



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**TIGRE SANGURIMA MAURO OLMEDO  
VILLA CAYAMBE NELSON MAURICIO**

## **TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

## **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2015**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-06-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**TIGRE SANGURIMA MAURO OLMEDO**

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA  
VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN  
ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Buenaño Moyano  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. Bolívar A. Cuaical Angulo  
**ASESOR DE TESIS**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2014-06-10

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**VILLA CAYAMBE NELSON MAURICIO**

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA  
VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN  
ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Buenaño Moyano  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Ing. Bolívar A. Cuaical Angulo  
**ASESOR DE TESIS**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MAURO OLMEDO TIGRE SANGURIMA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2015-06-02

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Buenaño Moyano <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** NELSON MAURICIO VILLA CAYAMBE

**TÍTULO DE LA TESIS:** “REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES PARA VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2015-06-02

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Buenaño Moyano. <b>DIRECTOR DE TESIS</b>			
Ing. Bolívar Cuaical Angulo <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Mauro Olmedo Tigre Sangurima**

---

**Nelson Mauricio Villa Cayambe**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a Dios por haberme dado salud, fortaleza y sabiduría para salir adelante de las circunstancias adversas, a las personas que siempre me apoyaron para poder cumplir un sueño en especial a mi madrecita Graciela por ser mi apoyo incondicional y siempre brindarme su amor y comprensión, a mi admirable papá Celso por brindarme sus sabios consejos y palabras de aliento y a pesar de las limitaciones siempre luché por verme triunfar en la vida.

A mis queridos hermanos Diana, María, Cristian y Marcelo por ser mi inspiración para salir adelante, luchar por un objetivo y demostrarle que no existe meta imposible en la vida.

**Mauro Tigre Sangurima**

A Dios por darme salud, protección y sabiduría para lograr exitosamente todas las metas propuestas en mi vida, además por su infinito amor guiándome siempre por el camino del bien .A mi madre Inés por ser ejemplo de inspiración, por brindarme su apoyo incondicionalmente en cada momento de mi vida, por su infinito amor y sabios consejos que me ha permitido alcanzar el éxito.

A mi padre Miguel por todo su cariño, por su apoyo a seguir hacia adelante a pesar de cualquier inconveniente, pero más que nada, por formarme como un hombre de bien. A mis hermanos Mayra, Maricela, Ronald y Damaris por estar unidos siempre ante cualquier circunstancia adversa de la vida, por ser el pilar fundamental para culminar exitosamente mi carrera universitaria.

**Nelson M. Villa Cayambe**

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento sincero a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por haberme abierto las puertas y brindarme la posibilidad de ser un profesional lleno de conocimientos científicos y valores humanos. A los docentes que nos brindaron sus conocimientos para ser útiles a la sociedad.

También quiero agradecer a mis padres y familia quienes con su gran esfuerzo me apoyaron siempre. A todos los amigos y compañeros que durante esta etapa estudiantil nos ayudaron y a todas las personas que de una u otra manera nos apoyaron para culminar con éxito una meta propuesta hace tiempo atrás.

**Mauro Tigre Sangurima**

Mi más eterno agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por haberme abierto las puertas del saber y brindarme la oportunidad de formarme como un profesional útil para la sociedad. A todos los docentes por brindarme sus conocimientos día a día formándome como una personal útil y bondadosa.

A toda mi familia que a pesar de cualquier circunstancia de la vida siempre permaneceremos unidos, por su bondad y apoyo incondicional que me llevaron a culminar con éxito mi etapa estudiantil. A mis amigos y compañeros que encontré durante mi carrera universitaria, que me brindaron toda su amistad y compañerismo.

**Nelson M. Villa Cayambe**

# CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1 Sistema de inyección diésel.....	4
2.1.1 <i>Principio de funcionamiento de los sistemas de inyección diésel</i> .....	4
2.2 Clasificación de los sistemas de inyección diésel .....	4
2.2.2 <i>Inyección indirecta</i> .....	5
2.3 Introducción a los sistemas de inyección diésel CRDI.....	5
2.4 Inyección diésel CRDI.....	6
2.4.1 <i>Definición y funcionamiento general del sistema de inyección CRDI</i> .....	6
2.4.2 <i>Generación de presión del sistema CRDI</i> .....	6
2.4.3 <i>Regulación de la presión en el sistema CRDI</i> .....	7
2.4.4 <i>Inyección de combustible</i> .....	7
2.4.5 <i>Sistema de alimentación</i> .....	7
2.5 Proceso de inyección del sistema CRDI.....	8
2.5.1 <i>Inyección previa</i> .....	8
2.5.2 <i>Inyección principal</i> .....	8
2.5.3 <i>Inyección posterior</i> .....	8
2.6 Subsistemas de la inyección diésel CRDI .....	9
2.6.1 <i>Circuito de baja presión</i> .....	9
2.6.2 <i>Circuito de alta presión</i> .....	9
2.7 Ventajas del sistema CRDI.....	11
2.7.1 <i>Excelente desempeño y eficiencia de combustible</i> .....	11
2.7.2 <i>Bajo nivel de emisiones y ruido</i> .....	11
2.8 Clasificación de los sistemas de inyección diésel CRDI.....	11
2.8.1 <i>Sistema de inyección CRDI Bosch</i> .....	11
2.8.2 <i>Sistema de inyección CRDI Denso</i> .....	12
2.8.3 <i>Sistema de inyección CRDI Delphi</i> .....	12
2.9 Bombas de alta presión de los sistemas CRDI .....	12
2.9.1 <i>Bomba de alta presión Bosch</i> .....	12
2.9.2 <i>Bomba de suministro Denso</i> .....	12
2.9.3 <i>Bomba de alta presión Delphi</i> .....	13
2.10 Sensores del sistema CRDI.....	14
2.10.1 <i>Sensor de presión de combustible de riel</i> .....	14
2.10.2 <i>Sensor de temperatura del refrigerante</i> .....	15
2.10.3 <i>Sensor de temperatura de combustible</i> .....	15
2.11 Actuadores principales del sistema CRDI.....	15
2.11.1 <i>Inyectores Bosch</i> .....	15
2.11.2 <i>Inyectores Delphi</i> .....	16

2.11.3	<i>Válvula reguladora de presión y caudal</i> .....	17
2.12	Optimización del control electrónico de presión en los bancos de prueba.....	18
2.12.1	<i>Comprobador CRDI CRS 300</i> .....	18
2.12.2	<i>Probador common rail MT 300</i> .....	19
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO</b> .....	<b>20</b>
3.1	Análisis del estado del banco de pruebas .....	20
3.1.1	<i>Estado de la estructura del banco</i> .....	20
3.1.2	<i>Estado del manómetro</i> .....	21
3.1.3	<i>Estado del motor eléctrico</i> .....	21
3.1.4	<i>Estado del variador de frecuencia</i> .....	22
3.1.5	<i>Estado del interruptor de encendido del motor eléctrico</i> .....	22
3.1.6	<i>Estado de los inyectores</i> .....	22
3.1.7	<i>Fuente de poder del banco</i> .....	23
3.1.8	<i>Cañerías de conexión de alta presión</i> .....	23
3.1.9	<i>Bomba eléctrica de combustible</i> .....	24
3.1.10	<i>Sistema de alimentación de combustible</i> .....	24
3.1.11	<i>Placa de control electrónica</i> .....	24
3.2	Uso de la placa de control para inyectores electrónicos.....	25
3.3	Selección de elementos para la repotenciación del banco de pruebas.....	26
3.3.1	<i>Bomba de alta presión</i> .....	26
3.3.2	<i>Inyectores</i> .....	27
3.3.3	<i>Riel común</i> .....	29
3.3.4	<i>Tanque de combustible</i> .....	29
3.3.5	<i>Filtros de combustible</i> .....	30
3.3.6	<i>Cañerías de conexión</i> .....	31
3.3.7	<i>Manómetro de presión</i> .....	32
3.4	Selección de elementos para el soporte de la bomba de alta presión .....	32
3.4.1	<i>Cálculo de cargas</i> .....	32
3.4.2	<i>Diseño y construcción de soporte para la bomba de alta presión</i> .....	33
3.4.3	<i>Diseño acople bomba - motor</i> .....	37
3.4.4	<i>Diseño de acople motor</i> .....	39
3.5	Características de la placa de control .....	41
3.6	Diseño de la placa para el control de la bomba de alta presión .....	41
3.6.1	<i>Circuito de voltaje para la etapa de control</i> .....	41
3.6.2	<i>Circuito de potencia</i> .....	42
3.6.3	<i>Circuito de control</i> .....	43
3.6.4	<i>Circuito contador de revoluciones</i> .....	44
<b>4.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES</b> .....	<b>46</b>
4.1	Ensamblaje de la estructura base soporte para la bomba.....	46
4.1.1	<i>Construcción de la base principal para la bomba de alta presión</i> .....	46
4.1.2	<i>Construcción del acople bomba – motor</i> .....	46
4.1.3	<i>Construcción del acople de motor</i> .....	47
4.2	Instalación de componentes para la repotenciación del banco de pruebas .....	47
4.2.1	<i>Instalación de tanque de combustible</i> .....	47
4.2.2	<i>Instalación de sistema de alimentación</i> .....	48
4.2.3	<i>Reparación de daños en la estructura del banco y pintura</i> .....	49
4.3	Ensamblaje del sistema bomba de alta presión y common rail .....	50
4.3.1	<i>Acoplamiento de la bomba de alta presión</i> .....	50

4.3.2	<i>Cañerías de alta presión</i> .....	50
4.3.3	<i>Instalación del manómetro de presión</i> .....	51
4.3.4	<i>Montaje de inyectores</i> .....	51
4.3.5	<i>Colocación de probetas de medición</i> .....	52
4.3.6	<i>Cañerías de retorno</i> .....	52
4.4	Readecuación e instalación del sistema eléctrico del banco de pruebas .....	53
4.4.1	<i>Conexión eléctrica del variador de frecuencia</i> .....	53
4.5	Construcción del sistema electrónico de control de presión CRDI.....	53
4.5.1	<i>Construcción de la placa de voltaje</i> .....	53
4.5.2	<i>Construcción de la placa de potencia</i> .....	54
4.5.3	<i>Construcción de la placa de control</i> .....	54
4.5.4	<i>Construcción de circuito contador de revoluciones</i> .....	55
4.6	Adaptación del sistema de control electrónico de presión CRDI.....	56
4.7	Funcionamiento general del banco de pruebas CRDI .....	56
<b>5.</b>	<b>PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL CRDI</b> .....	<b>58</b>
5.1	Plan de pruebas.....	58
5.1.1	<i>Pruebas mecánicas en el sistema de alta presión</i> .....	58
5.1.2	<i>Pruebas eléctricas y electrónicas del sistema</i> .....	58
5.1.3	<i>Pruebas de funcionamiento de inyectores</i> .....	63
5.2	Elaboración del manual de usuario.....	64
5.2.1	<i>Manual de usuario del banco comprobador de inyectores CRDI</i> .....	64
5.2.2	<i>Operación</i> .....	67
5.2.3	<i>Mantenimiento del banco de pruebas</i> .....	73
5.3	Manual de mantenimiento y seguridad del banco de pruebas .....	74
5.4	Guías de prácticas del banco de pruebas .....	74
5.4.1	<i>Recomendaciones generales</i> .....	74
<b>6.</b>	<b>PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES CDRI</b> .....	<b>76</b>
6.1	Costos directos.....	76
6.2	Costos indirectos.....	77
6.3	Costo total.....	77
6.4	Análisis beneficio costo.....	77
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>79</b>
7.1	Conclusiones.....	79
7.2	Recomendaciones .....	79

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

Pág.

1	Valores de voltaje de acuerdo a la carga del motor y presión del riel .....	15
2	Especificaciones técnicas de probador common rail MT 300 .....	19
3	Análisis de estado de elementos del banco.....	26
4	Datos técnicos iniciales del banco. ....	26
5	Datos técnicos de bomba Denso HP3 .....	27
6	Datos técnicos de inyector CRDI Bosch .....	28
7	Datos técnicos de inyector CRDI Denso .....	28
8	Datos técnicos de inyector CRDI Delphi .....	29
9	Datos técnicos de depósito Frio 407C .....	30
10	Datos técnicos de filtro Shogum.....	31
11	Datos técnicos de cañerías de alta presión Bosch.....	31
12	Datos técnicos de manómetro Ashcroft.....	32
13	Características de acero AISI 1010.....	34
14	Asignación de cargas y sujeciones de base para bomba.....	35
15	Asignación de cargas y sujeciones de acople bomba - motor .....	37
16	Asignación de cargas y sujeciones de acople motor.....	39
17	Pruebas en sistema de alta presión .....	58
18	Pruebas en el sensor de temperatura.....	59
19	Calibración de inyector Delphi.....	64
20	Calibración de inyector Denso .....	64
21	Calibración de inyector Bosch.....	64
22	Plan de mantenimiento de banco de pruebas.....	74
23	Tiempo estimado de prácticas. ....	75
24	Costos de sistema mecánico .....	76
25	Costos de sistema eléctrico y electrónico .....	77
26	Costos totales directos .....	77
27	Costos indirectos.....	77
28	Costos totales.....	77

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1	Inyección directa diésel ..... 5
2	Inyección directa common rail ..... 6
3	Presiones de inyección..... 6
4	Presiones de inyección..... 7
5	Presiones de inyección..... 8
6	Inyección previa y principal ..... 8
7	Curva de presión de inyección..... 9
8	Circuito de baja presión ..... 9
9	Sistema de alta presión ..... 10
10	Bomba de alta presión ..... 12
11	Bomba de alta presión SCV..... 12
12	Estructura de bomba de alta presión SCV ..... 13
13	Funcionamiento de bomba de alta presión SCV ..... 13
14	Bomba de alta presión Delphi ..... 14
15	Sensor de presión del riel estructura ..... 14
16	Sensor de temperatura de combustible ..... 15
17	Inyector common rail Bosch..... 16
18	Inyector piezoeléctrico ..... 16
19	Inyector Delphi ..... 17
20	Inyector Denso..... 17
21	Válvula reguladora de presión IPR..... 17
22	Disposición de válvulas IPR y SCV ..... 18
23	Fuente de control de inyectores CRDI. .... 18
24	Banco probador de inyectores diésel ..... 19
25	Banco de pruebas de inyección Diesel. .... 20
26	Estado de la estructura del banco ..... 21
27	Manómetro de presión ..... 21
28	Motor eléctrico ..... 21
29	Variador de frecuencia..... 22
30	Interruptor de encendido..... 22
31	Porta inyectores ..... 23
32	Fuente de poder ..... 23
33	Cañerías de conexión..... 23
34	Bomba de combustible ..... 24
35	Filtro primario..... 24
36	Placa de control electrónica..... 24
37	Banco probador de inyectores diésel ..... 25
38	Placa de control ..... 25
39	Bomba Denso HP3 ..... 27
40	Inyector Bosch..... 27
41	Inyector Denso..... 28
42	Inyector Delphi ..... 28
43	Riel de inyectores ..... 29
44	Tanque de combustible ..... 29
45	Filtro primario de combustible ..... 30

46	Niveles de limpieza ISO de la industria en general .....	30
47	Filtro secundario de combustible.....	31
48	Cañerías de alta presión .....	31
49	Manómetro de presión .....	32
50	Modelado de base para bomba .....	34
51	Mallado de base para bomba .....	35
52	Tensiones en base de bomba .....	36
53	Desplazamiento de base de bomba .....	36
54	Factor de seguridad de base de bomba .....	36
55	Modelado acople bomba - motor.....	37
56	Tensiones acople bomba - motor.....	38
57	Desplazamiento acople bomba - motor .....	38
58	Factor de seguridad de acople bomba - motor.....	38
59	Modelado de acople motor .....	39
60	Tensiones de acople motor .....	40
61	Desplazamientos de acople motor .....	40
62	Factor de seguridad de acople motor .....	40
63	Circuito de voltaje .....	41
64	Circuito de potencia.....	42
65	Placa de control .....	43
66	Circuito contador de revoluciones .....	45
67	Base principal para bomba de alta presión .....	46
68	Base principal para bomba de alta presión .....	46
69	Acople bomba – motor .....	47
70	Junta de motor .....	47
71	Instalación de tanque de combustible.....	48
72	Instalación de cañerías de baja presión.....	48
73	Filtro primario de combustible .....	49
74	Filtro secundario de combustible.....	49
75	Arreglo de estructura .....	49
76	Pintada de estructura.....	50
77	Acople de bomba de alta presión al banco .....	50
78	Instalación de cañerías de alta presión .....	51
79	Colocación del manómetro .....	51
80	Montaje de inyectores.....	52
81	Colocación de probetas de medición .....	52
82	Circuito de retorno de combustible .....	52
83	Conexión de variador de frecuencia .....	53
84	Construcción de placa de voltaje .....	53
85	Construcción de la placa de potencia .....	54
86	Construcción de la placa de potencia .....	54
87	Construcción de la placa de control.....	54
88	Control electrónico de válvula SCV .....	55
89	Construcción del circuito contador de revoluciones.....	55
90	Caja de protección de contador de revoluciones .....	56
91	Instalación de placa de control de válvula SCV .....	56
92	Ensamble de banco de pruebas .....	57
93	Prueba de alta presión.....	58
94	Medición de voltaje en sensor de temperatura .....	59
95	Grafica de señal de válvula SCV .....	59

96	Resistencia de válvula SCV .....	60
97	Grafica de señal de circuito contador de revoluciones .....	60
98	Resistencia de inyector Bosch .....	60
99	Resistencia de inyector Denso .....	61
100	Resistencia de inyector Delphi .....	61
101	Grafica de señal de inyector Bosch .....	61
102	Grafica de frecuencia de señal de inyector Bosch .....	62
103	Grafica de señal de inyector Denso .....	62
104	Grafica de frecuencia de señal de inyector Denso .....	62
105	Grafica de señal de inyector Delphi .....	63
106	Grafica de frecuencia de señal de inyector Delphi .....	63
107	Partes principales del banco .....	65
108	Conexión eléctrica 220 V .....	66
109	Conexión eléctrica 120 V .....	67
110	Mandos y panel de control.....	67
111	Diagrama de funcionamiento.....	68
112	Conexión de alimentación .....	68
113	Interruptores de motor y variador .....	68
114	Interruptor de fuentes.....	69
115	Interruptor de pantallas LCD .....	69
116	Conexión de cables de plugs .....	69
117	Conexión de inyectores .....	70
118	Activación de variador de frecuencia .....	70
119	Selección de frecuencia .....	70
120	Placa de control de inyectores .....	71
121	Número de repeticiones .....	71
122	Ciclo dutty .....	71
123	Posición de inicio.....	72
124	Interruptor de inicio .....	72
125	Pulsador de inicio de señal de inyectores .....	72
126	Reinicio de programación de señal de inyectores .....	73
127	Reinicio de señal de válvula SCV .....	73

## SIMBOLOGÍA

rpm	Revoluciones por minuto	rev/min
$T_m$	Torque del motor	N.m
$\eta$	Eficiencia	%
$P_e$	Potencia de entrada del motor	kW
$P_s$	Potencia de salida del motor	kW
$\omega_m$	Velocidad angular	rad/s

## LISTA DE ABREVIACIONES

APP	Posición de Pedal de Acelerador
AISI	American Iron and Steel Institute
CMP	Camshaft Position Sensor
CKP	Crankshaft Position Sensor
CR	Common Rail
CRDI	Common Rail Direct Injection
CRS	Common Rail System
ECU	Engine Control Unit
EDC	Electronic Diesel Control
EGR	Exhaust Gas Recirculation
FRP	Fuel Rail Pressure Sensor
ICP	Injection Pressure Control
IPR	Injection Pressure Regulator
ISO	International Organization for Standardization
LCD	Liquid Crystal Display
MAF	Mass Airflow Sensor
MAP	Manifold Absolute Pressure
NTC	Negative Temperature Coefficient
PIC	Programmable Interrupt Controller
PMI	Punto Muerto Inferior
PMS	Punto Muerto Superior
PVC	Polyvinyl-Cloruro
PWM	Pulso de Ancho Modulado
TDI	Turbocharged Diesel Injection
SCV	Suction Control Valve

## LISTA DE ANEXOS

- A** Láminas de base principal para bomba de alta presión.
- B** Láminas de acople bomba - motor.
- C** Láminas de acople motor.
- D** Diseño de la placa del circuito generador de pulsos de válvula SCV.
- E** Diseño de la placa del circuito contador de revoluciones.
- F** Ficha técnica de inyector Delphi.
- J** Ficha técnica de inyector Denso.
- H** Ficha técnica de inyector Bosch.
- I** Manual de operación y plan de mantenimiento del banco de pruebas de inyectores CRDI.
- J** Guías de prácticas.

