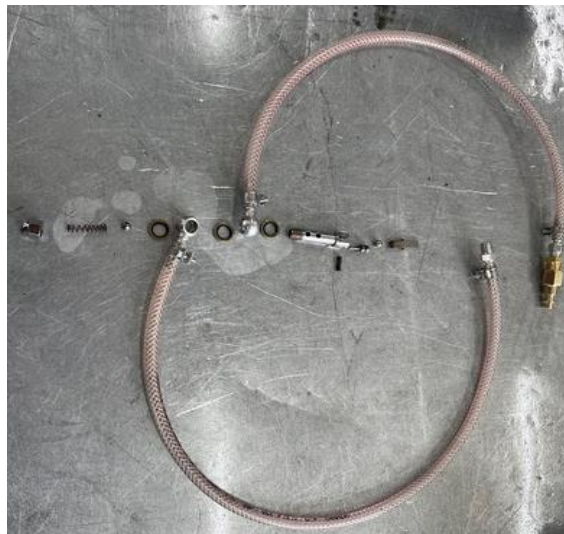
- a. Retire la mesa siguiendo las instrucciones.

- b. Afloje la tuerca ciega (9). Retire el muelle pequeño (8), la bola (10) y el retén (7). Saque el racor (11) y la junta tórica (6). Quite el cuerpo del interruptor de la parte superior de la mesa. Quite el pasador (4), la palanca (1) y la bola (2).
- c. Introduzca una varilla adecuada en la parte inferior del cuerpo (5) del interruptor y saque el émbolo (3) teniendo cuidado para que no se dañe el asiento interno de la válvula, limpie el cuerpo del interruptor, los racores, etc.
- d. Monte una junta tórica (14) nueva en el extremo cónico del émbolo y coloque el anillo en la ranura.

**Figura 59** Interruptor de extractor de humo.



Fuente: (Hartridge, 2006)



Fuente: Autoría propia

**Figura 60** Extractor de humos.



**Fuente:** Autoría propia

- e. Monte un retén superior (13) nuevo en el cuerpo del interruptor e introduzca el cuerpo del interruptor en la mesa de modo que cuando se presione la bola (2), la palanca del interruptor este en ON.
- f. Monte un retén inferior (7) nuevo en el cuerpo del interruptor, en el lado inferior de la mesa y monte de nuevo el interruptor.
- g. Conecte la alimentación de aire y compruebe si tiene fugas.

### **2.1.5 Juntas tóricas del bloque de válvulas**

- a. Quite la mesa como se ha descrito en el párrafo
- b. Desconecte los conjuntos de tuberías (14), (16) y (17) soltando los tornillos (15) y aflojando las tuercas del cuerpo de la válvula de la bomba, manómetro y salida de la mesa. Quite el tornillo (). El tapón (12) y los ejes (9) de la válvula, como se ha descrito en el párrafo 1.
- c. Limpie el bloque con aire a presión.

- d. Monte de nuevo, colocando las tres juntas tóricas (13) nuevas y el retén (11).

*Figura 61 Juntas tóricas del comprobador.*



Fuente: Autoría propia

### 2.1.6 Montaje de la mesa

*Figura 62 Montaje de la mesa*



Fuente: Autoría propia

### 2.1.7 Turbina del extractor de pulverización



*Figura 63 Limpieza de la turbina de pulverización*



**Fuente:** Autoría propia

## **2.2 Proceso de reparación de la pintura**

1. Limpiar la superficie a pintar y desprender las partículas de suciedad.

*Figura 64 Limpieza de la mesa del comprobador.*



**Fuente:** Autoría propia

2. Proceso de tratamiento para eliminar el óxido.

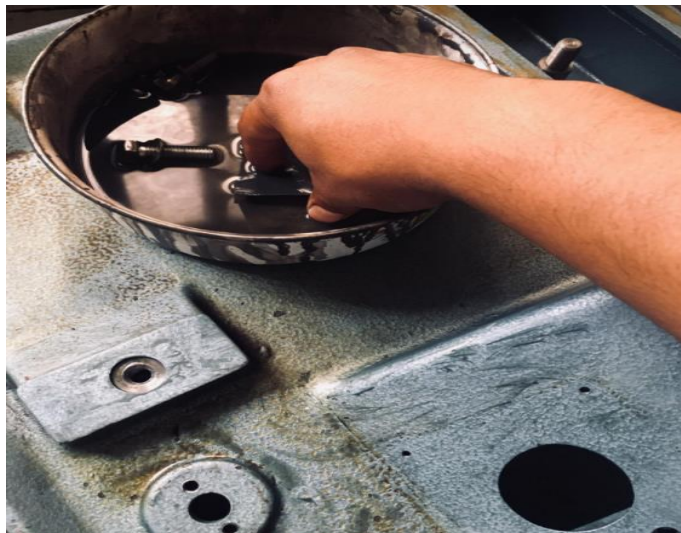
**Figura 65** Eliminación del óxido en la superficie del depósito de combustible.



