

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE  
COMBUSTIBLE (CM<sup>3</sup>) PARA EL DIAGNÓSTICO DE RETORNO DE SISTEMAS  
DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA COMMON RAIL BOSCH EN MOTORES  
DIÉSEL**

Lady Tatiana Arias García

Camilo Andrés Sánchez Ramírez

Propuesta de trabajo de grado modalidad práctica con proyección empresarial como  
requisito para optar al título de Diseñador Industrial

Director, PHD José Eisenover Cely

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Facultad Seccional Duitama

Diseño Industrial

2021

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

### **Agradecimientos**

Gracias a Dios, a mi mamá quien ha sido mi apoyo incondicional durante toda mi vida, juntas para siempre, todo es por ti. A mi tía Patricia y Abuelita quienes me brindaron la oportunidad de tener una educación superior. A todos mis familiares quienes siempre estuvieron pendientes de mi formación. A mis amigos y personas más cercanas quienes me acompañaron durante todo este proceso, con quienes compartí gratos momentos, con quienes reí, lloré, trasnoché y me enseñaron tantas cosas, amigos incondicionales que hasta el día de hoy me brindan todo su apoyo. A mi gran amigo y compañero de proyecto con quien tuve una gran dinámica de trabajo, reímos, nos estresamos, pero siempre con la mejor disposición para encontrar soluciones. Gracias a la empresa GDiésel, pero principalmente a Angélica y Gerardo quienes siempre nos brindaron su apoyo durante la realización del proyecto y también fuera de este.

De igual manera doy gracias a mis profesores y todas aquellas personas que forman parte del grupo académico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, quienes contribuyeron con sus conocimientos y demás virtudes que son necesarias para ser una excelente profesional.

- Tatiana García

Gracias a la Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, que permitió formarme como profesional, gracias a la empresa GDiésel que nos dio la oportunidad de desarrollar nuestro proyecto, gracias a todas las personas que fueron participes en el desarrollo de este hermoso proceso, ya sea de manera indirecta o indirecta, docentes, compañeros, colaboradores en la empresa GDiésel , que fueron responsables de aportar conocimiento y tiempo, que al día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la Universidad.

Gracias a mis padres por todo el apoyo y enseñanzas dadas en el transcurso de este proceso, a mi hermano, hermana y cuñado por siempre apoyarme y a hacerme ver soluciones mas no problemas, gracias a mi amiga y compañera de proyecto por todas las experiencias, conocimiento, momentos de preocupación, estrés, alegría y felicidad compartida, también gracias a mis compañeros y amigos que compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos 5 años estuvieron a mi lado apoyándome y logrando que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos.

-Camilo Sánchez

## Tabla de contenido

Tabla de contenido .....	5
Resumen .....	8
Lista de Tablas .....	10
Lista de figuras .....	12
Lista de anexos .....	20
Capítulo 1 .....	21
1.1 Introducción .....	21
1.2 Planteamiento del problema .....	22
1.3 Justificación .....	23
1.4 Objetivos.....	24
1.4.1 Objetivo general .....	24
1.4.2 Objetivos específicos .....	24
1.5 Diseño metodológico .....	25
1.5.1 Investigación tecnológica.....	25
1.5.2 La investigación aplicada.....	26
1.5.3 Fase analítica .....	27
1.5.4 Fase selectiva .....	28
1.5.5 Fase de definición.....	29
1.5.6 Fase creativa, productiva y de validación.....	30
1.5.7 Cronograma .....	32
1.5.8 Presupuesto .....	33
Capítulo 2 .....	35
2.1 Marco de referencia .....	35
2.1.1 Contexto .....	35
2.1.2 Marco teórico .....	35
2.1.2.1 Motor diésel .....	35
2.1.2.2 Sistemas de inyección Common Rail Bosch.....	37
2.1.2.3 Inyectores .....	42
2.1.2.4 Diagnóstico de retorno de inyectores .....	43

2.1.2.5 Caudal de Inyección y retorno de inyectores .....	44
2.1.2.6 Riel común.....	46
2.1.2.7 Bomba de alta presión .....	46
2.1.3 Marco conceptual .....	47
2.1.4 Estado del arte.....	49
Capítulo 3.....	53
3.1 Desarrollo del proyecto.....	53
3.2 Fase analítica.....	53
3.2.1 Proceso de diagnóstico de retorno de inyección en la empresa GDiésel.....	53
3.2.1.1 Actividades y tareas.....	53
3.2.1.2 Métodos y tiempos de ejecución.....	54
3.2.1.3 Máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de diagnóstico de la empresa GDiésel .....	56
3.3 Fase selectiva .....	57
3.3.1 Componentes y variables del problema.....	61
3.3.2 Descripción de mercado.....	68
3.3.3 Productos existentes .....	69
3.3.4 Árbol lógico de problemas .....	73
3.4 Fase de definición.....	74
3.4.1 Requerimientos de diseño .....	74
3.4.2 Tabla de argumentos y conceptos de solución.....	77
3.5 Fase creativa, productiva y de validación.....	78
3.5.1 Generación de ideas para realización de alternativas de diseño .....	78
3.5.1.1 Primera alternativa: .....	79
3.5.1.2 Segunda alternativa .....	82
3.5.2 Selección de la alternativa de diseño .....	85
3.5.3 Diseño al detalle.....	88
3.5.3.1 Recipientes contenedores.....	89
3.5.3.2 Manguera de paso de combustible .....	93
3.5.3.3 Tapa del recipiente contenedor.....	94
3.5.3.4 Estructura base .....	98

3.5.3.5	Conectores.....	105
3.5.3.6	Ajuste de la base a la reata .....	107
3.4.3.7	Mosquetones ajuste para reata .....	109
3.4.3.8	Gancho de ajuste al automóvil .....	111
3.4.3.9	Maletín del instrumento de medición.....	113
3.4.3.10	Propuesta de color del dispositivo .....	116
3.5.4	Evaluación y ajuste de resultados .....	122
3.5.5	Configuración del prototipo .....	125
3.5.5.1	Recipiente contenedor .....	125
3.5.5.2	Tapas de los recipientes contenedores .....	128
3.5.5.3	Estructura base .....	133
3.5.5.4	Reata de ajuste .....	142
3.5.5.5	Manguera de paso.....	144
3.5.5.6	Configuración del instrumento de medición .....	145
3.5.5.7	Estuche del instrumento de medición.....	147
3.5.6	Validación del prototipo .....	155
3.5.6.1	Modo de uso del instrumento de medición .....	155
3.5.6.2	Prueba de validación del instrumento de medición .....	157
3.5.6.3	Tabla de comparación de tiempos.....	161
	Conclusiones.....	167
	Referencias .....	170
	Anexos .....	174

## Resumen

En este proyecto se presenta la metodología y aspectos que dan paso al diseño y fabricación de un instrumento de medición que permita diagnosticar los sistemas de retorno de inyección en motores Diésel Common Rail de Bosch, los cuales son clave para el buen funcionamiento de los vehículos diésel. Para ellos se propone una investigación tecnológica aplicada con una metodología basada en la diseñada por Robert L. Norton, la cual da respuesta a cada uno de los objetivos mediante una serie de fases para así lograr el objetivo general y propósito del proyecto. El diagnóstico de retorno de los inyectores Diésel permite establecer fallas en estos mismos y dar paso a su corrección para que los vehículos utilicen la cantidad justa de combustible que el motor requiere en el momento indicado, no presenten fallas en el motor como la pérdida de potencia o que el vehículo pare su marcha, fugas en el combustible, humo negro, entre otros. Por tal motivo el servicio de diagnóstico de retorno es clave en las empresas dedicadas a la mecánica diésel.

G-Diésel, empresa ubicada en la ciudad de Duitama (Boyacá), se dedica a la prestación de este servicio y busca fortalecer cada vez más la tecnología utilizada para la realización de cada una de sus actividades y la prestación de servicios. Con el propósito de mejorar y fortalecer la prestación de servicios en la empresa GDiésel, este proyecto se enfoca en aportar al mejoramiento de la productividad del proceso de diagnóstico de retorno del sistema de inyección, diésel common rail, disminuyendo así los tiempos de ejecución, mediante el diseño y fabricación de un instrumento de medición de combustible de retorno que permita verificar el funcionamiento de los inyectores del vehículo. Luego de su fabricación y la aplicación de una prueba de validación, la cual consiste en ejecutar el proceso de diagnóstico en un automóvil Mazda BT50, se concluye que el instrumento permite realizar de manera correcta un diagnóstico



rápido de combustible de retorno e los sistemas de inyección Diésel Common Rail de Bosch según los datos de calibración dados por el fabricante de los inyectores. Cabe mencionar que este proceso fue realizado por un técnico trabajador de la empresa, por lo cual no es necesario que únicamente un especialista realice el proceso (como con los bancos de prueba)

Este instrumento aporta al aumento de la productividad de la empresa GDiésel en un 500% mediante la disminución del 70% tiempo de ejecución en el proceso de diagnóstico de inyectores Bosch de motor diésel. Es decir que, mientras con el uso de los bancos de prueba se puede diagnosticar un automóvil con 6 inyectores en 1 hora 30 minutos, el instrumento de medición disminuye ese tiempo de diagnóstico en un vehículo a 18 min. De igual manera en un automóvil de 4 inyectores se le diagnostica en 1 hora con el banco de prueba, mientras que con el instrumento de prueba el tiempo es de 15 min.

*Palabras clave:* Diagnóstico, inyectores, proceso, combustible, retorno, medir, diésel.

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Fase analítica .....	28
<b>Tabla 2</b> Fase selectiva.....	29
<b>Tabla 3</b> Fase de definición .....	30
<b>Tabla 4</b> Fase creativa, productiva y de validación .....	31
<b>Tabla 5</b> Cronograma de actividades.....	32
<b>Tabla 6</b> Presupuesto.....	33
<b>Tabla 7</b> Determinación de costos de herramientas .....	34
<b>Tabla 8</b> Formato RAE, Sistemas de inyección en motores Diésel.....	49
<b>Tabla 9</b> Formato RAE, Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema common rail Bosch .....	50
<b>Tabla 10</b> Formato RAE, Diseño y simulación de banco de pruebas de inyectores diésel para vehículos de carga pesada.....	51
<b>Tabla 11</b> Formato RAE, Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (crdi).....	52
<b>Tabla 12</b> Actividades y tareas .....	54
<b>Tabla 13</b> Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 1.....	56
<b>Tabla 14</b> Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 2.....	57
<b>Tabla 15</b> Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 3.....	57
<b>Tabla 16</b> Proceso de diagnóstico en la empresa GDiésel mediante banco de pruebas .....	63
<b>Tabla 17</b> Requerimientos de uso.....	75
<b>Tabla 18</b> Requerimientos Estructurales.....	75
<b>Tabla 19</b> Requerimientos funcionales .....	76

<b>Tabla 20</b> Argumentos y conceptos de solución.....	77
<b>Tabla 21</b> Codificación colores.....	116
<b>Tabla 22</b> Evaluación de resultados- Diseño al detalle.....	123
<b>Tabla 23</b> Proceso y tiempos de diagnóstico de inyectores con instrumento de medición.	157
<b>Tabla 24</b> Tabla de comparación de tiempos .....	161

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> Investigación Tecnológica.....	25
<b>Figura 2</b> Investigar .....	25
<b>Figura 3</b> Investigación aplicada.....	26
<b>Figura 4</b> Objetivo General .....	27
<b>Figura 5</b> Motor diésel .....	35
<b>Figura 6</b> Los cuatro tiempos de combustión diésel .....	37
<b>Figura 7</b> Sistema common rail.....	38
<b>Figura 8</b> Sistema de inyección directa .....	40
<b>Figura 9</b> Sistema de inyección common rail Bosch .....	41
<b>Figura 10</b> Cámara de admisión de combustible para combustión .....	45
<b>Figura 11</b> Comparación inyector averiado e inyector limpio.....	45
<b>Figura 12</b> Common Rail .....	46
<b>Figura 13</b> Bomba de alta presión.....	47
<b>Figura 14</b> Zonas de trabajo empresa GDiésel.....	55
<b>Figura 15</b> Flujograma actividades y tareas del proceso de diagnóstico en la empresa GDiésel.....	55
<b>Figura 16</b> Datos de calibración.....	59
<b>Figura 17</b> Prueba de alto flujo .....	60
<b>Figura 18</b> Datos de calibración.....	61
<b>Figura 19</b> Zonas de trabajo en la empresa GDiésel.....	61
<b>Figura 20</b> Banco de pruebas Hartridge.....	70
<b>Figura 21</b> Banco de prueba Nova Ditex TST-C.....	70

<b>Figura 22</b> Kit de herramientas de copas y Rache.....	71
<b>Figura 23</b> Juego de llaves .....	72
<b>Figura 24</b> Banco de trabajo .....	72
<b>Figura 25</b> Árbol lógico de problemas .....	73
<b>Figura 26</b> Selección características de la primera alternativa .....	79
<b>Figura 27</b> Características contenedor.....	80
<b>Figura 28</b> Características conector .....	80
<b>Figura 29</b> Alternativa 1 del instrumento de medición.....	81
<b>Figura 30</b> Selección de características segunda alternativa .....	82
<b>Figura 31</b> Características contenedor.....	83
<b>Figura 32</b> Características conector .....	83
<b>Figura 33</b> Alternativa 1 del instrumento de medición .....	84
<b>Figura 34</b> Evaluación de alterativas a partir de requerimientos .....	85
<b>Figura 35</b> Evaluación de alterativas a partir de requerimientos estructurales .....	86
<b>Figura 36</b> Evaluación de alterativas a partir de requerimientos funcionales .....	87
<b>Figura 37</b> Evaluación de alterativas a partir de requerimientos formales .....	88
<b>Figura 38</b> Medición de líquido en recipientes .....	89
<b>Figura 39</b> Incorporación de combustible diésel a contenedor PET .....	90
<b>Figura 40</b> Combustible diésel en reposo en contenedor PET .....	90
<b>Figura 41</b> Recipiente contenedor encontrado en el mercado .....	91
<b>Figura 42</b> Visualización del modelo 3d del recipiente contenedor.....	91
<b>Figura 43</b> Ejemplo etiqueta del recipiente.....	92
<b>Figura 44</b> Manguera de paso de combustible .....	93
<b>Figura 45</b> Visualización 3d Manguera de paso.....	94

<b>Figura 46</b>	Aproximación formal de la tapa.....	94
<b>Figura 47</b>	Cuello del recipiente contenedor.....	95
<b>Figura 48</b>	Impresión 3D del cuello y rosca del recipiente contenedor.....	96
<b>Figura 49</b>	Cuellos impreso enroscado a tapa comercial del contenedor .....	96
<b>Figura 50</b>	Visualización 3D Tapa de contenedores .....	97
<b>Figura 51</b>	Prueba tapa en PLA .....	97
<b>Figura 52</b>	Prueba de resistencia al combustible diésel .....	98
<b>Figura 53</b>	Prueba de resistencia a la gasolina .....	99
<b>Figura 54</b>	Cubo de PLA finalizada la prueba sin afectaciones.....	99
<b>Figura 55</b>	Prueba de resistencia a presión .....	100
<b>Figura 56</b>	Prueba de resistencia a prensa .....	100
<b>Figura 57</b>	Cubo de PLA luego de prueba en gasolina .....	101
<b>Figura 58</b>	Desarrollo base en modelo 3D .....	101
<b>Figura 59</b>	Visualización 3D Nivel .....	102
<b>Figura 60</b>	Prueba de impresión, sección de la base.....	102
<b>Figura 61</b>	Alternativas de encaje para nivel .....	103
<b>Figura 62</b>	Contenedor y nivel ajustados a fracción de la base .....	103
<b>Figura 63</b>	Modelado 3d pieza número 1 de la base estructural .....	104
<b>Figura 64</b>	Modelado 3d pieza 2 de la base estructural .....	104
<b>Figura 65</b>	Modelado 3d pieza 3 de la base estructural .....	105
<b>Figura 66</b>	Visualización 3D Racor.....	105
<b>Figura 67</b>	Racor comercial.....	106
<b>Figura 68</b>	Pin de seguridad, racor e inyector .....	106
<b>Figura 69</b>	Cavidad circular para pernos .....	107

<b>Figura 70</b> Modelo 3D perno .....	107
<b>Figura 71</b> Perno encontrado en el mercado .....	108
<b>Figura 72</b> Modelo 3D argolla .....	108
<b>Figura 73</b> Argollas encontradas en el mercado.....	109
<b>Figura 74</b> Visualización 3D de mosquetón de ajuste para reata .....	109
<b>Figura 75</b> Mosquetón de ajuste para reata.....	110
<b>Figura 76</b> Modelado 3D pasador .....	110
<b>Figura 77</b> Pasador para reata.....	111
<b>Figura 78</b> Automóvil con capó abierto.....	111
<b>Figura 79</b> Vista a detalle del gancho del capó .....	112
<b>Figura 80</b> Mosquetón para ajuste al capó.....	113
<b>Figura 81</b> Diseño del maletín para instrumento de medición.....	114
<b>Figura 82</b> Visualización 3D Instrumento de medición .....	115
<b>Figura 83</b> Visualización despiece 3D Instrumento de medición .....	115
<b>Figura 84</b> Propuesta de color y posición de logo #1 .....	116
<b>Figura 85</b> Propuesta de color y posición de logo #2 .....	117
<b>Figura 86</b> Visualización 3d, apariencia final del Racor, Tapa y recipiente contenedor del instrumento.....	117
<b>Figura 87</b> Visualización 3d, apariencia final de base y pernos .....	118
<b>Figura 88</b> Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas .....	118
<b>Figura 89</b> Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas, vista lateral.....	119
<b>Figura 90</b> Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas, vista superior e inferior .....	119

<b>Figura 91</b> Visualización 3d del instrumento de medición con mosquetones y mangueras .....	120
<b>Figura 92</b> Visualización 3d, instrumento de medición todos los elementos que lo componen .....	120
<b>Figura 93</b> Visualización 3d, Despiece de los elementos que componen el instrumento ..	121
<b>Figura 94</b> Visualización 3d, posición de instrumento de medición en auto .....	122
<b>Figura 95</b> Pasador triangular para reata .....	124
<b>Figura 96</b> Mosquetón de tornillo .....	124
<b>Figura 97</b> Capacidad reciente contenedor .....	126
<b>Figura 98</b> Etiquetas impresas en adhesivo transparente. ....	127
<b>Figura 99</b> Contenedor con etiqueta.....	127
<b>Figura 100</b> Proceso de impresión de las tapas en resina foto curable.....	128
<b>Figura 101</b> Tapa impresa en resina foto curable. ....	129
<b>Figura 102</b> Pin de seguridad.....	129
<b>Figura 103</b> Tapa con racor y pin de seguridad.....	130
<b>Figura 104</b> Tapas impresas en resina .....	130
<b>Figura 105</b> Apariencia final de la tapas .....	131
<b>Figura 106</b> Fractura que se puede presentar en la tapa debido a su uso continuo.....	131
<b>Figura 107</b> Comparación de la mejora realizada al diseño de la tapa del recipiente .....	132
<b>Figura 108</b> Tapa con racor sellados completamente. ....	132
<b>Figura 109</b> Tapas de los recipientes contenedores modificadas y con apariencia final ...	133
<b>Figura 110</b> Proceso de impresión en software piezas laterales .....	133
<b>Figura 111</b> Proceso de impresión en software pieza central de la base .....	134
<b>Figura 112</b> Proceso de impresión 3d piezas de base estructural .....	134



<b>Figura 113</b>	Impresión de las piezas laterales vista superior.....	134
<b>Figura 114</b>	Impresión 3d piezas laterales vista inferior.....	135
<b>Figura 115</b>	Impresión 3d Pieza central de la base.....	135
<b>Figura 116</b>	Impresión 3d base vista frontal con nivel .....	136
<b>Figura 117</b>	Proceso de unión de las piezas de la base .....	136
<b>Figura 118</b>	Base estructural con piezas unidas. ....	137
<b>Figura 119</b>	Base estructural con pernos .....	137
<b>Figura 120</b>	Vista a detalle posición de los pernos.....	138
<b>Figura 121</b>	Aplicación de masilla epóxica en la base estructural.....	138
<b>Figura 122</b>	Vista a detalle de la aplicación de masilla epóxica en la base estructural .....	139
<b>Figura 123</b>	Vista inferior de la base estructural.....	139
<b>Figura 124</b>	Base estructural lijada .....	140
<b>Figura 125</b>	Vistas de detalle base estructural .....	140
<b>Figura 126</b>	Apariencia final de la base.....	141
<b>Figura 127</b>	Apariencia final de la estructura base, vista superior .....	141
<b>Figura 128</b>	Apariencia final de la base, vista inferior .....	141
<b>Figura 129</b>	Apariencia final de la base, vista a detalle .....	142
<b>Figura 130</b>	Apariencia final de la base, vista a detalle de perno y argolla.....	142
<b>Figura 131</b>	Reata lisa con sesgo .....	143
<b>Figura 132</b>	Vista a detalle del sesgo en la reata.....	143
<b>Figura 133</b>	Reata de ajuste con mosquetones, pasador y gancho .....	144
<b>Figura 134</b>	Mangueras de alta con extremos recubiertos por tubo termo-encongible.....	144
<b>Figura 135</b>	Vista a detalle de un extremo de las mangueras recubiertas.....	145
<b>Figura 136</b>	Mangueras de paso.....	145

<b>Figura 137</b> Fotografía de base estructural con contenedores .....	146
<b>Figura 138</b> Fotografía de reata ajustada a base estructural .....	146
<b>Figura 139</b> Corte de capas de espuma Yumbolon. ....	147
<b>Figura 140</b> Molde para cavidad del instrumento.....	148
<b>Figura 141</b> Corte de las espumas .....	148
<b>Figura 142</b> Capa de espuma con cavidad. ....	149
<b>Figura 143</b> Aplicación de pegamento a las capas de espuma para su unión .....	149
<b>Figura 144</b> Resultado de la caja de espuma para encajar la base con contenedores, tapas y racores.....	150
<b>Figura 145</b> logo empresa GDiésel sublimado en tela .....	150
<b>Figura 146</b> Proceso de costura .....	151
<b>Figura 147</b> Fotografía del estuche del instrumento de medición.....	151
<b>Figura 148</b> Fotografía del estuche del instrumento de medición, parte posterior .....	152
<b>Figura 149</b> Fotografía a detalle del bolsillo para mangueras de paso .....	152
<b>Figura 150</b> Fotografía a detalle del bolsillo para reata .....	153
<b>Figura 151</b> Fotografía a detalle del bolsillo interno para racores .....	153
<b>Figura 152</b> Fotografía del estuche sin Instrumento de medición.....	154
<b>Figura 153</b> Fotografía del estuche con Instrumento de medición.....	154
<b>Figura 154</b> Combustible retornado durante la prueba de inyección .....	160
<b>Figura 155</b> Instrumento de medición ubicado en auto.....	162
<b>Figura 156</b> Vista de instrumento de medición ubicado en auto .....	163
<b>Figura 157</b> Vista lateral de instrumento de medición ubicado en auto .....	163
<b>Figura 158</b> Vista a detalle de instrumento de medición ubicado en auto .....	164
<b>Figura 159</b> Vista detalle de ajuste al gancho del capó .....	164

<b>Figura 160</b> Manipulación del instrumento de medición .....	165
<b>Figura 161</b> Especialista con Instrumento de medición .....	165
<b>Figura 162</b> Instrumento de medición de combustible de retorno .....	166

**Lista de anexos**

**Anexo 1.** Alternativas de diseño.

**Anexo 2.** Modelados 3D de piezas y componentes del instrumento.

**Anexo 3.** Planos de piezas y componentes del instrumento.

**Anexo 4.** Renders de piezas e instrumento.

**Anexo 5.** Fotografías del instrumento.

## **Capítulo 1**

### **1.1 Introducción**

Los inyectores diésel son componentes encargados de pulverizar el combustible, logrando así que se desarrolle la combustión. Lo que involucra que su funcionamiento sea el idóneo, ya que, si se presenta alguna falla en estos se puede ver afectado gravemente el motor y el funcionamiento del vehículo en general.

Se presentan 3 capítulos. El primero corresponde a la introducción y planeación del proyecto, donde se plantean objetivos, diseño metodológico y sus fases, cronograma y presupuesto. En el segundo capítulo se inició a partir del marco de referencia donde se contextualiza y localiza el proyecto dentro de la empresa GDiésel, allí se determina que el proceso a intervenir es el diagnóstico de combustible de retorno de automóviles con motor diésel, dando paso así al tercer capítulo, el desarrollo del proyecto donde se realiza el análisis de este proceso en la empresa, su descripción y desglose de actividades con las cuales es posible seleccionar los componentes y variables necesarios para el prototipo a diseñar, como lo son el paso de combustible, su contención y su medición. Lo anteriormente mencionado, permite realizar el diseño a detalle, prototipo y configuración de un instrumento de medición de combustible de retorno, el cual gracias a sus componentes y piezas permite realizar el diagnóstico de retorno de combustible de manera correcta en inyectores de motores diésel Bosch de riel común.