## RESUMEN

Se repotenció un banco de pruebas de inyectores de vehículos a Diesel CRDI (Common Rail Direct Injection) aplicando nuevos parámetros de control para los sistemas electrónicos del banco con la finalidad de mejorar los conocimientos de los estudiantes sobre estos innovadores sistemas de inyección electrónica.

A través de un diagnóstico técnico del banco se determinó que su funcionamiento es nulo debido a la falta y deterioro de componentes.

Se realizó una selección de componentes basados en las características del motor eléctrico que es el principal elemento del banco. Las partes usadas en el circuito de alimentación y alta presión son tanque de combustible, cañerías, bomba de alta presión, inyectores, probetas y manómetro de presión, el sistema eléctrico y electrónico dispone de elementos como variador de frecuencia, circuito contador de revoluciones del motor eléctrico, circuito de control de bomba de alta presión, placa de encendido de bomba eléctrica y circuito generador de pulsos de inyectores. Estos elementos fueron colocados estratégicamente en el banco para facilitar su manejo y visualización de funcionamiento durante las diferentes pruebas a realizarse.

Como resultado de la repotenciación se obtiene que el banco esté en la capacidad de comprobar el estado de los inyectores de tipo Bosch, Denso y Delphi, además se puede realizar comprobaciones de bombas de alta presión tipo Denso mediante el control eléctrico de la válvula SCV (Suction Control Valve).

Esta tesis es útil para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Automotriz porque a través de la teoría investigada y las prácticas que se pueden realizar en el banco ayudaran a obtener conocimientos sólidos sobre este sistema de inyección electrónica.

## **ABSTRACT**

A power full test bench injectors of vehicles to Diesel CRDI (Common Rail Direct Injection), is applying new parameters of control for the electronic systems of the Bench with the aim of improving the knowledge of students about these innovative electronic injection systems

Through a technical diagnosis of the Bench determined that its operation is null due to lack and deterioration of components

A selection of components based on the characteristics of the electric motor which is the main element of the bench took place. The parts used in the circuit of power supply and high pressure fuel tank electric pump, plumbing, pump high pressure, nozzles, test tubes and pressure gauge, electric and electronic system has elements like frequency variation, circuit counter of the electric motor, high pressure pump control circuit speed, ignition of electric pump and injector pulse generator circuit board. These elements were placed strategically on the bench for easy handling and display of performances during the different tests to be carried out

As a result of the upgrade, the bench is able to check the status of type Bosch, Denso and Delphi nozzles also can be high pressure pumps checks type Denso SCV (Suction Control Valve) valve electrical control is obtained.

This thesis is useful for students of the school of automotive engineering, because through the theory investigate and practices that can be on the bench will help knowledge solid about this electronic fuel injection system.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Automotriz, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la ciudad de Riobamba, tiene como objetivo fundamental formar profesionales con conocimientos sólidos, habilidades y actitudes a través de la construcción, adaptación, y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en el área automotriz para que se integren a la fuerza laboral y lleguen a contribuir al desarrollo del Ecuador.

El argumento de este trabajo de graduación tiene como propósito ser un instrumento de aporte al estudiante en la parte práctica, para el desarrollo de habilidades técnicas convirtiéndose en un profesional competitivo con alto grado de conocimiento tecnológico actualizado siendo su principal carta de presentación el dominio y manejo de equipos de diagnóstico automotrices modernos.

El propósito de esta investigación es proveer conocimientos prácticos a los estudiantes sobre el funcionamiento real de la inyección en vehículos diésel y a su vez diagnosticar los síntomas de falla que se pueden presentar el sistema CRDI.

El sector automotriz está en proceso de evolución constante en especial en el área electrónica, incorporando a los vehículos el sistema CRDI que es un sistema de inyección cuya principal misión es contribuir a la disminución de emisiones de gases contaminantes y optimización del combustible.

El tema de graduación es repotenciar un banco de pruebas del sistema de inyección electrónica CRDI, que facilitara al estudiante adquirir conocimientos sobre el funcionamiento del sistema y tener un excelente desenvolvimiento en la vida profesional. Con este aporte los futuros profesionales de la Escuela de Ingeniería Automotriz, serán capaces de contribuir a la sociedad brindando un servicio garantizado y de calidad en el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos.

## **1.2 Justificación**

En nuestro país existe una gran cantidad de vehículos con sistemas de inyección diésel CRDI, y cada vez son más los vehículos que traen este sistema, ya que cumplen con normativas ambientales, y en nuestro mercado no hay equipos para diagnosticar las fallas de estos inyectores.

La creación de este plan de tesis es repotenciar el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de Ingeniería Automotriz con un banco de pruebas electrónico que permitirá a los estudiantes tener mayor facilidad de manipulación de los equipos de diagnóstico y conocer los valores reales de funcionamiento del sistema CRDI y al mismo tiempo poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería automotriz.

En conclusión este proyecto de tesis cumple con todos los objetivos planteados, constituyéndose en un instrumento útil para mejorar el aprendizaje y las destrezas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Existe la necesidad del profesional de poner en práctica sus conocimientos en el parque automotor, como aporte a la sociedad y al desarrollo del país.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Repotenciar un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDI a través de la adaptación de un sistema de bomba de alta presión y riel común, para la implementación en el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de ingeniería automotriz.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Conocer y estudiar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica CRDI y las innovaciones que se pueden hacer a los distintos bancos de pruebas en función del estado actual del ARTE.

Evaluar el estado actual del banco de pruebas del laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz y determinar las correcciones requeridas para diseñar el sistema de control de presión del sistema CRDI.

Ensamblar y efectuar la puesta a punto del banco de pruebas.

Realizar las diferentes pruebas, mediciones con sus respectivas guías de práctica.

Analizar el beneficio costo de la implementación del sistema de control de presión.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistema de inyección diésel

**2.1.1** *Principio de funcionamiento de los sistemas de inyección diésel.* Los motores diésel requieren de un sistema de inyección, que aporten con la presión, volumen y caudal necesario de combustible para inyectar al cilindro con gran exactitud posible para permitir la combustión y generar la potencia requerida.

Para obtener una excelente y correcta preparación de la mezcla, el sistema inyecta combustible según el tipo de inyección incorporados en los vehículos ya sea (inyección directa o indirecta) con presiones que oscilan entre los valores de 200 – 2500 bares, perfectamente dosificado con máxima precisión y presión posible, la tendencia en vehículos industriales y de turismo es disponer de una regulación electrónica diésel para mejorar el rendimiento y reducir la expulsión de gases contaminantes.

El ángulo de avance a la inyección se determina en el punto muerto superior cuando comienza la inyección y se mide en grados de ángulo de giro del cigüeñal. Para un motor diésel rápido este avance puede oscilar en un orden de 30 a 40 grados, estos grados de avance a la inyección varía en función del régimen de giro del motor.

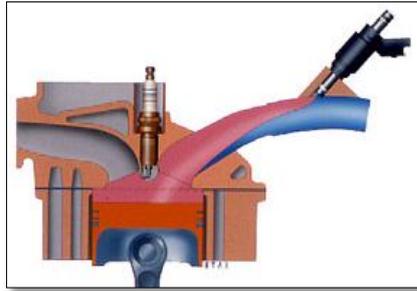
#### 2.2 Clasificación de los sistemas de inyección diésel

Dentro de los sistemas de inyección diésel, según el lugar dónde inyecta el combustible existen dos tipos:

- Inyección directa
- Inyección indirecta

**2.2.1** *Inyección directa.* La inyección directa obtiene una mayor eficiencia y reduce el consumo de un 20% y emitir menos emisiones de gases contaminantes. En este sistema el inyector entrega el combustible presión que oscila alrededor de los 700 bares.

Figura 1. Inyección directa diésel



Fuente: [http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi\\_00/0primera/sumario2.asp](http://www.km77.com/marcas/peugeot/motorhpi_00/0primera/sumario2.asp)

Dentro de los motores diésel de inyección directa existen tres tipos de sistemas que son:

**2.2.1.1** *Mediante bomba de inyección.* La bomba de inyección diésel es un elemento de extrema precisión el que aumenta la presión de combustible, dosificar la cantidad de combustible suministrado al motor y mediante la sincronización regular las velocidades máximas y mínimas en el motor (SUAREZ, 2012).

**2.2.1.2** *Sistema inyector bomba.* También llamado inyector unitario, el sistema integra en un solo cuerpo la bomba y el inyector dispuestos individualmente para cada cilindro. El inyector bomba proporciona una mayor potencia que oscila entre los 2000 bares.

**2.2.1.3** *Sistema common rail.* Es un sistema de control electrónico de combustible para motores diésel. En este sistema la generación de presión y la inyección se realizan por separado independientemente del régimen de giro del motor.

**2.2.2** *Inyección indirecta.* En esta inyección el cilindro dispone de una pre cámara de combustión ubicado en la culata del motor que permite mezclar el aire de la admisión con el diésel finamente pulverizado antes de ingresar a la cámara de combustión.

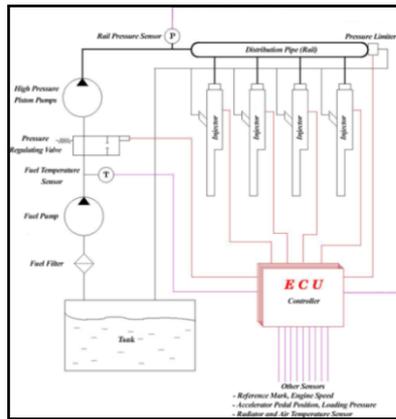
### **2.3 Introducción a los sistemas de inyección diésel CRDI**

La aplicación de la inyección en motores diésel ha logrado la invención de un nuevo sistema electrónico CRDI que se traduce como Inyección Directa de Riel Común, su objetivo principal es promover la innovación técnica mejorando las características de los sistemas de inyección anteriores incorporando sensores y actuadores de altas prestaciones electrónicas generando mayor precisión, y funcionalidad.

## 2.4 Inyección diésel CRDI

**2.4.1** *Definición y funcionamiento general del sistema de inyección CRDI.* La inyección de combustible Common Rail o conducto común es un sistema electrónico para motores diésel de inyección directa. (CORAL, 2013 p. 10)

Figura 2. Inyección directa common rail

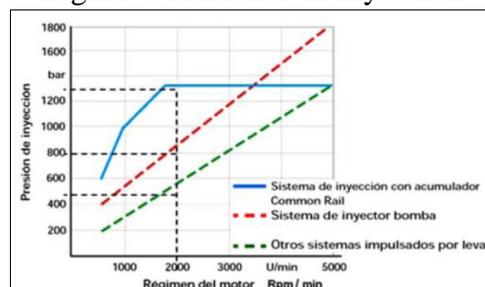


Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail#mediaviewer/.png>

En ralentí y en carga baja, las bajas presiones oscilan entre los 200 bares. En plena carga, las elevadas presiones de inyección aproximadamente de 1300 a 1600 bares para sistemas CRDI de 1<sup>ra</sup> generación, 1750 bares para las 2<sup>ra</sup> generación y entre 2050 bares para la 3<sup>ra</sup> generación aseguran así la atomización del combustible (ALARCON, 2007 p. 12).

**2.4.2** *Generación de presión del sistema CRDI.* La presión de inyección es generada mediante una bomba de alta presión que se encuentra accionada continuamente por el motor, la bomba mantiene la presión en el riel independientemente del número de revoluciones que presente el motor y del caudal de inyección. (CORAL, 2013 p. 12).

Figura 3. Presiones de inyección



Fuente: [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf)

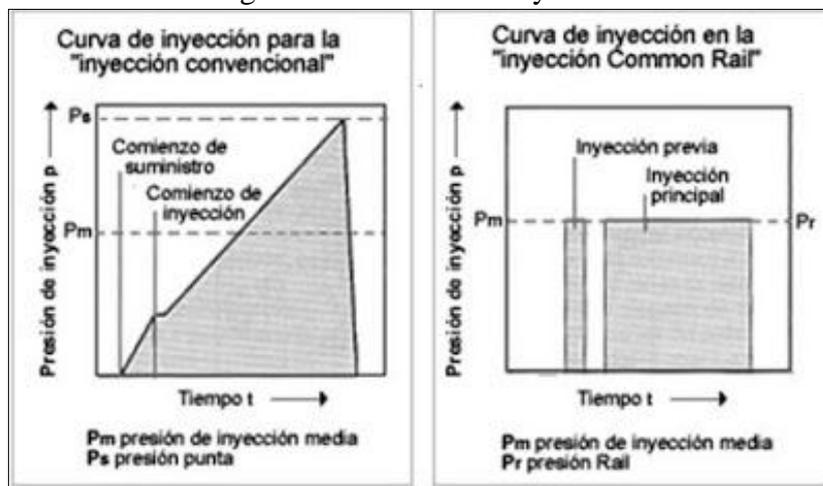
**2.4.3 Regulación de la presión en el sistema CRDI.** Este sistema utiliza ciertos procesos de regulación de presión que son los siguientes (CORAL, 2013 p. 13).

**2.4.3.1 Regulación en el lado de alta presión.** La regulación de la presión deseada en el conducto común para este sistema se realiza con una válvula reguladora de presión del lado de alta presión. El combustible innecesario para la inyección retorna al circuito de baja presión a través de la válvula reguladora de presión. (CORAL, 2013 p. 13).

**2.4.3.2 Regulación del caudal del lado de aspiración.** Otro tipo de regulación existente de la presión del conducto común es la regulación de caudal del lado de aspiración. Mediante una válvula limitadora de presión evita que haya un incremento de la presión en el conducto común en caso de avería. (CORAL, 2013 p. 13).

**2.4.4 Inyección de combustible.** En el Common Rail los inyectores inyectan el combustible en la cantidad necesaria y con la presión adecuada directamente en la cámara de combustión del motor. El tiempo de apertura del inyector y la presión del sistema determinan el volumen de combustible aportado. (CORAL, 2013 p. 14).

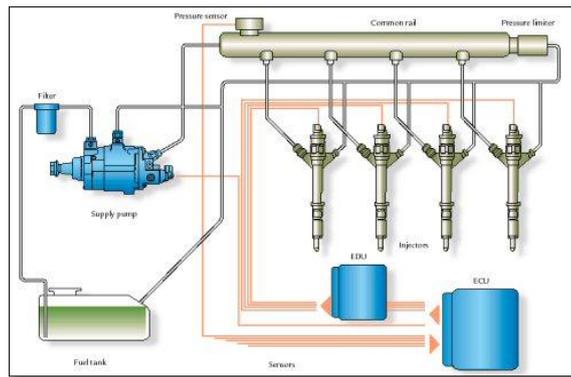
Figura 4. Presiones de inyección



Fuente: [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf)

**2.4.5 Sistema de alimentación. CRDI.** La alimentación de combustible se lo hace por separado, introduciendo el aire en el cilindro perfectamente filtrado y comprimido a una presión de 500 Psi en la cámara de combustión, para luego introducir el combustible a gran presión, los cuales se mezclan en el interior de la cámara de combustión produciendo la combustión de esta mezcla. (CORAL, 2013 p. 15).

Figura 5. Presiones de inyección



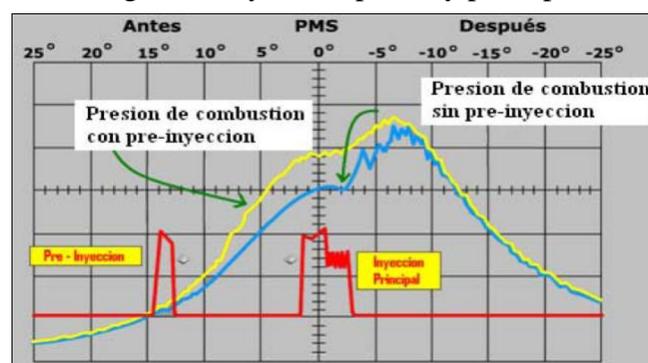
Fuente: <https://www.bolido.com/2011/02/que-es-el-common-rail/>

## 2.5 Proceso de inyección del sistema CRDI

**2.5.1 Inyección previa.** En la preinyección una pequeña cantidad de combustible es inyectada dentro del cilindro y tiene un volumen que oscila entre 1- 4 mm<sup>3</sup>, se produce en el cilindro hasta 90° antes del PMS (ALARCON, 2007 p. 8).

**2.5.2 Inyección principal.** Es la responsable de la energía de trabajo, su inicio se obtiene pocos grados antes, durante o después del PMS. El volumen que proporciona el inyector en la inyección principal oscila entre 0,1 cm<sup>3</sup>, el combustible a alta presión se inflama y crea una expansión con la fuerza máxima de trabajo. (ALARCON, 2007 p. 8).

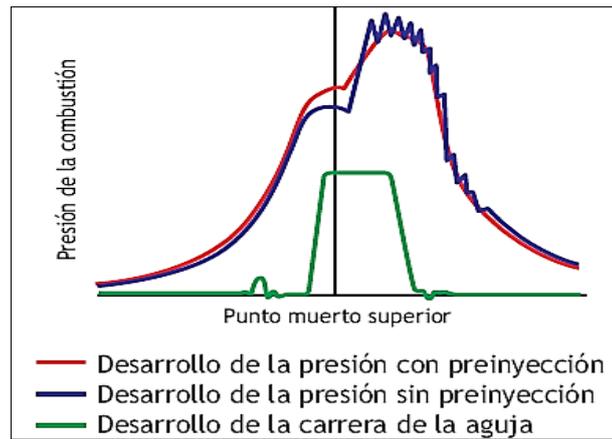
Figura 6. Inyección previa y principal



Fuente: [dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf)

**2.5.3 Inyección posterior.** Luego de la inyección principal aparece la inyección posterior durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta 200° de giro del cigüeñal después del PMS. (ALARCON, 2007 p. 9). La post inyección de combustible se da para disminuir la presencia de gases contaminantes tales como el óxido de nitrógeno.