**Fuente:** Autoría propia

3. Limpieza y desengrasado de la superficie.

**Figura 66** Desengrasado de la superficie.



**Fuente:** Autoría propia

4. Lijado en seco de grano 220 y grano 320 para una superficie lista a ser pintada.

*Figura 67 Lijado para mejor adherencia.*



**Fuente:** Autoría propia

5. Limpieza de la superficie para conseguir buena adherencia de la pintura.

*Figura 68 Limpieza con cepillo de acero.*



**Fuente:** Autoría propia

6. Pintar la superficie con una película de espesor de calidad.

*Figura 69 Superficie lista para su primera capa de pintura.*



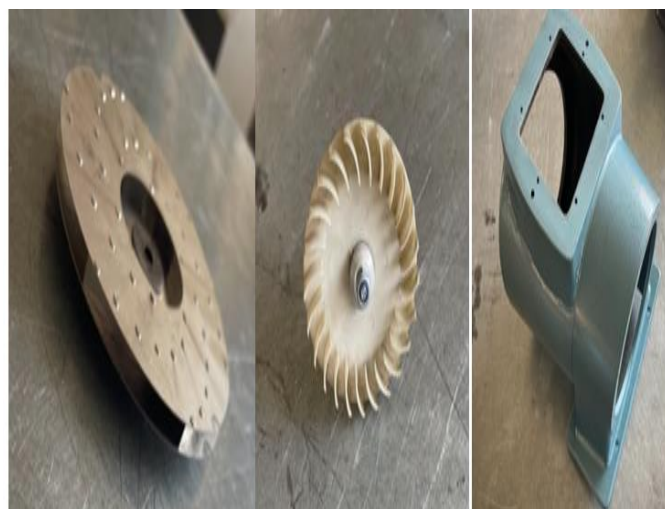
**Fuente:** Autoría propia

### **2.3 Montaje de los elementos**

Para empezar el montaje de los elementos, tener limpio y en orden sobre una superficie fija. El proceso de montaje es al contrario del desmontaje, es decir es un proceso inverso solo varia el orden.

1. Montaje de la turbina de extracción de humos.

*Figura 70 Montaje de la turbina.*



**Fuente:** Autoría propia



- Montaje de la bomba principal en el depósito de combustible.

*Figura 71 Bomba principal.*



**Fuente:** Autoría propia

- Montaje de la válvula de control de combustible y de la válvula del manómetro, también las cañerías de la válvula de control de aire.

*Figura 72 Válvula de control de combustible y de la válvula del manómetro.*



**Fuente:** Autoría propia

- Montaje del manómetro de presión de líquido y las manijas de las válvulas de control.