## 1.2 Planteamiento del problema

GDiésel, en el propósito de optimizar el servicio técnico de diagnóstico y reparación de inyectores y según la experiencia acumulada a lo largo de 5 años, detectó oportunidades de mejoramiento en los tiempos de ejecución del diagnóstico de este tipo de sistemas. Actualmente el ejercicio diagnóstico se realiza en el sistema common rail Bosch, el cual se desarrolla a través del proceso previamente referenciado. Estas actividades se realizan de manera consecutiva y repetitiva en el diagnóstico y reparación de cada uno de los inyectores, el tiempo estimado para el diagnóstico de cada inyector está proyectado en 15 minutos, en consecuencia, el tiempo total del diagnóstico dependerá del número de inyectores que contenga el motor (4 a 6), lo cual define el tiempo total requerido para el diagnóstico y reparación, siendo de entre 60 y 90 minutos. Esta característica impacta de manera significativa los costos asociados a esta labor y los tiempos de compromiso de entrega a los clientes. La problemática de este proyecto interviene en la productividad a través del diseño y fabricación de un instrumento de medición de combustible de retorno múltiple simultánea para el proceso de diagnóstico de los inyectores Diésel Common Rail y por consiguiente con los resultados económicos de la empresa y por otra parte con el mejoramiento del servicio al cliente en la medida que la disminución en los tiempos de diagnóstico que afecta positivamente la sensación de calidad en el mismo. De acuerdo a lo anterior, la empresa GDiésel ve en este proceso una oportunidad de mejoramiento y la proyecta como una acción estratégica necesaria para mejorar tanto los resultados económicos de la empresa como los de servicio al cliente.

### 1.3 Justificación

Los sistemas de inyección diésel a lo largo de los años han presentado una continua evolución, estos son fundamentales en el sector automovilístico, esto obliga a los profesionales del sector a implementar constantes actualizaciones tanto en los sistemas de diagnóstico con efecto evidente en tres variables, siendo estas las siguientes: reducción de emisiones contaminantes, aumento de potencia en los motores y disminución de los niveles de consumo de combustible por kilómetro recorrido. Además de garantizar mayores prestaciones y menores consumos simultáneamente. La empresa GDiésel en su búsqueda del constante mejoramiento, encuentra una oportunidad de mejora en uno de sus servicios. Por lo cual este proyecto pretende contribuir al mejoramiento de la productividad en el proceso de diagnóstico de retorno de combustible (cm<sup>3</sup>) en sistemas de inyección Diésel Common Rail Bosch, el cual se verá reflejado en los resultados económicos de la empresa y de igual manera en su calidad de servicio al cliente, mediante la disminución de tiempos de ejecución, de espera para los clientes y costos de cobro; de esta manera se busca continuar incrementando la participación en el mercado frente a sus competidores tanto a nivel local como departamental.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

-Diseñar y fabricar un instrumento de medición de combustible de retorno (cm<sup>3</sup>) para el diagnóstico de inyectores con sistema de inyección Diésel Common rail Bosch, con el propósito de disminuir los tiempos de ejecución y con ello contribuir al aumento de la productividad en la empresa GDiésel.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

-Realizar un análisis del proceso de diagnóstico de retorno en los sistemas de inyección Diésel Common Rail Bosch, con el fin de identificar las acciones, actividades y tareas susceptibles de intervención para el mejoramiento.

-Definir los aspectos, factores y características técnicas a implementar para el mejoramiento del proceso, con el propósito de establecer el concepto, la funcionalidad y la usabilidad del instrumento de medición a diseñar.

-Determinar los requerimientos técnicos, funcionales y de uso para el diseño y configuración del instrumento de medición.

-Realizar el proceso de diseño al detalle con el propósito de materializar la propuesta del instrumento de medición y establecer la viabilidad en su utilidad e implementación, al igual que su factibilidad y viabilidad de fabricación. Además de comprobar la validación del instrumento de medición de combustible de retorno mediante pruebas de diagnóstico en sistemas de inyección Diésel Common Rail Bosch.



## 1.5 Diseño metodológico

El proyecto se fundamenta en la investigación aplicada tecnológica, la cual tiene como objetivo tomar conocimiento teórico y convertirlos en conocimiento práctico, en el que se verá reflejado un resultado tecnológico, en este caso el instrumento de medición de combustible de retorno.

### 1.5.1 Investigación tecnológica

Comprende con mayor énfasis la transformación, cuyo fin es obtener conocimiento para lograr modificar la realidad en estudio, persiguiendo un conocimiento práctico (Rincón, 2011).

**Figura 1** *Investigación Tecnológica*



Fuente: Elaboración propia.

Esta logra determinar un saber técnico, este saber es un recurso rentable que busca brindar varios beneficios económicos, por ello se protege con el secreto o se patenta.

**Figura 2** *Investigar*



Fuente: Elaboración propia

El fruto de la investigación tecnológica se alcanza en un plazo fijo, y constituye un conocimiento utilizable de manera inmediata que se logra concretar en inventos, diseños e innovaciones, todos ellos negociables y cuya finalidad es ir de las ideas a las acciones para generar bienes o servicios y facilitar la vida del hombre (Rafael Herrera González & Gutierrez Gutierrez, 2015).

La investigación tecnológica debe construirse por elementos metodológicos específicos, para así producir conocimientos y soluciones de acuerdo a la demanda tanto de tecnología en funcionamiento, como de la nueva producción de ésta (transformación, adaptación).

**Figura 3** *Investigación aplicada*



Fuente: Elaboración propia

### 1.5.2 La investigación aplicada

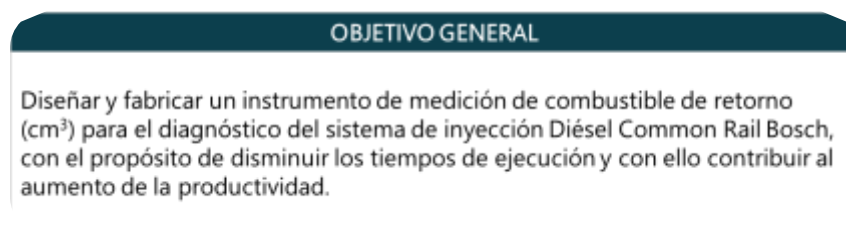
Se ocupa de todo el proceso de enlace entre la teoría y el producto, dentro de la cual se distinguen 3 etapas para llegar a la concepción de productos comercialmente viables que satisfacen las necesidades previamente identificadas (Lozada 2014).

- El proceso investigativo inicial, que corresponde a la búsqueda de aplicaciones y la adaptación de las teorías o resultados de las ciencias básicas.
- La inclusión en el proceso de las necesidades sociales o industriales, que permite inventar conceptos de aplicación de la teoría.
- Finalmente, el proceso investigativo de maduración y transferencia de la tecnología permite la creación de prototipos que materializan el concepto y que se pueden transferir a la

industria para que se transformen en productos, además de la realización de pruebas de comprobación que verifiquen la correcta funcionalidad del instrumento.

Para el desarrollo del proyecto se utiliza como base el proceso metodológico planteado por Robert L. Norton, el cual se basa en el diseño, ideación y creatividad enfocado al sector productivo industrial. Este consta de 10 pasos, los cuales fueron adecuados según la orientación y objetivos del proyecto, por lo cual se plantean las siguientes cuatro fases respectivamente tabuladas, junto con el objetivo específico correspondiente, además de las actividades por las que cada una está compuesta:

**Figura 4** *Objetivo General*



Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.3 Fase analítica

La fase analítica correspondiente al primer objetivo específico del proyecto, donde se realiza la investigación previa, registro y sistematización de procesos. Se compone de la siguiente manera:

Tabla 1 *Fase analítica*

<b>OBJETIVO ESPECIFICO 1</b>	Realizar un análisis del proceso de diagnóstico de retorno en los sistemas de inyección Diesel common rail Bosh, con el fin de identificar las acciones, actividades y tareas susceptibles de intervención para el mejoramiento.		
<b>FASE ANALÍTICA</b>	Análisis técnico del proceso que se utiliza para el diagnóstico de inyectores diesel		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>RESULTADOS ESPERADO</b>	<b>RECURSOS</b>
Adquisición y lectura sobre el proceso de diagnóstico de retorno en inyectores Diesel common rail	Documentos informativos, páginas web	Construcción de bases conceptuales y reconocimiento del objeto de conocimiento	Equipo de computo, acceso a internet, word office
Observación y registro del proceso de diagnóstico de inyectores diesel en la empresa G-Diesel	Documento de registro de actividades.	Información de campo respecto a la técnica diagnosticada desarrollada	Video grabado, diario de campo
Sistematización de información construida	Documento de registro	Organizar y documentar la información	Equipo de computo

*Nota.* Actividades que componen el desarrollo de la fase analítica. Fuente: Elaboración propia.

#### 1.5.4 Fase selectiva

La fase selectiva correspondiente al segundo objetivo específico del proyecto, donde se realiza el análisis de la información recolectada en la anterior fase para así identificar la oportunidad de intervención de diseño. Se compone de la siguiente manera:

**Tabla 2** *Fase selectiva*

<b>OBJETIVO ESPECIFICO 2</b>	Definir los aspectos, factores y características técnicas a implementar para el mejoramiento del proceso, con el propósito de establecer el concepto, la funcionalidad y la usabilidad del instrumento de medición a diseñar.		
<b>FASE SELECTIVA</b>	Identificación de oportunidad para optimizar el proceso de diagnóstico de retorno en inyectores Diesel Bosh en sistema de Common Rail		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>RECURSOS</b>
Análisis de la información y datos recolectados en la fase anterior con el acompañamiento de los responsables del proyecto.	Documento de análisis	Diagnóstico e identificación de las variables y componentes técnicos del problema	Equipo de computo, Software especializado
Construcción del árbol lógico de problemas	Árbol de problemas	Identificar las áreas y aspectos de intervención del diseño	Equipo de computo, Software especializado

*Nota.* Actividades que componen el desarrollo de la fase selectiva. Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.5 Fase de definición

La fase de definición correspondiente al tercer objetivo específico del proyecto, donde se establecen requerimientos, aspectos y conceptos de solución de diseño. Se compone de la siguiente manera:

**Tabla 3** Fase de definición

<b>OBJETIVO ESPECIFICO 3</b>	Determinar los requerimientos técnicos, funcionales para la configuración del instrumento de medición.		
<b>FASE DE DEFINICIÓN</b>	Definición y requerimientos para la configuración del instrumento a diseñar.		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>RECURSOS</b>
Construcción de requerimientos mediante la participación de los responsables de los procesos.	Tabla de requerimientos	Definición de parámetros de diseño	Acceso a internet, Office, Excel
Determinar los argumentos y conceptos de solución.	Tabla de argumentos y conceptos de referencia	Proyectar las alternativas de diseño	Equipos de cómputo, acceso a internet, software especializado

*Nota.* Actividades que componen el desarrollo de la fase de definición. Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.6 Fase creativa, productiva y de validación

Para finalizar, la fase creativa, productiva y de validación. Esta corresponde al cuarto objetivo específico del proyecto, donde se establecen alternativas, se realiza diseño al detalle, construcción del prototipo y validación del mismo. Se compone de la siguiente manera:

**Tabla 4** Fase creativa, productiva y de validación

<b>OBJETIVO ESPECIFICO 4</b>	Realizar el proceso de diseño al detalle con el propósito de materializar la propuesta del instrumento de medición y establecer la viabilidad en su utilidad e implementación, al igual que su factibilidad y viabilidad de fabricación. Además de comprobar la validación de instrumento de medición de combustible de retorno mediante pruebas de diagnóstico en sistemas de inyección Diesel Common Rail Bosch.		
<b>FASE CREATIVA, PRODUCTIVA Y DE VALIDACIÓN</b>	Ideación, diseño detallado de la herramienta y creación de prototipo y prueba para la materialización de la propuesta		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	<b>RECURSOS</b>
Generación de ideas	Matriz de ideación	Ideas proyectadas de solución.	Equipos de computos, software especializado, acceso a internet
Realización de alternativas de diseño	Técnicas de Bocetaje y modelación	Requerimientos implementados en la configuración del instrumento	Equipos de computos, software especializado, rotuladores, ápicos, reglas
Selección de la alternativa de diseño.	Tablas de evaluación de alternativas	Definir la alternativa de solución a desarrollar	Equipos de computos, software especializado, acceso a internet
Diseño al detalle.	Software CAD	Concretar las características, componentes partes y elementos de la herramienta	Equipos de computos, software especializado, acceso a internet
Evaluación y ajuste de resultados.	Tabla de testeo	Garantizar el cumplimiento de requerimientos	
Configuración de modelos y prototipos.	Técnicas y procesos de manufactura	Materializar la propuesta de herramienta	Equipos de computos, software especializado, acceso a internet
Realización de prueba de validación	Tabla de testeo	Validación de funcionalidad del instrumento de medición	Atomovil de motor diesel, herramientas de desajuste de pines.

*Nota.* Actividades que componen el desarrollo de la fase creativa, productiva y de validación. Fuente: Elaboración propia





### 1.5.8 Presupuesto

La siguiente tabla muestra los costos en pesos de los diferentes elementos y componentes que constituyen el desarrollo del proyecto.

**Tabla 6 Presupuesto**

TRANSPORTE/ENVÍOS	ACTIVIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Tatiana García	14 visitas, ida y vuelta	10.000	280.000
Camilo Sanchez	20 visitas, ida	4.500	90.000
Envío a Duitama Tapas	1 envío	8500	8500
Domicilio 7 tapas resina	1 envío	5000	5000
Domicilio Tapa prueba	1 envío	6000	6000
TOTAL			\$389.500
HERRAMIENTA	ACTIVIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR POR USO
Calibrador	Medir	32000	533
Tableta digital	Sketch-Diseño digital	400.000	2.664
Cámara fotográfica	Fotografía	1'650.000	2.292
Computador 1	Documentación	1'600.000	119.988
Computador 2	Documentación y diseño	2'300.000	173.500
Máquina de impresión 3D	Impresión 3D	1'200.000	13.333
Marcador 1	Anotaciones	2500	500
Marcador 2	Anotaciones	2000	400
TOTAL			\$313.210
ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Contenedores	7	2500	17.500
Reata	1 metro	5000	5.000
Borde de reata	1	8000	8.000
Argollas	2	200	400
Tapa prueba	1	23000	23.000
Pernos	2	2000	4.000
Tapas finales	6	8.333	50.000
Etiquetas	6	833	10.000
Pintura roja poliuretano	1	18000	18.000
Racores	12	5.500 + iva	66.000

ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Manguera alta	6 Metros	10000	60.000
Estuche	1	35000	35.000
Impresion 3D	3	26600	79.800
Sublimacion logo en tela	1	15000	15.000
Mosquetones	4	7000	28.000
Espuma	1	10000	10.000
Super bonder	4	3000	12.000
Lijas	3	1500	4.500
Masilla	1	9000	9.000
Boxer	1	3000	3.000
Cuchilla Bisturí	1	600	500
Pintura Negra estructura	1	18.000	18.000
TOTAL			\$476.700
	ACTIVIDAD	VALOR UNOTARIO	VALOR PARCIAL
Internet	Documentación	15.000	135.000
Luz	Carga de equipos/wifi	10.000	90.000
TOTAL			\$225.000
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>\$1.404.410</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una tabla donde se especifica cómo se determinaron los costos en pesos de las herramientas mencionadas en el presupuesto.

**Tabla 7** Determinación de costos de herramientas

HERRAMIENTA	VIDA ÚTIL	VALOR UNITARIO	COSTO POR DÍA	TIEMPO DE USO	TOTAL
Calibrador	3 años	32.000	29.62	18 días	\$533
Tableta Digital	5 años	400.000	222	12 días	\$2.664
Cámara	8 años	1'650.000	572,91	4 días	\$2.292
Computador 1	4 años	1'600.000	1.111	108 días	\$119.988
Computador 2	4 años	2'300.000	1.597,22	108 días	\$173.500
Impresora 3D	3 años	1'200.000	1.111	12 días	\$13.333
Marcador 1	2 meses	2500	41,66	12 días	\$500
Marcador 2	2 meses	2000	33,33	12 días	\$400

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 2

### 2.1 Marco de referencia

#### 2.1.1 Contexto

A continuación, se presenta el desarrollo del marco teórico donde se aprecian los conceptos base que fundamentan el proyecto, así mismo el estado del arte donde se mencionan diferentes investigaciones relacionadas a los diagnósticos y sistemas de inyección diésel finalizando con el desarrollo del marco conceptual.

#### 2.1.2 Marco teórico

##### 2.1.2.1 *Motor diésel*

El motor Diésel fue creado por Rudolf Diésel en el año 1893 a raíz de una investigación que diera como resultado, motores de alto rendimiento térmico combinado con combustibles alternativos que reemplazaran el vapor. Este cuenta con alrededor de 1300 rpm

##### **Figura 5** *Motor diésel*

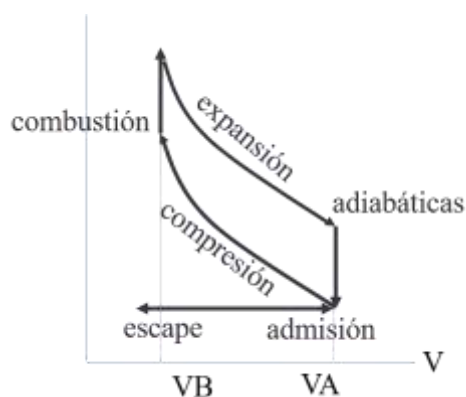


*Nota.* Motor diésel con sistema de inyección Common Rail Bosch. Tomada de (Highmotor,

s.f)

Este tipo de motores funciona en cuatro tiempos al igual que el ciclo Otto convencional de gasolina: admisión, compresión, combustión y escape, pero la manera de realizar la combustión es diferente, no se produce por una chispa sino por presión.

**Figura 6** Grafico del ciclo termodinámico.



Fuente: Elaboración propia

En el primero de los cuatro ciclos del motor diésel se produce el llenado de aire a través de la válvula de admisión a medida que el pistón desciende hasta su punto más bajo dentro del cilindro, el punto muerto inferior.

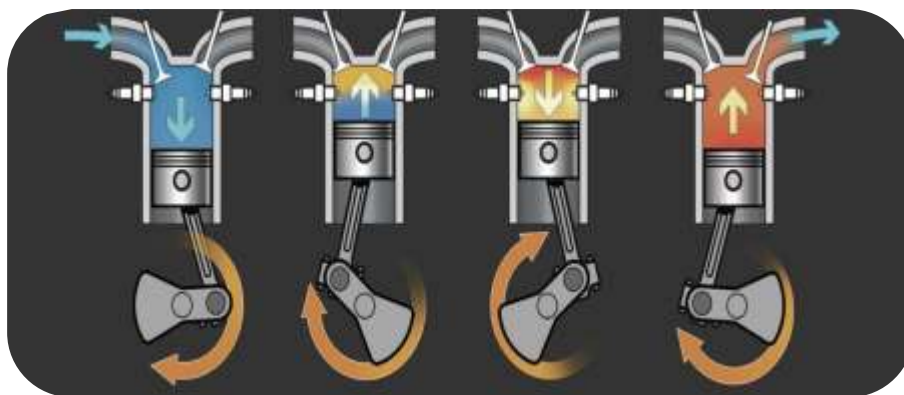
En el segundo tiempo el pistón vuelve a subir y su acción provoca que se comprima el aire, de manera que aumenta la temperatura de este, preparando la llegada del combustible, que es el responsable de hacer funcionar el motor. La relación de compresión es de aproximadamente 18:1 (la del motor de gasolina suele ser de 11:1), lo que permite elevar considerablemente la temperatura del aire.

A medida que el aire es comprimido, y en un momento concreto, se produce la inyección del combustible pulverizado que, al entrar en contacto con el aire comprimido, aumenta su temperatura hasta alcanzar entre 700 y 900 grados Celsius, se enciende y hace que el pistón baje, todo esto en el tercer tiempo.

Por último, la presión generada por la combustión impulsa el pistón hacia abajo de nuevo, volviendo este a elevarse a consecuencia de la inercia para expulsar los gases quemados a través de la válvula de escape y reiniciar el ciclo de nuevo. Estos gases que pasan al escape, son tratados por filtros equipados en el vehículo diésel para evitar que estos gases contaminantes lleguen a la atmósfera (El motor, s.f).

La emisión de humo de este proceso puede presentarse en un tono azul debido a un problema de consumo de aceite. Este aceite se puede estar pasando y quemando en la cámara de combustión. Si el humo es negro hay mala combustión en los cilindros, mientras que si es gris se pueden presentar fallas en el sistema de inyección, puesto que se pudo dar una filtración de agua durante la combustión.

**Figura 7** *Los cuatro tiempos de combustión diésel*



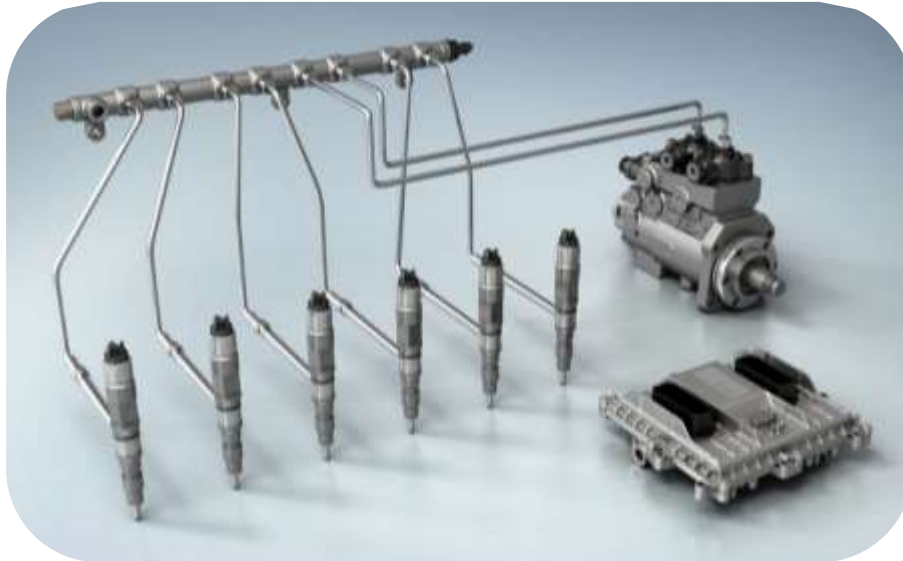
*Nota.* En el gráfico se representan los 4 ciclos que tiene el motor diésel al momento de hacer su combustión. Fuente: (Deener, 2017)

### **2.1.2.2 Sistemas de inyección Common Rail Bosch**

El sistema Common Rail (riel común) es un sistema en el cual el diésel, es aspirado directamente del tanque de combustible a una bomba de alta presión la cual envía el combustible

a un conducto común el cual reparte el combustible a todos los inyectores y a su vez estos descargan el combustible a altas presiones directamente en los cilindros. Bosch lanzó el primer sistema Common Rail en 1997.

**Figura 8** *Sistema Common Rail*

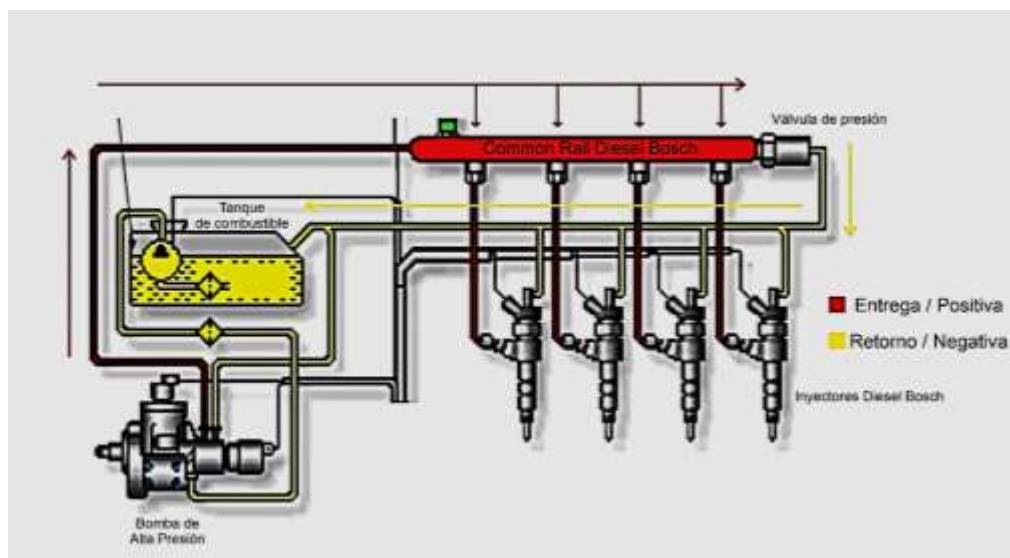


*Nota.* Los sistemas Common Rail son de diseño modular. Cada sistema cuenta con una bomba de alta presión, inyectores, un raíl y una unidad de control electrónica. Fuente:

(Cadesum Digital, 2013)

Este sistema funciona gracias a 4 componentes principales. El primero es el tanque, donde se almacena el combustible, de allí el combustible se entrega a la bomba de alta presión. Como su nombre lo indica la bomba, se encarga de enviar el combustible con una presión de 1500 bar hacia el riel común o common rail. Este riel mantiene la presión del combustible y lo envía hacia cada uno de los inyectores en iguales cantidades, los inyectores cumplen su función de inyección y retornan el combustible nuevamente hacia el tanque. Por ellos es importante que cada uno de los inyectores retorna aproximadamente la misma cantidad de combustible. Este proceso se puede observar en la siguiente figura:

**Figura 9** Ciclo del sistema de inyección diésel.



*Nota.* Adaptado de Sistema Common Rail [Imagen], por Auto y Técnica, s.f, (<https://autoytecnica.com/como-funciona-un-sistema-common-rail/commonrail/>)

#### 2.1.2.2.1 Sistema de Inyección Directa

El sistema de inyección directa consiste en una bomba mecánica que impulsa al combustible por un conducto hasta un inyector colocado en la cámara de combustión, esta cámara de combustión está directamente encima del pistón, el cual a su vez tiene formada una cavidad en la cabeza donde se produce la combustión.