Figura 7. Curva de presión de inyección

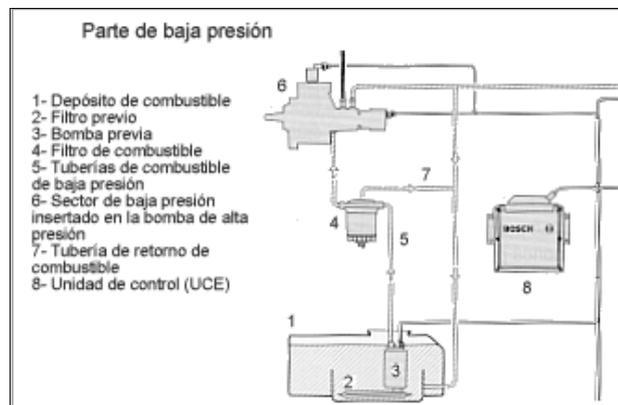


Fuente: <http://es.slideshare.net/hcesar85/manual-sistemasdeinyeccion>

## 2.6 Subsistemas de la inyección diésel CRDI

**2.6.1 Circuito de baja presión.** En este circuito se aspira el combustible del tanque por medio de una bomba de suministro previo, haciendo que el combustible pase por las líneas al circuito de alta presión (CORAL, 2013 pág. 28).

Figura 8. Circuito de baja presión

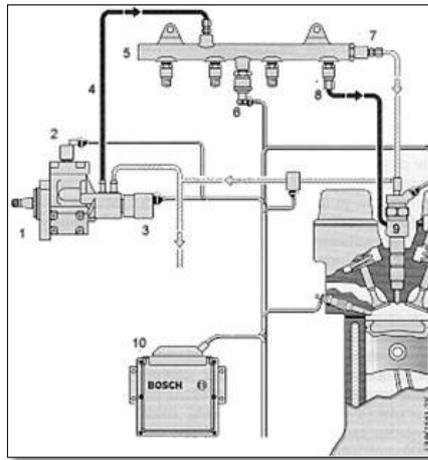


Fuente: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

**2.6.1.1 Bomba de suministro previo.** La bomba de suministro previo puede ser una electrobomba de combustible con filtro o en su defecto una bomba de combustible de engranajes.

**2.6.2 Circuito de alta presión.** En el circuito de alta presión el combustible pasa a través de un filtro hacia la bomba de alta presión que lo fuerza dentro del riel de inyectores generando una presión que oscila los 1750 bares. (CORAL, 2013 pág. 31).

Figura 9. Sistema de alta presión



Fuente: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

El circuito de alta presión del sistema CRDI se compone de:

- Bomba de alta presión.
- Acumulador de alta presión.
- Inyectores de alta presión.
- Tuberías de alta presión

**2.6.2.1 Bomba de alta presión.** El combustible es forzado por medio de la bomba de suministro previo al interior de la cámara de la bomba de alta presión a través de una válvula de seguridad. (CORAL, 2013 pág. 32).

**2.6.2.2 Acumulador de alta presión.** La principal función es almacenar el combustible para abastecer a los inyectores sin que se produzca descensos de presión. Además amortigua las pulsaciones que se producen a la salida de la bomba de alta presión y la toma de combustible durante la inyección (ALARCON, 2007 pág. 17).

**2.6.2.3 Inyectores de combustible.** La misión es inyectar en la cámara de combustión el combustible necesario, en la cantidad adecuada y en el momento preciso para producir la inyección. La activación de los inyectores es comandado por señales emitidas desde la ECU. (CORAL, 2013 pág. 16).

**2.6.2.4 Tuberías de alta presión.** Soportar la presión del sistema y las oscilaciones de presión que se producen durante los procesos de inyección. (ALARCON, 2007 pág. 19).

## **2.7 Ventajas del sistema CRDI**

**2.7.1** *Excelente desempeño y eficiencia de combustible.* Estas son las principales características que presenta el combustible.

- Al no existir un mecanismo mecánico que rija cuando se debe inyectar el combustible, se puede elegir libremente cuando inyectar, incluso se puede realizar varias inyecciones en mismo ciclo.
- Permite el control individual del avance de tiempo de inyección y el flujo de combustible optimiza el control perfecto de la combustión sobre una base de cilindro.
- El grado de libertad en el momento de avance o retraso de la inyección es mucho más grande respecto a los sistemas de inyección convencionales
- El control de la inyección es totalmente electrónico (CORAL, 2013 pág. 2).

**2.7.2** *Bajo nivel de emisiones y ruido.* Las condiciones que plantea este parámetro se detallan a continuación.

- Responde a todos los reglamentos mundiales sobre emisiones contaminantes
- Los inyectores se encuentran ubicados en forma vertical central.
- Con el sistema Common Rail es posible obtener la inyección piloto.
- Mejor rendimiento y disminución de ruido (ALARCON, 2007 pág. 11).

## **2.8 Clasificación de los sistemas de inyección diesel CRDI**

Hecho un análisis correspondiente en el parque automotor del Ecuador se encuentran sistemas de inyección diésel (CRDI) incorporados en distintos motores de diferentes marcas de vehículos.

**2.8.1** *Sistema de inyección CRDI Bosch.* Ofrece flexibilidad del sistema de inyección del motor, en comparación con los sistemas propulsados por levas, sistema que es utilizado en vehículos de marcas como: Toyota, Mitsubishi, Mazda, Nissan.

**2.8.2** *Sistema de inyección CRDI Denso.* Este sistema es utilizado por marcas de vehículos como Toyota, Mitsubishi, Mazda, Nissan, Ford, Citroën y Peugeot.

**2.8.3** *Sistema de inyección CRDI Delphi.* Este sistema está constituido por una bomba de alta presión en la cual viene incorporado la bomba de transferencia. Además tiene integrada en la bomba una válvula reguladora de caudal (CORAL, 2013 pág. 41).

## **2.9 Bombas de alta presión de los sistemas CRDI**

**2.9.1** *Bomba de alta presión Bosch.* La función de la bomba es de aportar un volumen suficiente de combustible comprimido en todos los parámetros de funcionamiento. (CORAL, 2013 pág. 56).

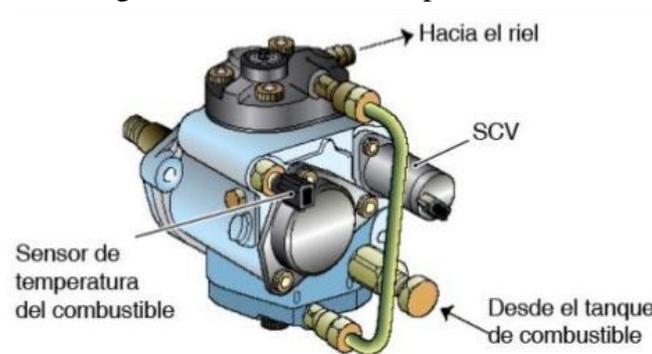
Figura 10. Bomba de alta presión



Fuente: [dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

**2.9.2** *Bomba de suministro Denso.* El cuerpo de la bomba compuesta por una leva excéntrica, leva anular y émbolos. Los dos émbolos están colocados verticalmente en la leva anular exterior para obtener una mayor compacidad. (CORAL, 2013 pág. 65).

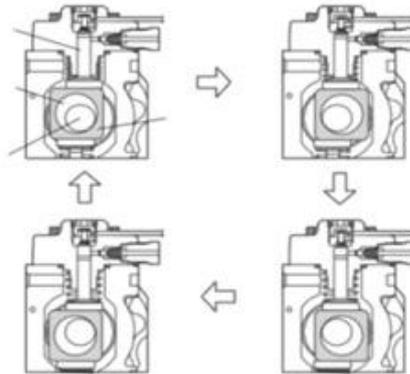
Figura 11. Bomba de alta presión SCV



Fuente: <http://es.slideshare.net/tquisant/sistema-de-inyeccion-common-rail-promcytec>

**2.9.2.1 Estructura de la bomba de suministro.** La leva excéntrica está formada en el eje impulsor. La leva excéntrica está conectada a la leva anular. Cuando gira el eje impulsor la leva excéntrica también gira de manera excéntrica, mientras que la leva anular tiene un movimiento de arriba hacia abajo mientras gira. La válvula de succión y el embolo están conectados a la leva anular. (CORAL, 2013 pág. 65).

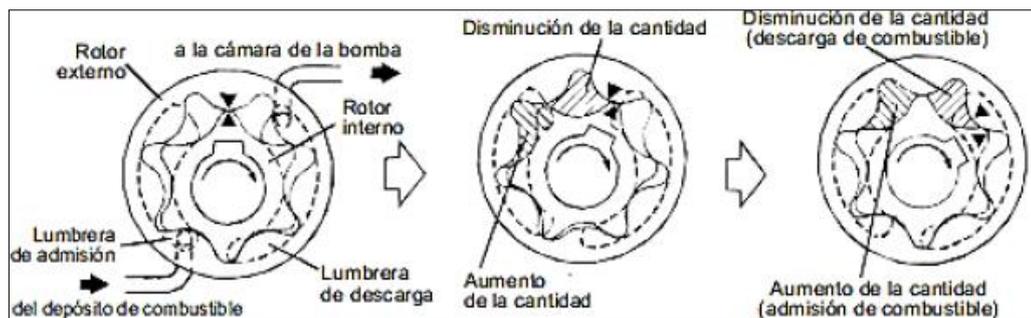
Figura 12. Estructura de Bomba de alta presión SCV



Fuente: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

**2.9.2.2 Válvula de control de aspiración SCV.** El sistema CRDI Denso ha incorporado una válvula de control de aspiración tipo solenoide lineal. La ECU controla el porcentaje de servicio que es el tiempo en el que se aplica la corriente a la válvula SCV con el fin de regular la cantidad exacta de combustible que debe suministrarse al embolo sometido a alta presión. (CORAL, 2013 pág. 66).

Figura 13. Funcionamiento de Bomba de alta presión SCV



Fuente: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

**2.9.3 Bomba de alta presión Delphi.** La bomba de alta presión del sistema de inyección CRDI Delphi también lleva el concepto de la leva y de los pistones radiales que las bombas de alta presión rotativas. Sin embargo, el eje de transmisión y el anillo de leva forman un solo conjunto (CORAL, 2013 pág. 41).

Figura 14. Bomba de alta presión Delphi



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/sistemascommonrail.html>

## 2.10 Sensores del sistema CRDI

2.10.1 *Sensor de presión de combustible de riel.* El sensor tiene dos denominaciones:

- ICP: Sensor de control de la presión de inyección.
- FRP: Sensor de presión en el riel.

Este sensor está anexo al riel y en contacto con el combustible su función es monitorear la presión en riel cada instante con velocidad y precisión. (AUGERI, 2011):

- Positivo de alimentación de 5 V.
- Señal a la ECU.
- Masa de sensor (AUGERI, 2011).

Figura 15. Sensor de presión del riel estructura



Fuente: [www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).

Si los valores de señal de este sensor se encuentran debajo de los 0,3 V o es mayor a 4,76 V el sistema entrara en fase de emergencia entonces todo el sistema entrara en fase de emergencia y la presión de combustible en el riel será constante de 400 bares el cual será proporcionado por la electroválvula de la bomba, por seguridad la EGR no funcionara y el motor no pasara de 3000 rpm.

Tabla 1. Valores de voltaje de acuerdo a la carga del motor y presión del riel

Denominación	Presión (Bar)	Voltaje (V)
Contacto dado	0	0,5
Ralentí	300	1,2
3000	600	2,0
Plena carga circulando	1300	4,3

Fuente: [www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).

**2.10.2** *Sensor de temperatura del refrigerante.* De tipo NTC está en contacto con el líquido refrigerante. Es alimentado con 5 V con el motor caliente este voltaje varía entre 0,85 - 1,5 V, y cuando esta frío varía entre 3,5 V - 4,5 V (RUEDA, 2005 pág. 84)

**2.10.3** *Sensor de temperatura de combustible.* De tipo NTC se encuentra en contacto con el carburante, se ubicada en el riel o en la línea de retorno e informa de la temperatura del combustible. Es alimentado con 5 V y dispone de una resistencia de 2600  $\Omega$ . con temperaturas entre 18° y 20 °C (RUEDA, 2005 pág. 85).

Figura 16. Sensor de temperatura de combustible



Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion\\_electronica\\_diesel3.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel3.htm)

## 2.11 Actuadores principales del sistema CRDI

- Inyectores hidráulicos de mando electromagnético, o piezoeléctrico.
- Regulador de presión del raíl.
- Regulador de caudal de entrada a la bomba de alta presión.
- Válvula EGR.

**2.11.1** *Inyectores Bosch.* Estos inyectores trabajan con voltajes que oscilan entre 70 y 80 V y con corrientes que van desde los 12 a los 20 A, trabajan con rangos de presión que van desde los 220 a 1350 bares en condiciones normales (CORAL, 2013 pág. 63).

**2.11.1.1 Inyectores electromagnéticos.** Estos inyectores pueden trabajar hasta con presiones de 2000 bares, utilizan tensiones y corrientes elevadas para tener un funcionamiento en tiempos relativamente cortos

Figura 17. Inyector Common Rail Bosch



Fuente: [dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf)

**2.11.1.2 Inyectores piezoeléctricos.** La característica principal que los hace diferentes a los electromagnéticos es que se accionan cinco veces más rápido que los inyectores electromagnéticos y no se necesita de un elemento mecánico. (AUGERI, 2010).

Se activa al enviar una tensión de 70 V en 0,2 milisegundos hacia las placas dando inicio a la apertura del inyector para generar una preinyección, en las placas se eleva a una tensión de 140 V y una corriente de carga de 7 A, durando este proceso de elevación de corriente y tensión 0,2 milisegundos, esto hace que la aguja del inyector se separe 0,03 mm llegando a producir la inyección principal.

Figura 18. Inyector piezoeléctrico



Fuente: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/140html>

**2.11.2 Inyectores Delphi.** Trabajan con presiones que van desde los 200 a 1600 bares, son de tipo electromagnético de un diámetro aproximado de 17 mm y de resistencia de 0,2  $\Omega$ , son activados con una tensión de 12 V y una corriente de apertura de 12 A para su apertura y 6 A de corriente para mantenerlo abierto (CORAL, 2013).

Figura 19. Inyector Delphi



Fuente: <http://kookoodieselpower.en.ecplaza.net/delphi-common- html>

**2.11.2.1 Inyector Denso.** Disponen de una resistencia de 0,8 a 1  $\Omega$  con tiempos de inyección de 0,4 a 1,5 milisegundos, tiempos en los cuales se ha producido la preinyección e inyección principal hasta alcanzar las 3000 rpm (CORAL, 2013).

Figura 20. Inyector Denso



Fuente: <http://www.mp-mocca.com.ar/inyectores-common-rail-galeria.htm>

**2.11.3 Válvula reguladora de presión y caudal.** Existen dos tipos de válvulas que pueden incorporarse en la bomba de alta presión y en el riel. (AUGERI, 2011).

- La válvula IPR.
- La válvula SCV.

**2.11.3.1 Válvula IPR.** Estas válvulas se pueden ubicar en el riel o en la bomba de alta presión. La ECU recibe señales del sensor de presión del riel, y esta envía una señal hacia la válvula reguladora de presión, esta al recibir la señal de la ECU direcciona y deja escapar el fluido hacia la línea de retorno (AUGERI, 2011).

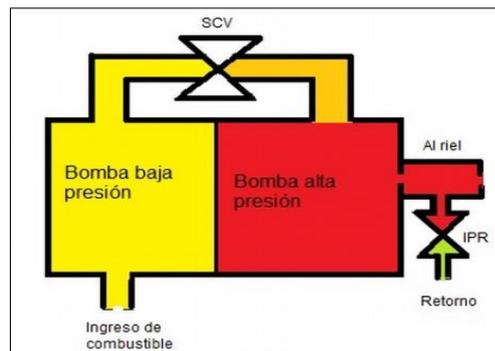
Figura 21. Válvula reguladora de presión IPR.



Fuente: <http://blogdeautomoviles.com/common-rail-valvula-reguladora-de-la-presion/>

**2.11.3.2 Válvula SCV.** Existen de dos tipos, un tipo de válvula SCV de tipo normalmente abierta y de tipo normalmente cerrada, en este tipo de válvulas al energizarle en forma eléctrica, se abrirá al máximo, permitiendo el ingreso de diésel llegando a obtener una presión máxima, si la presión es alta en el riel, la válvula SCV se cierra y desvía parte del combustible hacia el depósito, esta válvula se energiza con 12 V la válvula es controlada activación positivo dado por la ECU (AUGERI, 2011).

Figura 22. Disposición de válvulas IPR y SCV



Fuente: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/492-comprobadorail.html>

## 2.12 Optimización del control electrónico de presión en los bancos de prueba

La optimización del control electrónico se brinda para todo tipo de inyectores ya sean de tipo inductivos o piezoeléctricos los cuales se energiza la electroválvula de activación para el funcionamiento del inyector y determinar si se encuentra en buen estado o tiene alguna falla. (LA CASA DEL MECÁNICO, 2005).

Figura 23. Fuente de control de inyectores CRDI.



Fuente: <http://www.lacasadelmecanico.com.ar/herramienta/429-cr-101>

**2.12.1 Comprobador CRDI CRS 300.** Este probador para bombas de alta presión CR proporciona la señal deseada para conducir el solenoide en la bomba que se está probando. El banco de pruebas CRS 300 se puede utilizar para el control de distintas

bombas de alta presión como: Bosch, Delphi, Siemens, Denso. Puede también probar inyectores electromagnéticos y piezoeléctricos. Puede probar 6 inyectores Common Rail a la misma vez sus características se indican a continuación. (LOTO, 2013).

- Ciclo ajustable de trabajo para la señal de conducción.
- Medida de presión y pantalla LCD del Common Rail. (LOTO, 2013)

Figura 24. Banco probador de inyectores diesel



Fuente: [http://www.lotomaq.com/index.php?option=com\\_content&view=article=26](http://www.lotomaq.com/index.php?option=com_content&view=article=26)

**2.12.2** *Probador Common Rail MT 300.* El MT 300 indicado en GLOBALTECH es un banco diseñado para el acondicionamiento de los sistemas de inyección Common Rail a continuación se indica sus características. (GLOBALTECH, 2007).

Tabla 2. Especificaciones técnicas de Probador Common Rail MT 300

Denominación	Características
Producto	I-CRDI
Modelo	MT- 3000
Mecanismo	Digital
Display	2 x 3 FND, 9 led
Alimentación	AC 220
Salida	2 Ch, DC 0-200 V
Tipos de inyector	Bosch, Delphi, Siemens, Denso, Piezoeléctricos
Presión de ingreso	4 bares
Presión máx. de salida	800 bares
A. de funcionamiento	10- 0 farh.
Fusible	220 V , 10 A
Peso neto	65 kg
Dimensiones(mm)	550 x 41 x 800

Fuente: <http://www.globaltech-car.com/detalle.php?idprd=114>

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y DISEÑO

Para la implementación del equipo probador de inyectores CRDI se realizó una valoración previa de los componentes del banco facilitados, se obtuvo los datos de estos elementos, y a partir de estos datos se seleccionó los componentes que presenten parámetros de funcionamiento similares a las que se tienen como punto de partida para obtener un banco con la capacidad de comprobar inyectores CRDI de tipo Bosch, Denso y Delphi y bombas de alta presión Denso.

#### 3.1 Análisis del estado del banco de pruebas

El propósito fue incorporar ciertos elementos que ayudaron a optimizar su funcionamiento, este banco servirá para comprobaciones técnicas de inyectores CRDI y será implementado en los laboratorios de la Escuela, se planteó la repotenciación del banco de pruebas como trabajo de graduación el cual es objeto de realización.

Figura 25. Banco de pruebas de inyección Diesel.



Fuente: Autores

Se hizo una inspección visual del banco llegando a determinar que ciertos elementos se encuentran en mal estado.