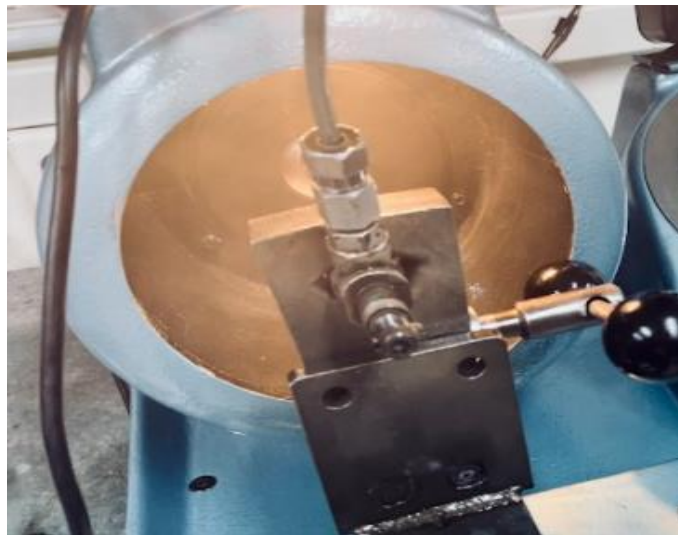
**Figura 73** Manómetro



**Fuente:** Autoría propia

5. Montaje de la cámara de pulverización y la lámpara de iluminación.

**Figura 74** Cámara de pulverización y lámpara de iluminación.



**Fuente:** Autoría propia

6. Montaje de la mordaza sujetadora de inyectores.

*Figura 75 Mordaza sujetadora rápida.*



**Fuente:** Autoría propia

7. Montaje del reloj temporizador.

*Figura 76 Reloj temporizador.*



**Fuente:** Autoría propia

8. Cambio de filtro de combustible.

*Figura 77 Filtro de combustible.*



**Fuente:** Autoría propia

9. Instalación de la cañería de ingreso de combustible.

*Figura 78 Cañería de alta presión.*



**Fuente:** Autoría propia

10. Llenado del depósito de combustible.



*Figura 79 Combustible para el comprobador.*



**Fuente:** Autoría propia

11. Montaje de la palanca de mando manual y calibración de la misma.

*Figura 80 Palanca manual y calibración.*



**Fuente:** Autoría propia

12. Instalación del inyector y prueba final de pulverización

**Figura 81** *Instalación del inyector y prueba de presión.*



**Fuente:** Autoría propia

## **2.4 Área de trabajo**

### **2.4.1 Instalación de mesa de trabajo**

La mesa de trabajo se realizará en el área designada dentro del laboratorio de inyección a diésel de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca, ubicándose al costado de comprobador de bombas de inyección en línea. Mejorando su accesibilidad a cajones de accesorios y repuestos del comprobador HH601, para mantener un orden y seguridad al realizar trabajos de pruebas de inyectores.

Dentro de los accesorios tenemos:

1. Recipientes de arandelas de cobre.
2. Recipientes de racores.
3. Caja de cañerías de alta presión a diésel.
4. Recipientes de oil rings.

### 2.4.2 Toma de conexión eléctrica

Para la instalación del comprobador HH601, se requiere una toma eléctrica con 120 V de tensión para poner en funcionamiento la lámpara que permite observar la pulverización del inyector.

### 2.4.3 Toma de conexión neumática

Para la instalación del comprobador HH601, se requiere un punto neumático para que realice la aspiración de combustible usado durante las pruebas.

### 2.4.4 Equipo de protección personal

- Mandil
- Guantes
- Gafas de seguridad
- Zapatos de seguridad

## 2.5 Montaje final

*Figura 82 Comprobador HH601 restaurado.*



**Fuente:** Autoría propia

## CAPITULO III

### COMPROBACIÓN Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES EN EL ÁREA DE PRUEBAS

#### 3.1 Generalidades

Las comprobaciones siguientes están basadas en el procedimiento general de prueba para las toberas de aguja y de orificios que normalmente se usan en los motores de transporte en carretera. Se debe seguir las instrucciones establecidas por el fabricante con respecto al procedimiento de las pruebas realizadas a los inyectores.

No se recomienda que los inyectores/toberas defectuosas se sometan al procedimiento de prueba detallado, sino que se lleve a cabo una prueba rápida para aislar la causa probable del fallo antes del reacondicionamiento. Siempre enjuague la tobera antes de una secuencia de pruebas.

#### 3.2 Ajuste de la presión

##### 1. Enjuague y ajuste de la presión (solo comprobación)

- a. Cierre el aislador del manómetro.
- b. Abra la válvula de control de combustible una vuelta completa.
- c. Conecte el extractor de humos.
- d. Accione suavemente varias veces la manivela para que enjuague y salga el aire.
- e. Cierre la válvula de control del combustible y ajuste la aguja a cero. Abra la válvula de control a lo mínimo que permita que funcione el inyector cuando se haga presión hacia abajo en la manivela. Si es necesario, reajuste la válvula de control de combustible para obtener el mejor caudal mínimo. (Anote la abertura de la válvula de control de

combustible para futuras pruebas en toberas similares y para usar en la prueba estanqueidad del asiento).

- f. Abra un cuarto de vuelta el aislador del manómetro presione la manivela y observe la presión más alta del manómetro antes de que se “dispare la tobera”. Si es necesario, ajuste el inyector al reglaje correcto.

**Tabla 3 Prueba de ajuste de presión.**

<b>Prueba de ajuste de la presión</b>			
<b>Inyector</b>	<b>Abertura de la válvula de caudal (Q)</b>	<b>Presión</b>	
		<b>Bar</b>	<b>Lbf/ in<sup>2</sup></b>
<b>Orificios</b>	1 – 1.5	155±5	2300
<b>Tetón</b>	11	120	1750

Fuente: Autoría propia

### 3.3 Enjuague y ajuste la presión

Este procedimiento solo se aplica para las toberas que necesiten un ajuste de presión después del montaje y que presenten un tornillo regulador en la tobera.

- a. Afloje el tornillo de ajuste permitiendo la abertura de la tobera a baja presión.
- b. Cierre el aislador del manómetro.
- c. Accione rápidamente la manivela para enjuagar la tobera.
- d. Abra el aislador del manómetro.
- e. Accione lentamente la manivela y, al mismo tiempo, apriete el tornillo de ajuste de la presión del inyector hasta que se abra la tobera a la presión requerida.
- f. Apriete la contratuerca del tornillo de ajuste.