El inyector desemboca directamente en la cámara de combustión principal y es del tipo de orificios, preferiblemente 5. Con la inyección directa se hace necesaria una presión de inyección elevada ( $\geq 1000\text{bar}$ ), para conseguir una perfecta pulverización del combustible con una gran penetración. Las presiones aplicadas a la cabeza del pistón, en este tipo de motores, son más elevadas que en un motor de inyección indirecta, ya que no existen pérdidas de carga en la transferencia de presión (cámara auxiliar).

**Figura 10** *Sistema de inyección directa*



*Nota.* Ingreso de combustible por sistema de inyección directa. Fuente: (White, Allen R, 2013)

#### **2.1.2.2.2 Inyección electrónica en motores diésel**

La inyección electrónica en motores diésel presenta varios beneficios frente a los sistemas mecánicos clásicos, estas mejoran en forma considerable los arranques en frío y prácticamente eliminan el humo transitorio porque el sistema ajusta automáticamente la sincronización y la dosificación de combustible, basado en las lecturas de la temperatura del aceite y la velocidad del motor.

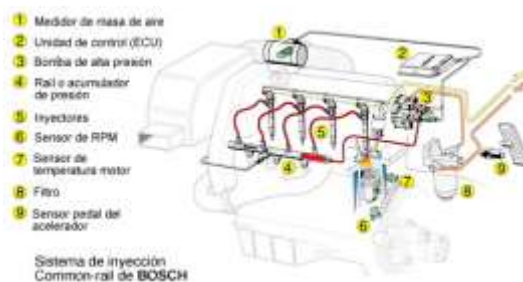
Una de sus funciones principales es ofrecer una dosificación y un control del punto de inyección suficientemente preciso para permanecer en los límites exigidos en materia de contaminación. Por último, permite diagnosticar rápidamente algún tipo de falla o avería en el motor utilizando un simple y económico lector de diagnóstico manual, esto por supuesto reduce tiempos de diagnóstico y los costos de mantenimiento. (Redacción el tiempo, 2016)



Por su parte MCE es el cerebro del sistema, que recibe señales electrónicas hechas por el conductor, así como por los sensores montados en el motor, que proveen electrónicamente un grupo de informaciones tal como la presión y la temperatura del aceite, la velocidad y la presión del múltiple de admisión todo esto con el fin de enviar la información por medio de señales electrónicas a los inyectores unitarios electrónicos para controlar e introducir la cantidad de combustible que se inyecta y el momento exacto para hacerlo.

- **Funcionamiento de los Sistemas De Inyección Common Rail:** En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo cual significa que el combustible está siempre disponible a su presión necesaria lista para su inyección. La generación de esta presión generada se lleva a cabo en la bomba de alta presión del sistema. Esta bomba comprime el combustible y lo envía hasta el orificio del raíl mediante un conducto de alta presión llamada common, este riel actúa como acumulador de alta presión para distribuir a cada uno de los inyectores. En este proceso el combustible se distribuye a cada inyector que, a su vez, lo va inyectando en la cámara de combustión del cilindro.

**Figura 11** *Sistema de inyección common rail Bosch*



*Nota.* Enumeración de las partes y componentes del sistema de riel común. Fuente:

(Orozco, 2020)

El sistema de inyección common Rail se compone principalmente de tres elementos, el riel común, la bomba de alta presión y los inyectores.

### **2.1.2.3 Inyectores**

El inyector de un sistema Common Rail está instalado en todos los cilindros del motor y conectado al riel mediante un conducto corto de alta presión. Éstos se encuentran controlados por el sistema de Regulación Electrónica Diésel (EDC, de su nombre en inglés Electronic Diesel Control), con lo cual se puede determinar la cantidad de combustible que debe entrar en el motor en función de la necesidad del vehículo.

El inyector está compuesto por las siguientes partes:

- **Porta-tobera:** bloque de acero que funciona como estructura de guiado para el montaje del resto de componentes. A través de este bloque, entra el carburante hacia la cámara de presión del inyector.
- **Tobera (o Inyector):** pieza fijada a la porta-tobera mediante un mango roscado. En su interior se monta la válvula de aguja; esta permite formar una cámara de presión estanca ya que la punta de la misma tapona los orificios de salida del inyector.
- **Válvula de Aguja:** pistón que actúa como compuerta de inyección. En estado de reposo la válvula cierra el paso de combustible.
- **Resorte:** muelle cuya fuerza en reposo permite el cierre estanco de la válvula contra el orificio de salida del inyector.

- **Varilla de Empuje:** vástago que comunica el movimiento entre la válvula de aguja y el resorte.
- **Tornillo De Reglaje:** tornillo que permite ajustar la presión de inyección del combustible.
- **Racor de cierre:** El racor de cierre hermetiza el conjunto del inyector y permite la vuelta del combustible residual al tanque.

#### **2.1.2.4 Diagnóstico de retorno de inyectores**

El diagnóstico de Retorno de Inyectores Diésel Common Rail consiste en la medición del caudal y presión de combustible en el retorno de los inyectores.

En este tipo de inyectores, el caudal de inyección idealmente estaría equilibrado con el de retorno, por lo cual si existe algún tipo de variación de volúmenes ( $\text{cm}^3$ ) de combustible retornado, se está presentando algún tipo de falla, es decir que, al existir un alto volumen de retorno, hay un alto volumen de inyección del combustible, lo mismo si los volúmenes son bajos.

De igual manera, dentro del diagnóstico cada inyector debe retornar una cantidad similar de combustible, si algún inyector presenta una diferencia de volumen considerablemente mayor ( $7 \text{ cm}^3$ ), debe pasar a mantenimiento.

La pérdida de presión en los inyectores del sistema diésel common rail Bosch, provocan distintos fallas y averías como los son:

- Arranque del motor insuficiente o inexistente.
- Marcha forzada.
- Aceleración insuficiente.
- Falta general de potencia del motor

Una causa común de la pérdida de presión es, que se devuelve demasiado combustible al depósito de combustible (también se conoce como ‘fuga de retorno’). Si la fuga de retorno de los inyectores es excesiva, la bomba de combustible no puede generar la suficiente presión para que el sistema pueda funcionar correctamente. Esto se percibe con mayor fuerza en el arranque y número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerado, ya que la presión del combustible está directamente relacionada con las revoluciones del motor (Laser, s.f).

Por ello, realizar este diagnóstico en los sistemas de inyección es de vital importancia para el buen funcionamiento del motor diésel.

#### ***2.1.2.5 Caudal de Inyección y retorno de inyectores***

La inyección consiste la entrega del combustible directamente en la cámara de combustión sobre la cabeza del pistón. Este sistema se empleaba habitualmente en vehículos pesados, ya que proporciona un excelente motor y una gran economía de combustible, en su contra tienen el inconveniente de ser motores poco revolucionados y además producen mucho ruido en su funcionamiento. En la actualidad, estos inconvenientes se están minimizando gracias a la aparición de la gestión electrónica diésel. En este caso, la cámara de combustión está ubicada justo encima del pistón, el cual a su vez dispone de una cavidad en la cabeza donde se produce la combustión (Zapatería, 2001).

En un motor de inyección directa la combustión se realiza en un tiempo más reducido que en uno de cámara auxiliar, por lo que resulta una combustión más violenta.

**Figura 12** *Cámara de admisión de combustible para combustión*



*Nota.* Ingreso del aire en color azul a presión y en color amarillo el gas de la combustión.

Fuente: (Revista Parabrisas, 2018)

**Figura 13** *Comparación inyector averiado e inyector limpio*



*Nota.* Inyector sucio e inyector limpio. Fuente: (Amazon Service, s.f.)

El combustible de retorno es la cantidad de combustible devuelto al punto de partida, es decir al tanque de depósito de combustible, este proceso permite abaratar los costos de combustible y reducir la emisión de gases contaminantes.

### **2.1.2.6 Riel común**

Este control electrónico en el sistema de inyección representa un significativo avance en el desarrollo de los motores diésel. El sistema Common Rail Bosch presenta la tecnología más nueva utilizada en sistemas de inyección electrónica.

En ese sistema la generación de presión y la inyección de combustible se separan, lo que significa que la bomba de alta presión que se encuentra disponible para todos los inyectores mediante un tubo distribuidor común. La presión del combustible, inicio y final de la inyección son precisamente calculados por la unidad de comando. Información obtenida de los diversos sensores instalados en el motor, esto ofrece un excelente desempeño en el ruido bajo, y la más mínima emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

**Figura 14** *Common Rail*



*Nota.* Sistema common rail para sistema de inyección con 4 inyectores. Fuente: (Portillo, 2010)

### **2.1.2.7 Bomba de alta presión**

La bomba de alta presión comprime el combustible y lo suministra en la cantidad necesaria. Esta mantiene la presión del sistema gracias a que suministra el combustible de forma continua incluso a revoluciones bajas en el motor.

La bomba es accionada por el motor a través de acoplamiento, rueda dentada o correa dentada y se lubrica con combustible. Según la distribución del montaje, la válvula reguladora de presión estará adosada a la bomba o instalada en la rampa (raíl) por separado. El combustible es comprimido dentro de la bomba por émbolos dispuestos radialmente. (TECNODIESEL, 2020)

**Figura 15** *Bomba de alta presión*



*Nota.* Imagen fotorrealista de Bomba de alta presión. Fuente: (Bosch Brasil, 2020)

### 2.1.3 Marco conceptual

- **Diésel:** El diésel o diesel, también denominado gasóleo o gasoil, es un hidrocarburo líquido de densidad sobre  $850 \text{ kg/m}^3$ , compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. (GmbH, 2015)
- **Ciclo otto:** Es el ciclo termodinámico que se aplica al Motor de Combustión Interna de encendido provocado (motores de gasolina). Se caracteriza porque en

una primera aproximación teórica, todo el calor se aporta a volumen constante.

(Ecured, s.f.)

- **Combustión:** Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.
- **Pistón:** Un pistón es una pieza que forma parte del mecanismo de funcionamiento de un motor. También conocido como émbolo, se trata de un elemento que se mueve de forma alternativa dentro de un cilindro para interactuar con un fluido.
- **Válvulas:** Válvulas del cabezote de motor diésel: Elementos de construcción mecánica que permiten el ingreso del aire a la cámara de combustión (válvulas de admisión) y la salida de los gases resultantes de la combustión producida.
- **Tobera:** Son los elementos encargados de introducir el diésel pulverizado a la cámara de combustión de un motor diésel. Las toberas están formadas por un conjunto pistón-cilindro. En un extremo del cilindro contiene un finísimo agujero por el cual es expulsado al diésel a elevada presión.
- **Compresión:** La relación de compresión tiene influencia directa en el rendimiento térmico, es decir, en el grado de aprovechamiento de la energía que el motor de combustión es capaz de generar a partir de la mezcla de aire y combustible aportada al cilindro.
- **Combustible pulverizado:** combustible en forma de aerosol con partículas sumamente finas.



- Combustible pulverizado: combustible en forma de aerosol con partículas sumamente finas.
- Cama de impresión: Es una placa calefactora sobre la cual se deposita el material y se realiza la impresión.
- Termo-encongible: Material que por su composición se contrae cuando es expuesto al calor.
- Mangueras de retorno: Son las que permiten devolver el combustible diésel al tanque en el automóvil y van conectadas a cada uno de los inyectores.

#### 2.1.4 Estado del arte

A continuación, se desarrolló un estado de arte, donde se estudian y analizan herramientas para el diagnóstico de inyectores y los sistemas de inyección, con el fin de analizar los diversos enfoques que se le han dado a estos, los cuales se toman como punto de referencia para el desarrollo de este proyecto, buscando llevar este mismo por el camino más óptimo para lograr el desarrollo del instrumento; para esto se tuvo en cuenta una ventana de observación de 9 años y se utilizó como base el formato RAE que permite el análisis y aglomeración de la información relevante de los documentos guía, como variables para este se tuvo en cuenta:

- Título, Autores, Fecha, Descripción, Fuente, metodología y conclusiones.

**Tabla 8** *Formato RAE, Sistemas de inyección en motores Diésel*

FORMATO RAE	
Título	Sistemas de inyección en motores Diésel
Autor	Alejandro Castillejo Calle

Fecha	Sevilla 2014
Descripción	En el trabajo desarrollado en esta memoria se comienza analizando los principios básicos de la inyección de combustible, los elementos esenciales que constituyen los sistemas de inyección de combustible y sus tipologías. Posteriormente se analizan cada uno de los sistemas de inyección partiendo de los de bomba en línea más tradicionales hasta los actuales más sofisticados y precisos como el “common rail” que permiten alcanzar el nivel de prestaciones (potencia/litro, consumo específico, emisiones gaseosas contaminantes, nivel de ruido, etc.) que el mercado y/o la legislación actual, cada vez más restrictiva, requiere. Este análisis se hace bajo una misma estructura: aplicaciones, principio de funcionamiento y sistemas de control.
Fuente	Castillejo Calle, Alejandro. (2014), Sistemas de inyección en motores Diesel, Sevilla, España.
Metodología	Investigativa teórica.
Conclusiones	- Es posible establecer un análisis de los distintos sistemas de inyección diesel de manera estructurada y comprobar que todos ellos pueden ser sistematizados - Ha sido posible ver cómo la evolución en el tiempo de estos sistemas no es otra que la consecución de una respuesta más precisa a los requerimientos que conducen a una mejora de la combustión y en consecuencia de las prestaciones del motor (potencia específica, par motor, consumo específico y emisiones gaseosas y de nivel de ruido).

**Tabla 9** Formato RAE, Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectoros del sistema common rail Bosch

FORMATO RAE	
Título	Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectoros del sistema Common Rail Bosch
Autor	Diego Andrés Gómez Allauri
Fecha	2012
Descripción	El sistema de inyección common rail representa para su mantenimiento y reparación debido a la falta de conocimiento e información sobre su funcionamiento, por lo cual el trabajo desarrollado facilitó información técnica sobre este sistema y diferentes tipos de inyectoros que aplican el principio de alta presión, además, se incluye el diseño del banco de pruebas con la ubicación de sus componentes y los esquemas de conexión como una guía para su implementación. Una vez que se analizó los costos para la construcción del banco se encontró que el proyecto es confiable, factible y ejecutable.
Fuente	Gómez Allauri, (2012), Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectoros del sistema common rail Bosch, Cuenca - Ecuador

Conclusiones	El banco de pruebas podrá comprobar y simular el funcionamiento de los tipos de los inyectores diésel modernos Bosch, electromagnéticos y piezoeléctricos, y con conectores específicos de los inyectores.
--------------	--

**Tabla 10** *Formato RAE, Diseño Y Simulación De Banco De Pruebas De Inyectores Diésel Para Vehículos De Carga Pesada.*

FORMATO RAE	
Título	Diseño y simulación de banco de pruebas de inyectores diésel para vehículos de carga pesada
Autor	Rafael Garzón Torres Jesus Arturo Ramírez Rincón
Fecha	2013
Descripción	: El objetivo principal de este proyecto es el diseño de un banco que entrega el diagnóstico del funcionamiento del inyector en los dos sistemas de inyección (Common Rail y Heui )y la simulación del modelo matemático del inyector en cada sistema, esto se debe a que a nivel nacional no existen Bancos de Pruebas que evalúen las marcas de inyectores diésel electrónicos más usados en Colombia y actualmente en la mayoría de centros de mantenimiento el diagnóstico se realiza artesanalmente y se basa en la comparación visual y tanteo por parte del técnico
Fuente	Ramírez Rincón, Garzón Torres(2013),DISEÑO Y SIMULACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DIESEL PARA VEHÍCULOS DE CARGA PESADA, Bogotá, D.C
Metodología	Es de carácter empírico-analítico
Conclusiones	Al realizar el estudio en el inyector fue posible no solo determinar el modelo del inyector si no su patrón de comportamiento, con el único fin de analizar sus fallos y la mejora de su funcionamiento, se concluye que el inyector heui por sus características físicas expulsa mayor cantidad de combustible al mismo régimen de operación que los demás, por lo cual es ampliamente utilizado en vehículos como tracto camiones y tractores. Se concluye por los métodos estadísticos un intervalo de comparación para discriminar el posible fallo, si lo hay, debido al volumen de combustible expulsado.

**Tabla 11** *Formato RAE, Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (crdi)*

FORMATO RAE	
Título	Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (crdi)
Autor	Jhony Patricio Reyes Cualchi
Fecha	Ibarra, Abril 2018
Descripción	La presente investigación propone el análisis del funcionamiento de las presiones de trabajo en el riel común de un motor Diésel con sistema electrónico (CRDI) a través de equipos de diagnóstico automotriz. El primer equipo de diagnóstico puede medir la presión realizando un bypass en las cañerías de combustible entre el inyector y el riel común, el segundo equipo realiza un diagnóstico similar al anterior, el bypass se realiza en la conexión eléctrica entre el sensor de presión del riel y el conector del sensor, un tercer equipo de diagnóstico es el simulador de pulsos de trabajo de inyectores, éste equipo con ayuda de un probador manual de inyectores diésel diagnostica la entrega y retorno de combustible de cada uno de los inyectores fuera del motor. Un último equipo de diagnóstico es el Baroscopio, el cual se utiliza para la inspección interna del cilindro número 1 de un motor, en la visualización se encuentra posible falla en la parte interna pudiendo ser una fisura producida por un exceso de temperatura de trabajo. Los equipos de diagnósticos automotriz utilizados facilita el análisis de los componentes del sistema CRDI
Fuente	Reyes cualchi, jhony patricio (2018) diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (crdi)
Metodología	Analítica interpretativa
Conclusiones	La presión de combustible existente en el riel presenta variación en función de las revoluciones del motor, a 850 rpm se tiene una presión de 30 MPa y a 3000 rpm la presión es de 78 MPa, esto hace que el motor Diésel esté trabajando normalmente como se evidencia en el anexo 1, el cual contiene los valores de trabajo del sensor de presión de riel de vehículos CRDI. - La medición de la presión del sistema CRDI mediante la lectura de información entregada por el sensor de presión de riel, facilitó el diagnóstico del sistema de inyección, ya que no fue necesario la utilización de otros elementos como un scanner o un osciloscopio que generalmente son de mayor dificultad de manejo. - El equipo de diagnóstico CRD 700 entrega resultados fiables, ya que realiza la medición de la presión en la cañería ubicada entre el inyector y el riel, pudiendo así, descartar alguna falla eléctrica o electrónica del sensor de presión en el riel. - Los valores de la presión de combustible del motor Mazda están dentro del funcionamiento correcto, se verificó las presiones con el equipo CRD700 indicando que, a 850 rpm tiene una presión de 39 MPa y a 3000 rpm tiene una presión de 75 MPa, éstos valores cumplen una variación que se da en los sensores de presión del riel como se verifica en el anexo 1.

## **Capítulo 3**

### **3.1 Desarrollo del proyecto**

### **3.2 Fase analítica**

A continuación, para dar respuesta al primer objetivo planteado, se realizó un análisis del proceso de diagnóstico de retorno en los sistemas de inyección common rail Bosch, a partir de este se realizó la observación y registro de las actividades realizadas en el proceso de diagnóstico que la empresa GDiésel maneja. Todo esto con el fin de identificar las actividades, acciones y tareas susceptibles a intervención para el mejoramiento.

#### **3.2.1 Proceso de diagnóstico de retorno de inyección en la empresa GDiésel**

El proceso inicia con la llegada del vehículo al laboratorio de diagnóstico, este se ubica en el estacionamiento donde se realiza la primera parte del proceso (desmonte de los inyectores), cada inyector pasa la zona de limpieza y posteriormente a la zona de diagnóstico donde se encuentra el banco de pruebas. Cabe destacar que durante todo este proceso se necesita de un técnico especialista que cuente con los conocimientos necesarios.

##### ***3.2.1.1 Actividades y tareas***

La realización del diagnóstico de retorno de inyectores diésel common rail se lleva a cabo mediante la ejecución de las siguientes actividades:

**Tabla 12** *Actividades y tareas*

<b>ACTIVIDAD 1</b>
Desmontaje de componentes para extracción de los inyectores.
<b>TAREAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desajuste de pin de retorno.</li> <li>-Desajuste de racor.</li> <li>-Desmante de la manguera de retorno del sistema.</li> <li>-Desmante de mordaza de sujeción del inyector.</li> <li>-Extracción de inyectores.</li> </ul>
<b>ACTIVIDAD (Opcional) 2</b>
Limpieza de inyectores
<b>TAREAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarmado del inyector</li> <li>-Limpieza de sus partes con ayuda de un cepillo y gasolina</li> <li>-Armado del inyector</li> </ul>
<b>ACTIVIDAD 3</b>
Traslado de Inyectores al banco de pruebas
<b>TAREAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Traslado de los inyectores a la estación del banco de prueba</li> <li>-Montaje de los inyectores en el banco</li> </ul>
<b>ACTIVIDAD 4</b>
Ejecución de prueba de diagnóstico de retorno
<b>TAREAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Encendido del banco de prueba</li> <li>-Programación del banco de prueba</li> <li>-Ejecución de prueba de retorno</li> <li>-Resultados de diagnóstico</li> </ul>

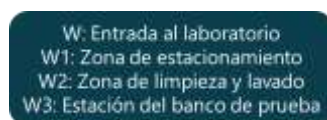
*Nota.* Actividades y tareas realizadas en el proceso de diagnóstico utilizado en la empresa GDiésel. Fuente: elaboración propia.

### **3.2.1.2 Métodos y tiempos de ejecución**

La Prueba de Retorno de Inyectores Diésel Common Rail consiste en la comprobación del caudal y presión en el retorno de los inyectores (Automotriz, 2019), el método empleado en la

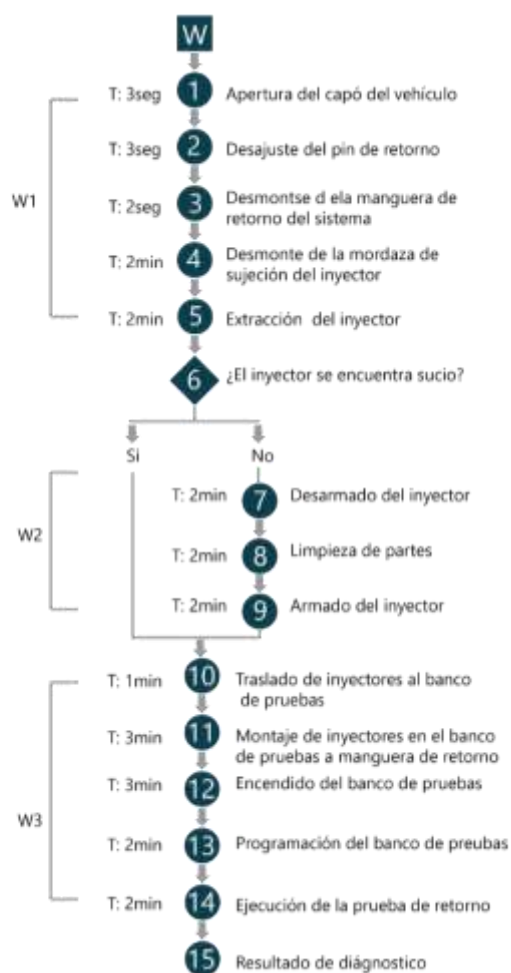
empresa GDiésel, se realiza de manera sistemática y ordenada, como se establece en el siguiente flujograma:

**Figura 16** Zonas de trabajo empresa GDiésel



Fuente. Elaboración propia

**Figura 17** Flujograma actividades y tareas del proceso de diagnóstico en la empresa GDiésel



*Nota.* Actividades, tareas y tiempos aproximados de ejecución, Fuente. Elaboración propia

### 3.2.1.3 Máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de diagnóstico de la empresa

#### GDiésel

Así mismo, se presentan las máquinas y herramientas que son utilizados para la realización del proceso de diagnóstico de retorno por cada actividad realizada:

**Tabla 13** Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 1.

ACTIVIDAD 1	HERRAMIENTA	NOMBRE HERRAMIENTA
Desmontaje de componentes para extracción de los inyectores.	No aplica	No aplica
-Desajuste de pin de retorno.		Destornillador de Pala
-Desajuste de racor.		Destornillador de Pala
-Desmante de la manguera de retorno del sistema.		Pinzas Puntiagudas
-Desmante de mordaza de sujeción del inyector.		1- Rache 2-Copa 10mm 3-Llave bristol 5mm o 6mm
-Extracción de inyectores.		Palanca de Uña

*Nota.* Las anteriores herramientas son indispensables para el desarrollo de las actividades.