**3.1.1** *Estado de la estructura del banco.* Se observó que la estructura base del banco de pruebas se encontraba en condición regular ya que su estado físico se encontró con pequeñas hendiduras y fallas en la pintura, además se encontró sin la puerta frontal que cubre al motor eléctrico y al sistema de alimentación de combustible.

Figura 26. Estado de la estructura del banco



Fuente: Autores

**3.1.2** *Estado del manómetro.* El manómetro del banco no presentaba daño alguno, ya que su funcionamiento fue mínimo, una característica que presentaba este elemento es su valor de control para la presión llegando tan solo a marcar 2000 psi, para la repotenciación se verificó si el manómetro es el adecuado ya que con la incorporación de la bomba el valor de la presión oscilara entre 250 y 2000 bares.

Figura 27. Manómetro de presión



Fuente: Autores

**3.1.3** *Estado del motor eléctrico.* Con potencia de 3 kW se encontró en estado físico regular ya que no contaba con el cobertor de cables de conexión, el funcionamiento eléctrico del motor fue el correcto para el accionamiento de los elementos del banco.

Figura 28. Motor eléctrico



Fuente: Autores

**3.1.4** *Estado del variador de frecuencia.* Este elemento se encontró en mal estado, su funcionamiento es deficiente ya que no controlaba la frecuencia de funcionamiento del motor eléctrico al mismo tiempo que se debió asesorar con un técnico electrónico para la repotenciación del mismo.

Figura 29. Variador de frecuencia



Fuente: Autores

**3.1.5** *Estado del interruptor de encendido del motor eléctrico.* Este elemento se encontró en buen estado, su funcionamiento es correcto y óptimo.

Figura 30. Interruptor de encendido



Fuente: Autores

**3.1.6** *Estado de los inyectores.* El banco no presentaba inyectores, simplemente disponía de seis acoples de pulverización para inyectores, su funcionamiento no fue verificado y se encuentra en el mismo estado en el que se adquirió ya que fueron sustituidos por inyectores electrónicos objetivo principal de nuestra tesis.

Figura 31. Porta inyectores



Fuente: Autores

**3.1.7** *Fuente de poder del banco.* Este elemento no presentaba daño alguno ya que controlaba de manera adecuada los valores de voltaje entregado al elemento de control.

Figura 32. Fuente de poder



Fuente: Autores

**3.1.8** *Cañerías de conexión de alta presión.* El banco presentaba cinco cañerías rígidas de alta presión hacia los inyectores, las mismas que se encontraban en estado deficiente, las cañerías fueron verificadas para saber si podían ser un aporte en la repotenciación de nuestra tesis.

Figura 33. Cañerías de conexión



Fuente: Autores

**3.1.9** *Bomba eléctrica de combustible.* Este elemento que presentaba el banco probador de inyectores mecánicos se encontraba deteriorado totalmente el mismo que fue retirado del banco y sustituido por uno en perfectas condiciones de funcionamiento.

Figura 34. Bomba de combustible



Fuente: Autores

**3.1.10** *Sistema de alimentación de combustible.* Este sistema disponía de dos elementos filtrantes que se encontraban en condiciones favorables de funcionamiento, además contaba con líneas de abastecimiento de combustible.

Figura 35. Filtro primario



Fuente: Autores

**3.1.11** *Placa de control electrónica.* Se comprobó que los sistemas electrónicos se encontraban fuera de funcionamiento, fueron verificados por un técnico electrónico para su readecuación pero no funcionaron por lo que se rediseñó en su totalidad.

Figura 36. Placa de control electrónica



Fuente: Autores

### 3.2 Uso de la placa de control para inyectores electrónicos.

El generador de pulsos para la activación de los inyectores del sistema CRDI, es un elemento principal en el funcionamiento del banco probador, su incorporación ayuda a probar inyectores electrónicos de tipo Bosch, Delphi y Denso y determinar el estado de los mismos para luego realizar las acciones correctivas en los inyectores.

Figura 37. Banco probador de inyectores diésel



Fuente: Autores

**3.2.1 Estado de la placa de control.** El elemento de control del banco de pruebas se compone de tres elementos que se detalla a continuación:

- Placa de control.
- Placa elevadora de voltaje.
- Placa de etapa de potencia.

Figura 38. Placa de control



Fuente: Autores

Se realizó una prueba de trabajo y se verificó que su funcionamiento es óptimo, el cual permite la activación de los tres tipos de inyectores electrónicos Bosch, Denso Delphi.

En la siguiente tabla se indica los componentes del banco, también se determina su estado inicial y sus respectivas acciones a realizar para la repotenciación del equipo.

Tabla 3. Análisis de estado de elementos del banco

<b>Componente</b>	<b>Estado</b>	<b>Acción</b>
Estado de la estructura del banco	Regular	Dar mantenimiento y agregar elementos.
Estado del manómetro	Bueno	Sustitución por uno de mayor medición
Estado del motor eléctrico	Regular	Dar mantenimiento y agregar elementos
Estado del variador de frecuencia.	Malo	Arregló por un técnico electrónico
Interruptor de encendido del motor	Bueno	Realizar mantenimiento preventivo
Estado de los porta inyectores	Malo	Sustitución por inyectores electrónicos
Fuente de poder del banco	Bueno	Dar mantenimiento preventivo
Cañerías de conexión	Malo	Sustitución por cañerías de alta presión
Bomba eléctrica de combustible	Malo	Implementación de la bomba de alta presión
Elementos filtrantes	Regular	Generar un mantenimiento preventivo
Placa de control electrónica	Malo	Sustitución por nuevos circuito
Circuito de control de inyectores	Bueno	Realizar mantenimiento preventivo

Fuente: Autores

### 3.3 Selección de elementos para la repotenciación del banco de pruebas

Para obtener la repotenciación más óptima del banco de pruebas de inyectores diesel CRDI con una bomba de inyección de alta presión tipo Denso HP3 22100-0L020, que debe cumplir con todos los parámetros de seguridad exigidos para la funcionalidad y manipulación de este tipo de equipos. De los datos técnicos que se obtuvieron del banco y considerando el tipo de bomba a incorporar para su correcto funcionamiento fue el punto de partida para la repotenciación del equipo.

Tabla 4. Datos técnicos iniciales del banco.

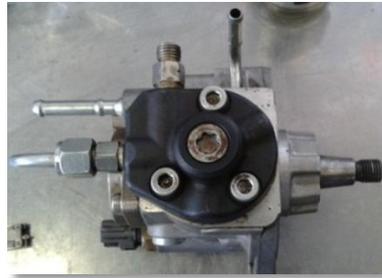
<b>Denominación</b>	<b>Características</b>
Potencia del motor de corriente alterna	3 kW
Eficiencia del motor	80,1%
Velocidad nominal de giro del motor	3420 rpm
Tipo de bomba de inyección	Denso HP3
Factor de seguridad mínimo requerido	3

Fuente: Autores

**3.3.1 Bomba de alta presión.** Es el elemento encargado de suministrar la presión necesaria para el funcionamiento de los inyectores. Este componente es accionado por

el motor eléctrico consumiendo una potencia que oscila los 3,7 kW, lubricada con el combustible de funcionamiento.

Figura 39. Bomba Denso HP3



Fuente: Autores

Para el correcto funcionamiento del banco de pruebas se adquirió una bomba de alta presión CRDI, que cumple con las especificaciones estándares del motor eléctrico siendo totalmente compatibles a continuación se detallan sus características técnicas.

Tabla 5. Datos técnicos de bomba Denso HP3

Denominación	Características
Marca	Denso
Numero de combinación	CR/DRV/F/W/10S
Bomba de inyección	HP3 22100-0L020 / SM29400_0352
Voltaje de activación de SCV	12 V
Amperaje de activación de SCV	1.6 A
Caudal a 1000 rpm	1.0 l/h
Potencia	60 kW

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/235183096/HILUX-3-0-16V-DENSO-HP3#scribd>

**3.3.2 Inyectores.** Para la repotenciación del banco de pruebas se seleccionó tres tipos de inyectores los cuales son activados por un generador de pulsos electrónicos y la presión de la bomba de inyección.

- Inyector electrónico Bosch

Figura 40. Inyector Bosch



Fuente: Autores

Tabla 6. Datos técnicos de inyector CRDI Bosch

Denominación	Características
Marca	Bosch
Serie	0445110 254
Resistencia	0.5 – 0.8 $\Omega$
Voltaje	70 -80 V
Amperaje	12 A apertura 20 A mantenimiento
Presión de apertura	220 Bar
Presión máxima	1350 Bar

Fuente: [http://es.slideshare.net/Henriquecarvalhob/tabela- -rail-bosch-denso-siemens](http://es.slideshare.net/Henriquecarvalhob/tabela--rail-bosch-denso-siemens)

- Inyector electrónico Denso 5226 04L 00672

Figura 41. Inyector Denso



Fuente: Autores

Tabla 7. Datos técnicos de inyector CRDI Denso

Denominación	Características
Marca	Denso
Serie	5226 04L 00672
Resistencia	0.8 – 1 $\Omega$
Voltaje	5 V
Amperaje	12 A apertura 20 A mantenimiento
Presión de apertura	200 Bar
Presión máxima	1800 Bar

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf>

- Inyector electrónico Delphi.

Figura 42. Inyector Delphi



Fuente: Autores

Tabla 8. Datos técnicos de inyector CRDI Delphi

Denominación	Características
Marca	Delphi
Serie	E JBR03301D 2807CE09W04
Resistencia	0.2 $\Omega$
Voltaje	12 V
Amperaje	12 A apertura 6 A mantenimiento
Presión de apertura	250 Bar
Presión máxima	1800 Bar

Fuente: Autores

**3.3.3 Riel Común.** Encargado de almacenar el combustible a alta presión entregado por la bomba para ser enviado a los inyectores, los mismos que inyectan el combustible para el funcionamiento del sistema. Este elemento incorpora una válvula de descarga de presión de combustible que ayudó a estabilizar la presión para el funcionamiento del banco de pruebas.

Figura 43. Riel de inyectores



Fuente: Autores

**3.3.4 Tanque de combustible.** Almacena el combustible para el funcionamiento del sistema. Este componente es el encargado de mantener la alimentación de combustible a los distintos elementos que compone el banco de pruebas.

Figura 44. Tanque de combustible



Fuente: Autores

Tabla 9. Datos técnicos de depósito Frio 407C

Denominación	Características
Marca	Climalife Galco
Peso	1,6 Kg
Presión para derivados de petróleo	200 Psi

Fuente: Autores

**3.3.5 Filtros de combustible.** Son componentes encargados de retener las impurezas encontradas en el combustible para mejorar el rendimiento y vida útil de los componentes del banco de pruebas.

El filtro primario cumple con las especificaciones de filtración micrométrica y decantación de fluidos contaminantes presentes en el combustible, para la filtración del sistema de alimentación del banco de pruebas se selecciona un filtro de elemento AISSA 345

Figura 45. Filtro primario de combustible



Fuente: Autores

Filtro secundario elemento de filtración final adecuado para mantener un flujo óptimo y evitar caídas de presión en el sistema de alimentación.

Figura 46. Niveles de limpieza ISO de la industria en general



Fuente: Sistemas Bulk: Guía de Productos de Filtración a Granel para y Lubricantes

La figura anterior muestra niveles de filtración basados en la norma ISO 14/13/11 para sistemas de combustible, razón por la cual se seleccionó un filtro marca SHOGUM que cumple con las especificaciones requeridas por la norma.

Figura 47. Filtro secundario de combustible.



Fuente: Autores

Tabla 10. Datos técnicos de filtro Shogum

Denominación	Características
Marca	SHOGUM
Filtración	3 – 5 Micrones
Presión de servicio	6 Bar

Fuente: Autores

**3.3.6** *Cañerías de conexión.* La principal función de estos elementos es de fluir el combustible de manera adecuada hacia todos los elementos del banco de pruebas.

Figura 48. Cañerías de alta presión



Fuente: Autores

Tabla 11. Datos técnicos de cañerías de alta presión Bosch

Denominación	Características
Marca	Bosch
Material	Acero
Diámetro exterior	6 mm
Diámetro interior	4 mm
Presión máxima de trabajo	2200 Bar

Fuente: Autores

**3.3.7 Manómetro de presión.** Este componente tiene la función de indicar la presión exacta del combustible en la línea de alta presión, variando los valores de acuerdo a la carga a la que se encuentre sometida el sistema.

Figura 49. Manómetro de presión



Fuente: Autores

Tabla 12. Datos técnicos de manómetro Ashcroft

Denominación	Características
Marca	McAir
Presión	15000 Psi
Temperatura	71 °C

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/ashcroft/dt-600a/7297-281461.html>

### 3.4 Selección de elementos para el soporte de la bomba de alta presión

Los materiales empleados para la construcción del soporte de la bomba de alta presión fueron seleccionados de acuerdo al torque proporcionado por el motor eléctrico y el peso propio de la bomba garantizando gran resistencia y confiabilidad durante el funcionamiento del banco. El material utilizado para el soporte del sistema CRDI es ACERO AISI 1010 laminado en caliente.

**3.4.1 Cálculo de cargas.** Para la repotenciación del banco de pruebas se determinaron las siguientes cargas que debe soportar los elementos funcionales en condiciones normales.

- **Torque transmitido por el motor ( $T_m$ )**

El torque transmitido por el motor viene dado por:

$$PS_m = \eta \cdot PE_m \quad (1)$$

Dónde:

PS<sub>m</sub> = Potencia de salida del motor

PE<sub>m</sub> = Potencia de entrada del motor = 3 kW

ω = velocidad angular = 358,14 rad/s

$$PS_m = 0,801 * 3 \text{ kW}$$

$$PS_m = 2403 \text{ kW}$$

$$T_m = \frac{PS_m}{\omega_m} \quad (2)$$

$$T_m = \frac{2403 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{358,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T_m = 6,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

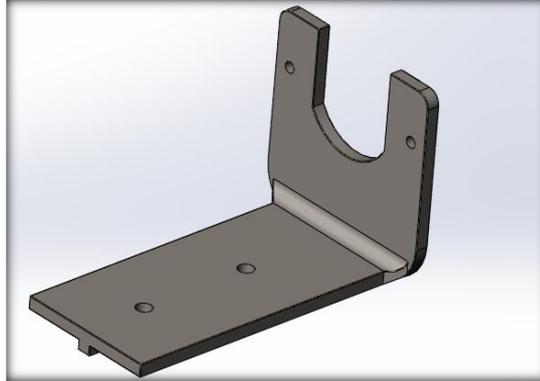
- **Peso de la bomba de alta presión**

Es necesario conocer el peso de la bomba de alta presión para realizar el análisis de los esfuerzos en los elementos que lo soportan, según las características técnicas el peso total de la bomba es de 36,5 N.

**3.4.2** *Diseño y construcción de soporte para la bomba de alta presión.* Para la construcción del soporte principal de la bomba de alta presión se realizó un modelado previo en un software de diseño mecánico.

**3.4.2.1** *Modelado de la base principal para la bomba de alta presión.* En el software SolidWorks se ejecutó el modelado, tomando en cuenta características homologas a las que se ofrecen en el mercado para este tipo de bancos, para las bombas de alta presión marca Denso disponen de dos orificios en su parte frontal y dos sujeciones inferiores para suspender el movimiento axial.

Figura 50. Modelado de base para bomba



Fuente: Autores

**3.4.2.2 Estudio estático de la base para la bomba.** Este tipo de estudio concentra su análisis en las fuerzas que actúan de forma constante sobre la base cuando el banco está en funcionamiento.

Los resultados del análisis se obtuvieron de acuerdo a los parámetros seleccionados tales como material, cargas y sujeciones.

- **Materiales**

La base tiene un espesor de 8 mm la cual debe soportar el peso de la bomba y una torsión del motor eléctrico, esta base se construyó con acero AISI 1010 cuyas propiedades del material se identifican en la tabla 13.

Tabla 13. Características de acero AISI 1010

Material	Límite elástico	Límite de tracción	Densidad
Acero AISI 1010	180 MPa	325 MPa	7870 kg/m <sup>3</sup>

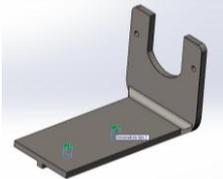
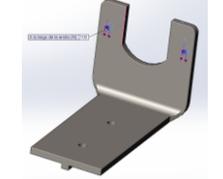
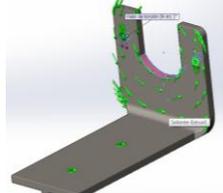
Fuente: Autores

- **Cargas y sujeciones**

Las cargas y sujeciones del elemento presentan una sujeción fija en la guía de bancada, se encuentra sometida a una carga vertical de 36,5 N correspondiente al peso de la bomba en los dos pernos,

Se aplica un torque de 6,7 N.m proporcionados por el motor eléctrico, en la siguiente tabla se indica estos parámetros.

Tabla 14. Asignación de cargas y sujeciones de base para bomba

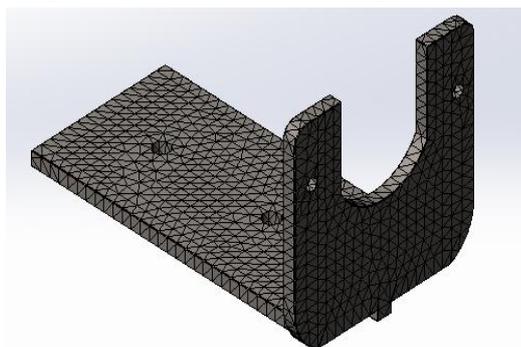
Denominación	Imagen
Fijación 1	
Fuerza 36,5 N	
Torsión 6,7 N/m	

Fuente: Autores

- **Mallado**

De la calidad del mallado dependió la precisión de los datos obtenidos en el software, se utilizó para todos los análisis el mallado automático que proporciona el programa.

Figura 51. Mallado de base para bomba

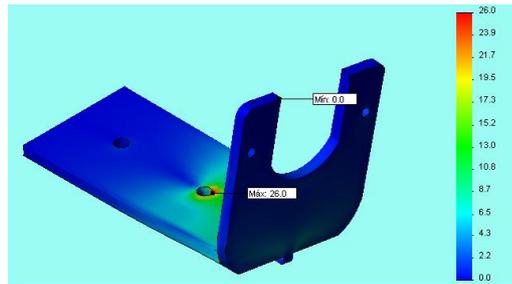


Fuente: Autores

- **Análisis de resultados**

En la figura 52 se muestra los resultados del análisis de la base de bomba sometida a un esfuerzo de Von Mises, donde se indica la distribución de los esfuerzos y el punto de tensión máxima en el primer perno de sujeción con la guía de bancada proporcionando un valor de 26 Mpa, dato que es menor a los 180 Mpa que soporta el acero AISI 1010.

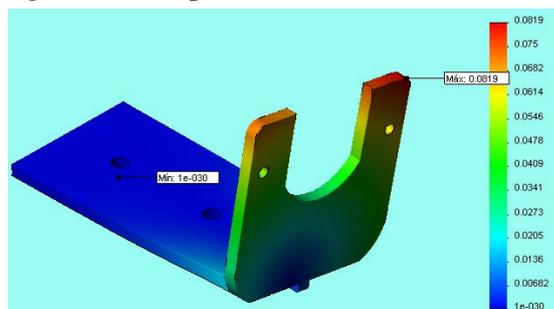
Figura 52. Tensiones en base de bomba



Fuente: Autores

Por los esfuerzos sometidos en la base se produce un desplazamiento máximo de 0,08 mm, valor que es mínimo por lo que la base principal de bomba de alta presión funcionara sin producirse ningún fallo.