**Tabla 4** Prueba de presión por regulación de tornillo.

<b>Prueba de regulación por tornillo</b>			
<b>Inyector</b>	<b>Abertura de la válvula de caudal  (Q)</b>	<b>Presión</b>	
		<b>Bar</b>	<b>Lbf/ in<sup>2</sup></b>
<b>Ajuste por tornillo</b>	5	160	2300

Fuente: Autoría propia

### 3.4 Prueba de estanqueidad o goteo

La prueba está diseñada para la mayoría de las toberas de aguja y orificio, el mantenimiento es por medio de una presión de 10 atmosferas (140 psi) menor a la presión de abertura del inyector durante 1 minuto y observe la superficie de absorción sobre un trozo de papel secante limpio colocando ligeramente contra la punta de la tobera. La superficie de absorción no debe ser mayor de ½ pulg (12mm), de diámetro.

1. Compruebe que el extractor de humos esté conectado.
2. Ajuste la válvula de control de combustible al caudal necesario.
3. Abra un cuarto de vuelta el aislador del manómetro.
4. Seque la punta de la tobera.
5. Accione la manivela hasta que se alcance la presión de mantenimiento 10 bar (140 psi) por debajo de la presión establecida por el fabricante y mantenga esta presión constante con la manivela durante el tiempo que sea necesario.
6. Suelte la presión y compruebe la punta de la tobera por si presenta signos de fugas. No debe haberse formado goteo de aceite de pruebas.

Si falla esta prueba, el ángulo de asiento del cuerpo de la tobera es incorrecto.

**Tabla 5 Prueba de estanqueidad.**

<b>Prueba de estanqueidad o goteo</b>		
<b>Inyector</b>	<b>Goteo</b>	<b>Presión</b>
		<b>Bar</b>
<b>Orificio</b>	No	10
<b>Tetón</b>	No	10-20

**Fuente:** Autoría propia

### **3.5 Pruebas de retorno de fugas**

Las presiones típicas de abertura de los inyectores están entre 160 y 170 bar, y una caída natural de la presión de 100 a 75 bar, en no menos de 6 segundos es satisfactorio. Para las toberas del tipo de retardo, una caída de presión de 100 a 75 atmosferas en no menos de 6 segundos es satisfactorio.

1. Abra una vuelta la válvula de control de combustible.
2. Conecte el extractor de humos.
3. Accione la manivela de modo que la tobera funciones tres veces.
4. Abra un cuarto de vuelta la válvula de control de combustible.
5. Abra un cuarto de vuelta el aislador del manómetro.
6. Accione la manivela hasta que el manómetro indique la presión necesaria (la tobera no debe funcionar).
7. Ponga en marcha el contador de segundos.
8. Anote el tiempo necesario para la caída de presión a la lectura más baja especificada.

Como guía rápida, un retorno de fugas limitada (tiempo excesivo para la caída de presión), indica una separación muy ajustada, por lo tanto, lime para obtener los valores correctos en un retorno de fugas excesivo (caída de presión muy rápida) y realice una

investigación profunda del funcionamiento del inyector. La existencia de fugas excesivas puede ser causadas por una tuerca ciega floja, asiento sucio, tubería floja o suciedad entre las superficies de contacto de la tobera y del porta toberas. El tiempo del retorno de fugas también puede ser afectado por la temperatura, viscosidad del aceite de pruebas o la longitud excesiva de la tubería.

**Tabla 6 Prueba de retorno de fugas.**

<b>Prueba de retorno de fugas</b>				
<b>Inyector</b>	<b>Abertura de la válvula de caudal (Q)</b>	<b>Presión de apertura</b>	<b>Caída de presión</b>	<b>Tiempo</b>
		<b>Bar</b>	<b>Bar</b>	<b>Segundos</b>
<b>Orificio</b>	10	150	140	6
	10	155	125	20
<b>Tetón</b>	10	120	110	6
	10	120	100	8

**Fuente:** Autoría propia

### **3.6 Prueba de formación de la pulverización (atomización) y “ronquido de la aguja.”**

La tobera debe atomizar completamente el combustible para que se produzca una pulverización regular, sin goteo. Las toberas de orificios múltiples deben pulverizar de la misma forma por cada orificio.

- a. Cierre el aislador del manómetro.
- b. Conecte el extractor de humos.
- c. Cierre la válvula de control de combustible.



- d. Accione la manivela y abra lentamente la válvula de control de combustible de modo que se suministre la cantidad mínima de diésel para accionar la tobera.
- e. Durante la bajada total de la manivela a un ritmo regular, la tobera debe “roncar” y atomizar continuamente con un sonido de zumbido uniforme, la pulverización debe ser homogénea.