Fuente. Elaboración propia



**Tabla 14** Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 2.

ACTIVIDAD 1	HERRAMIENTA	NOMBRE HERRAMIENTA
-Desarmado del inyector.		1-Robiel Common Rail CRIN 2e3 2-Prensa common rail
-Limpieza de sus partes con ayuda de un cepillo y gasolina		Grata
-Armado del inyector		1-Robiel Common Rail CRIN 2e3 2-Prensa common rail

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15** Máquinas herramientas del proceso de diagnóstico Actividad 3.

ACTIVIDAD 1	HERRAMIENTA	NOMBRE HERRAMIENTA
-Traslado de los inyectores a la estación del banco de prueba		
-Montaje de los inyectores en el banco		1-Banco de prueba Detex TST-C 2-LLave 17 - 8 - 3/4

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Fase selectiva

El anterior proceso muestra el diagnóstico de 1 de los inyectores, es decir que este proceso debe repetirse de 5 a 3 veces más dependiendo de la cantidad de inyectores del

automóvil. Esto representa un gasto de energía, es decir un costo fijo para la empresa y tiempo. Así mismo el uso de equipos como lo son el banco de pruebas, requieren de un especialista para su manejo, por tanto, si alguno de los especialistas se encuentra realizando otra actividad dentro de la empresa, el proceso se retrasa. Dentro del proceso de diagnóstico se encuentran involucrados además distintos componentes que implican tanto maquinaria requerida como recursos humanos.

- **Componentes Agentes:** En cuanto al personal involucrado en el proceso de diagnóstico que se realiza en la empresa GDiésel 2 especialistas son los encargados de realizar el diagnóstico puesto que no todos los técnicos que trabajan en la empresa se encuentran capacitados para el manejo de la maquinaria involucrada.

Según el proceso de diagnóstico señalado anteriormente, el problema en el cual radica este proyecto se descompone en las siguientes variables, las cuales son determinantes durante el desarrollo del mismo y serán los puntos de partida para dar solución al problema:


- Como se puede observar en el proceso, el diagnóstico se realiza mediante el uso de dos máquinas principalmente, que son Bancos de prueba common rail, los cuales son fundamentales para verificar la calidad de trabajo que tienen los inyectores, y además medir la vida útil que estos puedan tener en el tiempo. Igualmente son necesarias distintas herramientas de apoyo como llaves para ajustar los componentes y el mismo inyector, cada una de estas herramientas significan un gasto de energía y de insumos necesarios para el funcionamiento, en cuanto a los insumos.
- Se utiliza combustible diésel para realizar el proceso de diagnóstico, comúnmente son necesarios 10 galones de combustible, se debe tener en cuenta que este tipo de

combustible no es renovable es decir que debe ser cambiado periódicamente, aproximadamente cada 5 meses que significan 250 hrs de trabajo.

- Se utilizan filtros de combustible que también deben ser renovados periódicamente. Otro tipo de insumo necesario son las licencias las cuales tienen un costo aproximado de 1'500.000 COP.
- Son necesarios también datos de calibración para el software del banco, puesto que estos deben ser comprados dependiendo el tipo de inyector que se vaya a diagnosticar, estos datos de calibración se representan en unos archivos los cuales señalan el tipo de inyector, tiempos y presiones relacionadas a este, a continuación, se muestra un ejemplo:

Figura 18 Datos de calibración

DITEX TECHNOLOGIES - Loc. Mandella - 37019 Peschiera del Garda VR - ITALY      info@ditex.it      28/11/2015-17.05



**www.ditex.it**

2008 SEP

**#0445110250**

EQUIPMENT #1	CRI 1000 NEW STYLE
EQUIPMENT #2	0
EQUIPMENT #3	08732614
ADAPTOR	0
DELIVERY PIPE	0874251#0874265
BACKLEAKAGE PIPE	0873261
CURRENT PROFILE	0
INJ TYPE	SOLENOID

IMA

▲ TEST PLAN NOT SUITABLE FOR CODING PURPOSES

WORKSHOP	Laboratorio G DIESEL Gerardo Ojalora		
CUSTOMER #ID	06.02.1241		
EMAIL	gerardotalora28@gmail.com		
ORDER #ID			

<b>TURAN</b>		INJ 1	INJ 2	INJ 3	INJ 4
PIEZO REFILL	V				
	µW				
PIEZO CAPACITANCE	µF				
Bottom L	µH				
Top L	µH				
COIL LIFT	A				
	µm				
PIEZO LIFT	V				
	µm				
RESISTANCE	Ω				
INSULATION	MΩ				

#	RAIL PRESSURE	CRI 1000 NEW STYLE	Q_TARGET	±Δ	BL_MAX
	BAR	OPENING TIME posµsec	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes
A	1600	pos 6			
B	1650	OFF			40
1	1600	1380 µsec	84,3	4,2	55
2	800	650 µsec	21,1	2,7	
3	320	675 µsec	5,8	1,5	
4	800	220 µsec	0,9	0,5	
5					
6					
7					

								NOTES
Q	BL	Q	BL	Q	BL	Q	BL	
								3 minutes
								Leak test

80-1119-4PC-22C

28/11/2015-17.05 DITEX TECHNOLOGIES reserves the right to change, modify and/or withdraw the information in this TEST DATA at any time without notice. Therefore it is recommended to order latest test plan from <http://itcode.ditex.it> whenever is needed.

*Nota.* Tabla tomada de Nova Ditex, para laboratorio G-Diésel, datos de calibración por inyección (2021).

La siguiente tabla muestra las diferentes pruebas por las que deben ser sometidas un inyector, dentro de esas pruebas, el número 1 llamada Prueba de alto flujo, es la que se encarga de medir en Cm<sup>3</sup> el combustible de entrega y el combustible de retorno. como se ve en la figura 17.

**Figura 19** Prueba de alto flujo

Prueba de Alto Flujo

#	RAIL PRESSURE	CRI 1000 NEW STYLE	Q_TARGET	±Δ	BL_MAX
	BAR	OPENING TIME pos/μsec	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes
A	1600	pos 6			
B	1650	OFF			40
1	1600	1380 μsec	84,3	4,2	55
2	800	650 μsec	21,1	2,7	
3	320	675 μsec	5,8	1,5	
4	800	220 μsec	0,9	0,5	
5					
6					
7					

*Nota.* Sección prueba de alto flujo, 1600 Bar, 1380 microsegundos, 84,3 combustible de entrega, 4,2 rango tolerancia de entrega, 55 cm<sup>3</sup> combustible retornado de la empresa Gdiésel (2021).

Dentro de la prueba de alto flujo, esta arroja el dato de calibración de retorno, por lo cual es el dato de calibración que se debe tener en cuenta. referencia en figura 18.

**Figura 20** Datos de calibración

#	RAIL PRESSURE	CRI 1000 NEW STYLE	Q_TARGET	$\pm\Delta$	BL_MAX
	BAR	OPENING TIME pos/ $\mu$ sec	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes	cm <sup>3</sup> /1000 strokes
A	1600	pos 6			
B	1650	OFF			40
1	1600	1380 $\mu$ sec	84,3	4,2	55
2	800	650 $\mu$ sec	21,1	2,7	
3	320	675 $\mu$ sec	5,8	1,5	
4	800	220 $\mu$ sec	0,9	0,5	
5					
6					
7					

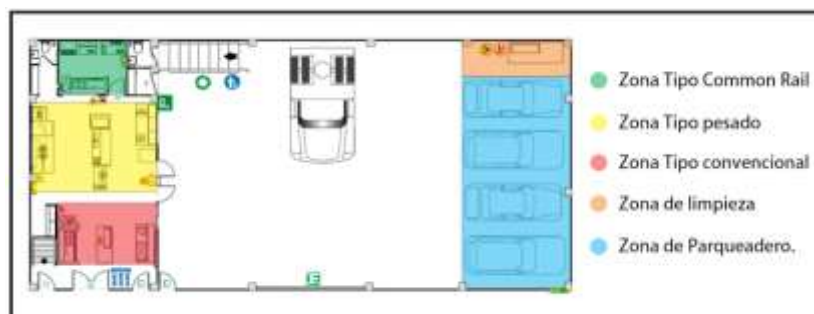
Entrega de retorno

*Nota.* Datos de calibración, entrega de retorno en Cm3 de la empresa GDiésel (2021)

### 3.3.1 Componentes y variables del problema

Para continuar con el objetivo específico número uno, dentro de la fase analítica, se realiza una observación y registro del proceso de diagnóstico de inyectores diésel en la empresa GDiésel, para así adquirir información de campo respecto al proceso que se realiza, a continuación, se presenta dicho proceso, iniciando con una descripción general de las zonas de trabajo y la mención de los distintos componentes involucrados.

**Figura 21** Zonas de trabajo en la empresa GDiésel



Fuente: Elaboración propia





Como se mencionó anteriormente la empresa G-DIESEL se encuentra distribuida por distintas áreas según el servicio que se presta, en cuanto al diagnóstico de sistemas de inyección diésel la empresa utiliza dos de sus áreas:

- Parqueadero: El automóvil llega a la empresa y se parquea y se prepara para el proceso de diagnóstico general (zona azul en la figura 15), donde se detectan distintas fallas electrónicamente mediante un scanner CARMAN I 700. Por otra parte, en cuanto al proceso de diagnóstico de los inyectores, en esta zona también se levanta el capó del automóvil y se procede a retirar inyector por inyector y dirigirlo al banco de pruebas.
- Zona tipo common rail: En esta área (color verde en la figura 15) son llevados uno a uno los inyectores y se procede al diagnóstico electrónico en el banco de prueba.







A continuación, se presenta tabulado el proceso de diagnóstico de retorno de sistemas de inyección Common Rail Bosch de motores diésel realizado en la empresa GDiésel, para la cual se realizará el instrumento de medición, dentro de la cual es utilizado un banco de pruebas para realizar el diagnóstico a cada uno de los inyectores. Dicho proceso es realizado por dos especialistas, uno de ellos se encarga del desmonte de los inyectores dentro del automóvil, el segundo realiza el proceso de diagnóstico:

**Tabla 16** *Proceso de diagnóstico en la empresa GDiésel mediante banco de pruebas*

PROCESO DE DIAGNOSTICO INYECTORES COMMON RAIL BOSCH EN LA EMPRESA G DIESEL, MEDIANTE BANCO DE PRUEBAS			
TIEMPO	DESCRIPCIÓN (Desmante del inyector)	HERRAMIENTAS	IMAGEN
15 segundos	apertura de capó	No aplica	
10 segundos	retiro de tapa	No aplica	
24 segundos	Retiro pines de retorno	Pinzas manuales	
16 segundos	Retiro manguera de retorno	Manual	
1 minuto 31 segundos	Retiro de arnes de conector de bobinas de inyección	Rache con copa	
39 segundos	Desajuste y retiro de tubos 1 y 2	Llave	
20 segundos	Retiro de abrazaderas a tubos	Rache con copa	
26 segundos	Retiro de seguro y/o chapeta de inyector	Rache con copa	
16 segundos	Extraer inyector	Palanca de empuje	

20 segundos	Se ajusta la entrada del combustible al inyector con ayuda de 2 llaves	llave de 17 mm llave de 13 mm	
24 segundos	se ajusta la pieza de entrega al inyector y se ajusta prisionero	llave 8mm	
7 segundos	Se conecta la manguera de retorno al retorno del inyector	No aplica	
14 segundos	ajustar retorno con pin para sellar	Pin	
13 segundos	se conecta la pieza transmisora de pulsos de corriente	No aplica	
5 segundos	Star stock	No aplica	
3 segundos	activación de las revoluciones por minuto del banco de prueba	No aplica	
5 segundos	Encendido de simulador de prueba	No aplica	
14 segundos	Graduación de presión	No aplica	
2 segundos	Encendido pulso de actuación	No aplica	



TIEMPO	DESCRIPCIÓN (prueba de diagnóstico)	HERRAMIENTAS	IMAGEN
4 segundos	Vuelta a probetas para prueba	No aplica	
5 segundos	Vuelta a probetas para prueba	No aplica	
62 segundos	Nivelación de caudales	No aplica	
2 minutos 3 segundos	Inicio de prueba	No aplica	
3 segundos	Bajar presión	No aplica	
2 segundos	Cancelar pulsaciones de inyección	No aplica	
2 segundos	Se apaga simulador	No aplica	
2 segundos	Bajar revoluciones	No aplica	
2 segundos	Apagar bomba de cebado	No aplica	
4 segundos	se desconecta la pieza transmisora de pulsos de corriente	No aplica	

TIEMPO	DESCRIPCIÓN (prueba de diagnóstico)	HERRAMIENTAS	IMAGEN
5 segundos	Se desajusta pin de retorno	pin	
2 segundos	Se desconecta la manguera de retorno al retorno del inyector	No aplica	
14 segundos	Se desajusta la pieza de entrega al inyector y se ajusta prisionero	llave 8mm	
11 segundos	Desmante de inyector	llave de 17 mm llave de 13 mm	
5 segundos	Ajuste de chapeta a inyector	Manual	
12 segundos	Ajuste de chapeta/inyector, al sistema.	Manual	
4	Insertar tornillo de chapeta	Manuel / Rache con copa	
31 segundos	Ajustar tornillo de chapeta	20 libras al ajustar	
54 segundos	Ajuste de tubos	Llave	

TIEMPO	DESCRIPCIÓN (prueba de diagnóstico)	HERRAMIENTAS	IMAGEN
15 segundos	Ajuste de manguera de retorno	Manual	
53 segundos	Ajuste de pines de retorno	Manual	
12 segundos	Apretar tornillo de tubos	Rache con extensor y copa	
19 segundos	Ajustar arnés de conector de bobinas de inyección	Manual	
46 segundos	Ajustar seguros del arnés	Rache con extensor y copa	

*Nota.* Fuente. Elaboración propia

Como se puede observar en la anterior tabla, todo el proceso de diagnóstico se divide principalmente en 3 momentos: el desmonte de los inyectores, la realización de la prueba a cada inyector y el ajuste de los inyectores en el automóvil. Todo este proceso tiene una duración total de 15 minutos aproximadamente por cada inyector, es decir que al realizar la prueba en 4 inyectores es 1 hora aproximadamente y al diagnosticar 6 inyectores el proceso tarda 1 hora y 30 minutos aproximadamente.

### 3.3.2 Descripción de mercado

El mercado es el entorno donde se encuentran el producto o servicio y el consumidor. Es el conjunto de individuos y organizaciones de todo tipo que tienen, o pueden tener, una influencia en el consumo o utilización del producto en un determinado territorio geográfico.

Duitama ha sido una de las ciudades líderes en el desarrollo del transporte en Colombia, además de ser una de las ciudades con más empresas carroceras del país. La construcción y ensamble de carrocerías para el transporte de pasajeros y de carga junto con el sector automotor se catalogan como uno de los mejores del departamento, siendo pioneros a nivel nacional.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, este es un mercado donde es imprescindible contar con soluciones tecnológicas que permitan al sector cubrir sus necesidades a través de la prestación de servicios.

Sin embargo, muchas veces el adquirir estas tecnologías no es sencillo para las empresas Duitamenses. Por ejemplo, en laboratorios Diésel, es necesario e imprescindible prestar el servicio de diagnóstico de inyectores, para lo cual normalmente se deben utilizar Bancos de prueba, estos no se fabrican en la región, ni en el país, por lo cual la única manera de acceder a ellos es mediante la importación.

Para ello estas empresas deben contar con un RUNT de Importación, sin este no se puede realizar ninguna compra. Otro factor altamente importante es que la compra de estos equipos se debe realizar mediante la ayuda de un intermediario o también de algún representante de la empresa vendedora de la maquinaria acá en Colombia. Igualmente, las unidades disponibles a la venta de estos son exclusivas. Por ejemplo, en la ciudad de Duitama la única empresa con este tipo de bancos de prueba es el laboratorio GDiésel.

Los costos de este tipo de equipos como lo son los bancos de prueba también son elevados (más de 30 millones de pesos) y se debe sumar además costos de importación, aduanas, transporte e IVA. Por este motivo muchas de las empresas no logran acceder a este tipo de equipos y utilizan a menudo equipos realizados empíricamente, los cuales no garantizan la correcta prestación del servicio.

### **3.3.3 Productos existentes**

En el siguiente apartado se mencionan las características de las máquinas y herramientas que permiten realizar un proceso de diagnóstico de retorno en inyectores diésel del sistema common rail.

#### **3.3.3.1 El banco Hartridge Sabre CRi Expert:**

Es un equipo compacto para inyectores common rail de todas las marcas, está repleto de funciones que permiten hacer diferentes pruebas a los inyectores y aplicarles distintas codificaciones. Este equipo posee pruebas de un nivel excepcional de fácil uso y nos permite la personalización completa de las condiciones y parámetros de cada prueba que queramos realizar. En el modo básico es completo y preciso, pero también proporciona pasos de prueba más avanzados como NOP y MDP, si es que el taller lo requiere.

**Figura 22** Banco de pruebas Hartridge



*Nota*, Banco de pruebas para sistema de inyección common rail. Fuente: (Grupo KMG, s.f)

### 3.3.3.2 Banco de prueba Nova Ditex TST-C

Es un banco de prueba compacto para sistemas de inyección common rail de ciertas marcas. Este permite diagnosticar con 4 pruebas diferentes un inyector, este equipo es excelente en su funcionamiento y precisión.

**Figura 23** Banco de prueba Nova Ditex TST-C



*Nota*. Banco de prueba para sistemas electrónicos de inyección common rail. Fuente:

(Grupo KMG, s.f)

### 3.3.3.3 Herramientas necesarias

A continuación, se presentan las herramientas y puesto necesarios para la realización del proceso de diagnóstico actual en la empresa GDiésel.

La copa es la parte cilíndrica de la herramienta que se ajusta a la tuerca o a la cabeza del tornillo. En su interior hay seis vértices (las mejores para mover tuercas robadas) o 12 vértices (fácil de usar en pernos de difícil acceso). Las copas se pueden conseguir en milímetros o en pulgadas, aunque la mayoría de autos en Colombia vienen con tornillería en milímetros. La llave de rache es lo que pone en movimiento la copa y gira como un destornillador. Con el rache rinde más apretar y desapretar piezas. Los extensores son barras que aumentan el alcance.

**Figura 24** *Kit de herramientas de copas y Rache.*

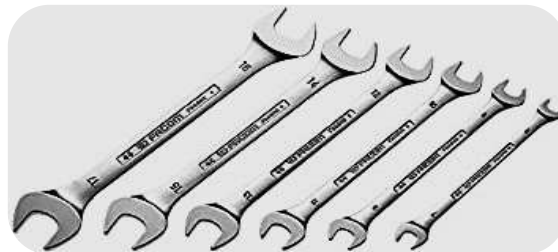


*Nota.* Juego de copas y Rache (mm). Fuente: (Herramientas colombia, 2021)

Juego de llaves de 8 mm a 24 mm: Llave con medida fija, encajan en la cabeza de tornillos y en tuercas para apretar o aflojar (según corresponda) mediante un movimiento de

rotación. Las llaves con medida predeterminada que se utilizan con más frecuencia en las operaciones de desmontaje y montaje de los elementos y conjuntos mencionados anteriormente, son: llaves fijas, llaves estrella, llaves mixtas, llaves de tubo, llaves de vaso, llaves Allen, llaves de pipa y llaves en cruz.

**Figura 25** *Juego de llaves*



*Nota,* Kit de llaves en milímetros, necesarias para el banco de prueba de 8 mm a 24 mm.

Fuente: (Stanley, 2021)

**Banco de trabajo:** En estos bancos de trabajo, los especialistas lo utilizan tanto como para guardar herramientas y partes, como para reparar y hacer uso de herramientas y prensas, este brinda un espacio de trabajo adecuado para los especialistas.

**Figura 26** *Banco de trabajo*



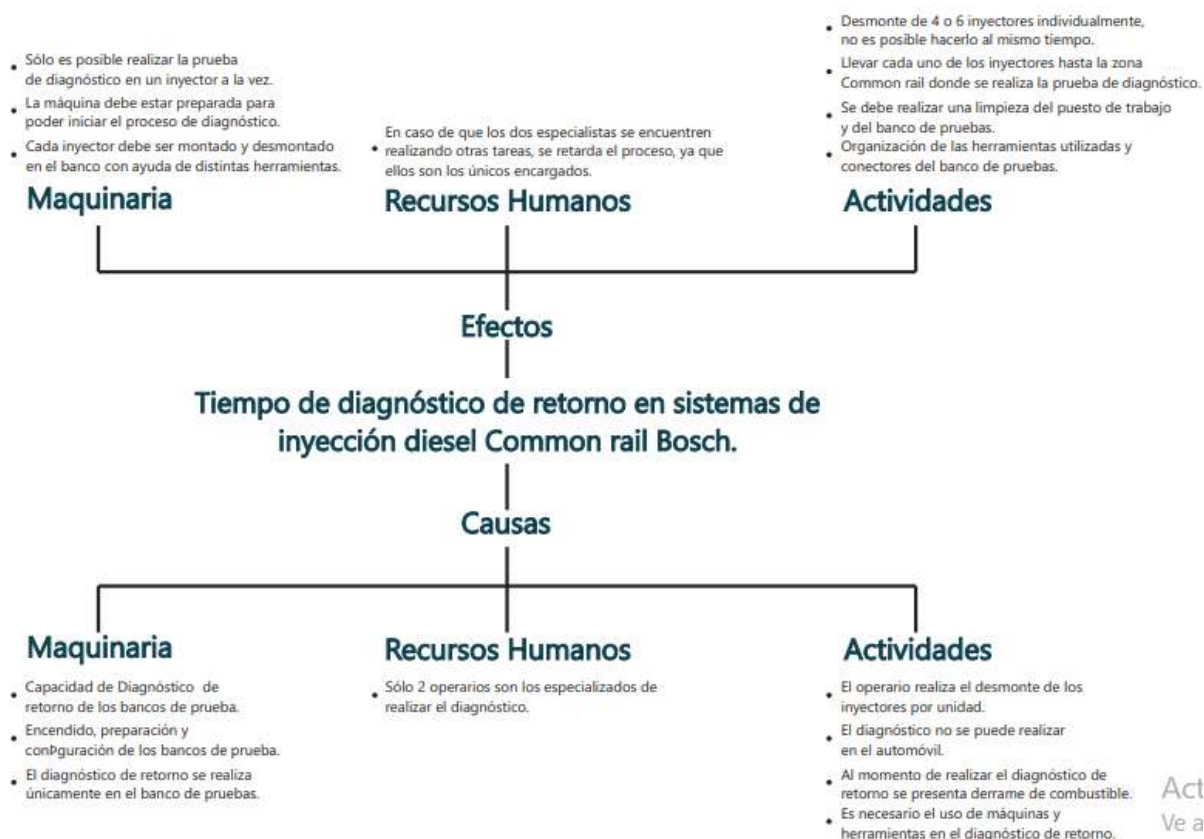


*Nota.* Banco de trabajo, almacenamiento de piezas y herramientas. Fuente: (Smarty, 2021)

### 3.3.4 Árbol lógico de problemas

Para finalizar la Fase de definición, se presenta a continuación el diagrama del árbol lógico de problemas el cual nos permite identificar las áreas y aspectos de intervención de diseño:

**Figura 27** *Árbol lógico de problemas*



*Nota.* Árbol lógico de problemas, desglosado en causas y efectos. Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar, en el proceso de diagnóstico de retorno de sistemas de inyección realizado en la empresa GDiésel, son necesarios el uso de maquinaria y herramientas especializados, las cuales involucran una serie de procesos que hacen demorado este mismo, además al no poder realizar el diagnóstico en todos los inyectores a la vez, todo el proceso se tiene que realizar de 4 a 6 veces consecutivas.

En consecuencia, se presenta una oportunidad de intervención de diseño en el mejoramiento de la productividad del proceso de diagnóstico de retorno de sistemas de inyección Diésel common rail Bosch, teniendo en cuenta que el problema principal es el proceso de diagnóstico, es decir de

Se pueden identificar dos áreas principales que involucran una gran cantidad de tiempo en el desarrollo de sus actividades y tareas: El desmonte de cada uno de los inyectores, que se realiza en el parqueadero y el diagnóstico mismo que se realiza en la zona common rail, la intervención de diseño se enfoca en el desarrollo de un instrumento de medición de combustible de retorno el cual evite realizar los procesos de desmonte y diagnóstico de retorno de inyectores uno a la vez.

### **3.4 Fase de definición**

Para dar inicio a esta fase, se presentan a continuación los requerimientos de diseño que permitirán iniciar con el desarrollo del instrumento de medición.