Figura 53. Desplazamiento de base de bomba

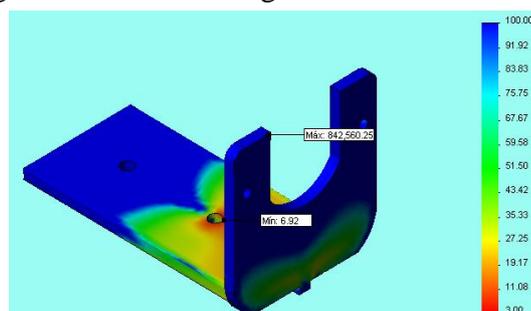


Fuente: Autores

- **Factor de seguridad**

Se obtuvo un valor 6,9 de coeficiente de seguridad, valor que se encuentra fuera del rango correcto que para este tipo de máquinas va desde 3- 5 pero al trabajar a altas revoluciones y con elementos de alta precisión se necesita tener una precaución extra.

Figura 54. Factor de seguridad de base de bomba

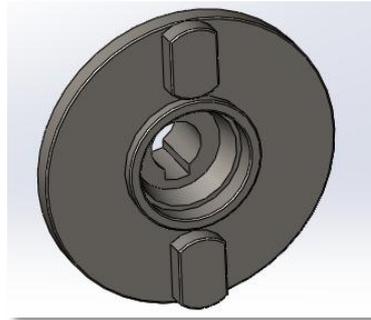


Fuente: Autores

**3.4.3** *Diseño acople bomba - motor.* Es anclado al eje principal de la bomba de alta presión y sujeto por una tuerca M 14. este elemento recibe el torque del motor.

**3.4.3.1** *Modelado de acople bomba - motor.* Se modeló de acuerdo a las dimensiones del eje de la bomba, el agujero para el eje es de tipo cónico incluyendo un chavetero para evitar el deslizamiento, dispone de dos salientes que se acoplan a la base del motor.

Figura 55. Modelado acople bomba - motor



Fuente: Autores

**3.4.3.2** *Estudio estático del acople bomba - motor.* El estudio se realiza basado en el torque proporcionado por el motor eléctrico y las condiciones de funcionamiento.

- **Materiales.** El material aplicado es el acero AISI 1010 (ver tabla 13).
- **Cargas y sujeciones.-** El acople bomba – motor tiene una sujeción fija en el orificio donde se conecta al eje de la bomba de alta presión y sometido al torque del motor de 6,7 N.m como se muestran en la siguiente tabla.

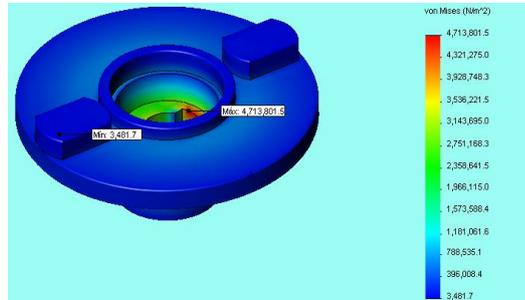
Tabla 15. Asignación de cargas y sujeciones de acople bomba - motor

Denominación	Imagen
Fijación 1	
Torsión 6,7 N/m	

Fuente: Autores

- **Análisis de resultados.-** Los resultados del análisis de esfuerzos de Von Mises se muestran en la figura 56 obteniendo una tensión máxima de 4,71 Mpa valor que es inferior a la resistencia a la fluencia del acero AISI 1010 que es de 180 Mpa.

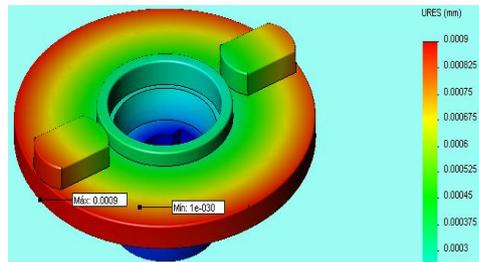
Figura 56. Tensiones acople bomba - motor



Fuente: Autores

Los desplazamientos obtenidos en el análisis estático son de 0,0009 mm, valores óptimos para que no exista perdidas de torque al momento de funcionar el banco.

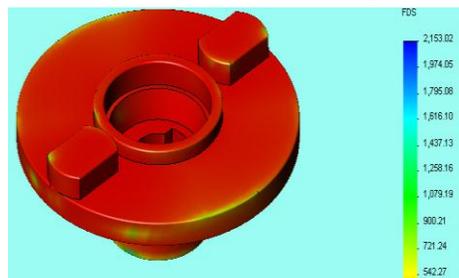
Figura 57. Desplazamiento acople bomba - motor



Fuente: Autores

El factor de seguridad para el acople bomba – motor a partir del análisis estático obtenido es de 5,3, este coeficiente es aceptable para el diseño de máquinas de alta precisión.

Figura 58. Factor de seguridad de acople bomba - motor

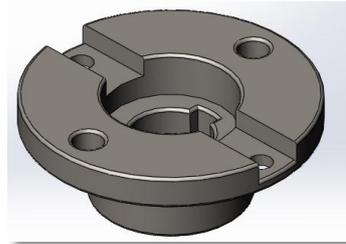


Fuente: Autores

**3.4.4** *Diseño de acople motor.* Es un elemento que se acopla a la salida del eje reductor del motor eléctrico y al ensamblarse con el acople bomba – motor.

**3.4.4.1** *Modelado de acople motor.* Se modeló en el software SolidWorks el ensamble del acople de bomba – motor, teniendo un agujero cónico y un porta chavetas para evitar el deslizamiento, este elemento va sujeto con una tuerca M 14.

Figura 59. Modelado de acople motor

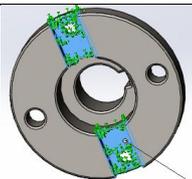
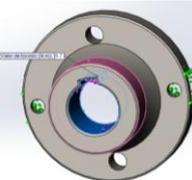


Fuente: Autores

**3.4.4.2** *Estudio estático de acople motor.* Modelado la base de la bomba en SolidWorks se realizó el análisis de esfuerzos estáticos con el complemento de SolidWorks Simulation en función del material, cargas y sujeciones determinadas.

- **Materiales.** Este acople fue construido en con acero AISI 1010 ya que cumple con parámetros adecuados para soportar las condiciones de trabajo del banco.
- **Cargas y sujeciones.**-Este elemento posee una sujeción fija dispuesta en sus entrantes con el acople bomba – motor, está sometida a un torque proveniente del motor de 6,7 N.m tal como indica la tabla 16.

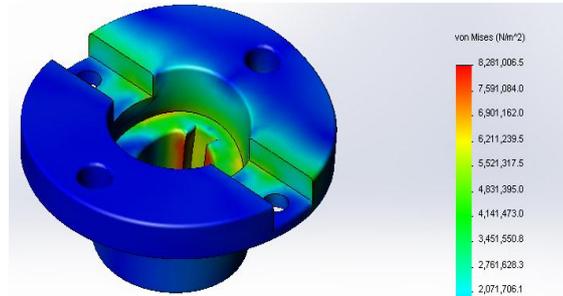
Tabla 16. Asignación de cargas y sujeciones de acople motor

Denominación	Imagen
Fijación 1	
Torsión 6,7 N/m	

Fuente: Autores

- **Análisis de resultados.** Las tensiones sometidas al acople motor se indican en la figura obteniendo un esfuerzo de Von Mises de 8,28 Mpa valor inferior al del acero AISI 1010 garantizando el diseño y funcionamiento del elemento.

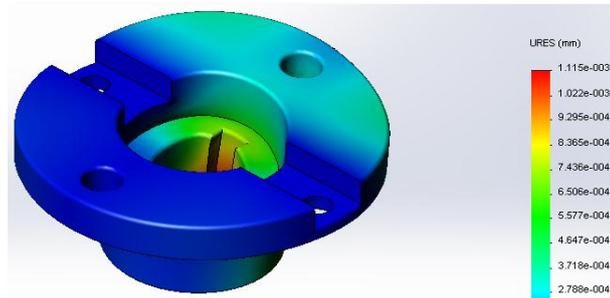
Figura 60. Tensiones de acople motor



Fuente: Autores

Por la aplicación del torque en el acople se tiene una desplazamiento de 0,0011 mm, es un valor mínimo producirá perdidas en el torque pero no afectara al banco.

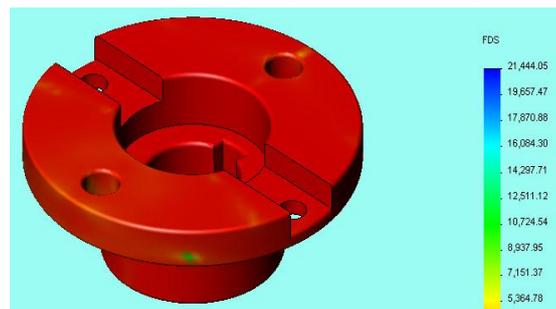
Figura 61. Desplazamientos de acople motor



Fuente: Autores

El factor de seguridad proporcionado por el software en el análisis estático es 5, valor que es óptimo para el funcionamiento del banco.

Figura 62. Factor de seguridad de acople motor



Fuente: Autores

### 3.5 Características de la placa de control

Para poder comprobar la bomba de alta presión se diseñó y construyó un circuito de activación mediante la generación de pulsos a la válvula SCV, la misma que se encarga del control de caudal de combustible en la línea de alta presión.

La característica del circuito de control diseñado para la activación de la válvula SCV de la bomba de alta presión proporcionara una tensión de 12 V y una corriente de 3 A, el solenoide de la válvula SCV para su activación consume 12 V y 1,5 A.

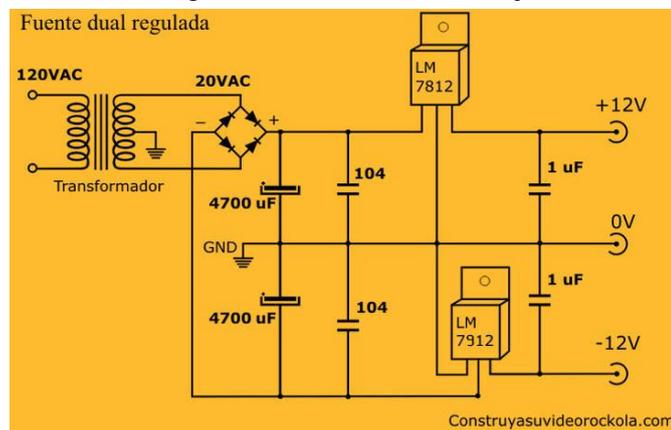
El circuito de control dispone de una corriente de 3 A, suficientes para la activación de la válvula, si la corriente de activación es superior a la necesaria el solenoide no sufrirá avería alguna debido a que este elemento consume solo la corriente necesaria para su funcionamiento que es de 12 V y 1,5 A. Sin embargo el manual de fabricante de la bomba de alta presión Denso recomienda que la corriente de activación no debe ser superior a los 3 A, si llega a superar este valor el solenoide podría sufrir desperfectos.

### 3.6 Diseño de la placa para el control de la bomba de alta presión

Para poner en funcionamiento la bomba de alta presión se diseñaron tres circuitos que se detallan a continuación.

**3.6.1** *Circuito de voltaje para la etapa de control.* El circuito de voltaje tiene una alimentación de 110 V y genera a la salida una tensión de 12 V y 2 A.

Figura 63. Circuito de voltaje



Fuente: Autores



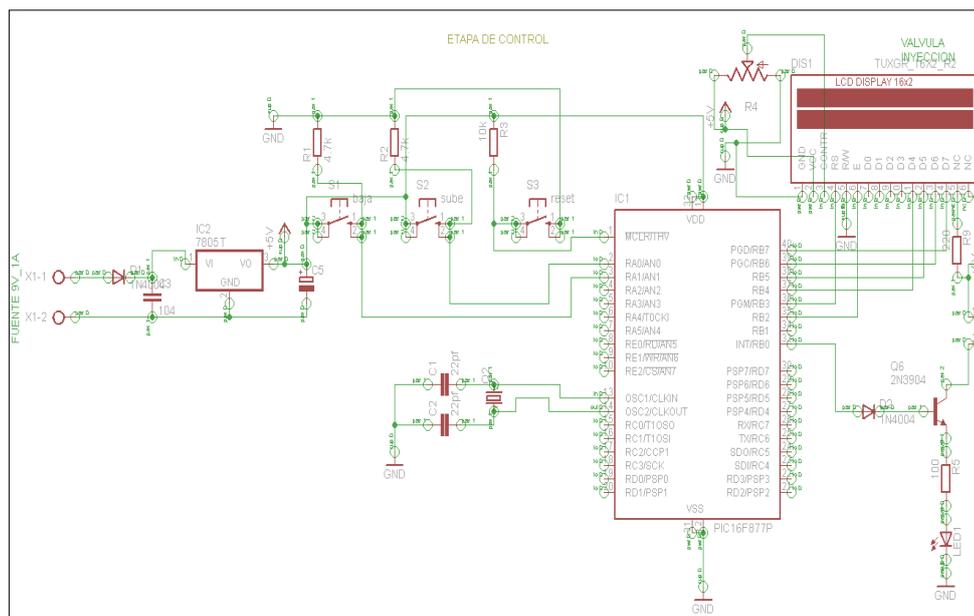
**3.6.2.1 Componentes.** Los elementos electrónicos que conforman este circuito se detallan a continuación.

- Transistores IRF 9530
- Transistores IRF 840
- Diodo rectificador IN 5624
- Opto acoplador PC 817
- Resistencias de 10 k $\Omega$
- Resistencia 1 k $\Omega$
- Condensador de 100 nF

**3.6.2.2 Funcionamiento.** Una fuente exterior de 12 V y 4 A alimenta al circuito de potencia, el mismo recibe la señal del circuito de control, este circuito de potencia tiene la característica de elevar la corriente trabajando a la misma frecuencia generada por el circuito de control.

**3.6.3 Circuito de control.** Es alimentada con 5 V y sirve para variar la frecuencia en la señal de activación de la válvula SCV además proporciona valores de temperatura de combustible por medio del sensor de temperatura que incorpora la bomba de alta presión.

Figura 65. Placa de control



Fuente: Autores

**3.6.3.1 Componentes.** Para el funcionamiento del circuito de control de la válvula SCV se debe incorporar los elementos electrónicos necesarios para el correcto desempeño se utiliza los siguientes elementos.

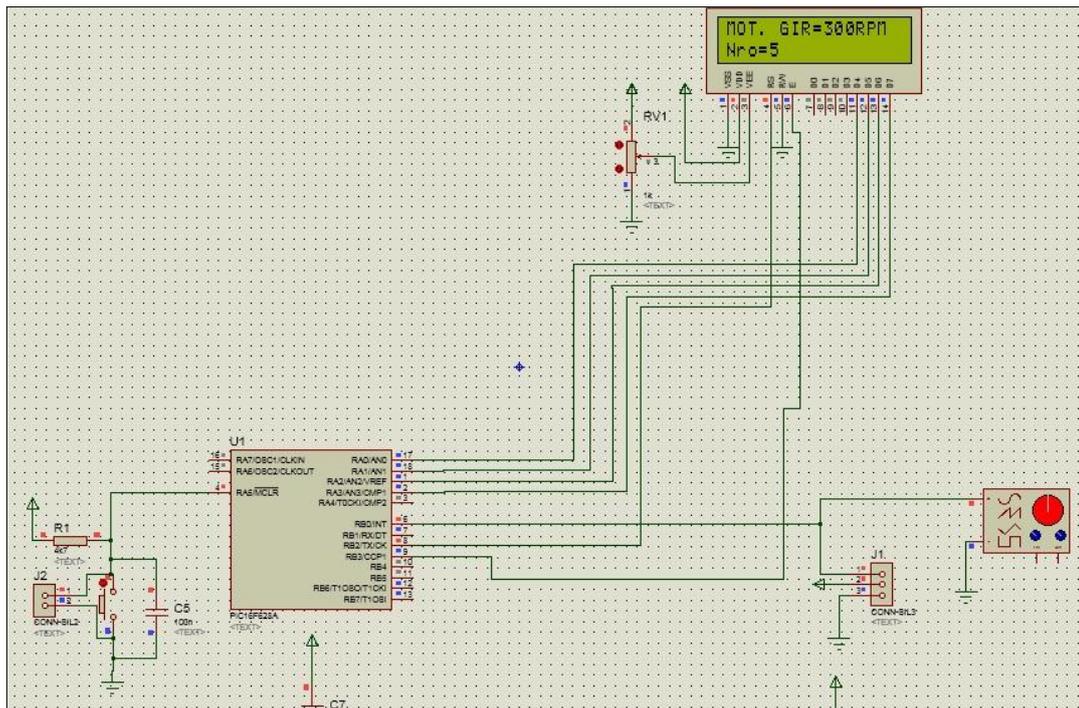
- Fuente de voltaje para PIC de circuito de control
- Pulsadores normalmente abiertos
- Condensador electrolítico de 1000  $\mu$ F
- Condensadores cerámicos de 22 pF
- Condensador cerámico de 100 nF
- PIC 16F877 P
- LCD 16 x 2
- Transistor IN 3904
- Resistencia de 100  $\Omega$
- Diodo led
- Diodos IN 4004
- Cristal de 4 MHz
- Circuito integrado 7805
- Resistencia variable de 5 k  $\Omega$
- Resistencias de 4.7 k  $\Omega$
- Resistencia de 10 k  $\Omega$

**3.6.3.2 Funcionamiento.** Este circuito es alimentado con 5 V por medio del circuito de voltaje para la activación del PIC, dispone de pulsadores para variar la frecuencia la misma que es enviada al circuito de control y en este se eleva la corriente para activar la válvula SCV.

Por medio de un LCD muestra datos de temperatura de combustible enviadas por el sensor de temperatura que incorpora la bomba de alta presión y valores de frecuencia de funcionamiento de la válvula.

**3.6.4 Circuito contador de revoluciones.** Este circuito es alimentado con 12 V y sirve para contar las revoluciones a las que está funcionando el motor eléctrico, a continuación se visualiza el diseño del circuito.

Figura 66 . Circuito contador de revoluciones



Fuente: Autores

**3.6.4.1 Componentes.** Los elementos electrónicos que conforman este circuito se detallan a continuación.

- Fuente de voltaje para PIC de circuito de control
- PIC 16F628A
- LCD 16 x 2
- Resistencia de 4,7 kΩ
- Capacitor electrolítico de 100 nF
- Transistor NPN 7805
- Transistor J 2
- Encoder

**3.6.4.2 Funcionamiento.** Un sensor óptico colocado sobre una rueda fónica, emite una señal óptica que indica la frecuencia de giro del motor eléctrico por segundo, este valor se multiplica por 60 para dar el número de revoluciones por minuto a la que gira el motor eléctrico, estos datos se visualizan en una pantalla LCD, el circuito se colocó en una caja plástica para aislar los ruidos eléctricos cuando el banco de pruebas entra en funcionamiento.

## CAPÍTULO IV

### 4. IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES

#### 4.1 Ensamblaje de la estructura base soporte para la bomba

**4.1.1** *Construcción de la base principal para la bomba de alta presión.* La base principal para la bomba de alta presión fue construida en base a modelos de bancos similares con una forma de horquilla con dos sujeciones en la parte frontal para el soporte de la bomba y dos pernos que limitan el movimiento axial de la bomba en la figura se muestra guía de bancada.