**Tabla 7 Prueba de pulverización.**

<b>Prueba de pulverización</b>				
<b>Inyector</b>	<b>Abertura de la válvula de caudal (Q)</b>	<b>Presión</b>	<b>Bar</b>	<b>Estado</b>
<b>Orificios</b>	1.2	155	Bar	Tobera defectuosa
<b>Tetón</b>	1	120		Bueno

**Fuente:** Autoría propia

### **3.7 Prueba de presión de inyección**

En esta prueba se realizará a la presión de inyección establecida por el fabricante, que es la que permitirá abrir la aguja para la pulverización del diésel. El procedimiento es el siguiente:

- a. Sujetar el porta inyector en la sujeción rápida del banco.
- b. Abrir la válvula de control de combustible y del manómetro.
- c. Accionar la palanca manual hasta alcanzar la presión de apertura.
- d. En los inyectores de orificios se debe calibrar a 170 bar y de tetón a 120 bar, con una tolerancia  $\pm 5$  bar.

- e. El inyector de orificio se calibra en el tornillo de ajuste y el inyector de tetón por lanas de ajuste.

*Tabla 8 Prueba de presión de inyección.*

	<b>Prueba de presión de inyección</b>		
<b>Inyector</b>	<b>Abertura de la válvula de caudal (Q)</b>	<b>Presión</b>	<b>Bar</b>
<b>Orificios</b>	5	160	Bar
<b>Tetón</b>	5	120	Bar

Fuente: Autoría propia

## **CAPITULO IV**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- Finalmente, la investigación del comprobador Hartridge HH601 se realizó en las instalaciones de la biblioteca y varios libros digitales que se encontraron en la web, además se utilizó el manual técnico de información detallada sobre los requisitos de instalación, su forma de uso y el mantenimiento para comprobar toberas convencionales que nos permitió comprender el funcionamiento y realizar el despiece de los elementos principales del banco comprobador.
- Se concluye que el proceso de restauración del comprobador se realizó con éxito ya que es un banco de accionamiento manual y la verificación de los componentes debe ser minuciosa para su posterior reemplazo de las piezas en mal estado. Una vez realizados los cambios pertinentes se procedió al montaje de cada elemento con mucha precisión y con el debido cuidado ya que estos funcionan a presiones muy elevadas de trabajo.

- Se verificó y demostró el funcionamiento para el cual fue diseñado el banco comprobador de inyectores convencionales y se realizó distintas pruebas con inyectores de orificio y tetón obteniendo resultados precisos. Esto beneficiara a futuras generaciones de estudiantes en su aprendizaje.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seguir un orden de operaciones de trabajo como se menciona en el manual para realizar un proceso de restauración del equipo.
- Es necesario utilizar la herramienta adecuada para evitar daños en el inyector y los componentes del sistema de inyección, realizando un mantenimiento correcto y protegiendo la integridad de los operarios.
- Se debe usar la vestimenta adecuada y protecciones de uso personal de esta manera el riesgo de accidentes se reduce en gran cantidad, así como una mascarilla, gafas protectoras, etc.
- Mantener la distancia adecuada entre el personal que se encuentre usando el equipo, del punto de inyección y de los elementos accionantes.
- Antes de iniciar las distintas actividades es de suma importancia realizar una inspección visual de posibles fugas o de elementos que no se encuentren situados correctamente.

### 4.3 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. A., Godoy, A. S., & Gómez, N. F. (2001). *Cámaras de combustión y sistemas de distribución de la carga*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Nordeste.
- Álvarez, S. (26 de Febrero de 2020). *Autotools*. Obtenido de <https://www.autotools.co/node/661>
- Analuisa Tipantuña, R. S., & Viscaino de la Cruz, E. G. (2017). *ANÁLISIS DE DURABILIDAD DE LOS MATERIALES DE FABRICACIÓN DEL INYECTOR DENSO 6521 DEL SISTEMA DE INYECCIÓN CRDI AL TRABAJAR CON LA MEZCLA COMBUSTIBLE OBTENIDO A PARTIR DEL ACEITE DE MOTOR RECICLADO*. Latacunga: ESPE.
- Anrango Enríquez, R. F. (2021). *Identificar los posibles daños en elementos fijos y móviles de un motor diésel del laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la UTN, el cual utiliza biodiesel para su funcionamiento*. Ibarra: UTN.
- Arellano Cabrera, H. J., & Falconi Toro, D. V. (2015). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos diésel*. Riobamba: Espoch.
- Arellano Cabrera, H. J., & Falconí Toro, D. V. (2015). *Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diesel*. Riobamba: ESPOCH.
- Barco Vargas, W. J., & Pacay Glinga, J. A. (2010). *Control de presión y tarado Control de estanqueidad Control de pulverización y dirección del chorro*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Bermeo Ayora, J. A. (2017). *Diseño de un manual de operación del banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC*. Guayaquil: UIDE.
- Bermeo, M., Serrano, F., Naula, K., & Morales, C. (2011). *Sistema de alimentación diésel*. Azogues: Universidad Técnica José Peralta.