#### ***3.4.1 Requerimientos de diseño***

Teniendo en cuenta el tipo de instrumento a diseñar y su finalidad, se cuenta con la información necesaria para el desarrollo de una tabla de requerimientos que busque contener toda

la información analizada, que sirve como base para el desarrollo del proceso creativo y esta será usada al finalizar del proceso para evaluar el cumplimiento de los requerimientos con las propuestas desarrolladas.

**Tabla 17** *Requerimientos de uso*

REQUERIMIENTOS DE USO	FACTOR DETERMINADO	CUANTIFICACIÓN
Su tamaño debe permitir el fácil transporte	Tamaño y carga manual máximos según las normativas establecidas	no superior a 20 kg
Debe permitir una fácil limpieza	Evitar ranuras pequeñas, vértices y zonas donde no llegue un instrumento de limpieza	no aplica
Debe ser ergonómico	Medidas ergonómicas	No superar los 50 cm
Fácil instalación y conexión	Sistemas de ajuste por ganchos, tornillo, correas, roscado, encaje a presión	De 1 a 4 punto de ajuste para instalación

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18** *Requerimientos Estructurales*

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	FACTOR DETERMINADO	CUANTIFICACIÓN
Debe permitir su almacenaje	que permita su despiece	
Debe asegurarse el sistema de conexión al retorno del inyector	Sistemas de ajuste por ganchos, tornillo, correas, roscado, encaje a presión	12 conexiones
El instrumento no debe necesitar alguna estructura tipo atril	Permitir acoplarse al automóvil durante la realización de diagnóstico	Correas de sujeción
Las probetas no deben estar desagrupadas	Las probetas se deben agrupar en una estructura	
Su estructura debe ser estable	Establecer puntos de anclaje	5 puntos de anclaje máximo
El sistema debe permitir graduar su altura cuando está enganchado al capó del vehículo	riatas graduables	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19** *Requerimientos funcionales*

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	FACTOR DETERMINADO	CUANTIFICACIÓN
Diagnosticar vehículos con sistema de inyección common rail Bosch	Common bosh	1 sistema de inyección diesel common rail bosh
Ser adaptable a diferentes inyectoros de sistema common rail Bosch	Automoviles con sistema common rail bosh Kia sportage touch,Hyundai Tucson,Mazda Bt 50,Dodge Charger Nissan Tk 55, Foton,Jac	
Debe impedir el derrame de combustible Diesel con un sellado apropiado en sus componentes	Sellado y conectores herméticos	
Sus componentes deben ser de fácil reposición	los repuestos deben encontrarse en el mercado	
Permitir diagnosticar 6 inyectoros	Diagnostico de retorno	6 probetas para el combustible de retorno
Cuantificar la cantidad de combustible en los contenedores	Probetas con medición	nomenclatura en ml
Debe tener una capacidad máxima	Inyector que retorna la mayor cantidad de combustible	capacidad máximade 70cm3
Debe permitir el paso de combustible entre el inyector y el contenedor	uso de una conexión	Manguera o tubo de conexión
Contener el combustible de retorno	Uso de probetas	6 probetas para alamcenar

Fuente: Elaboración propia

La tabla de requerimientos fue realizada en conjunto con uno de los especialistas que trabajan en la empresa, donde se establecieron características y factores con los que debe contar el instrumento de medición, referenciando algunas medidas y cantidades necesarias en el diseño.

Desde el punto de vista técnico, el instrumento debe cumplir además con los siguientes requerimientos:

- Temperatura: los componentes del instrumento deben soportar temperaturas de 40°C, la cual es la temperatura de salida del combustible.

- Presión: 30 N, es importante mencionar que la expansión volumétrica del combustible es mínima (de 0,005 por grado) por lo cual no es un factor que pueda influir negativamente en los componentes del instrumento.

Posteriormente se dio paso a la determinación de argumentos y conceptos de solución del diseño, estableciendo los parámetros, que permiten generar ideas de proyección de las alternativas de diseño.

### 3.4.2 Tabla de argumentos y conceptos de solución

**Tabla 20** Argumentos y conceptos de solución

	ARGUMENTO DE SOLUCION	PARAMETROS
CONCEPTO DE SOLUCION CONEXION	El instrumento debe permitir la fácil instalación y conexión al recipiente en donde se va depositar el combustible diésel	Modificar la tapa del recipiente donde se contiene el combustible diseño de una tapa del recipientw con acople para la manguera
	El instrumento debe permitir el paso del combustible entre el inyector y el recipiente que lo va a contener	Manguera de alta (calibre) magueras de cristal manguera tipo resorte,
	La manguera debe ajustarse correctamente al inyector para evitar cualquier tipo de derrame de combustible	Acople de retorno para manguera
	El instrumento debe ser adaptable a distintos tipos de inyectores, puesto que cada automóvil cuenta con 4 a 6 inyectores que dependen de su modelo	Acople de retorno para inyector
ESTRUCTURA	El instrumento debe permitir su fácil transporte ya que solo un técnico es el encargado de realizar el proceso de diagnostico	Peso no superior a 25Kg El instrumento debe contar con pocas piezas en su composición Estructura compacta que contenga todas las piezas que componen el instrumento
	El instrumento debe representar la imagen corporativa de la empresa a solicitud de ella.	Colores, negro, rojo, blanco. Ubicar logo
	Se debe permitir una fácil limpieza para evitar la acumulación de partículas no deseadas	Vertices y bordes no pronunciados Peso distribución equitativamente Texturas con poco relieve
	La estructura debe ser estable debido a los movimientos bruscos que se pueden llegar presentar, además no se debe permitir un desnivel que dificulte analizar el combustible retornado en las probetas	Nivelador Peso distribuido equitativamente
	El agarre del instrumento debe ser ergonomico, no debe presentar medidas que dificulten su agarre y manipulacon.	Puntos de agarre con material antideslizante
	La estructura debe permitir el encaje de los recipientes en ella, ya que debe ser posible observar y comparar el nivel de combustible al tiempo.	Estructura anillada Estuche con 4 o 6 compartimiento Caja con 4 o 6 compartimientos
	La estructura debe permitir la visualización del combustible contenido en los recipientes.	Material plástico translucido sustracción en la estructura vidrio
	No soporte tipo atril, si se presenta una estructura como soporte del objeto, esta no sería práctica y representaría una mayor complejidad en su uso y funcionalidad.	Cadenas, reata, imanes, ganchos

Fuente: Elaboración propia

### **3.5 Fase creativa, productiva y de validación**

#### **3.5.1 Generación de ideas para realización de alternativas de diseño**

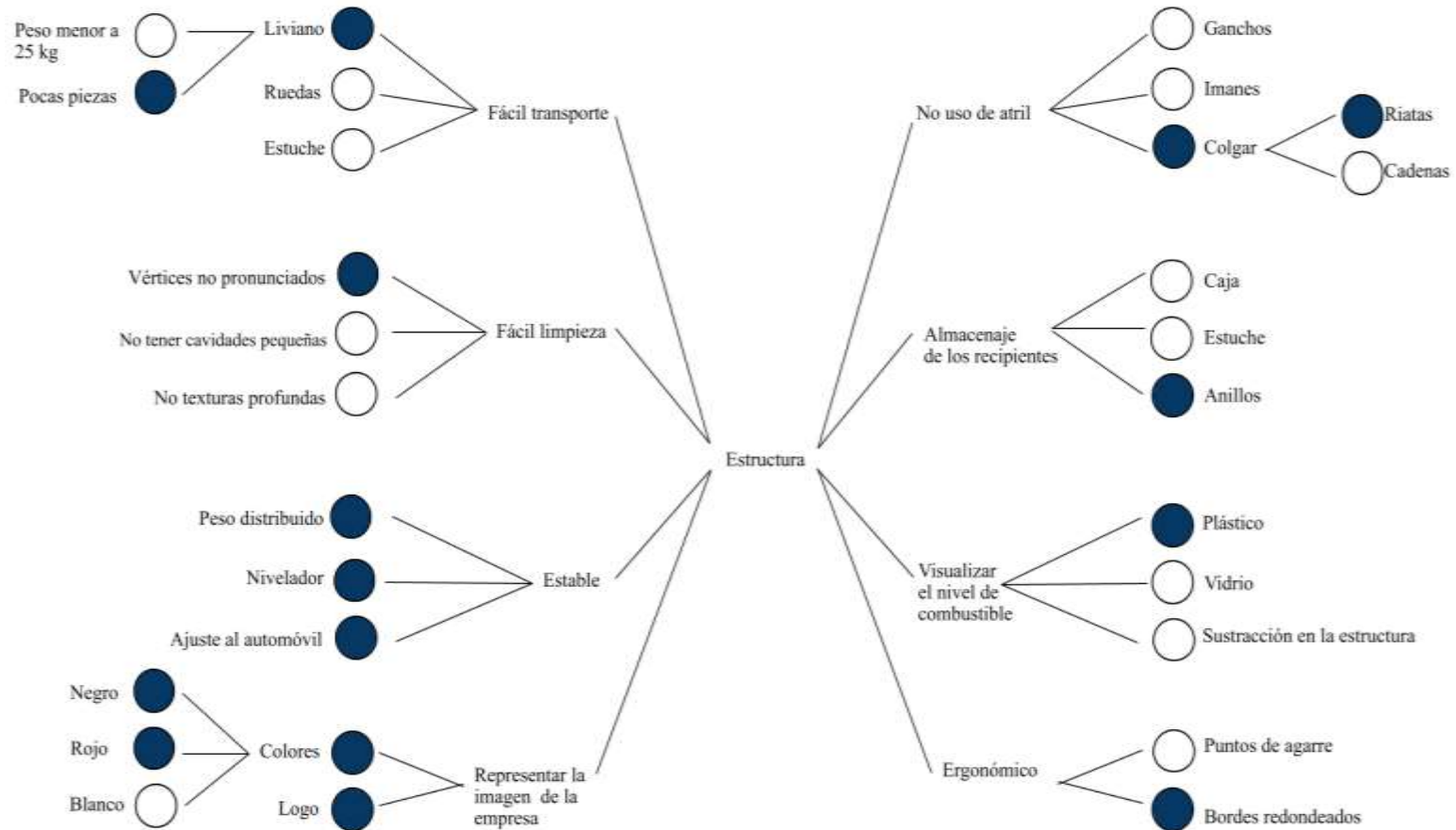
Esta fase y actividades corresponden a un avance en la consolidación de soluciones al problema, determinando componentes e interacciones con el suficiente grado como para poder evaluarlas objetivamente. Se obtienen formas específicas, materiales propuestos que representan al producto como un conjunto organizado de piezas, componentes, enlaces y acoplamientos. (Xarxa, 2021).

El desarrollo de las alternativas de diseño se realiza en base a los requerimientos descritos anteriormente, de los cuales se establecieron dos diferentes combinaciones de parámetros que podrían dar una solución de diseño, es importante resaltar que, durante el desarrollo de las alternativas, se realizaron algunas modificaciones en cuanto a materiales y forma en los parámetros.

Dichas combinaciones para las alternativas se señalan a continuación, así como su desarrollo. Para observar de manera más detallada los bocetos de las alternativas ver Anexo 1.

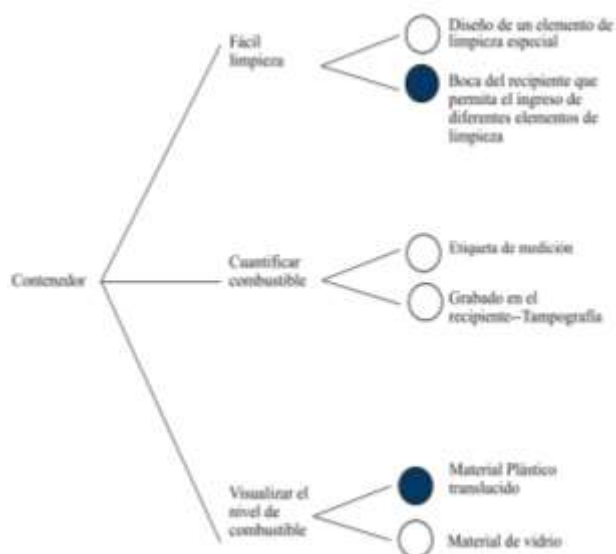
### 3.5.1.1 Primera alternativa:

**Figura 28** Selección características de la primera alternativa



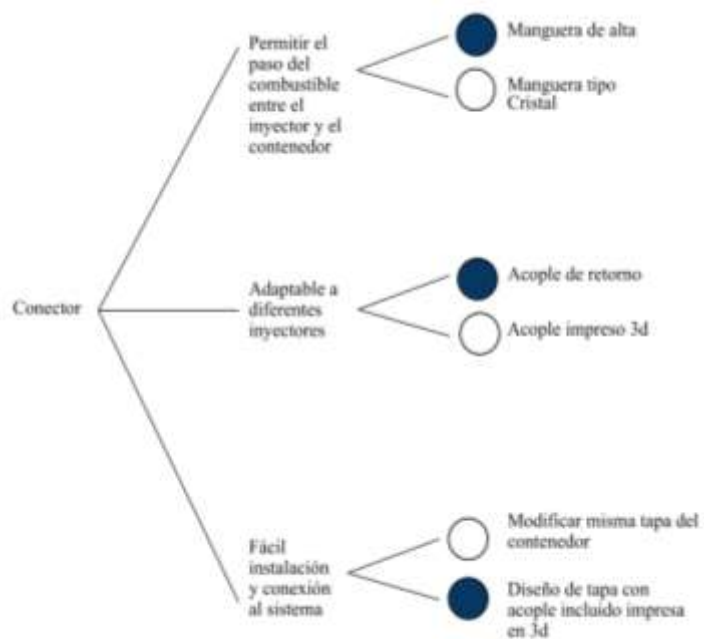
Fuente: elaboración propia

**Figura 29** Características contenedor



Fuente: elaboración propia

**Figura 30** Características conector



Fuente: elaboración propia

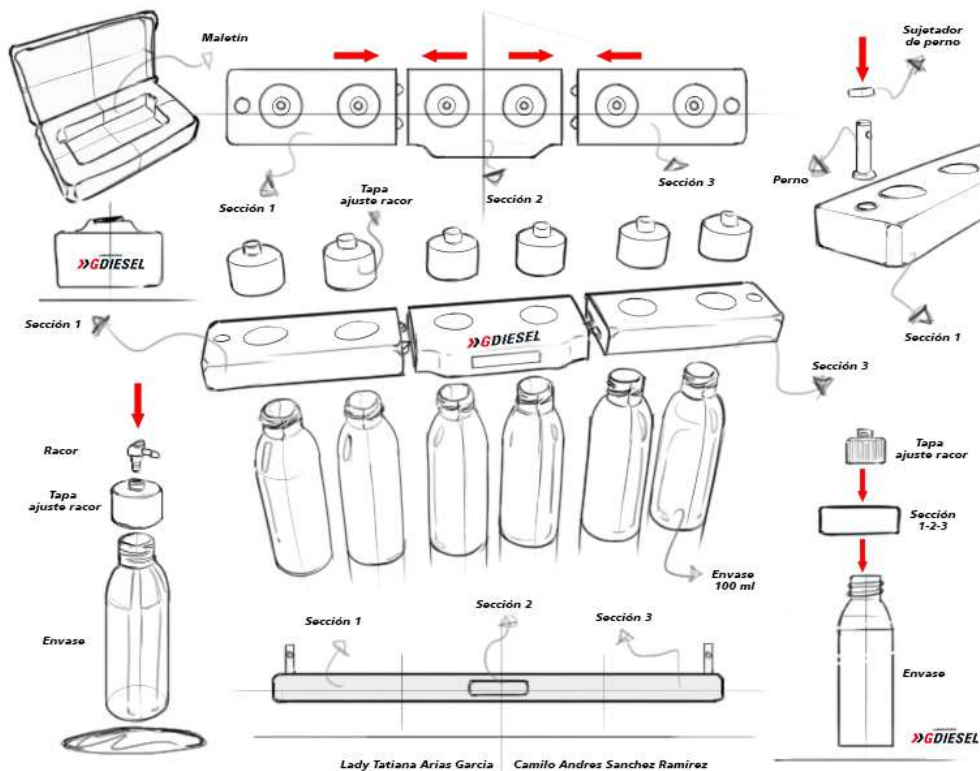


Esta primera alternativa cuenta con una base rectangular donde se acoplan cada uno de los envases de manera lineal mediante anillos, de esta manera es posible visualizar el nivel de combustible en los 6 recipientes, para asegurar que la estructura se encuentre completamente nivelada y así no se presente algún tipo de falla o dificultad en la medición del combustible, además se agregó un nivel de burbuja utiliza para determinar que el elemento se encuentre totalmente nivelado.

Para sujetarlo al automóvil se selecciona una reata y ganchos, las reatas van sujetas a la estructura, mientras que el gancho es el encargado de sujetarse al automóvil en el capó. En cuanto al contenedor se elige un recipiente PET el cual es más liviano y resistente a caídas.

A continuación, se presenta el boceto de esta alternativa:

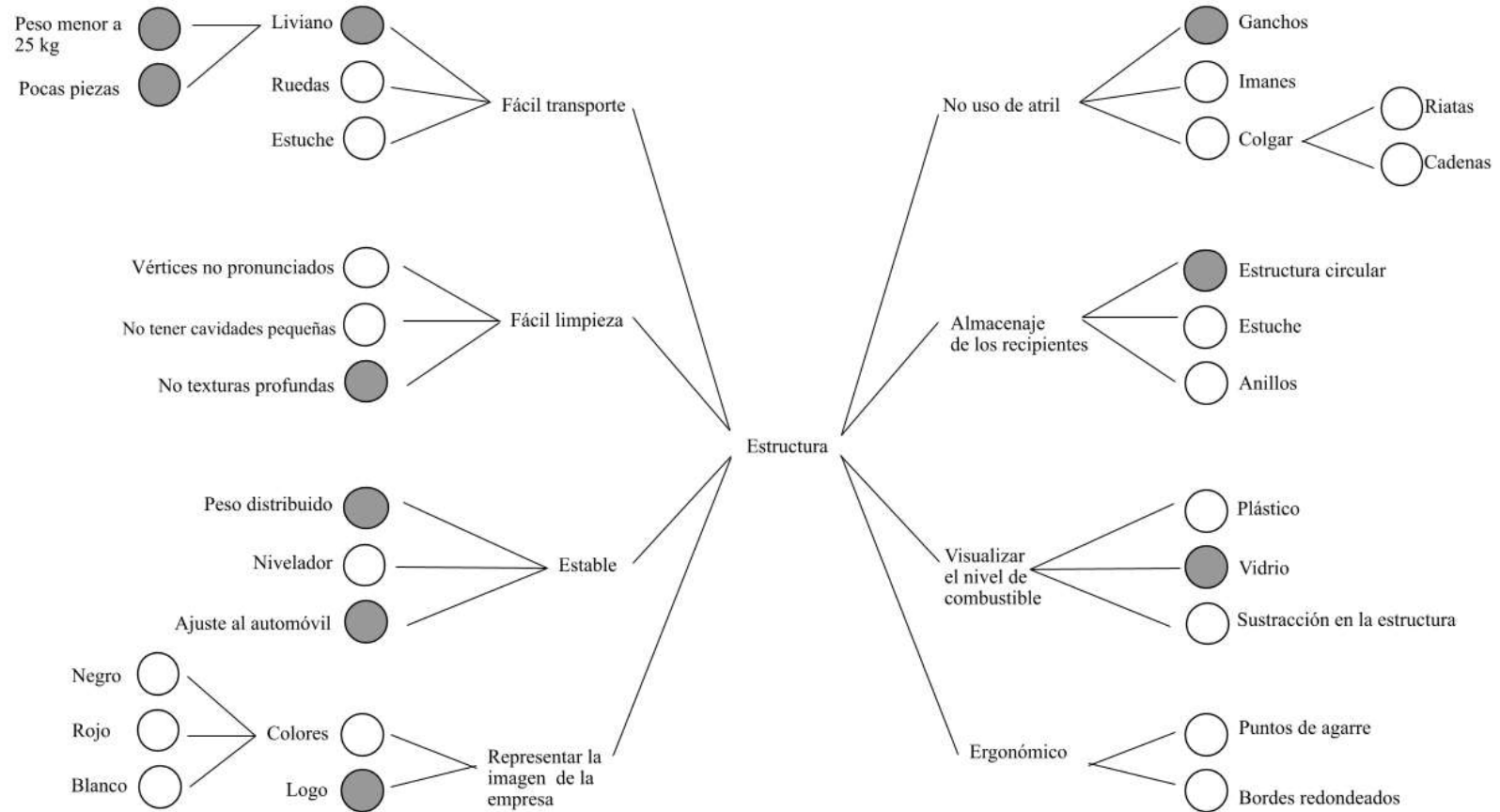
**Figura 31** *Alternativa 1 del instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia.

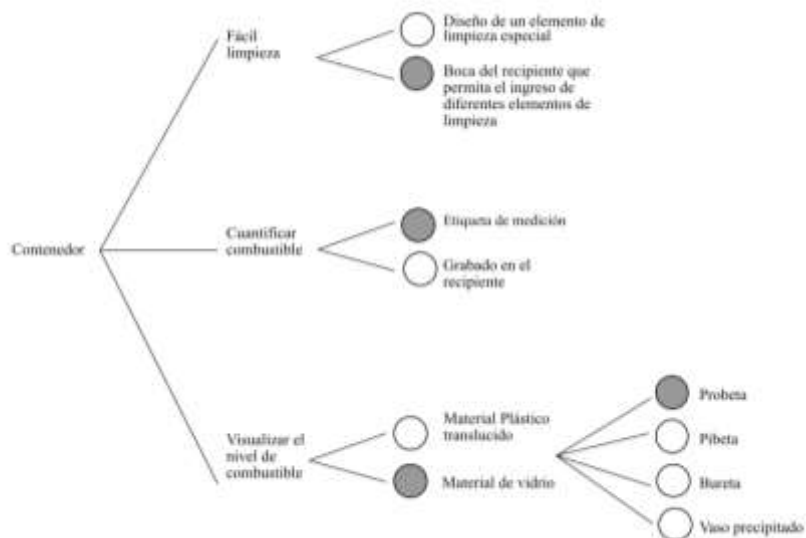
### 3.5.1.2 Segunda alternativa

**Figura 32** Selección de características segunda alternativa



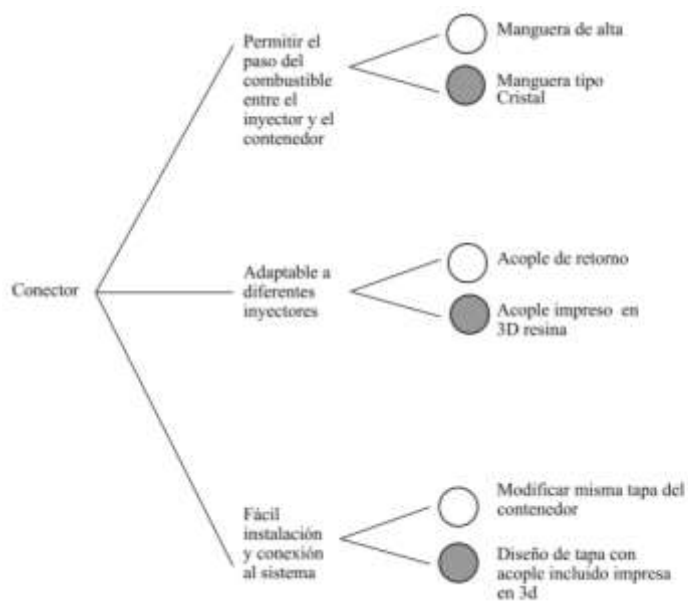
Fuente: elaboración propia

**Figura 33** Características contenedor



Fuente: elaboración propia

**Figura 34** Características conector



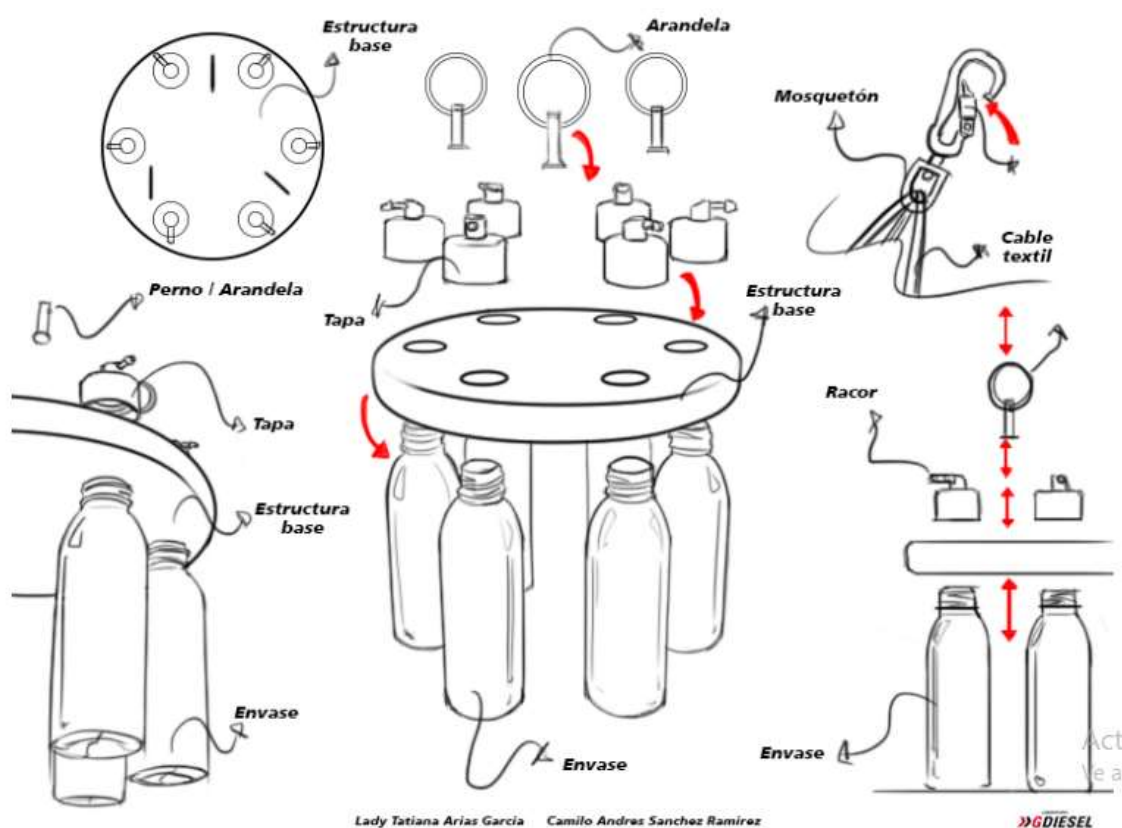
Fuente: elaboración propia

Esta segunda alternativa cuenta con una base circular donde se acoplan cada uno de los envases como una matriz mediante anillos, de esta manera es posible visualizar el nivel de combustible en los 6 recipientes.