Figura 67. Base principal para bomba de alta presión



Fuente: Autores

En base a los planos realizados en SolidWorks se procedió a la construcción de la base principal logrando el siguiente resultado.

Figura 68. Base principal para bomba de alta presión



Fuente: Autores

**4.1.2** *Construcción del acople bomba – motor.* El acople motor – bomba fue mecanizado de acuerdo a las dimensiones específicas del diseño, las dimensiones del acople se basa en el diámetro del eje del motor y de la bomba balanceado para que no sufra vibraciones ni fatiga cuando el sistema entre en funcionamiento.

Además incorpora una tuerca que sirve para sujetar el acople motor – bomba con el eje roscado de la bomba y no se produzcan desplazamientos axiales.

Figura 69. Acople bomba – motor



Fuente: Autores

**4.1.3** *Construcción del acople de motor.* La junta de motor se construyó con relación a las dimensiones del acople motor – bomba permitiendo la sujeción con las dos chavetas obteniendo un acople correcto entre la bomba de alta presión y el eje de salida.

Figura 70. Junta de motor



Fuente: Autores

## **4.2 Instalación de componentes para la repotenciación del banco de pruebas**

**4.2.1** *Instalación de tanque de combustible.* Se procedió a realizar la tapa principal para el ingreso de combustible, se colocó una cañería rígida de 6 mm de diámetro exterior y 4 mm de diámetro interior con una longitud de 50 mm, para el circuito de retorno de combustible, se encuentra sujeto mediante 8 tonillos M 4 y 4 abrazaderas.

Figura 71 . Instalación de tanque de combustible



Fuente: Autores

**4.2.2** *Instalación de sistema de alimentación.* Para la repotenciación se realizó las siguientes acciones que a continuación se detallan.

- *Cañerías de baja presión.* Se colocó las cañerías de caucho tipo PVC de diámetro exterior de 12 mm y diámetro interior de 10 mm dispuestos desde el depósito de combustible hasta la bomba eléctrica de transferencia pasando por los elementos filtrantes y posteriormente a la bomba de alta presión.

Figura 72. Instalación de cañerías de baja presión



Fuente: Autores

- *Filtros de combustible.* Se colocó los elementos filtrantes empezando por el filtro principal el mismo que se encuentra adosado a una base por medio de dos pernos M 10 que sujetan a la estructura del banco.

Figura 73. Filtro primario de combustible



Fuente: Autores

Posteriormente se instaló el filtro secundario por medio de dos abrazaderas en la línea de alimentación de combustible de baja presión.

Figura 74. Filtro secundario de combustible.



Fuente: Autores

**4.2.3** *Reparación de daños en la estructura del banco y pintura.* Para el mejoramiento de la estructura del banco se procedió a lavar todas las superficies utilizando desengrasantes para posteriormente lijar todas las áreas de oxidación contenidas en el equipo.

Figura 75. Arreglo de estructura



Fuente: Autores

Una vez concluido todo el lijado se procedió a pintar toda la estructura que compone el banco obteniendo una apariencia estéticamente llamativa.

Figura 76. Pintada de estructura



Fuente: Autores

### 4.3 Ensamblaje del sistema bomba de alta presión y common rail

**4.3.1** *Acoplamiento de la bomba de alta presión.* Se colocó la bomba sobre la base principal la cual se mueve de forma lineal sobre la guía de bancada, el acople bomba – motor se instala sobre el eje de la bomba sujeta por una tuerca M 14.

Figura 77. Acople de bomba de alta presión al banco



Fuente: Autores

**4.3.2** *Cañerías de alta presión.* Se instaló las cañerías de alta presión tipo Bosch ubicadas desde la bomba de alta presión hacia los distintos tipos de inyectores, el diámetro externo del acople del inyector donde se instaló la cañería de alta presión vienen dispuestas en distintos diámetros variando de acuerdo a las especificaciones de cada fabricante de inyectores, por lo que se utilizó diferentes acoples en las cañerías.

Figura 78. Instalación de cañerías de alta presión



Fuente: Autores

**4.3.3** *Instalación del manómetro de presión.* Se colocó el manómetro en la parte superior de la estructura del banco mediante silicón, para la medición de la presión en el manómetro se instaló una cañería de alta presión que viene desde el riel de inyectores hacia la entrada en el manómetro.

Figura 79. Colocación del manómetro



Fuente: Autores

**4.3.4** *Montaje de inyectores.* El equipo cuenta con una base de seis entradas para inyectores, para nuestro caso simplemente se utilizamos tres entradas donde se colocaron los distintos inyectores. Los cuales dispone de cubiertas que limitan la expansión de combustible ayudando a crear un flujo que se dirige a las probetas de medición de volumen.

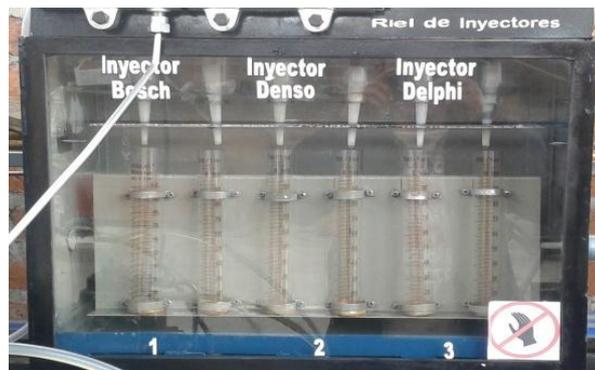
Figura 80. Montaje de inyectores



Fuente: Autores

**4.3.5** *Colocación de probetas de medición.* Sobre la base porta inyectores se colocó las probetas de medición que sirvieron para el control del caudal de inyección generado por cada inyector.

Figura 81. Colocación de probetas de medición



Fuente: Autores

**4.3.6** *Cañerías de retorno.* Mediante cañerías se conectó el circuito de retorno de combustible dirigido desde los distintos elementos de fluido como bomba de alta presión, inyectores y probetas.

Figura 82. Circuito de retorno de combustible



Fuente: Autores

#### 4.4 Readección e instalación del sistema eléctrico del banco de pruebas

Para el control eléctrico del motor se utilizó un variador de frecuencia CFW 08 que proporciona un control de velocidad rotacional para el motor de corriente alterna.

**4.4.1** *Conexión eléctrica del variador de frecuencia.* La línea de entrada de corriente eléctrica 220 V se conectó en la parte izquierda del variador CFW 08, la salida de corriente está dispuesta en la parte derecha, se conectó a la entrada del motor eléctrico.

Figura 83. Conexión de variador de frecuencia



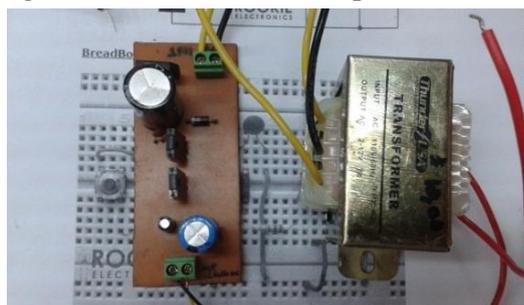
Fuente: Autores

#### 4.5 Construcción del sistema electrónico de control de presión CRDI

El sistema de control electrónico de presión para la bomba de alta presión está constituido por tres placas que se detallan a continuación.

**4.5.1** *Construcción de la placa de voltaje.* Con el circuito diseñado se procedió a la construcción de la placa de voltaje y se incorpora sus diferentes elementos.

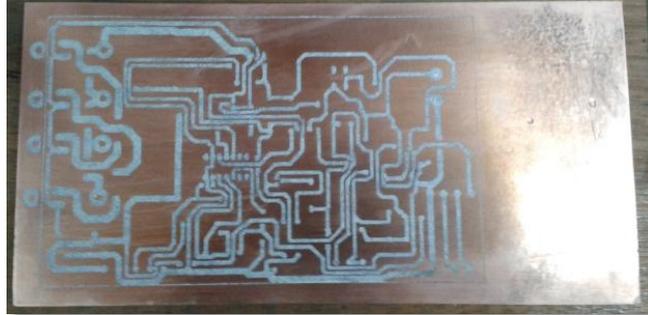
Figura 84. Construcción de placa de voltaje



Fuente: Autores

**4.5.2** *Construcción de la placa de potencia.* En la placa de bakelita se grabó el circuito impreso de potencia y control de la válvula SCV de la bomba de alta presión.

Figura 85. Construcción de la placa de potencia



Fuente: Autores

Se instaló los diferentes elementos eléctricos que conforman el circuito de potencia, la misma que posteriormente será conectada a la fuente de voltaje.

Figura 86. Construcción de la placa de potencia



Fuente: Autores

**4.5.3** *Construcción de la placa de control.* Luego de haber construido las placas de voltaje y potencia se procedió a realizar la placa de control, principal circuito del sistema de activación de la bomba de alta presión.

Figura 87. Construcción de la placa de control



Fuente: Autores

Los circuitos de voltaje, potencia y control se incluyen en un solo dispositivo con el objetivo de tener una manipulación adecuada y evitar posibles fallas y averías durante su funcionamiento.

Figura 88. Control electrónico de válvula SCV



Fuente: Autores

**4.5.4** *Construcción de circuito contador de revoluciones.* Se procedió a realizar el grabado del diseño sobre bakelita, incorporando todos sus componentes para el correcto funcionamiento, a continuación se visualiza este circuito.

Figura 89. Construcción del circuito contador de revoluciones



Fuente: Autores

Para una fácil manipulación, evitar daños y eliminar los ruidos eléctricos producidos por el motor, este circuito se colocó en un dispositivo aislante en la parte lateral izquierda interna de la estructura mediante una sujeción de dos tornillos.

Figura 90. Caja de protección de contador de revoluciones



Fuente: Autores

#### 4.6 Adaptación del sistema de control electrónico de presión CRDI

Para la activación del circuito de control electrónico se utilizó una fuente de voltaje alimentada con 110 V a su entrada, proporcionando una salida de tensión de 12 V y 2 A que se dirige al circuito de control electrónico para la activación del solenoide de la bomba de alta presión, la misma que se controla mediante pulsadores y un LCD que indicara la frecuencia de pulsos de activación y la temperatura de combustible. El circuito para la activación del solenoide de la bomba de alta presión se colocó en parte lateral superior de la estructura del banco.

Figura 91. Instalación de placa de control de válvula SCV



Fuente: Autores

#### 4.7 Funcionamiento general del banco de pruebas CRDI

Luego de realizar todas las adaptaciones mecánicas, hidráulicas y electrónicas se obtuvo el banco con los elementos necesarios para el correcto funcionamiento del equipo.

Figura 92. Ensamble de banco de pruebas



Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5. PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIESEL CRDI.

#### 5.1 Plan de pruebas

Para la comprobación del correcto funcionamiento del banco se realizó las siguientes pruebas de los componentes en estado de encendido.

**5.1.1 Pruebas mecánicas en el sistema de alta presión.** Para comprobar la presión de salida de la bomba se realizó la activación del solenoide de la válvula SCV, al variar la frecuencia de generación de pulsos se obtuvo distintos valores de presión que a continuación se detallan.

Figura 93. Prueba de alta presión



Fuente: Autores

Tabla 17. Pruebas en sistema de alta presión

Rpm (rev/min)	Frecuencia (Hz)	Presión (Bar)
500	10	400
800	20	600
1400	40	1000

Fuente: Autores

**5.1.2 Pruebas eléctricas y electrónicas del sistema.** Con un multímetro se midió el voltaje del sensor de temperatura antes de su funcionamiento proporcionando un valor de 4,863 V.

Figura 94. Medición de voltaje en sensor de temperatura



Fuente: Autores

Cuando entra en funcionamiento el sensor de temperatura se obtuvo una variación de voltaje en el cable de señal variando su valor de acuerdo a las diferentes presiones proporcionadas por la bomba, en la siguiente tabla se muestran los valores.

Tabla 18. Pruebas en el sensor de temperatura

Voltaje (V)	Temperatura (°C)
4,886	20
4,863	30
4,817	40

Fuente: Autores

Figura 95. Grafica de señal de válvula SCV



Fuente: Autores

Utilizando un osciloscopio se obtuvo la señal de activación del solenoide de la válvula SCV, esta señal varía su frecuencia de acuerdo a los valores programados, también generó picos de voltaje por el consumo del solenoide de la válvula SCV.

Con un multímetro se obtuvo la resistencia de la válvula SCV de valor de  $0,259 \Omega$ .

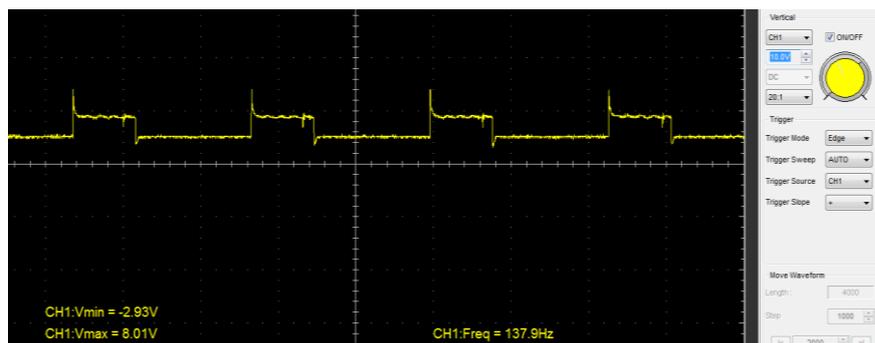
Figura 96. Resistencia de válvula SCV



Fuente: Autores

Utilizando un osciloscopio se conectó la punta positiva en el pin 6 del pic y se obtuvo la gráfica de señal del sensor óptico perteneciente al circuito contador de revoluciones.

Figura 97. Grafica de señal de circuito contador de revoluciones



Fuente: Autores

Antes de su funcionamiento se obtuvo la resistencia de los inyectores electrónicos, mediante el uso de un multímetro se midió la resistencia del inyector Bosch, este valor es de  $0,67 \Omega$  similar al indicado en la ficha técnica.

Figura 98. Resistencia de inyector Bosch



Fuente: Autores

La resistencia del inyector electrónico Denso medida en el multímetro es de  $1,08 \Omega$ .

Figura 99. Resistencia de inyector Denso



Fuente: Autores

Utilizando un multímetro se midió la resistencia del inyector electrónico Delphi, dando un valor de resistencia de  $0,61 \Omega$  que es similar al indicado en la ficha técnica.

Figura 100. Resistencia de inyector Delphi



Fuente: Autores

Se obtuvo la gráfica de la señal de activación del inyector Bosch con la ayuda de un osciloscopio Hantek 1008C y el inyector en funcionamiento, en la gráfica se visualizó un ancho de pulso de 40 ms y un pico de voltaje de 12,8 V.

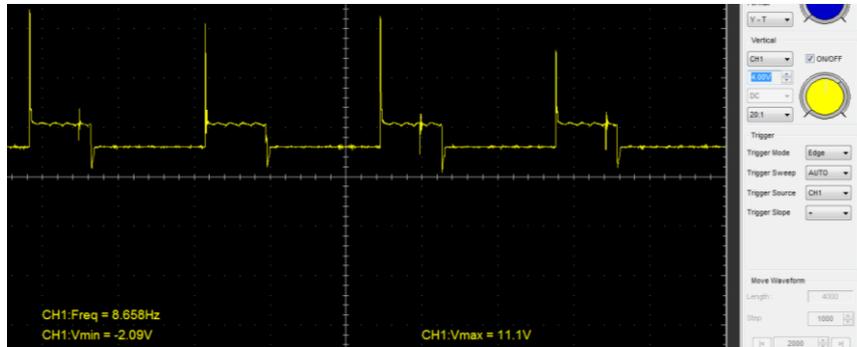
Figura 101. Grafica de señal de inyector Bosch



Fuente: Autores

La frecuencia de generación de pulsos de inyección en el inyector Bosch es de 8,65 Hz como se indica en la figura.

Figura 102. Grafica de frecuencia de señal de inyector Bosch



Fuente: Autores

En la gráfica de señal del inyector Denso en funcionamiento se visualizó un pico de voltaje de 12,1 V y un ancho de pulso de 40 ms.

Figura 103. Grafica de señal de inyector Denso



Fuente: Autores

La frecuencia de generación de pulsos del inyector Denso es de 8,69 Hz.

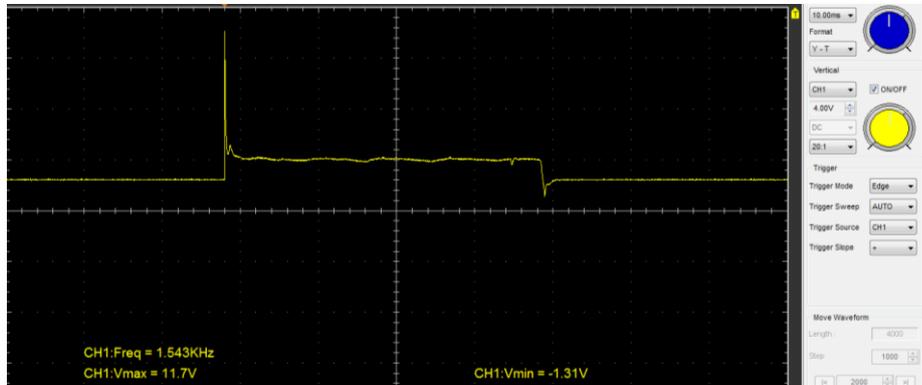
Figura 104. Grafica de frecuencia de señal de inyector Denso



Fuente: Autores

Con un osciloscopio Hantek 1008 y el inyector Delphi en funcionamiento se obtuvo la gráfica de señal, dando un ancho de pulso de 40 ms y un pico de voltaje de 11,7 V

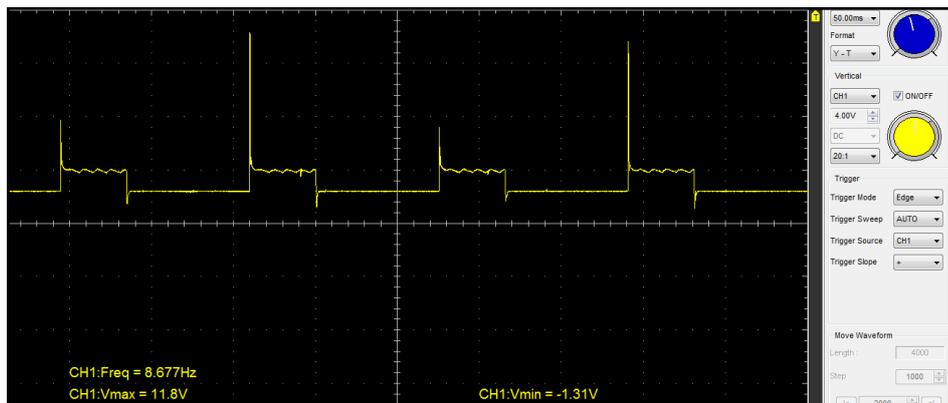
Figura 105. Grafica de señal de inyector Delphi



Fuente: Autores

La frecuencia de generación de pulsos del inyector Delphi es de 8,67 Hz.

Figura 106 . Grafica de frecuencia de señal de inyector Delphi



Fuente: Autores

**5.1.3 Pruebas de funcionamiento de inyectores.** Para comprobar el correcto funcionamiento de cada inyector se debe disponer de las fichas técnicas (ver anexo H) de cada uno de ellos, ingresar los datos descritos por las fichas técnicas en el banco de pruebas y verificar si este cumple la condición dada por la ficha.