Bosch. (2001). *Toberas* .

Bosch. (19 de Diciembre de 2016). *Iturria*. Obtenido de <https://www.iturria.com.ar/bosch-automotive-service-solutions-otc-3/>

Bosch. (2018). *Sistemas de inyección Diésel. ZEXEL*.

Bosch. (13 de Junio de 2020). *Bosch Automotive Aftermarket*. Obtenido de <https://www.boschaftermarket.com/es/es/equipos-y-diagnosis/equipos-de-taller/sistemas-y-bancos-de-pruebas/eps-100/>

Bosch, R. (2018). EPS-815 banco de pruebas diesel versatil y de alto rendimiento. *Bosch innovación para tu vida*, 5-8.

Cabascango , G., Dávila, P., Mena, L., & Erazo , G. (2014). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DIDÁCTICO DE INYECTORES DIESEL PIEZOELÉCTRICOS CON VISUALIZACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES OPERATIVAS A TRAVÉS DE UN OSCILOSCOPIO. *Energía Mecánica Innovación y Futuro ESPE*, 2-5.

Camacho Pérez, J. d. (2018). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES A DIESEL*. Chiapas: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ .

Cárdenas Almena, M. D. (2016). *Estudio de las emisiones de motores diésel de automoción en condiciones de funcionamiento transitorias al usar biodiesel*. Ciudad Real: Universidad de Castilla-La Mancha.

Carrasco Palomeque , J. J., & Medina Pacheco, D. A. (2011). *Para conocer el nivel de combustible que presenta el depósito*. Cuenca: Universidad del Azuay.

Castillejo Calle , A. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Castro Mediavilla, J. J., & Gonzáles Torres, M. E. (2019). *Análisis comparativo del funcionamiento del inyector de un motor CRDI bajo diferentes alturas geográficas*. Quito: UIDE.

Clavero, D. (7 de Septiembre de 2012). *TECMOVIA*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/09/07/delphi-desarrolla-un-sistema-de-inyeccion-diesel-combinando-common-rail-e-inyector-bomba/>

Coral de la Cadena, F. A. (2013). *Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: ESPOCH.

Cruz Espinoza, P. M. (1013). *Ensayo de un motor diesel en banco de pruebas*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Delphi. (19 de Noviembre de 2007). *Manual de principios de funcionamiento Common Rail*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fautomotrizenvideo.com%2Fwp-content%2Fsp-resources%2Fforum-file-uploads%2Flisandro%2F2014%2F10%2FMANUAL-COMMON-RAIL-delphi.pdf&clen=4756435&chunk=true>

Gil, H. (2002). *Sistemas de inyección diésel*. Barcelona: CEAC, S.A.

Gómez Martínez, J. (2021). *Estudio computacional del fenómeno de la cavitación de dos familias de inyectores diesel mediante técnicas RANS*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

- Guerrero, A. C. (1983). *Mecánica Diésel*. Buga: Educar Editores S.A.
- Guzmán , A., Mena , L., & Rocha , J. (2014). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COMPROBADOR DE INYECTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS DE MOTOR SERIE 3500 CATERPILLAR*. Latacunga: ESPE.
- Hartridge. (Febrero de 2006). *BTLrus*. Obtenido de <http://btlrus.com/hh601.htm>
- Hartridge. (2006). *HH601Nozzle Testmaster*. Obtenido de <http://btlrus.com/hh601.htm>
- ISO, 4. (2010). *ISO 4113:2010 Road vehicles — Calibration fluids for diesel*. Londres: ISO.
- Jácome , A., López , D., Salinas , D., Villavicencio, J., Mena , L., & Mena , S. (2013). *BANCO PARA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL : DENSO , DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI*. Latacunga: ESPE.
- Jácome , A., López , D., Salinas, D., Villavicencio, J., Mena , L., & Mena , S. (2016). *BANCO PARA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL : DENSO , DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI*. Riobamba: ESPOCH.
- Jimenez, L. (2014). Sistemas de inyección Bosch: precisión, fiabilidad y funcionalidad óptima. *Revista Técnica de Centro Zaragoza*, 32-40.
- Lascano López, D. F., & Montachana Tenorio, J. C. (2011). *BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL*. Latacunga: ESPE.
- Mafla Yépez, C. N., & Guerrero Quintana , L. M. (2018). *Análisis del comportamiento de los inyectores mecánicos y electrónicos de motores diésel, con el uso de biodiésel. con mezclas B5 Y B10*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Mancheno Ordóñez, A. F., & Suárez Cisneros, J. H. (2017). *Estudio de las calibraciones de los inyectores en función del diésel distribuido en el país*. Quito: UIDE.