Para la sujeción al automóvil se opta por un gancho que va sujeto a 3 puntos de la base circular, lo cual permite una mayor estabilidad en la estructura general. En cuanto a los recipientes se opta por material vidrio que permite perfectamente la visualización del combustible, además que un recipiente de su material es fácil de encontrar.

A Continuación, se presenta la bocetación de esta alternativa:

**Figura 35** Alternativa 2 del instrumento de medición



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2 Selección de la alternativa de diseño

Para la selección de la alternativa de diseño se utilizó una tabla de evaluación, en la cual se enlistan los requerimientos del proyecto y de ahí se establece cuál de las dos alternativas cumple con la mayor cantidad de requerimientos de diseño para ser elegida, dicha tabla se seccionó por cada grupo de requerimientos, además se establecieron dos casillas donde se marca con un “SI” o “NO” si la alternativa 1 y 2 cumple con el requerimiento.

**Figura 36** *Evaluación de alterativas a partir de requerimientos*

REQUERIMIENTO	FACTOR DETERMINADO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Su tamaño debe permitir el fácil transporte	Tamaño y carga manual máximos según las normativas establecidas	SI	SI
Debe permitir una fácil limpieza	Evitar ranuras pequeñas, vértices y zonas donde no llegue un instrumento de	SI	NO
Debe ser ergonómico	Medidas ergonómicas	SI	SI
Fácil instalación y conexión	Sistemas de ajuste por ganchos, tornillo, correas, roscado, encaje a presión	SI	NO

Fuente: elaboración propia

**Figura 37** Evaluación de alternativas a partir de requerimientos estructurales

REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	FACTOR DETERMINADO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Se debe asegurar que la estructura se encuentre nivelada	Uso de niveles en la estructura	SI	NO
Debe permitir su almacenaje	Que permita su despiece	SI	NO
Debe asegurarse el sistema de conexión al retorno del inyector	Sistemas de ajuste por ganchos, tornillo, correas, roscado, encaje a presión	SI	NO
El instrumento no debe necesitar alguna estructura tipo atril	Permitir acoplarse al automovil durante la realización de diagnóstico	SI	SI
Las probetas no deben estar desagrupadas	Las probetas se deben agrupar en una estructura	SI	SI
Su estructura debe ser estable	Establecer puntos de anclaje	SI	SI
El sistema debe permitir graduar su altura cuando está enganchado al capó del vehículo	Reatas graduables	SI	NO

Fuente: elaboración propia

**Figura 38** Evaluación de alternativas a partir de requerimientos funcionales

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	FACTOR DETERMINADO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Diagnosticar vehículos con sistema de inyección common rail Bosch	Common bosh	SI	SI
Ser adaptable a diferentes inyectores de sistema common rail Bosch	Automoviles con sistema common rail bosh Kia sportage touch,Hyundai Tucson,Mazda Bt 50,Dodge Charger Nissan Tk 55, Foton,Jac	SI	SI
Debe impedir el derrame de combustible Diesel con un sellado apropiado en sus componentes	Sellado y conectores herméticos	SI	SI
Sus componentes deben ser de fácil reposición	los repuestos deben encontrarse en el mercado	SI	SI
Permitir diagnosticar 6 inyectores	Diagnostico de retorno	SI	SI
Cuantificar la cantidad de combustible en los contenedores	Probetas con medición	SI	SI
Debe tener una capacidad máxima	Inyector que retorna la mayor cantidad de combustible	SI	SI
Debe permitir el paso de combustible entre el inyector y el contenedor	uso de una conexión	SI	SI
Contener el combustible de retorno	Uso de probetas	SI	SI

Fuente: elaboración propia

**Figura 39** *Evaluación de alternativas a partir de requerimientos formales*

REQUERIMIENTOS FORMALES	FACTOR DETERMINADO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Permitir visualizar el nivel de combustible contenido	probetas transparentes y estructura que permita visualizar las probetas	SI	SI
Debe representar la imagen corporativa de la empresa	utilizar los colores de la empresa	SI	SI
	TOTAL	22/22	16/22

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a las anteriores tablas de evaluación, donde se enlistan los requerimientos de diseño la alternativa que cumple mayormente con todos es la alternativa número 1, de esta manera se procede a iniciar con el proceso de diseño al detalle, donde se concretan las características, componentes y partes del instrumento de medición.

### 3.5.3 Diseño al detalle

Esta fase corresponde a la generación de todas las especificaciones necesarias para la producción del producto- solución (Instrumento de medición de combustible). Para esto el primer paso es realizar el modelo 3d de cada una de los componentes o partes del producto, cada uno de los planos se encuentran dentro de los anexos del presente documento. De igual manera se presenta una imagen isométrica (ver Anexo 2) de cada una de las piezas en la siguiente sección. Simultáneamente se determinan los materiales con los cuales se fabricará cada una de las piezas, por lo cual se realizaron pruebas de resistencia a los materiales requeridos y propuestos.



### 3.5.3.1 Recipientes contenedores

Lo primero a tener en cuenta para seleccionar el recipiente ideal es la capacidad de estos y la cantidad de combustible que se retorna de los inyectores. Siendo  $70 \text{ cm}^3$  la mayor cantidad de combustible retornado, se procedió a medir esta cantidad de líquido en distintos recipientes PET encontrados en el mercado, todo esto con ayuda de una probeta que se encuentra calibrada desde fabrica (es una de las probetas de los bancos de prueba), como se muestra a continuación:

**Figura 40** *Medición de líquido en recipientes*



Fuente: elaboración propia

Gracias a lo observado anteriormente, se pudo establecer que un recipiente PET rígido con una capacidad de  $100 \text{ cm}^3$  es el apropiado para el instrumento de medición.

El PET es un material que ofrece distintas ventajas en comparación con otros como el PVC, PEAD, PBD por su cristalinidad y transparencia, la alta resistencia al desgaste y sus buenas propiedades térmicas (este soporta temperaturas de hasta  $195^\circ\text{C}$ , como el combustible sale a  $4^\circ\text{C}$ ,

este material es completamente resistente) además de ser un material reciclable, amigable con la naturaleza.

A Continuación, se realizó una prueba de resistencia al combustible diésel, para esto se introdujo en el recipiente una cantidad de combustible recién retornado, este con una temperatura media.

**Figura 41** *Incorporación de combustible diésel a contenedor PET*



Fuente: elaboración propia

**Figura 42** *Combustible diésel en reposo en contenedor PET*



Fuente: elaboración propia

Luego de dos semanas con el combustible en su interior, el recipiente no presentó ninguna variación en su estructura, dando como resultado que el material PET es adecuado para ser utilizado como contenedor. De esta manera y como se mencionó anteriormente, el contenedor se encuentra en el mercado, por lo cual este ya cuenta con las medidas necesarias para realizar su modelo 3D. Este cuenta con una altura de 12,8cm y un diámetro general de 4,1cm. (Ver anexo 1)

***Figura 43*** Recipiente contenedor encontrado en el mercado



Fuente: elaboración propia

***Figura 44*** Visualización del modelo 3d del recipiente contenedor.

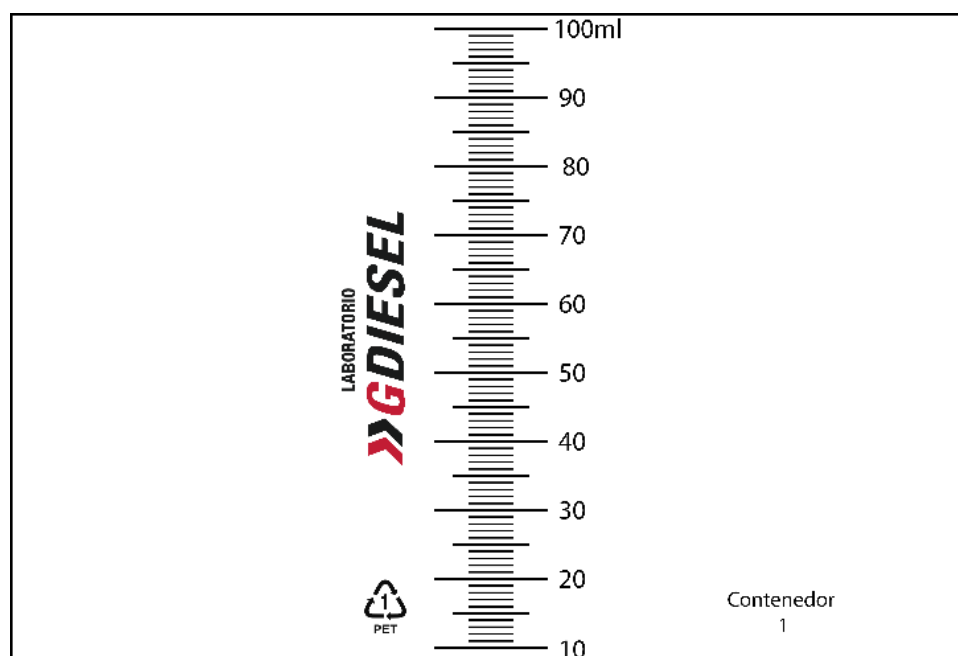


Fuente: elaboración propia

De este modo y para permitir determinar la cantidad de combustible que albergará cada uno de los recipientes, se realizó el diseño de una etiqueta de medición acorde al tamaño y medidas del contenedor, donde se establecen los mililitros siguiendo los lineamientos de las etiquetas que se encuentran comercialmente en probetas. Esta etiqueta, cuenta con la regla de medición, el símbolo del material del contenedor (que en este caso es PET), así como el número del contenedor el cual es necesario para hacer la relación con el número del inyector analizado; además el logo de la empresa G-diésel como parte de la personalización del producto.

Dichas etiquetas se imprimieron en vinilo adhesivo transparente el cual se ajusta correctamente al material del recipiente contenedor, así como también permite la visualización del combustible para su medición.

**Figura 45** *Ejemplo etiqueta del recipiente*



*Nota.* Ejemplo del diseño de las 6 etiquetas de medición de combustible donde la única variación es el número del contenedor. Elaboración propia.

### 3.5.3.2 Manguera de paso de combustible

Generalmente para el paso de combustible diésel, existen diversas opciones de mangueras en el mercado. En este caso se optó por utilizar una manguera con trenza textil para líneas de combustible y carburador, la cual tiene resistencia a la gasolina, alcohol y combustible y permite el paso el combustible a una temperatura máxima de 35°C. Cabe resaltar que el combustible que queda en las mangueras luego de su paso por estas, no afecta a la medición total del combustible en el diagnóstico. La presión con la que sale el combustible de retorno garantiza que este pase por las mangueras y llegue a los recipientes. Se realizó una toma de medidas en distintos automóviles, dando como resultado que la longitud de las 6 mangueras máxima necesaria es de 1m. Se presenta a continuación una imagen de referencia de la manguera de paso, así como su modelo 3D. (Ver anexo 2):

**Figura 46** Manguera de paso de combustible



*Nota:* Manguera luciflex trenzada. Fuente: (Globalfelx, 2021)

**Figura 47** *Visualización 3d Manguera de paso*



Fuente: Elaboración propia

### **3.5.3.3** *Tapa del recipiente contenedor*

El combustible debe pasar de la manguera al recipiente contenedor del combustible del instrumento de medición, para esto se realizó el diseño de una tapa para el recipiente, que se ajustara correctamente. Además, que permitiera encajar a presión el tipo de racor que se menciona anteriormente.

En primer lugar, se realizó una aproximación manual al diseño de la tapa y los elementos que debía contener.

**Figura 48** *Aproximación formal de la tapa*



Fuente: elaboración propia

Para el diseño de las tapas de los contenedores, era necesario tener en cuenta algunos elementos, como lo son la rosca del recipiente contenedor, algunas medidas de la tapa original del recipiente. El primer paso para la realización de la tapa del contenedor, es realizar un análisis de su cuello y su rosca, para así proceder a realizar el modelado de la misma e imprimirla en 3d, esto para establecer que las medidas son las correctas. A continuación, se presentan imágenes del cuello del contenedor y un modelo 3D de la rosca realizada a partir del modelo del recipiente contenedor.

**Figura 49** *Cuello del recipiente contenedor*



Fuente: elaboración propia

**Figura 50** *Impresión 3D del cuello y rosca del recipiente contenedor*



Fuente: elaboración propia

**Figura 51** *Cuellos impreso enroscado a tapa comercial del contenedor*



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la anterior imagen, el modelo 3d de la rosca del recipiente contenedor ajusta perfectamente. Gracias a esto se pudieron establecer las medidas de los hilos de rosca y su ángulo, desarrollando finalmente el modelo 3d de la tapa, en la cual se agregó el diseño del soporte del racor, donde este debe ajustar. (Ver anexo 3)



**Figura 52** *Visualización 3D Tapa de contenedores*



Fuente: elaboración propia

Luego de obtener el diseño 3d, se imprimió este mismo en PLA para corroborar que la tapa ajustara correctamente en el contenedor.

**Figura 53** *Prueba tapa en PLA*



*Nota.* Prueba de impresión 3d para corroborar medidas. Fuente: elaboración propia

Aunque la rosca encajó perfectamente, el racor no. Otra observación que se pudo obtener a partir de la impresión en PLA de la tapa, es que este material no permite lograr los acabados requeridos, debido a que la tapa cuenta con detalles pequeños que la impresión 3d no

realiza. Por tal motivo se determinó que la mejor manera de poder conseguir los detalles necesarios como lo son la rosca y el agarre es la impresión en resina foto curable.

#### **3.5.3.4 Estructura base**

Para esta, se tuvieron en cuenta dos tipos de material que permitían ser adecuados a la forma necesaria mediante algún proceso de transformación. En primer lugar, se optó por el acero inoxidable el cual es resistente al combustible, puede ser mecanizado con CNC, así como también presenta una larga vida útil, pero su costo de manufactura es elevado.

En segundo lugar, se tuvo en cuenta el PLA, debido a su facilidad de transformación gracias a la impresión 3D, por lo tanto, se procedió a realizar las pruebas de su resistencia al combustible diésel como también a la gasolina, con la cual se realiza la limpieza del combustible.

Para esta prueba se imprimieron 4 cubos de PLA, dos de ellos se sumergieron en un recipiente que contenía combustible diésel (uno de ellos recubierto con barniz y aerosol metalizado) y los restantes en gasolina (uno de ellos recubierto con laca) como se muestra a continuación:

**Figura 54** Prueba de resistencia al combustible diésel



*Nota.* Cubos de PLA sumergidos en combustible diésel. Fuente: elaboración propia

**Figura 55** *Prueba de resistencia a la gasolina*



*Nota.* Cubos de PLA sumergidos en gasolina. Fuente: elaboración propia

Cabe aclarar que los cubos se encontraron sumergidos tanto en el combustible diésel como en la gasolina durante dos semanas, para probar el comportamiento del PLA expuesto estos dos durante largos periodos de tiempo.

Como resultado, en cuanto a la prueba en combustible diésel, tras pasar dos semanas sumergido en este, el PLA no presentó ningún tipo de variación en su estructura, color o dureza, el barniz tampoco se vio afectado.

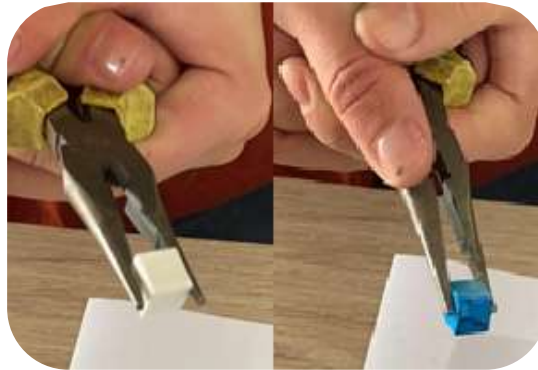
**Figura 56** *Cubo de PLA finalizada la prueba sin afectaciones*



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, se aplicó otra prueba donde se sometieron los cubos a una fuerza determinada, para verificar que no se hubieran presentado cambios internos en la estructura.

**Figura 57** *Prueba de resistencia a presión*



Fuente: elaboración propia

Así mismo se realizó la misma prueba con ayuda de una prensa, la cual ejerce una mayor presión, cabe destacar que sólo con el uso de esta y con una alta presión el cubo sufrió una variación en su estructura. Esta prueba se realizó de manera empírica, con lo cual su intención no era el análisis del comportamiento físico mecánico del material sino establecer los niveles de cargas de compresión a los cuales pueda ser expuesta la pieza.

**Figura 58** *Prueba de resistencia a prensa*



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, en cuanto a los cubos sumergidos en gasolina durante 2 semanas, al igual que con el combustible, el PLA no presentó ningún tipo de variación en su estructura o color, por tal motivo no fue necesario realizar la prueba de resistencia con la prensa.

**Figura 59** Cubo de PLA luego de prueba en gasolina



Fuente: elaboración propia

Así mismo, siguiendo el requerimiento que determina que la estructura debe estar nivelada, se optó por agregar un nivel (encontrado en el mercado) en la su parte frontal de tal manera que el especialista que opere el kit se asegure de que este se encuentra correctamente nivelado y así evitar errores en la lectura de los niveles de combustible. A continuación, se muestra el primer desarrollo de la base mediante un modelado 3d:

**Figura 60** Desarrollo base en modelo 3D



Fuente: elaboración propia

**Figura 61** *Visualización 3D Nivel*



Fuente: elaboración propia

Para corroborar que las medidas fueran las correctas en cuando al encaje de los contenedores y del nivel, se imprimió una sección de la base como se puede observar a continuación:

**Figura 62** *Prueba de impresión, sección de la base*



Fuente: elaboración propia

Igualmente, se establecieron dos alternativas formales para el encaje del nivel:

**Figura 63** *Alternativas de encaje para nivel*



Fuente: elaboración propia

Se optó por la alternativa de la derecha en la anterior imagen. En la figura número 61 se puede apreciar que tanto el nivel como el contenedor encajan perfectamente en la estructura diseñada.

**Figura 64** *Contenedor y nivel ajustados a fracción de la base*



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, se procedió a realizar el modelo 3d de la base estructural para su impresión, cabe resaltar que, debido a las dimensiones de la cama de impresión, se dividió la impresión en 3 partes y se diseñaron unas piezas de encaje para dichas partes como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

**Figura 65** *Modelado 3d pieza número 1 de la base estructural*



Fuente: elaboración propia

**Figura 66** *Modelado 3d pieza 2 de la base estructural*



Fuente: elaboración propia



**Figura 67** *Modelado 3d pieza 3 de la base estructural*



Fuente: elaboración propia

### **3.5.3.5 Conectores**

Los conectores (racores) son utilizados en dos casos, conectan el inyector con la manguera de alta y además permiten el paso del combustible desde la manguera de conexión hasta el recipiente contenedor. Para estos existen en el mercado distintos tipos de racores, sin embargo, debido a la clase de inyectores utilizados en la empresa GDiésel, es decir Bosch tipo riel común; se emplean en el proyecto Racores en L de retorno, con junta bidireccional de plástico, también llamado conector de codo, como los que se muestran a continuación:

**Figura 68** *Visualización 3D Racor*



Fuente: elaboración propia

**Figura 69** *Racor comercial*



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura anterior, estos cuentan con un pin que asegura el racor al inyector.

**Figura 70** *Pin de seguridad, racor e inyector*



Fuente: elaboración propia

### 3.5.3.6 Ajuste de la base a la reata

Para el ajuste de la reata a la base estructural se utilizaron pernos y argollas metálicos encontrados en el mercado, en cuanto a los pernos se optó por la medida de 2,4 cm de alto y 1cm de diámetro. El uso de los pernos requería que estos se encontraran totalmente sujetos a la base estructural, por lo cual en el diseño de esta misma se incluyó una cavidad circular a cada extremo superior que permitiera introducir los pernos y la argolla sujeta a ellos.

**Figura 71** Cavidad circular para pernos



Fuente: elaboración propia

**Figura 72** Modelo 3D perno



Fuente: elaboración propia

**Figura 73** *Perno encontrado en el mercado*



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, para cada uno de los 2 pernos, se determinó argollas de 3,2 cm de diámetro, metálicas, como las que se muestran a continuación:

**Figura 74** *Modelo 3D argolla*



Fuente: elaboración propia

**Figura 75** *Argollas encontradas en el mercado*



Fuente: elaboración propia

#### **3.4.3.7** *Mosquetones ajuste para reata*

En cuanto a los gachos que conectan directamente la reata con las argollas y los pernos, fueron utilizados mosquetones giratorios metálicos encontrados en el mercado, con acabado en color negro, que cuentan con una ranura de 3.8 cm por donde pasa la reata.

**Figura 76** *Visualización 3D de mosquetón de ajuste para reata*



Fuente: elaboración propia

**Figura 77** *Mosquetón de ajuste para reata*



Fuente: elaboración propia

El uso de los mosquetones y las arandelas, garantiza que el punto de contacto entre la reata y la base sea el mínimo y a su vez esto genera un mayor equilibrio de la estructura en general, ya que este dependerá del peso de la misma y no se verá afectado por agentes externos.

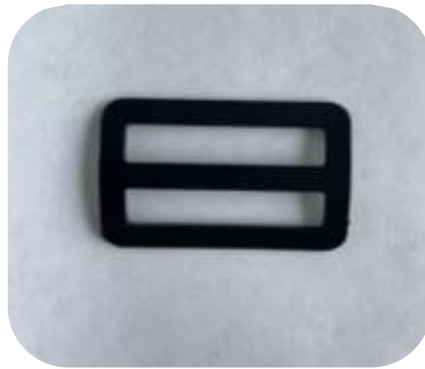
Así mismo fue necesario un pasador, de igual forma metálico de 4 cm de paso que permitiera ajustar el largo de la reata dependiendo del automóvil y la altura a la cual se quisiera graduar el instrumento de medición, este también fue encontrado en el mercado.

**Figura 78** *Modelado 3D pasador*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 79** *Pasador para reata*



Fuente: elaboración propia

#### **3.4.3.8** *Gancho de ajuste al automóvil*

El proceso de diagnóstico de retorno en sistemas de inyección diésel common rail o de riel común se realiza directamente en los inyectores quienes son los responsables del retorno del combustible, los cuales se localizan generalmente en la parte frontal del automóvil donde se encuentran otros sistemas que permiten el funcionamiento correcto del automóvil, como lo son el sistema eléctrico y el motor. Estos sistemas se encuentran protegidos en su superficie por el capó, como se puede observar en la siguiente imagen:

**Figura 80** *Automóvil con capó abierto*



Fuente: elaboración propia

El capó está conformado por una estructura metálica la cuál brinda rigidez y soporte, además de un gancho o dos (dependiendo del diseño del automóvil) el cual actúa como seguro a la hora de bajar y cerrar el capó. Debido a que este gancho se encuentra en todos los automóviles, es una pieza aprovechable que permite ser el anclaje para el instrumento de medición con la ayuda de un gancho de seguridad.

**Figura 81** *Vista a detalle del gancho del capó*



Fuente: elaboración propia

Al igual que con el ajuste a las argollas y pernos de la base estructural, el ajuste al capó el automóvil, se presenta mediante el uso de un mosquetón de mayor resistencia a los seleccionados anteriormente. Sin embargo, este debe contar con un gancho con una dimensión mayor, debido a que los capós de los automóviles cuentan con ganchos de diferentes dimensiones y espesores, esto dependiendo del modelo del automóvil. Así mismo la parte del mosquetón por donde pasa la reata debe tener un ancho adecuado menor a 4 cm para que esta no quede mal ajustada y pueda ladearse, es decir, inclinarse a un lado.