Con el generador de pulsos para activación de inyectores electrónicos se procedió a verificar el funcionamiento de los inyectores Bosch, Denso y Delphi comprobando el caudal de entrega de combustible por medio de probetas de medición obteniendo los siguientes resultados.

Inyector Delphi. Las pruebas planteadas en la ficha técnica del inyector Delphi son comprobadas en el banco, se obtuvo valores de medición volumétrica similares.

Tabla 19. Calibración de inyector Delphi.

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Dutty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	200	220	50% o 2 ms	8,5	7,0
Ralentí	800	200	300	40% o 1,5 ms	9,0	7,0
Plena carga	1400	100	400	40% o 1,5 ms	6,0	5,0

Fuente: Autores

Inyector Denso. Las mediciones volumétricas obtenidas son similares a las planteadas en la ficha técnica, por lo que se determina que el inyector se encuentra en buen estado.

Tabla 20. Calibración de inyector Denso

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Dutty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	100	150	50% o 2 ms	6,5	3,0
Ralentí	800	100	200	30% o 1,0 ms	8,5	2,5
Plena carga	1400	50	300	30% o 1,0 ms	6,5	2,0

Fuente: Autores

*Inyector Bosch.*- Al realizar las pruebas propuestas en la ficha técnica del inyector se obtuvo valores similares por lo que se determina que el inyector está en buen estado.

Tabla 21. Calibración de inyector Bosch

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Dutty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	200	200	50% o 2 ms	11,5	5,0
Ralentí	800	100	300	30% o 1,0 ms	6,5	5,0
Plena carga	1400	100	400	30% o 1,0 ms	11,0	6,0

Fuente: Autores

## 5.2 Elaboración del manual de usuario

### 5.2.1 Manual de usuario del banco CRDI. Se detalla a continuación sus partes.

**5.2.1.1 Componentes del banco.** Se muestran los componentes principales.



Fuente: Autores

**5.2.1.2 Importancia del manual.** Se indica las precauciones que se debe tener en el banco



**IMPORTANTE**

¡Lea el manual antes de trabajar con el equipo!

Lea atentamente estas instrucciones consultando al mismo tiempo los ilustrados antes de utilizar el equipo.

En beneficio de su seguridad y la de los demás recuerde que:

**Cualquier precaución puede ser insuficiente**

La limpieza y el mantenimiento del banco a intervalos regulares aseguran un rendimiento óptimo de esta y prolongan la vida útil del equipo.

**5.2.1.3 Ubicación y montaje del banco de pruebas para inyectores CRDI.** El lugar donde se va a colocar la maquina ha de ser regular y adecuado para el trabajo.

Dejar un espacio mínimo de 2 m x 2 m, en todo el perímetro del banco, debidamente señalizado como medida de seguridad.

Se ha de tener en cuenta el disponer un espacio suficiente alrededor de la máquina para las operaciones auxiliares, limpieza y mantenimiento.

No ubicar el banco de pruebas de inyectores a diesel CRDI cerca de otros equipos de taller que produzcan vibraciones o proyección de partículas, esto evitara que las proyecciones de partículas metálicas y abrasivas incidan sobre el banco.

Colocar el equipo en una zona lo suficiente iluminada y a una temperatura que oscila entre los -10 °C y 50 °C en función de las necesidades propias del trabajo a efectuar.

El banco estará montado de forma que no se produzcan holguras y movimiento dentro del ensamblaje y estructura.

**5.2.1.4** *Indicaciones relativas al transporte.* El banco debe ser transportado teniendo cuidado en no golpear y utilizando un tecele pluma para elevarlo y facilitar su movilización. Cuando se transporte el equipo utilizar el cobertor para evitar daños en los circuitos eléctricos y electrónicos del banco.

**5.2.1.5** *Conexiones eléctricas.* El banco de probador de inyectores CRDI dispone de 2 tipos de alimentación, la principal entrada de corriente sirve para la activación eléctrica del motor, este valor debe ser de 220 V su conexión se muestra en la figura.

Figura 108. Conexión eléctrica 220 V



Fuente: Autores

La segunda alimentación de corriente sirve para la activación de las fuentes de voltaje que activan los circuitos de control del banco de pruebas, esta tensión es de 120 V

Figura 109. Conexión eléctrica 120 V



Fuente: Autores

**5.2.1.6 Mandos y panel de control.** El banco dispone de distintos mandos de control que permiten poner en funcionamiento los diferentes elementos que serán comprobados de acuerdo a las condiciones de servicio.

Figura 110. Mandos y panel de control



Fuente: Autores

- Interruptor de encendido principal del motor eléctrico
- Interruptor de encendido de variador de frecuencia
- Interruptor de encendido de fuentes
- Interruptor de encendido de pantallas o LCD
- Circuito generador de pulsos de válvula SCV
- Interruptores de variación de frecuencia de válvula SCV
- Circuito generador de pulsos de inyección
- Pulsadores de programación de pulsos de activación de inyectores
- Interruptor de START o inicio

**5.2.2 Operación.** En el diagrama de flujo se muestra la secuencia de manipulación y órdenes a ejecutar para el correcto funcionamiento del banco de pruebas.

Figura 111. Diagrama de funcionamiento



Fuente: Autores

- a. Conectar los cables de alimentación de 220 V y 120 V a las tomas de voltaje del banco de pruebas.

Figura 112. Conexión de alimentación



Fuente: Autores

- b. Poner el interruptor de protección del motor y variador de frecuencia en ON.

Figura 113. Interruptores de motor y variador



Fuente: Autores

- c. Colocar en posición ON el interruptor que activa las fuentes de voltaje para la alimentación de los distintos circuitos de control electrónico del banco de pruebas.

Figura 114. Interruptor de fuentes



Fuente: Autores

- d. Colocar en posición ON el interruptor que activa las pantallas LCD de los circuitos de control electrónico del banco de pruebas.

Figura 115. Interruptor de pantallas LCD



Fuente: Autores

- e. Conectar los cables desde los plugs hacia la válvula SCV y sensor de temperatura sin tener en cuenta su polaridad.

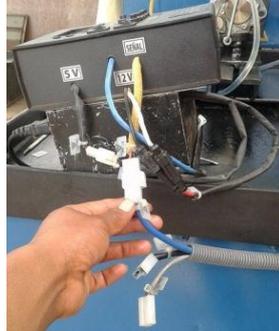
Figura 116. Conexión de cables de plugs



Fuente: Autores

- f. Conectar el cable de activación del inyector con el de señal del circuito electrónico de acuerdo al inyector que se vaya a realizar la prueba.

Figura 117. Conexión de inyectores



Fuente: Autores

- g. Activar el variador de frecuencia graduando las rpm de acuerdo a las condiciones de servicio requeridas por cada inyector.

Figura 118. Activación de variador de frecuencia



Fuente: Autores

- h. Programar la frecuencia adecuada para el solenoide de la bomba de alta presión de acuerdo a las condiciones de servicio requeridas para las pruebas de cada inyector.

Figura 119. Selección de frecuencia



Fuente: Autores

- i. En el circuito generador de pulsos para inyectores seleccionar la opción modo de operación AUTOMÁTICO, con el pulsador hacia abajo (↓) y pulsar OK.

Figura 120. Placa de control de inyectores



Fuente: Autores

- j. Escoger la opción Núm. Rep. que sirve para crear la cantidad de pulsos, utilizando el pulsador (+) se aumenta la cantidad de repeticiones de acuerdo a los parámetros técnicos de comprobación para cada inyector, para que se grabe los datos presionar al mismo tiempo el pulsador (↑) y el pulsador OK.

Figura 121. Número de repeticiones



Fuente: Autores

- k. Seleccionar la opción Per Trab que gradúa el CICLO DUTY, este es el encargado de variar la apertura de los inyectores para proporcionar mayor o menor caudal durante un determinado número de repeticiones, este ciclo debe ser seleccionado de acuerdo a los parámetros técnicos de comprobación para cada inyector, para que se grabe los datos presionar el pulsador (↑) y el pulsador OK.

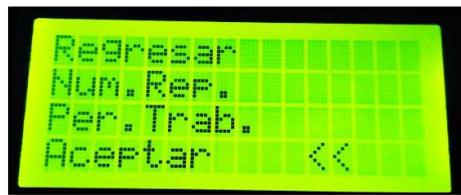
Figura 122. Ciclo Dutty



Fuente: Autores

- l.** Seleccionar la opción ACEPTAR.

Figura 123. Posición de inicio



Fuente: Autores

- m.** Colocar en posición ON el interruptor y pulsador de inicio o START para el funcionamiento del sistema CRDI.

Figura 124. Interruptor de inicio



Fuente: Autores

- n.** Si se necesita generar nuevamente la activación con los datos seleccionados anteriormente accionar el pulsador incorporado en el interruptor de inicio o START y se repetirá el proceso.

Figura 125. Pulsador de inicio de señal de inyectores



Fuente: Autores

- o.** El pulsador RESET del control electrónico para inyectores sirve para borrar la información almacenada y volver a ingresar nuevos datos de funcionamiento.

Figura 126. Reinicio de programación de señal de inyectoros



Fuente: Autores

- p. El pulsador RESET del control electrónico para la válvula SCV sirve para borrar la información almacenada y volver a ingresar nuevos datos de funcionamiento.

Figura 127. Reinicio de señal de válvula SCV



Fuente: Autores

**5.2.3** *Mantenimiento del banco de pruebas.* La vida útil del banco está condicionada a la calidad del mantenimiento, para garantizar el correcto funcionamiento del banco de pruebas se realiza un mantenimiento preventivo de todos los sistemas como mecánicos, hidráulicos y electrónicos.

Para la eliminación o retirada de residuos (polvo, partículas, aceite hidráulico y combustibles) depositados en el banco se debe seguir las siguientes instrucciones.

Antes de cada práctica comprobar el ajuste de cañerías y pernos sujetadores de la base de la bomba de alta presión para evitar vibraciones, fugas y fatiga del elemento.

Desconectar el banco de las fuentes de alimentación.

Verificar que el sistema hidráulico se encuentre sin presiones elevadas, en especial en el circuito de alta presión.

Tener cuidado con los elementos electrónicos ya que estos son propensos a sufrir averías causadas por mala manipulación y/o fluidos que puedan causar daños en los circuitos.

Tabla 22. Plan de mantenimiento de banco de pruebas

<b>Periodo de horas de trabajo</b>	<b>Actividades a realizar</b>
10 horas o semanalmente	Limpieza de partículas Inspección visual de los elementos
250 horas o semestralmente	Cambio de fluido de pruebas Sustitución de filtros de combustible primario y secundario Engrase de chumaceras
500 horas o anualmente	Revisión de contactos en el circuito de control Inspección del manómetro Engrase de chumaceras Cambio de fluido de pruebas Tensado de bandas Ajuste de cañerías
1000 horas o cada 2 años	Cambio de fluido de pruebas Sustitución de filtros de combustible primario y secundario Engrase de chumaceras Sustitución de la banda
2000 horas o cada 4 años	Cambio de fluido de pruebas Sustitución de filtros de combustible primario y secundario Engrase de chumaceras Sustitución de la banda Inspección de controles electrónicos

Fuente: Autores

### **5.3 Manual de mantenimiento y seguridad del banco de pruebas**

Para el banco probador de inyectores a diesel CRDI se ha diseñado un plan de seguridad y mantenimiento con el fin que el equipo funcione de manera óptima y brinde seguridad tanto al operador como a los participantes que se encuentran dentro del área de trabajo.

### **5.4 Guías de prácticas del banco de pruebas**

**5.4.1** *Recomendaciones generales.* Se indican a continuación las recomendaciones.

Antes de poner en funcionamiento el banco probador de inyectores CRDI verificar que no existan partículas contaminantes, en caso de existir limpiar hasta que quede totalmente limpia.

Revisar las guías de prácticas que se indican en el anexo L y seguir el procedimiento indicado.

Utilizar herramientas adecuadas y equipos óptimos para realizar las prácticas correspondientes.

Tener cuidado de golpear o romper elementos electrónicos del banco de pruebas.

Al poner el banco en funcionamiento tener precaución y seguridad del operario y participantes que estén en el área de trabajo, respetar señaléticas indicadas en el equipo.

**5.4.1.1** *Tiempo estimado para realizar prácticas de funcionamiento.* Al realizar las prácticas de laboratorio que se indican en el anexo L, el estudiante debe seguir las indicaciones planteadas utilizando herramientas y equipos descritos en las guías de práctica, a continuación se muestra el tiempo estimado que conlleva al estudiante a realizar cada uno de las pruebas de funcionamiento.

Tabla 23. Tiempo estimado de prácticas.

<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Tiempo práctico</b>	<b>Tiempo mín.</b>	<b>Tiempo máx.</b>
Prueba de funcionamiento de bomba de alta presión Denso tipo HP3	1 h 45 min	2 horas	1 h 30 min
Pruebas del inyector Bosch	1 hora	1 h 15 min	45 min
Pruebas del inyector Delphi	1 hora	1 h 15 min	45 min
Pruebas del inyector Denso	1 hora	1 h 15 min	45 min

Fuente: Autores

## CAPÍTULO VI

### 6. PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES CRDI.

La repotenciación del banco de pruebas ha sido realizada con el objetivo de entregar un equipo de gran beneficio para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz, razón por la cual se detallan los costos directos e indirectos de la repotenciación.

#### 6.1 Costos directos

Tabla 24. Costos de sistema mecánico

<b>Sistema mecánico</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor unitario USD</b>	<b>Valor total USD</b>
1	Depósito de combustible	Tanque.	20,00	41,00
		Construcción de entrada y retorno de combustible	10,00	
		Base y suelda de tanque	8,00	
		Tornillos y abrazaderas	3,00	
1	Sistema de alimentación	Bomba eléctrica.	55,00	78,00
		Filtros de combustible.	12,00	
		Mangueras flexibles PVC	5,00	
		Abrazaderas y Diésel	6,00	
1	Acople de bomba	Sistema de acoplamiento de bomba de alta presión.	203,00	203,00
1	Sistema de alta presión.	Bomba de alta presión	500,00	1675,00
		Cañerías de alta presión.	75,00	
		Inyector electrónico Bosch.	300,00	
		Inyector electrónico Denso.	250,00	
		Inyector electrónico Delphi.	250,00	
		Riel de inyectores	150,00	
		Válvula de descarga	150,00	
1	Elementos de medición	Probetas.	25,00	325
		Manómetro de presión.	300,00	
1	Readecuación de la estructura	Pintura de estructura.	23,50	165,00
		Tiñer, lijas,	4,00	
		Correas y protector de cables	9,50	
		Cobertor del banco	38,00	
		Puerta frontal para motor	45,00	
		Estructura base para soporte de probador de inyectores.	25	
		Estructura para control de bomba de alta presión	20	
<b>TOTAL USD</b>				

Fuente: Autores

Tabla 25. Costos de sistema eléctrico y electrónico

<b>Sistema eléctrico y electrónico</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario [USD]</b>	<b>Valor total [USD]</b>
1	Revisión de motor eléctrico	Cubierta de entrada de cables al motor Cables y conector 220 V.	5,00 18,00	23,00
1	Circuito contador de revoluciones	Sensor óptico Cables y circuito de control LCD	5,00 110,00 17,00	122,00
<b>TOTAL</b>				<b>417,00</b>

Fuente: Autores

Tabla 26. Costos totales directos

<b>Costos totales directos</b>	<b>\$ 2904,00</b>
--------------------------------	-------------------

Fuente: Autores

## 6.2 Costos indirectos

Tabla 27. Costos indirectos

<b>Detalle</b>	<b>Valor [USD]</b>
Transporte	150,00
Asesoría técnica electrónica	170,00
Asesoría técnica electrónica	100,00
Documentación e investigación	180,00
Varios	120,00
<b>TOTAL</b>	<b>720,00</b>

Fuente: Autores

## 6.3 Costo total

Tabla 28 . Costos totales

<b>Detalle</b>	<b>Valor [USD]</b>
<b>Costos directos</b>	720,00
<b>Costos indirectos</b>	2604,00
<b>TOTAL</b>	<b>3624,00</b>

Fuente: Autores

## 6.4 Análisis beneficio costo

El análisis de beneficio–costo es una técnica que evalúa la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración de factores económicos y de servicio, brindando prestando importancia y cuantificación de los efectos sociales y/o económicas.

Para la repotenciación del banco probador de inyectores se realiza un análisis beneficio costo considerando la inversión económica realizada en la adquisición de los distintos elementos que constituyen dicho equipo para su funcionamiento.

Se considera que el costo económico es relativamente elevado, sin embargo esta inversión brinda grandes beneficios de innovación tecnológica al laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz, puesto que para los estudiantes será una herramienta de gran utilidad y aprendizaje al manipular equipos de tecnología avanzada como es un banco probador de inyectores a diésel CRDI.

## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 Conclusiones**

Se repotenció modernizando el banco de pruebas de bombas lineales a un sistema de inyección CRDI.

Se determinó el estado actual del funcionamiento del sistema de inyección CRDI, así como de los bancos actuales disponibles en el mercado.

Se desarrolló un análisis sobre el estado del banco de pruebas y se seleccionó los elementos de repotenciación acorde a las condiciones iniciales que presentaba el equipo.

Luego del ensamble se calibró el banco de acuerdo a los datos de las fichas técnicas de los elementos incorporados en la repotenciación.

Se realizaron diferentes pruebas tanto mecánicas, eléctricas y electrónicas de los elementos de medición del banco.

Se determinó que el banco de pruebas desarrollado es 80% más económico que los bancos encontrados en el mercado, no con las mismas prestaciones pero funcional.

#### **7.2 Recomendaciones**

Tener en cuenta que las cañerías de alta presión se encuentren con el torque correcto.

Generar las revoluciones de acuerdo a la prueba que se va a realizar y visualizar que el circuito contador de revoluciones nos proporcione una lectura estable.

Programar la cantidad de pulsos de inyección indicados en las guías de prácticas determinadas para cada inyector para obtener una medición volumétrica exacta.

Realizar la programación de los pulsos de inyección tener la precaución de seleccionar la opción aceptar para que al momento de activar el interruptor START se genere los pulsos de activación de la válvula SCV y los pulsos de activación de los inyectores.

Realizar las tareas programadas de acuerdo a las horas de prácticas realizadas en el banco de pruebas de acuerdo al plan de mantenimiento establecido.

Operar el banco de pruebas guiándose en el manual de usuario y tener en cuenta las precauciones indicadas.