- Manchero Ordóñez , A. F., & Suárez Cisneros , J. H. (2017). *Estudio de las calibraciones de los inyectores en función del diésel distribuido en el país*. Quito: UIDE.
- Martínez López , J. (2013). *Estudio computacional de la influencia del levantamiento de aguja sobre el flujo interno y el fenómeno de la cavitación en toberas de inyección diésel*. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
- Mena Farfán , M. Á., & Paz Zeballos, R. T. (2017). *Análisis del rendimiento del motor diesel utilizando biodiesel como combustible en la altitud*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Muñoz Vizhñay, J. F., & Correa Gárate, A. J. (2017). *Diseño y construcción de un sistema didáctico funcional de limpieza de inyectores electrónicos diésel Bosch*. Azuay: Universidad del Azuay.
- Narváez Pallares, H., Villarreal Acosta , S., Duarte, F., & Rincón Montenegro , A. (2017). *Implementación de un banco para pruebas en motor Diésel monocilíndrico con aplicaciones investigativas*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Obando Cabezas, P. J. (2014). *PRUEBA DE INYECTORES A DIESEL DOBLE CALIBRACIÓN*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Ordóñez Astudillo, I. A. (2015). *Intepretación de los efectos de la baja presión en un motor de combustión interna encendido por compresión CRDI Hyundai Sana Fé 2.0 mediante el análisis de ruido*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Orellana Cruz , O. S. (2015). *ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREA PARA PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DE INYECTORES MECÁNICOS DIESEL*. Guayaquil: UIDE.
- Orellana Cruz, O. S. (2015). *Estudio de implementación de área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diesel*. Guayaquil: UIDE.



- OTC. (21 de Marzo de 2015). *Auto Tools*. Obtenido de <https://www.autotools.co/node/338>
- Passo , R., Ulcuango , C., Toapanta , C., & Luna , L. (2019). Activación y control de inyectores diésel CRDI de las marcas Denso y Delphi. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 186-194.
- Perex, M. (28 de Mayo de 2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/mijaletis/sistema-de-inyeccion-electronica-common-rail-siemens>
- Pérez, M. Á. (2018). *Sistemas auxiliares del motor*. España: Paraninfo.
- Puente , E. (2018). Análisis Y Diagnóstico Del Sistema De Control Electrónico De Inyección De Combustible Diesel HEUI CAT-3126. *Dialnet*, 145-150.
- Quilligana Zamora, B. F. (2020). *Implementación de un banco de pruebas para Bombas de inyección a diésel para el Laboratorio de Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE*. Latacunga: ESPE.
- Quinteros Lozada, F. J. (2013). *CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES MECÁNICOS DE MOTORES DIESEL PARA EL LABORATORIO DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL*. Quito: UTE.
- Reyes Cualchi, J. P. (2018). *Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI)*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Rodriguez Castillo, M. (2014). *Estudio y análisis de los recubrimientos de barrera térmica en motores diesel*. Catalunya: UPC.

- Salinas Carvajal , D. A., & Villavicencio Ramos, J. D. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI*. Latacunga: ESPE.
- Sánchez Pérez, P. (2018). *Propuesta de medios alternativos para el diagnóstico técnico al sistema de alimentación Diesel*. Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de las Villas.
- Sempértegui Ramírez , C. M. (2013). *Construcción e implementación de un simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- Sempértegui Ramírez, C. M. (2013). *Construcción e implementación de un simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail*. Quito: UIDE.
- SEPDIESEL. (2016). *Sepdiésel*. Obtenido de <https://www.sepdiesel.com/>
- Solís Freire, E. G., & Mejía Guzmán, G. P. (2011). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA PROCESO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL PARQUE AUTOMOTOR DEL ILUSTRE MUNICIPIO DEL CANTÓN PÍLLARO PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Riobamba : ESPOCH.
- Tigre Sangurima, M. O., & Villa Cayambe, N. M. (2015). *Repotenciación de un banco de pruebas de inyectores para vehículos a diesel CRDI para el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: ESPOCH.
- Tobar Villacís, S. A. (2014). *Diseño y construcción de un banco de inyección diesel tipo bomba - inyector con control electrónico, motor detroit diesel serie 60*. Quito: UIDE.

Tomás Pérez, M. d. (2015). *Caracterización del chorro diesel analizando la influencia del tipo de combustible y la geometría de la tobera*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Valencia Osorio, V. (2014). *Banco de pruebas para bomba e inyector mecánicos diesel*. Medellín: Institución Universitaria Pascual Bravo.

Wltec. (1 de Noviembre de 2021). *Comprobador de inyectores diésel 0-600 bar*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fcdn.manomano.com%2Ffiles%2Fpdf%2F11336829.pdf&cldn=332174&chunk=true

#### 4.4 ANEXOS

Cambio de todos los retenes.