**Figura 82** *Mosquetón para ajuste al capó*



*Nota.* Mosquetón giratorio, paso de 4 cm. Fuente: (García, 2021)

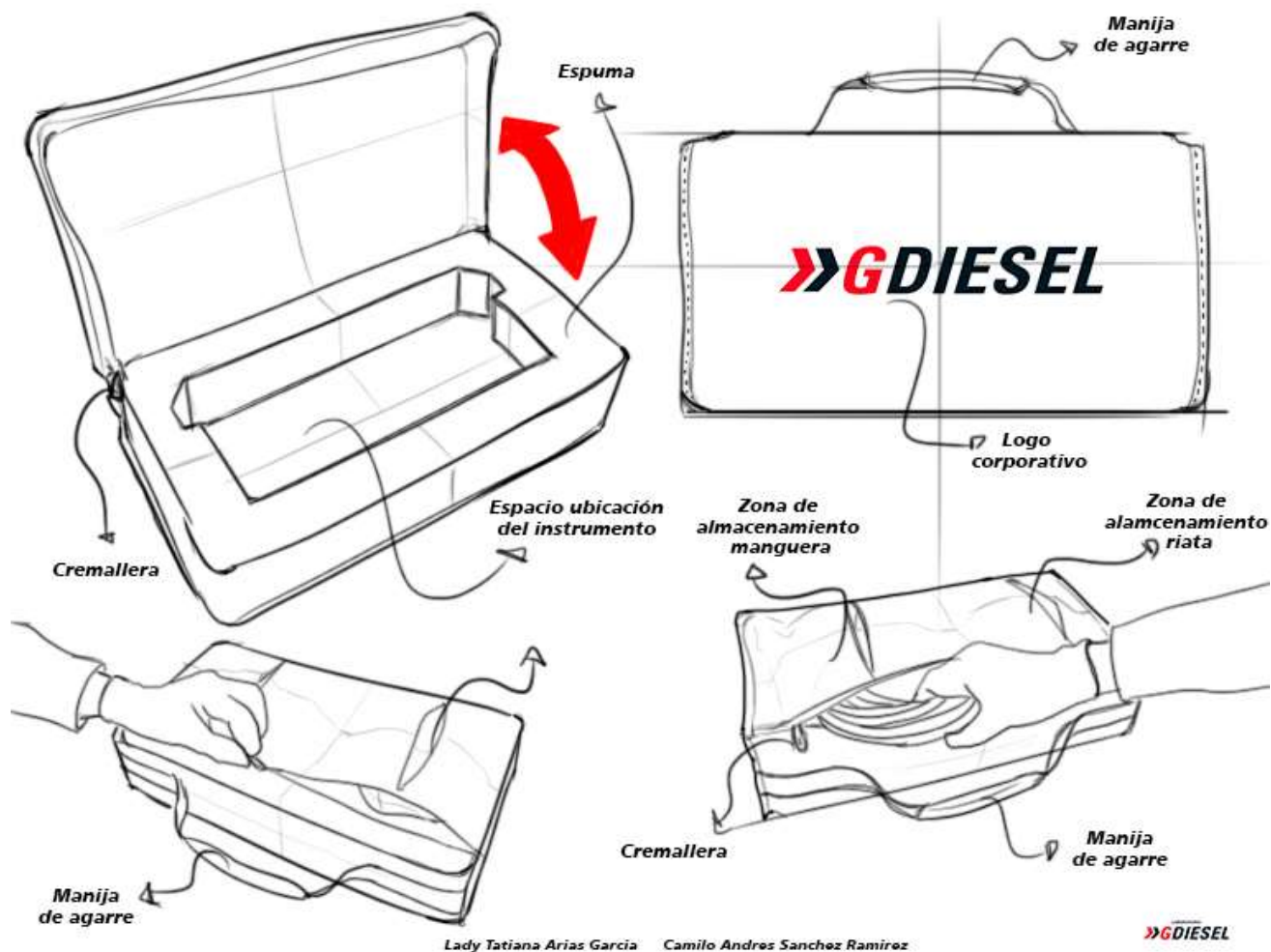
#### **3.4.3.9** *Maletín del instrumento de medición*

Para asegurar la protección del instrumento de medición de combustible para el diagnóstico de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch y sus componentes, se realizó el diseño de un estuche que permite disponer de manera organizada cada una de las piezas.

Debido a su forma lineal, se optó por el diseño de una caja, en la cual se dispone una espuma donde encaja la estructura base junto con los contenedores, sus respectivas tapas y racores.

En cuanto a las mangueras y reata, se optó dos bolsillos en maletín para guardarlas. Este diseño se muestra a continuación:

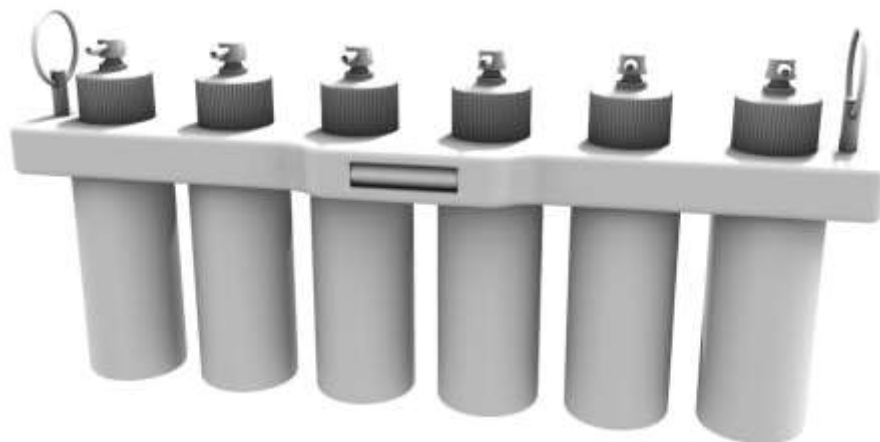
**Figura 83** *Diseño del maletín para instrumento de medición*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

Finalmente, y luego de realizar el diseño a detalle, los planos de piezas (ver Anexo 3), el desarrollo y selección de cada una de las elementos que componen el instrumento de medición, modelos 3d y componentes encontrados en el mercado, se tiene como resultado el siguiente diseño para el instrumento de medición de combustible (cm<sup>3</sup>) para el diagnóstico de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch en motores Diésel:

**Figura 84** *Visualización 3D Instrumento de medición*



Fuente: elaboración propia

**Figura 85** *Visualización despiece 3D Instrumento de medición*



Fuente: elaboración propia

### 3.4.3.10 Propuesta de color del dispositivo

Dando respuesta a uno de los requerimientos señalados por el cliente, el objeto debe representar la imagen corporativa de la empresa. En este caso G-diésel es representado por dos colores principalmente el rojo, negro y plateado. A continuación, se presenta la codificación de los dos primeros colores:

**Tabla 21** Codificación colores

ROJO	NEGRO
RGB (Rojo) 243, 15, 29	RGB (Negro) 0, 0, 0
CMYK (Rojo) 0,100,100,0	CMYK (Negro) 0,0,0 100

*Nota.* Colores corporativos empres GDiésel. Fuente: Elaboración propia

Según la codificación mencionada anteriormente, se establecieron dos propuestas generales de color para el elemento central y que destaca en el objeto.

Cabe resaltar que otro elemento importante a adicionar en el diseño era el logo de la empresa, por lo tanto, las propuestas de color también lo incluyen de la siguiente manera.

**Figura 86** Propuesta de color y posición de logo #1



Fuente: elaboración propia

**Figura 87** *Propuesta de color y posición de logo #2*



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, se optó por un color plano en la base sin agregar algún otro elemento que pudiera recargar el objeto visualmente. Realizando una revisión de estas propuestas se estableció que la propuesta #1 de color negro era la indicada, además que esta permite agregar los toques de color rojo en los otros componentes del objeto. A continuación, se presenta la propuesta estética final del instrumento de medición. Para visualizar en un mayor tamaño los renders presentados a continuación, junto con otros ver Anexo 4.

**Figura 88** *Visualización 3d, apariencia final del Racor, Tapa y recipiente contenedor del instrumento*



Fuente: elaboración propia

**Figura 89** Visualización 3d, apariencia final de base y pernos



Fuente: elaboración propia

**Figura 90** Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas



Fuente: elaboración propia

**Figura 91** Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas, vista lateral



Fuente: elaboración propia

**Figura 92** Visualización 3d, base con pernos, contenedores y argollas, vista superior e inferior



Fuente: elaboración propia

**Figura 93** Visualización 3d del instrumento de medición con mosquetones y mangueras



Fuente: elaboración propia

**Figura 94** Visualización 3d, instrumento de medición todos los elementos que lo componen



Fuente: elaboración propia



**Figura 95** Visualización 3d, Despiece de los elementos que componen el instrumento



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en las anteriores visualizaciones 3d presentadas, el instrumento de medición cuenta con la base estructural en color negro, elementos como lo son argollas, pernos, racores ganchos y nivel, conservan su apariencia de color original, mientras que las tapas fueron personalizadas en color rojo, así como la reata. Lo cual resulta en un objeto elegante, sofisticado y sobrio pero que a su vez contiene elementos de color rojo que reflejan su dinamismo.

Así mismo se presenta a continuación la visualización 3d de la posición del instrumento en el automóvil al momento de realizar el diagnóstico de los inyectores:

**Figura 96** *Visualización 3d, posición de instrumento de medición en auto*



Fuente: elaboración propia

### **3.5.4 Evaluación y ajuste de resultados**

Durante el diseño y desarrollo de cada una de las piezas que componen el instrumento de medición de combustible para el diagnóstico de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch, se evaluó simultáneamente el cumplimiento de los requerimientos mediante una tabla de testeo, dicha tabla garantiza que el modelo cumple correctamente con sus funciones y sea el adecuado para la solución de la problemática encontrada. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 22** Evaluación de resultados- Diseño al detalle

PIEZA / COMPONENTE	¿ES NECESARIO FABRICAR?	¿SE ENCUENTRA EN EL MARCADO?	¿CUMPLE CON SU FUNCIÓN?	APTO
Recipiente contenedor	NO	SI	SI	SI
Tapa contenedor	SI	NO	SI	SI
Racor	NO	SI	SI	SI
Manguera de paso	NO	SI	SI	SI
Estructura base	SI	NO	SI	SI
Nivel	NO	SI	SI	SI
Perno	NO	SI	SI	SI
Argolla	NO	SI	SI	SI
Reata	NO	SI	SI	SI
Mosquetón	NO	SI	SI	SI
Pasador	NO	SI	SI	SI
Gancho de ajuste al capó	NO	NO	NO	NO
Estuche	SI	NO	SI	SI

*Nota.* Fuente: elaboración propia

En conclusión, en el diseño al detalle de las piezas que componen el instrumento de medición la mayoría de las piezas son aptas para su realización o compra, además que cumple correctamente con su función a partir de los requerimientos de diseño mencionados anteriormente. Sin embargo, se puede apreciar el que gancho o mosquetón de ajuste al capó cuenta con unas características que no le permiten ser accesible en el mercado actualmente. De esta manera, se encontró una mejor opción para el ajuste al capó, que presenta una mayor resistencia en cuento a su material y que además permite acoplarse a ganchos de diferentes espesores en el capó de los automóviles. Se seleccionaron dos piezas encontradas en el mercado. La primea es un pasador de aluminio triangular con acabados en color negro que al igual que le mencionado anterior ente, cuenta con una ranura por donde pasa la reata y con otra donde se

ajusta el mosquetón. La segunda es un mosquetón de tornillo, mucho más resistente que los utilizados para los pernos, esto debido a que es el que debe sujetar toda la estructura del instrumento de medición y debe ser asegurado al gancho del capó sin riesgo a que pueda soltarse.

Las piezas descritas anteriormente se muestran a continuación:

**Figura 97** *Pasador triangular para reata*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

**Figura 98** *Mosquetón de tornillo*



*Nota.* Fuente: elaboración propia

De este modo, al corroborar que todos los componentes diseñados son aptos para el desarrollo del instrumento, ya sea fabricándolos o adquiriéndolos en el mercado, así como también se realizaron los pertinentes ajustes en cuanto al gancho que sostiene toda la estructura, se da paso a la siguiente fase del proyecto, la cual es la fabricación del prototipo mediante diferentes técnicas de elaboración y procesos de manufactura.

### **3.5.5 Configuración del prototipo**

Los prototipos son una muestra o modelo creado para probar un concepto o proceso, siendo así la versión funcional y estética del producto. Es particularmente útil debido a que además permite descubrir y las mejoras que se pueden presentar relacionadas con la fabricación del producto final.

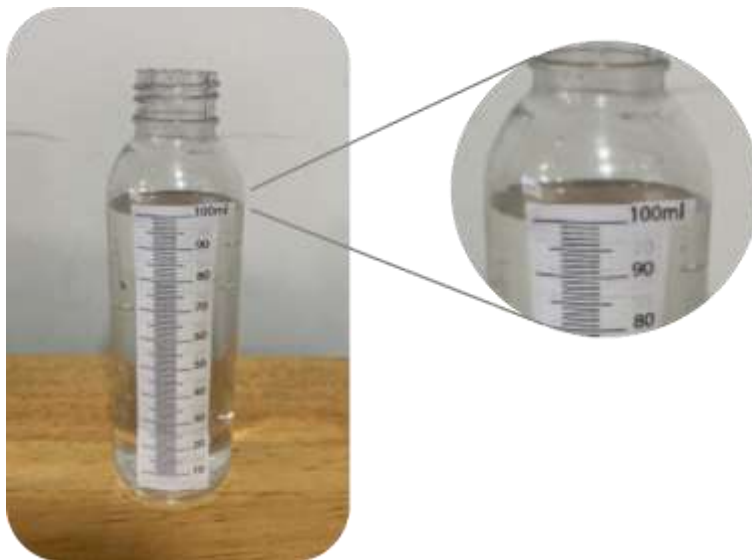
Durante esta actividad de la fase productiva del proyecto, se materializa el concepto del instrumento de medición de combustible para el diagnóstico de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch en motores Diésel. Como se menciona anteriormente, algunos componentes no son fabricados, puesto que estos son encontrados en el mercado. Dentro de este orden de ideas, a continuación, se presenta el proceso y técnicas de fabricación de piezas, así como también la configuración de estas junto con las adquiridas en el mercado.

#### ***3.5.5.1 Recipiente contenedor***

Como se menciona en el apartado del diseño al detalle del recipiente, los 6 contenedores necesarios, fueron adquiridos en el mercado debido a que presentaba las características ideales para el instrumento de medición donde la cantidad máxima es de 100 cm<sup>3</sup> o ml.

Adicionalmente, el contenedor cuenta con la etiqueta de medición de combustible diseñada en el apartado anterior. No obstante, antes de realizar la impresión de las etiquetas finales, se realizó una prueba donde se verificaron las dimensiones e información en la etiqueta:

**Figura 99** *Capacidad reciente contenedor*



*Nota.* Etiqueta de prueba para verificar la medición correcta del combustible. Fuente:

Elaboración propia.

Como se puede observar en la anterior imagen, la etiqueta señala correctamente la cantidad de mililitros en el recipiente, en este caso 100ml, anteriormente cuantificados mediante una probeta.

Así se da paso a la impresión de las 6 etiquetas finales en vinilo adhesivo transparente y a situar estas mismas en los recipientes contenedores.

**Figura 100** *Etiquetas impresas en adhesivo transparente.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 101** *Contenedor con etiqueta*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5.2 Tapas de los recipientes contenedores

En función de lo planteado anteriormente, para las tapas de los recipientes contenedores se estableció como material de fabricación la resina, debido a sus buenos acabados y a que la impresión 3d en este material es mucho más económica que fabricarlas por medio de inyección como se realizan normalmente, debido que la cantidad de tapas necesarias es menor a 10 unidades.

La impresión de resina foto curable consiste en la superposición por capas de un fluido previamente solidificado utilizando un láser. Se crea una capa del objeto solidificando la resina y cuando está terminada, el objeto se mueve unos milímetros para dejar espacio a la segunda capa. (Bitfab, s.f) Dicho proceso se muestra mediante las siguiente imágenes:

**Figura 102** *Proceso de impresión de las tapas en resina foto curable*



Fuente: Elaboración propia.

Este proceso de impresión en resina foto curable dio como resultado una tapa que cuenta con todos sus componentes totalmente detallados y con las medidas correctas para que esta enroscara en el recipiente y para que el racor se ajustara correctamente.



**Figura 103** *Tapa impresa en resina foto curable.*



Fuente: Elaboración propia.

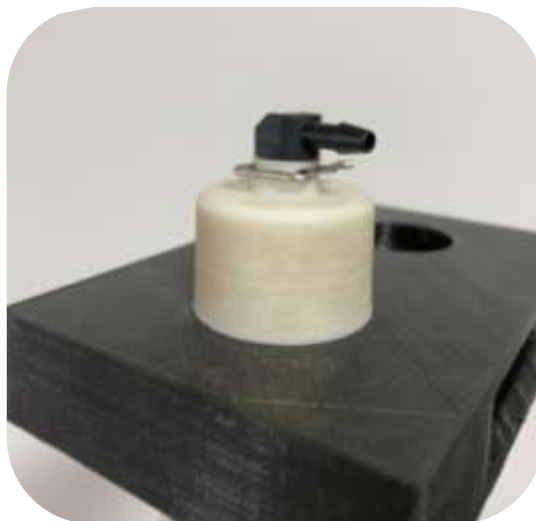
Como complemento a la tapa para ajustar el racor, se utiliza un pin de seguridad. Este pin es utilizado para asegurar el racor a la boca de la tapa donde se encaja de esta manera el racor no se liberará de la tapa del recipiente y así se evitarán derrames de combustible, debido a esto era necesario igualmente garantizar que el pin se acomodara correctamente a la tapa.

**Figura 104** *Pin de seguridad*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 105** *Tapa con racor y pin de seguridad*



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se realizó la impresión de las 6 tapas necesarias para el kit de diagnóstico en resina.

**Figura 106** *Tapas impresas en resina*



Fuente: Elaboración propia.

Para continuar con la personalización del producto, en este caso las tapas, según las alternativas de colores, deben estar cubiertas por una capa de color rojo con pintura de poliuretano, dando como resultado la apariencia que se muestra a continuación:

**Figura 107** *Apariencia final de la tapas*



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo y con el objetivo de realizar un objeto completamente sencillo se decidió realizar una modificación para mejora en la fracción donde se encaja el racor. Esto debido a que se pudo observar que era posible que algunas partes de la estructura de la tapa se fracturaran por el uso, objetivamente el fragmento donde se encaja el racor.

**Figura 108** *Fractura que se puede presentar en la tapa debido a su uso continuo*



Fuente: Elaboración propia.

El cambio se realizó eliminando la parte anteriormente mencionada, como se puede observar en la siguiente imagen.

**Figura 109** *Comparación de la mejora realizada al diseño de la tapa del recipiente*



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se optó por utilizar racores que tuvieran una goma protectora más ancha que no permitiera el paso de combustible y con la cual se garantizará el sellado completo en la tapa sin necesidad de utilizar el pin de seguridad, como se muestra a continuación:

**Figura 110** *Tapa con racor sellados completamente.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 111** *Tapas de los recipientes contenedores modificadas y con apariencia final*



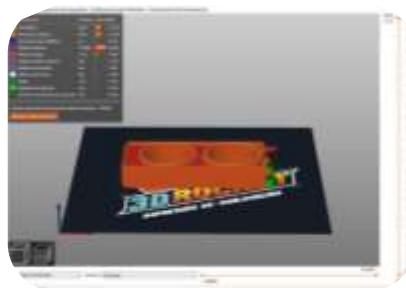
Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se obtuvo una pieza que permite tanto sellar el contenedor, así como permitir el transporte del combustible a través del racor, con un diseño sencillo y funcional que elimina el uso del pin de seguridad, debido a que este es innecesario.

### **3.5.5.3 Estructura base**

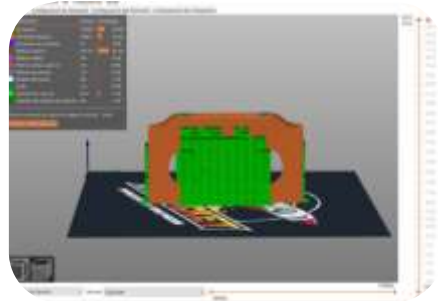
El PLA es el material seleccionado para la fabricación de la estructura base mediante el método de impresión 3D de esta manera se presenta a continuación el proceso de impresión a partir de los modelos 3d realizados anteriormente, desde su configuración en el software utilizado.

**Figura 112** *Proceso de impresión en software piezas laterales*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 113** *Proceso de impresión en software pieza central de la base*



Fuente: Elaboración propia.

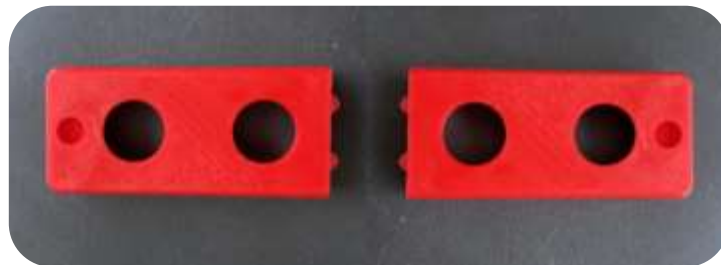
En la figura número 111 la pieza central no se imprime acostada (como generalmente se hace) esto debido a la cavidad necesaria para encajar el nivel.

**Figura 114** *Proceso de impresión 3d piezas de base estructural*



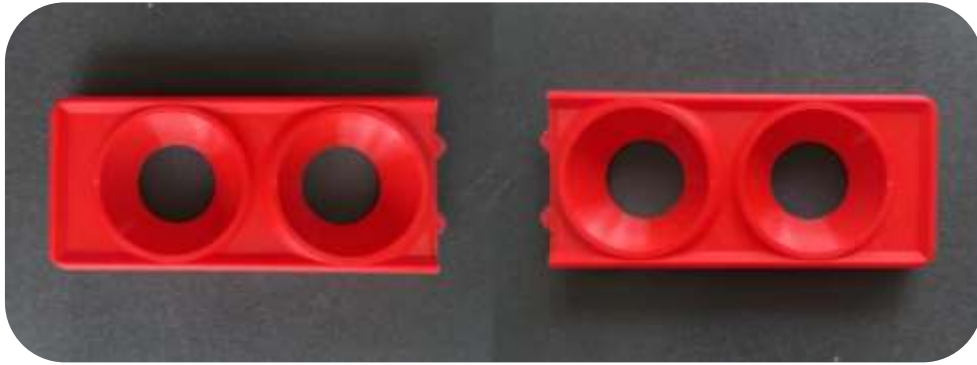
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 115** *Impresión de las piezas laterales vista superior*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 116** *Impresión 3d piezas laterales vista inferior*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 114, se aprecia que la base cuenta en su parte inferior con unas cavidades para el ahorro de material y para que la esta sea más liviana.

La pieza central cuenta con el logo de la empresa (el cual hace parte de la impresión), cumpliendo con los requerimientos de personalización de la misma, además de la cavidad para el nivel.

**Figura 117** *Impresión 3d Pieza central de la base*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 118** *Impresión 3d base vista frontal con nivel*



Fuente: Elaboración propia.

Luego de imprimir las 3 piezas que conforman la base, se procedió a unir las mediante el uso de un adhesivo instantáneo para PLA, con lo cual la base queda conformada de la siguiente manera:

**Figura 119** *Proceso de unión de las piezas de la base*



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 120** *Base estructural con piezas unidas.*



Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que el color rojo de la impresión no define la apariencia final de la base estructural. Como paso adicional, se rectificó la posición de los pernos para que estos encajaran correctamente en la base.

**Figura 121** *Base estructural con pernos*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 122** *Vista a detalle posición de los pernos*



Fuente: Elaboración propia.

Para dar una mejor apariencia a los acabados, que toda la pieza se encuentre totalmente lisa y para dar paso a pos-procesado de la pieza de impresión, se aplicó masilla epóxica en toda su superficie y se lijó la misma, esto permite tener una base sólida y lisa para la pintura de poliuretano, la cual dará el acabado final a la estructura base.

**Figura 123** *Aplicación de masilla epóxica en la base estructural*



Fuente: Elaboración propia.

*Nota.* El logo de la empresa no se recubrió con la masilla debido a que se perderían los detalles en las letras.

**Figura 124** *Vista a detalle de la aplicación de masilla epóxica en la base estructural*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 125** *Vista inferior de la base estructural*



Fuente: Elaboración propia.

La parte inferior de la base tampoco fue recubierta, dado que no era necesario un acabado liso en esta.

**Figura 126** *Base estructural lijada*



*Nota.* Superficie de la base luego de aplicar la masilla de epóxica y poliuretano posteriormente lijada para eliminar relieves. Fuente: Elaboración propia

**Figura 127** *Vistas de detalle base estructural*



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la apariencia final de la base luego dar los acabados pertinentes con pintura de poliuretano de color negro, donde también son pegados los pernos y ajustadas las argollas.

**Figura 128** *Apariencia final de la base*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 129** *Apariencia final de la estructura base, vista superior*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 130** *Apariencia final de la base, vista inferior*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 131** *Apariencia final de la base, vista a detalle*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 132** *Apariencia final de la base, vista a detalle de perno y argolla*



Fuente: Elaboración propia.

#### **3.5.5.4** *Reata de ajuste*

Como se puede observar en la selección de alternativas y diseño al detalle, se optó por utilizar una reata lisa en color rojo para soportar al instrumento de medición de combustible, la

cual, con ayuda de mosquetones, permite ajustar el instrumento al capó del automóvil, específicamente a los ganchos que permiten asegurar el capó al automóvil cuando se cierra.

**Figura 133** *Reata lisa con sesgo*



. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 134** *Vista a detalle del sesgo en la reata*



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, a la reata le son agregados los dos mosquetones, así como también el pasador triangular y el mosquetón de rosca para el ajuste del automóvil.

**Figura 135** *Reata de ajuste con mosquetones, pasador y gancho*



Fuente: Elaboración propia.

#### **3.5.5.5** *Manguera de paso*

En el diseño a detalle de las mangueras de paso, se menciona el uso de mangueras de alta con trenza textil. Estas 6 mangueras fueron recubiertas en sus extremos con una fracción (1,5 cm) de tubo termo-encongible para evitar que la trenza textil se desarme, además que se aseguran los extremos, como se muestra a continuación:

**Figura 136** *Mangueras de alta con extremos recubiertos por tubo termo-encongible*



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 137** *Vista a detalle de un extremo de las mangueras recubiertas.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 138** *Mangueras de paso*



Fuente: Elaboración propia.

#### ***3.5.5.6 Configuración del instrumento de medición***

La configuración del instrumento de medición se realiza con todas las piezas que componen el instrumento listas, ya sea que se hayan realizado mediante algún proceso de manufactura o que hayan sido adquiridas en el mercado.

Siendo así, los 6 contenedores son encajados a la base estructural, sido ajustados a esta mediante las tapas las cuales tienen los racores ya acoplados.

**Figura 139** *Fotografía de base estructural con contenedores*



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se enganchan los mosquetones de la reata a las argollas en los pernos.

**Figura 140** *Fotografía de reata ajustada a base estructural*



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se ajustan cada una de las mangueras a los racores de la base estructural.

El almacenamiento y organización de los componentes del instrumento de medición de combustible de retorno, se garantiza con el estuche diseñado y se presenta en la siguiente sección.

### ***3.5.5.7 Estuche del instrumento de medición***

Para facilitar el orden al momento de almacenar el instrumento de medición cuando no se encuentre en uso, y asegurar que se encuentre debidamente protegido, como se mencionó en la fase anterior de diseño al detalle, se elaboró un estuche compuesto por: una caja realizada en espuma Yumbolon donde la base junto con los contenedores, tapas y racores encajan a medida; un forro en tela con tres bolsillos los cuales albergan tanto las mangueras de paso, la reata de ajuste y los racores que se encajan en los inyectores del automóvil de la siguiente manera:

1. Se establecieron las medidas adecuadas que permitieran almacenar todos los componentes, luego se cortaron con ayuda de un bisturí, las capas necesarias para la caja, cada una de 40x22cm, debido al espesor en que se encuentra la espuma Yumbolon en el mercado.

**Figura 141** *Corte de capas de espuma Yumbolon.*



Fuente: Elaboración propia.

2. Se realizó un molde de la silueta de la base, junto con los contendores, tapas y racores, con el cual se pudo cortar la cavidad para encajar el instrumento.

**Figura 142** *Molde para cavidad del instrumento*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 143** *Corte de las espumas*



Fuente: Elaboración propia.

3. Como resultado se obtuvieron 3 espumas con cavidad, las cuales se unieron con el uso de un pegante especial a una base de espuma completa.

**Figura 144** *Capa de espuma con cavidad.*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 145** *Aplicación de pegamento a las capas de espuma para su unión*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 146** Resultado de la caja de espuma para encajar la base con contenedores, tapas y racores



Fuente: Elaboración propia.

Al tener lista la caja en espuma para el instrumento de medición, se procedió a rectificar medidas para realizar el forro en tela, además de los compartimientos para guardar la reata, las mangueras y los racores. La realización del estuche en tela fue un proceso tercerizado.

Sin embargo, se realizó en primero lugar la sublimación del logo de la empresa para agregarlo a una cara del estuche.

**Figura 147** logo empresa GDiesel sublimado en tela



Fuente: Elaboración propia.

Con este elemento listo, se da inicio al proceso de costura del estuche.

**Figura 148** *Proceso de costura*



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del proceso de costura se obtuvo el siguiente estuche, el cual cuenta con cavidades y bolsillos para almacenar el instrumento de medición y todos sus componentes:

**Figura 149** *Fotografía del estuche del instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 150** *Fotografía del estuche del instrumento de medición, parte posterior*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 151** *Fotografía a detalle del bolsillo para mangueras de paso*



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 152** *Fotografía a detalle del bolsillo para reata*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 153** *Fotografía a detalle del bolsillo interno para racores*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 154** *Fotografía del estuche sin Instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 155** *Fotografía del estuche con Instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia

De esta manera queda completamente configurado el prototipo del instrumento de medición de combustible para el diagnóstico de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch en motores Diésel. El prototipo de encuentra listo para su uso.

### **3.5.6 Validación del prototipo**

La prueba de validación hace referencia al proceso de revisión en el cual se verifica que el objeto diseñado y fabricado cumple con los requerimientos, especificaciones del cliente y logra cumplir su objetivo de funcionalidad. Sin embargo, antes de realizar esta prueba de validación es necesario señalar el modo de uso del instrumento de medición.

#### ***3.5.6.1 Modo de uso del instrumento de medición***

1. Desconectar las mangueras de retorno de combustible en el automóvil.
2. Ubicar en la mesa de trabajo y abrir el estuche que contiene la base junto con los contenedores, tapas, racores, mangueras, reata y racores de inyector.
3. Retirar el instrumento de medición del estuche junto con la reata y ajustar esta misma a la base del instrumento.
4. Retirar las mangueras de paso y los racores de inyector.
5. Conectar los racores de inyector (que se encuentran en el bolsillo interior del estuche) en cada una de las mangueras de paso.
6. Ubicar cada una de las mangueras de paso en los racores de las tapas de los contenedores, conectando en forma ordenada y siguiendo la numeración de los contenedores, ya sean 4 o 6 (dependiendo del número de inyectores en el automóvil).  
En caso de que sean 4 inyectores la ubicación depende del especialista que está utilizando el instrumento.



7. Ubicar el gancho de ajuste del instrumento de medición al gancho del capó del automóvil.
8. Conectar las mangueras con los racores a los inyectores del vehículo, una a una.
9. Corroborar que el instrumento de medición se encuentre nivelado mediante la observación del nivel incluido.
10. Realizar la prueba de diagnóstico de combustible de retorno accionando el motor durante 3 minutos.
11. Apagar el motor
12. Determinar el nivel de combustible retornado por cada uno de los inyectores observando a su vez que el instrumento se encuentre nivelado. Recordemos que si algún inyector presenta alguna variación en la cantidad de combustible retornada este presenta alguna falla.
13. Desconectar los racores de los inyectores y retirar el instrumento de medición del vehículo.
14. Conectar nuevamente las mangueras de retorno de combustible del automóvil.
15. Desajustar las mangueras del instrumento de medición.
16. Vaciar el combustible de cada uno de los recipientes contenedores, desenroscando las tapas.
17. Enroscar y ajustar nuevamente cada uno de los recipientes a la base del instrumento de medición.
18. Desenganchar la reata y ubicarla en el estuche
19. Ubicar el instrumento en el estuche nuevamente y cerrarlo.


### 3.5.6.2 Prueba de validación del instrumento de medición

La finalidad del instrumento de medición es realizar el proceso de diagnóstico de combustible de retorno en inyectores common rail de motores diésel Bosch, y a su vez permitir disminuir tiempos de ejecución y con ello contribuir al aumento de la productividad en la empresa GDiésel.

Lo anteriormente mencionado, se presenta a continuación una tabla donde se enumeran cada una de las tareas realizadas durante el proceso de diagnóstico de inyectores utilizando el instrumento de medición de combustible de retorno diseñado y fabricado, así como sus respectivos tiempos de ejecución e imagen ilustrativa, en cada una, es importante mencionar que esta prueba se realiza por tiempo y se corrobora con los datos de calibración del fabricante del inyector, información con la que cuenta la empresa GDiésel.

**Tabla 23** Proceso y tiempos de diagnóstico de inyectores con instrumento de medición

PROCESO DE DIAGNOSTICO INYECTORES COMMON RAIL BOSCH EN LA EMPRESA G DIESEL, MEDIANTE INSTRUMENTO DE MEDICION DE COMBUSTIBLE DE RETORNO			
TIEMPO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	IMAGEN
5 seg	Abrir capó del automóvil	NA	
12 seg	Desconectar las mangueras de retorno del automóvil	NA	
10 seg	Abrir el estuche	NA	
8 seg	Retirar las mangueras de paso y los racores de inyector del estuche	NA	

1 min	Conectar los racores de inyector a las mangueras	Grasa roja	
5 seg	Retirar el instrumento de medición del estuche	NA	
1 min	Ubicar cada una de las mangueras de paso en los racores de las tapas de los contenedores	Grasa roja	
7 seg	Ajustar la reata al instrumento de medición	NA	
5 seg	Ubicar el gancho de ajuste del instrumento de medición al gancho del capó del automóvil.	NA	
50 seg	Conectar las mangueras con los racores a los inyectores del vehículo	NA	
5 seg	Corroborar que el instrumento de medición se encuentre nivelado	NA	
3min	Realizar la prueba de diagnóstico de combustible de retorno accionando el motor durante 3 minutos	NA	
1 seg	Apagar el motor	NA	
7 seg	Determinar el nivel de combustible retornado por cada uno de los inyectores	NA	

30 seg	Desconectar los racores de los inyectores y retirar el instrumento de medición del vehículo.	NA	
20 seg	Conectar nuevamente las mangueras de retorno de combustible del automóvil.	NA	
15 seg	Desajustar las mangueras del instrumento de medición.	NA	
7 min	Vaciar el combustible de cada uno de los recipientes contenedores y limpiarlos	NA	
25 seg	Enroscar y ajustar nuevamente cada uno de los recipientes a la base del instrumento de medición	NA	
15 seg	Desenganchar la reata y ubicarla en el estuche	NA	
10 seg	Ubicar el instrumento en el estuche nuevamente y cerrarlo	NA	

Fuente. Elaboración propia

Como se puede observar en la anterior tabla, el proceso de diagnóstico utilizando el Instrumento de Medición de combustible de retorno, se realiza de manera práctica, sencilla y rápida. Todo este proceso tiene una duración aproximada de 17 minutos. El prototipo funcionó correctamente, sin inconveniente alguno. Además, cabe resaltar que no es necesario el manejo de otra herramienta, sólo el uso de grasa roja para ajustar fácilmente las mangueras a los racores.

**Figura 156** Combustible retornado durante la prueba de inyección



Fuente: Elaboración propia.

Según la anterior fotografía, la prueba dio como resultado que todos los inyectores retornan la misma cantidad de combustible. Esto permite concluir que los 4 inyectores no presentan alguna falla en su estado, como por ejemplo alguna avería. Este resultado fue corroborado también con la tabla de datos de calibración (anteriormente señalada) donde se muestra que los inyectores se encuentran retornando la cantidad de combustible justa. Recordemos que, si algún inyector retornaba menor o mayor cantidad de combustible en comparación a los 3 restantes, presenta algún tipo de falla en su estado.



Luego de realizada la prueba de diagnóstico a los inyectores con el Instrumento de Medición de combustible, se le pidió al especialista Diego Rodríguez que realizó la prueba dar su opinión acerca del Instrumento, a lo cual respondió: “Mi opinión del instrumento de medición, en comparación con los bancos de prueba, es que facilita muchísimo dar un diagnóstico al llegar el carro aquí al laboratorio ya que nosotros podemos simplemente coger y poner los 4 retornos al instrumento de medición y hacer la prueba, A comparación en los bancos que tenemos que desmontar los 4 inyectores y montar uno por uno en el banco para ver cual está fallando”. Esto demuestra que se reducen los tiempos de ejecución en el proceso de diagnóstico de combustible de retorno de sistemas de inyección electrónica Common Rail Bosch en motores Diésel.

### 3.5.6.3 *Tabla de comparación de tiempos*

La siguiente tabla presenta una comparación entre los tiempos toma el proceso de diagnóstico de inyectores utilizando tanto el banco de pruebas como el Instrumento de Medición de combustible de retorno diseñado durante el desarrollo del proyecto. Cabe resaltar que los tiempos pueden variar por segundos.

**Tabla 24** *Tabla de comparación de tiempos*

TIEMPOS DE REALIZACIÓN DEL PROCESO DE DIAGNOSTICO DE INYECTORES BOSH			
BANCO DE PRUEBA		INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	
ACTIVIDAD	TIEMPO	ACTIVIDAD	TIEMPO
Desmonte de inyector	5min	Intalación del Intrumento	4 min
Realización de prueba a inyector	6min	Realización de prueba	3 min
Monte de inyector	5min	Desinstalación del Instrumento	10 min
Tiempo total con 6 inyectores	<b>1,30 hrs</b>	Tiempo total con 6 inyectores	<b>18 min</b>
Tiempo total con 4 inyectores	<b>1 hr</b>	Tiempo total con 4 inyectores	<b>15 min</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra que el uso del instrumento de medición reduce el tiempo de diagnóstico de combustible de retorno de inyectores de la siguiente manera:

El diagnóstico de 4 inyectores en un banco de pruebas (el cual es el utilizado actualmente en la empresa GDiésel) se realiza en un lapso de tiempo aproximado de 1 hora, en comparación con el uso del instrumento de medición diseñado, en el cual estos mismos 4 inyectores se diagnostican en tan solo 15 minutos. De este modo, el Instrumento de medición permitiría a la empresa GDiésel realizar el diagnóstico a inyectores en un menor tiempo de ejecución, así como realizar este proceso a un mayor número de autos, en comparación al método utilizado actualmente; así mismo dando como resultado el contribuir al aumento en la productividad en la empresa.

Finalmente, se muestran a continuación Fotografías tomadas durante la realización de la prueba de validación del Instrumento de Medición de combustible. Para observar más fotografías del instrumento de medición de combustible, tanto sus componentes como su uso ver Anexo 5.

**Figura 157** *Instrumento de medición ubicado en auto*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 158** *Vista de instrumento de medición ubicado en auto*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 159** *Vista lateral de instrumento de medición ubicado en auto*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 160** *Vista a detalle de instrumento de medición ubicado en auto*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 161** *Vista detalle de ajuste al gancho del capó*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 162** *Manipulación del instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 163** *Especialista con Instrumento de medición*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 164** *Instrumento de medición de combustible de retorno*



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Se realizó un análisis del proceso de diagnóstico de retorno en los sistemas de inyección Diésel Common Rail Bosch, donde se determinó que la actividad susceptible a una intervención es el proceso de diagnóstico de retorno de los inyectores Bosch, donde se determina la cantidad de combustible que estos retornan hacia el tanque de combustible. Si uno de estos retorna mayor o menor cantidad de combustible respecto a la tabla de datos de calibración de inyectores presenta alguna falla.

Se determinaron los principales aspectos y características técnicas utilizando como base el principio de funcionamiento de los bancos de prueba, los cuales principalmente cuentan con un conjunto de acciones y mecanismos que permiten que el combustible que retornan los inyectores sea transportado, almacenado y medido. Gracias a esto se estableció el concepto de “La realización del proceso de diagnóstico en el automóvil sin tener que desmontar los inyectores, el no necesitar de herramientas externas para su uso y que este mismo se facilitara con pocas acciones y tareas en la manipulación del instrumento”. Así como también se establecieron características técnicas como lo son el número de componentes, tipo, tamaño, materiales y funciones de los mismos.

Los requerimientos planteados en el proyecto permitieron establecer características tanto de uso, como funcionales, estructurales y formales, los cuales dieron paso al desarrollo y conceptualización de alternativas de diseño del instrumento de medición con las cuales se diera una posible solución a la problemática planteada.

Dentro de la fase de diseño al detalle, se optó por la implementación del proceso de Fabricación aditiva FDM (Impresión 3d) el cual, por su fácil acceso, la posible variedad formal en fabricación de piezas y materiales (los cuales fueron expuestos a pruebas de resistencia

mecánica y resistencia a líquido diésel que garantizaran su uso) aseguran componentes de calidad y durabilidad en el instrumento de medición.

Se realizó una prueba de validación, la cual obtuvo como resultado que el instrumento de medición funciona de manera correcta e idónea y permite dar una lectura rápida para determinar el nivel de combustible retornado, dar un análisis rápido y efectivo sobre la comparativa entre el estado de los inyectores y en consecuencia este mismo garantiza facilita la realización de pruebas de diagnóstico en inyectores Common Rail Bosch de motores diésel.

Por su sencillez y facilidad en su utilización, es posible que la actividad de diagnóstico pueda ser realizada por cualquier trabajador del área del laboratorio. De este modo puede haber una alternancia en el área de trabajo de los técnicos.

Se logra contribuir al aumento de la productividad en un 500%, mediante la disminución de tiempos en un 70% por medio del instrumento de medición de combustible de retorno diseñado y fabricado. Además, se obtiene una ventaja que beneficia a los clientes y es la disminución en el costo del servicio de diagnóstico de retorno para sus automóviles.

En cuanto al desarrollo y experiencias vividas durante la práctica empresarial, en palabras propias de los autores, se menciona “Queremos agradecer al laboratorio generación diésel por abrirnos las puertas que su gran empresa y permitimos trabajar en conjunto para el desarrollo del proyecto, fue una experiencia muy enriquecedora y práctica, donde adquirimos conocimiento, experiencia y pudimos trabajar con técnicos especializados y lograr desarrollar un producto que cumple muy bien su función planteada, también pudimos aplicar en un proyecto gran parte del conocimiento que adquirimos a lo largo de estos 5 años en un campo real, comercial, laborar, en una de las mejores empresas de la región. Además de esto nos permitió conocer grandes personas, las que consideramos una gran familia. Recomendamos a los demás



estudiantes animarse a realizar una práctica, ya que esta brinda una gran experiencia que será gratamente recordada y que aportará tanto profesional como personalmente”.

## Referencias

Amazon Service. (s.f.). Limpia Inyectores.f [Imagen]. Obtenido de

<https://limpiainyectores.com/>

Automotriz. (2012 de Julio de 2019). Auto avance. Obtenido de

<https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/prueba-de-inyectores-diesel/>

Auto y técnica. (s.f), Sistema Common Rail [Imagen]. <https://autoytecnica.com/como-funciona-un-sistema-common-rail/commonrail/>

Bitfab. (s.f). Impresión 3D en resina (SLA/DLP). Obtenido de Bitfab:

<https://bitfab.io/es/impresion-3d-resina/>

Bosch Brasil. (2020). Bosch after market [Imagn]. Obtenido de

<https://am.boschaftermarket.com/br/pt/index>

Cadesum Digital. (21 de Febrero de 2013). Cadena de suministro [Imagen]. Obtenido de

<https://www.cadenadesuministro.es/noticias/bosch-ha-fabricado-10-millones-de-sistemas-common-rail-para-vehiculos-industriales/>

Deener, S. (1 de Octubre de 2017). Aopa [Imagen]. Obtenido de

<https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2017/october/flight-training-magazine/start-your-engines>

Ecured. (s.f.). Ciclo Otto. Obtenido de Ecured: [https://www.ecured.cu/Ciclo\\_Otto](https://www.ecured.cu/Ciclo_Otto)

El motor. (s.f) El motor diésel: funcionamiento y aplicaciones.

<https://www.motor.es/que-es/motor-diesel>

García, M. (2021). Mercado libre [Imagen]. Obtenido de

<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-605756739-cleverdelights-25-cierres-de-mosqueton-giratorios-de-1-pu->

\_JM?matt\_tool=93563466&matt\_word=&matt\_source=google&matt\_campaign\_id=14633847045&matt\_ad\_group\_id=127508297256&matt\_match\_type=&matt\_network=g&ma

Globalfelx. (2021). Mercado libre [Imagen]. Obtenido de

[https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-713849399-mangueira-16mm-linha-combustivel-lonada-carburador-rolo-5mt-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-713849399-mangueira-16mm-linha-combustivel-lonada-carburador-rolo-5mt-_JM)

GmbH, O. (2015). Diésel. Obtenido de Oiltanking:

<https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/diesel.html>

Grupo KMG. (s.f). KMG [Imagen]. Obtenido de <https://www.grupokgm.org/>

Gutiérrez Gutiérrez, J., 2015. Conocimiento, Innovación Y Desarrollo. 1st ed. Costa Rica: Rafael Herrera González. Disponible en: [http://www.casatic.org/wp-content/uploads/2015/03/RafaelHerreraCR\\_conocimiento.pdf](http://www.casatic.org/wp-content/uploads/2015/03/RafaelHerreraCR_conocimiento.pdf)

Herramientas colombia. (2021). Tienda online de herramientas Colombia [imagen].

Obtenido de <https://tiendaonlinedeherramientascolombia.redweb-co.net/>

Highmotor. (s.f). Motor diésel [Imagen]. Obtenido de Highmotor:

<https://www.highmotor.com/como-funciona-motor-diesel.html>

Laser. (s.f). Manual de uso comprobador de flujo. Obtenido de Lasertools:

[https://www.lasertools.co.uk/items/PDF/Products/5260\\_Instructions\\_ES.pdf](https://www.lasertools.co.uk/items/PDF/Products/5260_Instructions_ES.pdf)

LOZADA, J., 2014. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual E Industria.

Pichincha, Ecuador. Disponible en: ([http://file:///D:/Downloads/Dialnet-InvestigacionAplicada-6163749%20\(1\).pdf](http://file:///D:/Downloads/Dialnet-InvestigacionAplicada-6163749%20(1).pdf))

Orozco, M. G. (2020). Sistema de inyección common rail. Obtenido de Prueba de ruta:

<https://www.pruebaderuta.com/inyeccion-common-rail.php>

Portillo, J. (2010). Lion Diesel [Imagen]. Obtenido de

<http://johanportilla18.blogspot.com/2010/12/inyectores-riel-comun.html>

Rafael Herrera González, & Gutierrez Gutierrez, J. M. (2015). casatic.org. Obtenido de

[http://www.casatic.org/wp-content/uploads/2015/03/RafaelHerreraCR\\_conocimiento.pdf](http://www.casatic.org/wp-content/uploads/2015/03/RafaelHerreraCR_conocimiento.pdf)

Redacción el tiempo. (s.f.). El Tiempo. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-163912>

Revista Parabrisas. (3 de Agosto de 2018). ¿Por qué es mejor la inyección directa?

Obtenido de Parabrisas: <https://parabrisas.perfil.com/noticias/noticias/2018-09-03-por-que-es-mejor-la-inyeccion-directa.phtml>

Rincón, I. (Agosto de 2011). Eumed. Obtenido de

<https://www.eumed.net/rev/cccss/13/ibrs.html>

Smarty. (2021). Smarty.pe. Obtenido de <https://smarty.pe/>

Soto, I. B. (Agosto de 2011). Eumed. Obtenido de

<https://www.eumed.net/rev/cccss/13/ibrs.html>

Stanley. (2021). Amazon [Imagen]. Obtenido de [https://www.amazon.com/-/es/Stanley-7-](https://www.amazon.com/-/es/Stanley-7-Piece-trinquetes-llaves-m%C3%A9tricas/dp/B002SIS0TU)

[Piece-trinquetes-llaves-m%C3%A9tricas/dp/B002SIS0TU](https://www.amazon.com/-/es/Stanley-7-Piece-trinquetes-llaves-m%C3%A9tricas/dp/B002SIS0TU)

TECNODIESEL. (16 de abril de 2020). Las bombas common rail: una pieza indispensable.

Obtenido de <http://tecnodieselmurcia.com/las-bombas-common-rail-una-pieza-indispensable/>

White, A. R. (2013). Inyección directa. Obtenido de Knowledge Bank:

<https://kb.osu.edu/handle/1811/55435>

Xarxa. (2021). Ingeniería del diseño. Obtenido de Tesis doctorals en Xarxa:

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf?sequence=5&is>

Allowed=y

Zapatería, O. (Abril de 2001). Centro Zaragoza. Obtenido de <http://www.centro>

[zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R8\\_A5.pdf](http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R8_A5.pdf)

**Anexos*****Anexo 1.*** Alternativas de diseño del instrumento

Para visualizar ver carpeta ANEXOS

***Anexo 2.*** Modelado de piezas y componentes del instrumento

Para visualizar ver carpeta ANEXOS

***Anexo 3.*** Planos de piezas y componentes del instrumento

Para visualizar ver carpeta ANEXOS

***Anexo 4.*** Renders

Para visualizar ver carpeta ANEXOS

***Anexo 5.*** Fotografías de componentes, de instrumento y su uso.

Para visualizar ver carpeta ANEXOS