Cambio de cañerías neumáticas para la extracción de humos de pulverización.



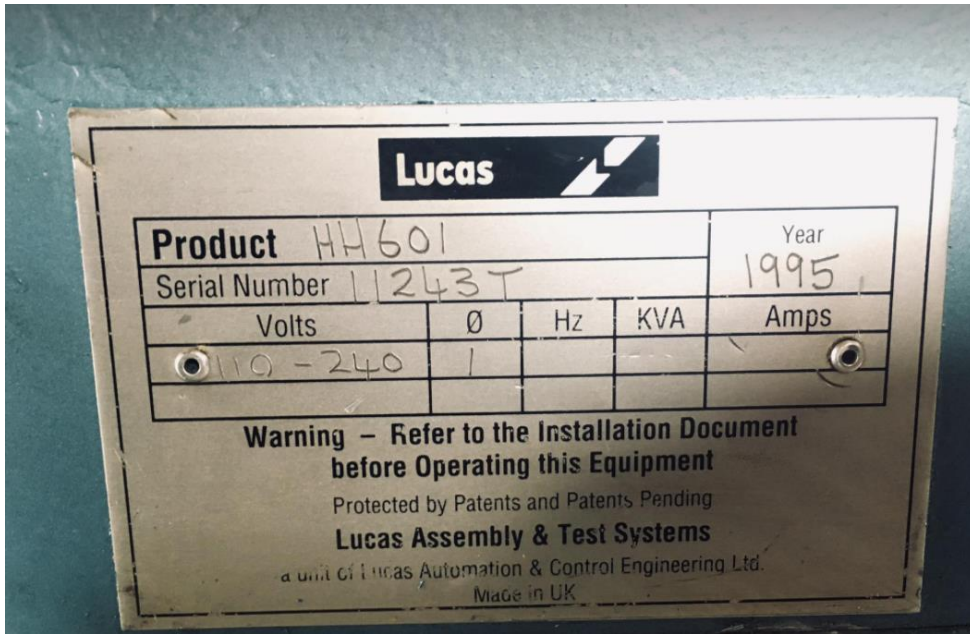
Montaje de la mesa del comprobador, pintada con pintura automotriz.



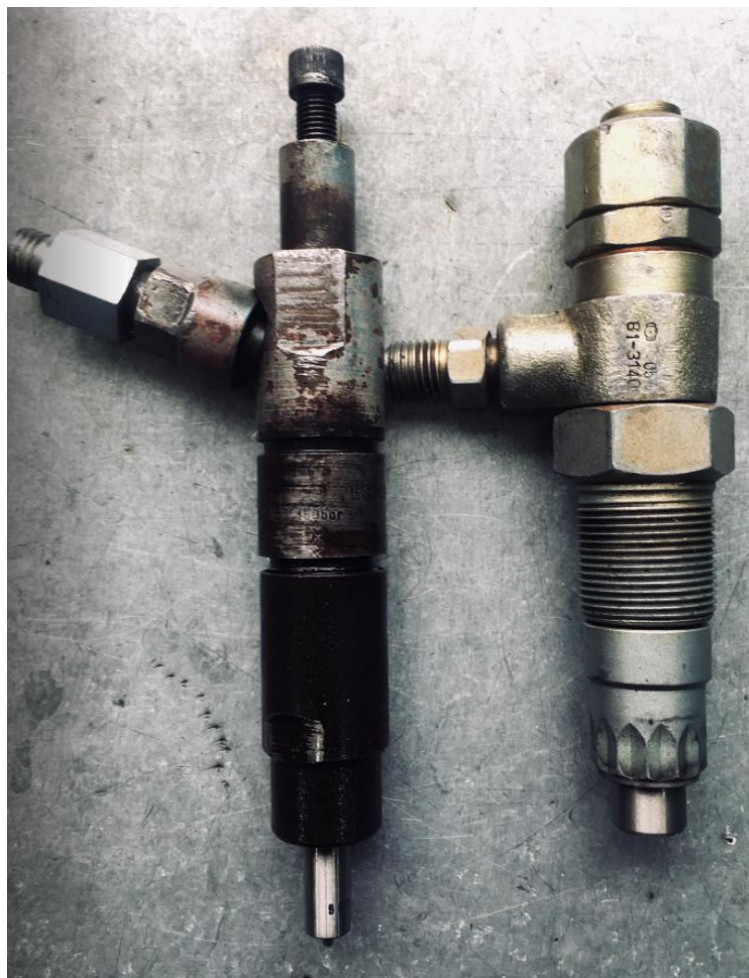




Placa con su código, para la adquisición de sus elementos faltantes.



Inyector de orificio y tetón listos para su comprobación.



## Comprobación de presión de un inyector





Comprobación de pulverización de inyector de orificios