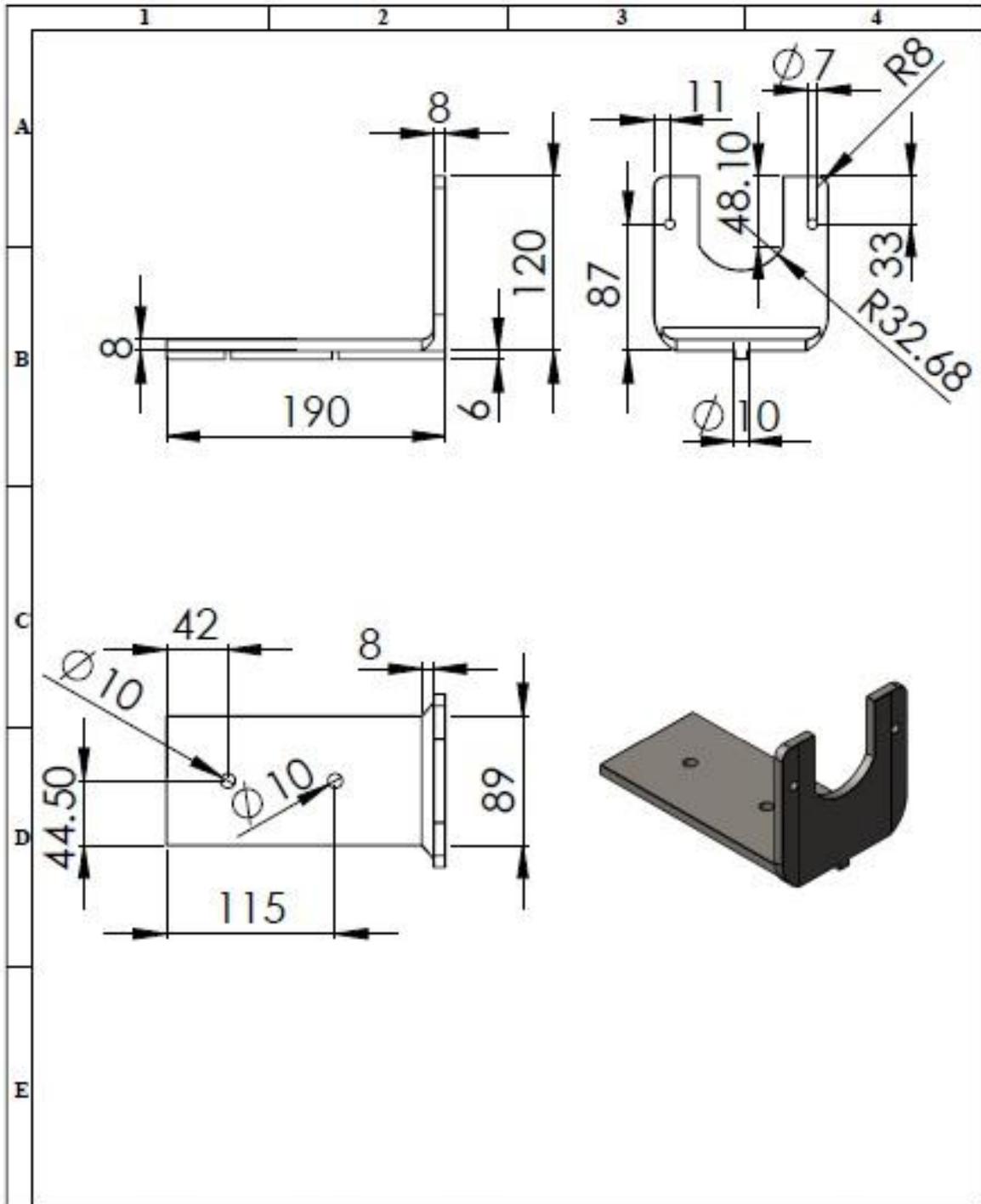
## BIBLIOGRAFÍA

- ALARCON, Cesar, JARAMILLO, Juan. 2007.** Guía para el diagnóstico del sistema de inyección CRDI Bosch. TESIS. [En línea] Noviembre de 2007. [Citado el: 23 de Septiembre de 2014.]  
[dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf).
- ANETO-ETAÍ. 2000.** Manual del automóvil reparación y mantenimiento. MADRID : Cultural, S.A, 2000. 84 - 8055.
- AUGERI, Fernando. 2011.** [www.cise.com](http://www.cise.com). [www.cise.com](http://www.cise.com). [En línea] 20 de Abril de 2011. [Citado el: 06 de Noviembre de 2014.]  
[www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html](http://www.cise.com/portal/component/k2/item/170-fernando-augeri.html).
- CORAL, Alejandro. 2013.** Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diésel CRDI para la escuela de ingeniería automotriz. TESIS. [dSPACE.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec). [En línea] 12 de Julio de 2013. [Citado el: 18 de Agosto de 2014.] [dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf](http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2963/1/65T00090.pdf).
- GLOBALTECH. 2007.** [www.globaltech-car.com](http://www.globaltech-car.com). [www.globaltech-car.com](http://www.globaltech-car.com). [En línea] LA ERA DIGITAL, 2007. [Citado el: 14 de Diciembre de 2014.]  
<http://www.globaltech-car.com/detalle.php?idprd=114>.
- KARL-HEINZ, Dietsche. 2010.** [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org). [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org). [En línea] 27 de Noviembre de 2010. [Citado el: 05 de Noviembre de 2014.]  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail>.
- LA CASA DEL MECÁNICO. 2005.** [www.lacasadelmecanico.com.ar](http://www.lacasadelmecanico.com.ar). [www.lacasadelmecanico.com.ar](http://www.lacasadelmecanico.com.ar). [En línea] Páginas web en Mendoza, 2005. [Citado el: 11 de Diciembre de 2014.]  
<http://www.lacasadelmecanico.com.ar/herramienta/429/fuente-de-inyectores-common-rail-cr-101>.
- LOTO, Maquinarias. 2013.** [www.lotomaq.com](http://www.lotomaq.com). [www.lotomaq.com](http://www.lotomaq.com). [En línea] 23 de Julio de 2013. [Citado el: 13 de Diciembre de 2014.]  
[http://www.lotomaq.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=26](http://www.lotomaq.com/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=26).
- MEGANEBOY, Dani. 2014.** [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net). [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net). [En línea] 2014. [Citado el: 27 de Septiembre de 2014.] [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail2.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail2.htm).
- RUEDA, Jesus. 2005.** Manual técnico fuel injection. Guayaquil : DISELI, 2005. 9978 - 44.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

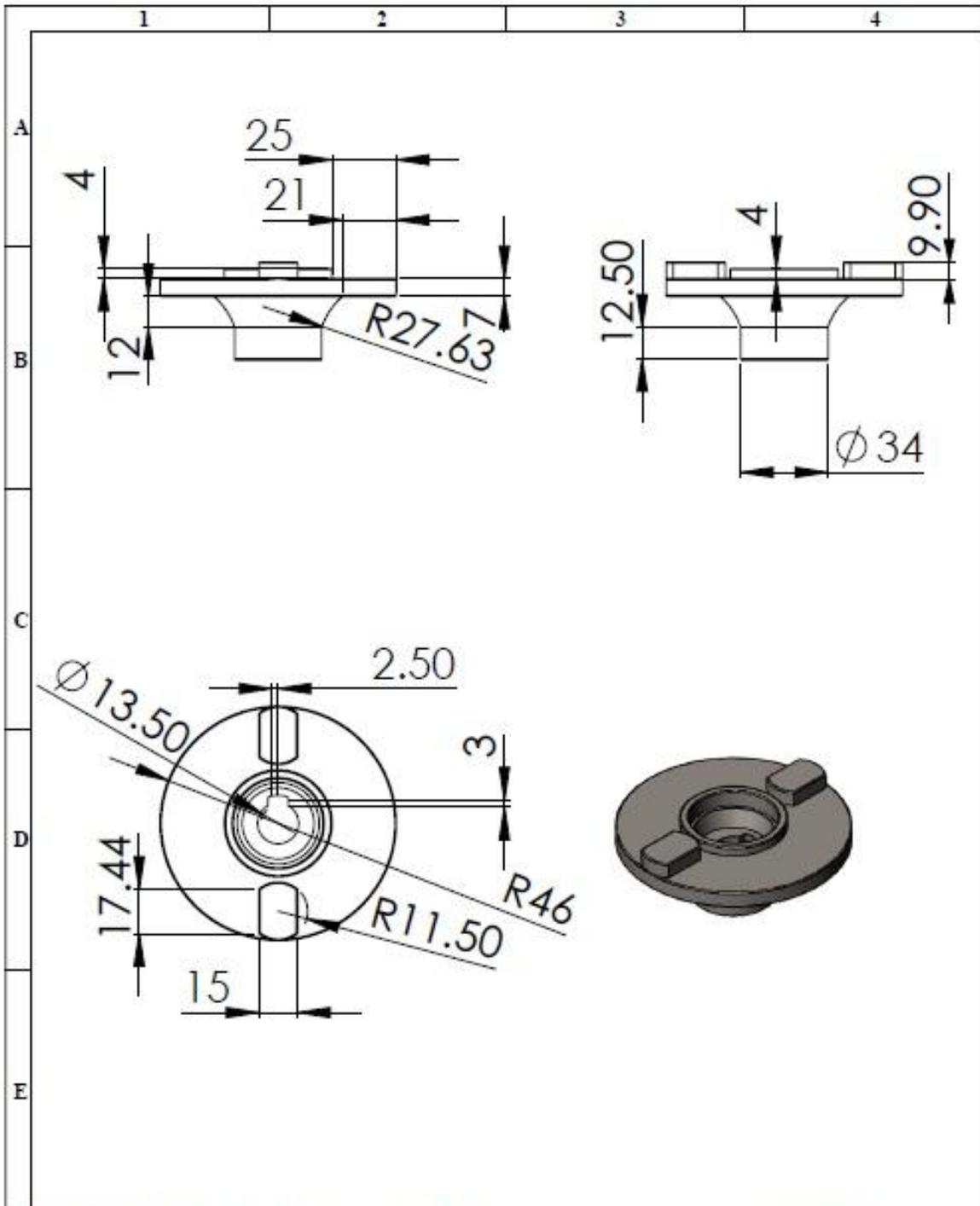
Láminas de base principal para bomba de alta presión.



N°. Lámina: 01 de 03		N°. Hojas: 03		Sustitución:		Codificación: FM-EIA-ABAP-BP-D-001-03 SP-2015		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b>					
Email: matitis@hotmail.com Teléfonos: 0995228753						<b>BASE PRINCIPAL PARA BOMBA DE ALTA PRESION</b>		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>					
Datos		Nombre		Firma				Fecha		Peso [Kg]		Tolerancia	
Proyectó		M. Tigré - N. Villa						2015/02/05		1.78		±0.3 [mm]	
Dibujó		M. Tigré - N. Villa						2015/02/05		1 : 3.5			
Revisó		Ing. Choto Santiago						2015/02/05					
Aprobó		Ing. Choto Santiago				2015/02/05		Materiales: AISI 1010		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL RESERVADA DE M.T. Y N.V. CUALQUIERA USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION COMITENTE DE VIGILACION DE LOS DISEÑOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
								Nombre de archivo: BASE ALTA PRESION.SLDRW					

## ANEXO B

### Láminas de acople bomba - motor

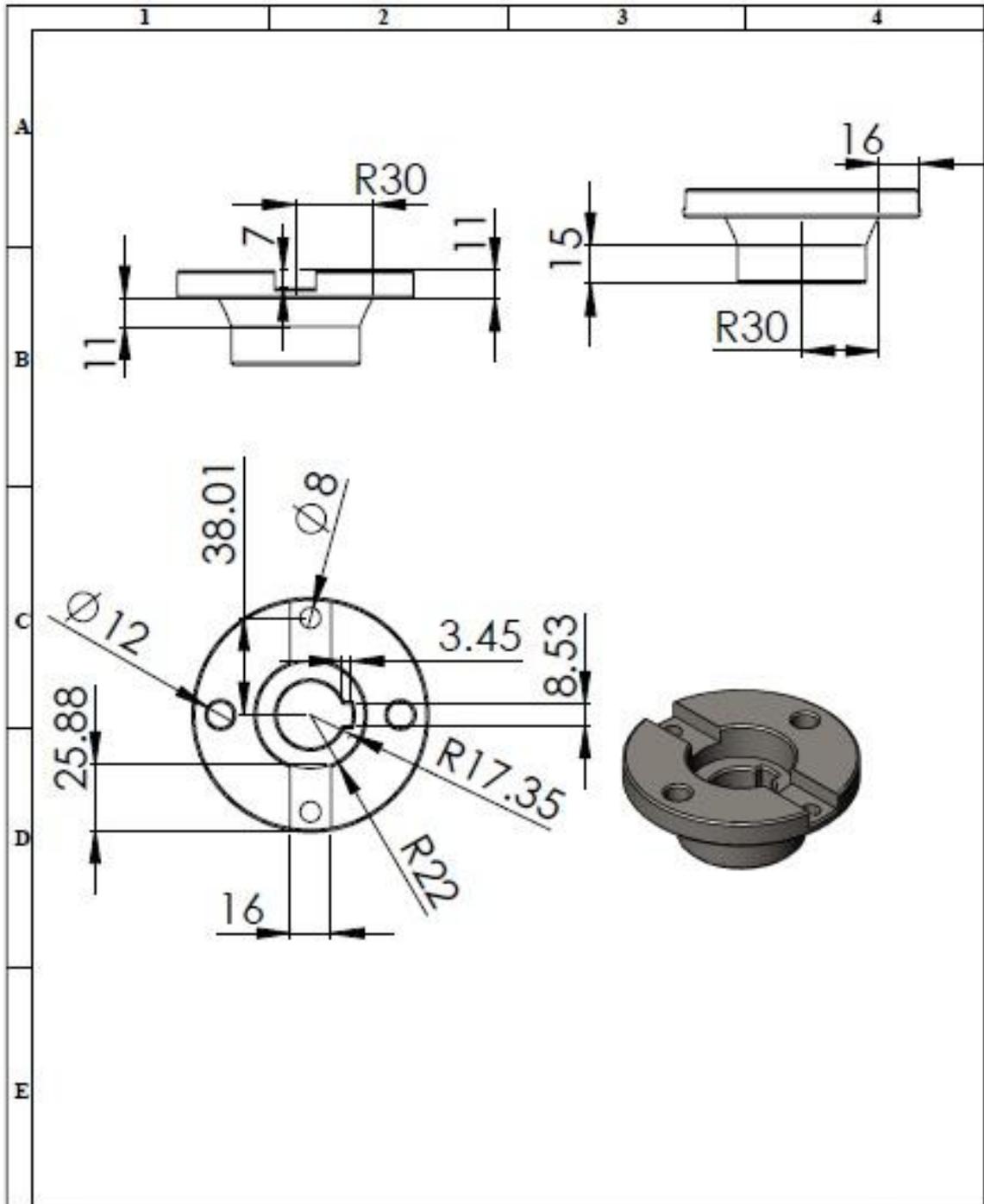


N°. Lámina: 01 de 02		N°. Hojas: 03		Sustitución:		Codificación: FM-EIA-ABAP-ABM-D-002-03 5F-2015		<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE MECÁNICA					
Email: msdtiz@hotmail.com						<b>ACOUPLE BOMBA - MOTOR</b>		ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ					
Teléfonos: 0995228733								Peso [Kg]		Tolerancia		Escala	
Dato:		Nombre		Firma		Fecha		±0.3 [mm]		1 : 3.5			
Proyectó		M. Tigre - N. Villa				2015/02/05							
Dibujó		M. Tigre - N. Villa				2015/02/05							
Revisó		Ing. Choto Santiago				2015/02/05							
Aprobó		Ing. Choto Santiago				2015/02/05		Materiales: AISI 1010					
						Nombre de archivo: BASE ALTA PRESION.SLDDRW		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE M.T. Y N.V. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					



## ANEXO C

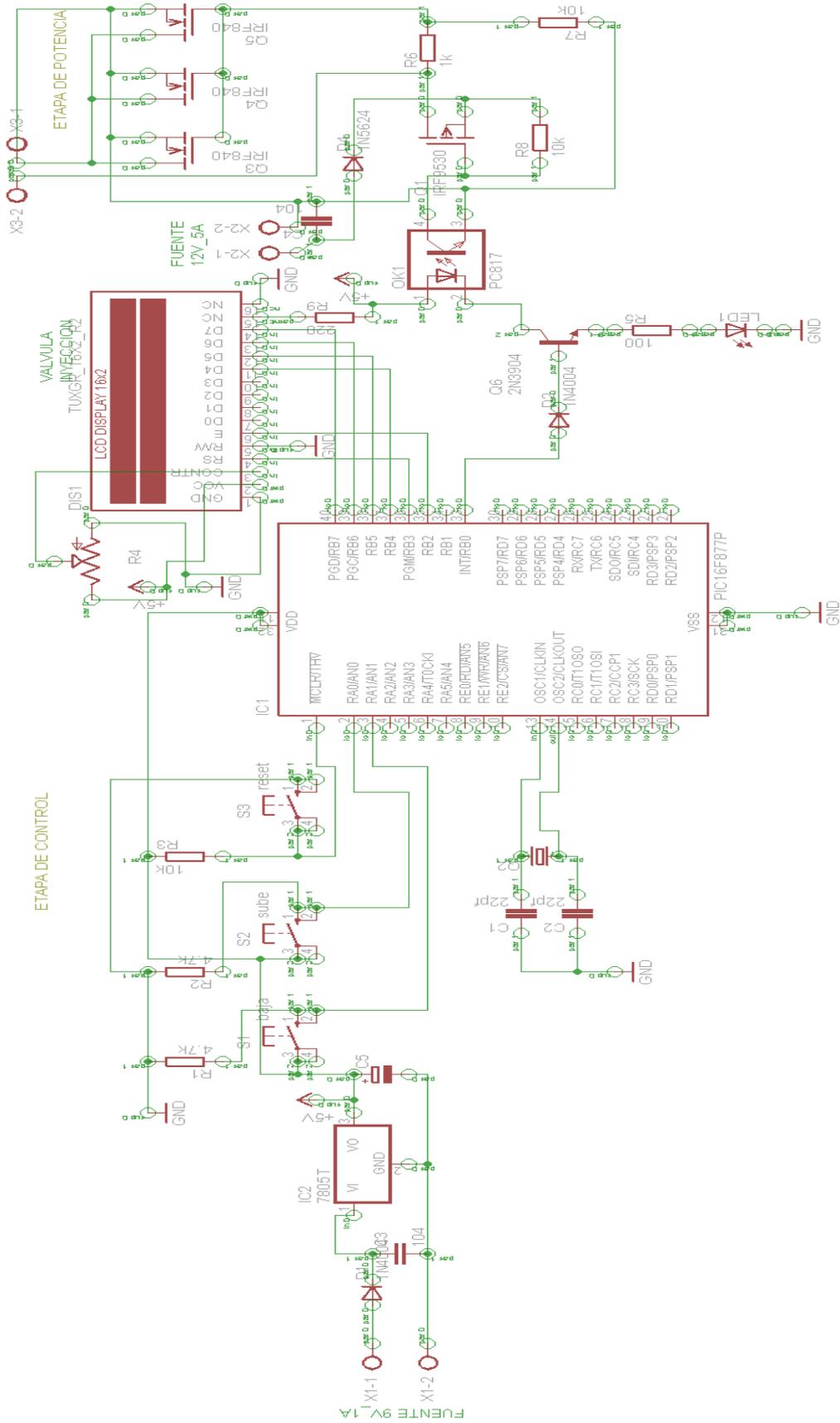
### Láminas de acople motor



N°. Lámina: 03 de 03		N°. Hojas: 03		Sustitución:		Codificación: FM-EIA-ABAP-AM-D-001-03 SF-2015		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b>			
Email: matligs@hotmail.com Teléfono: 0995228733						<b>ACOPLE MOTOR</b>		<b>ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Datos		Nombre		Firma				Fecha		Peso [Kg]	Tolerancia
Proyectó		M. Tigré - N. Villa				2015/02/05		1.13	$\pm 0.3$ [mm]	1 : 3.5	
Dibujó		M. Tigré - N. Villa				2015/02/05					
Revisó		Ing. Choto Santiago				2015/02/05		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL RESERVA DE M.Y. Y N.V. CUALQUIER USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			
Aprobó		Ing. Choto Santiago				2015/02/05					

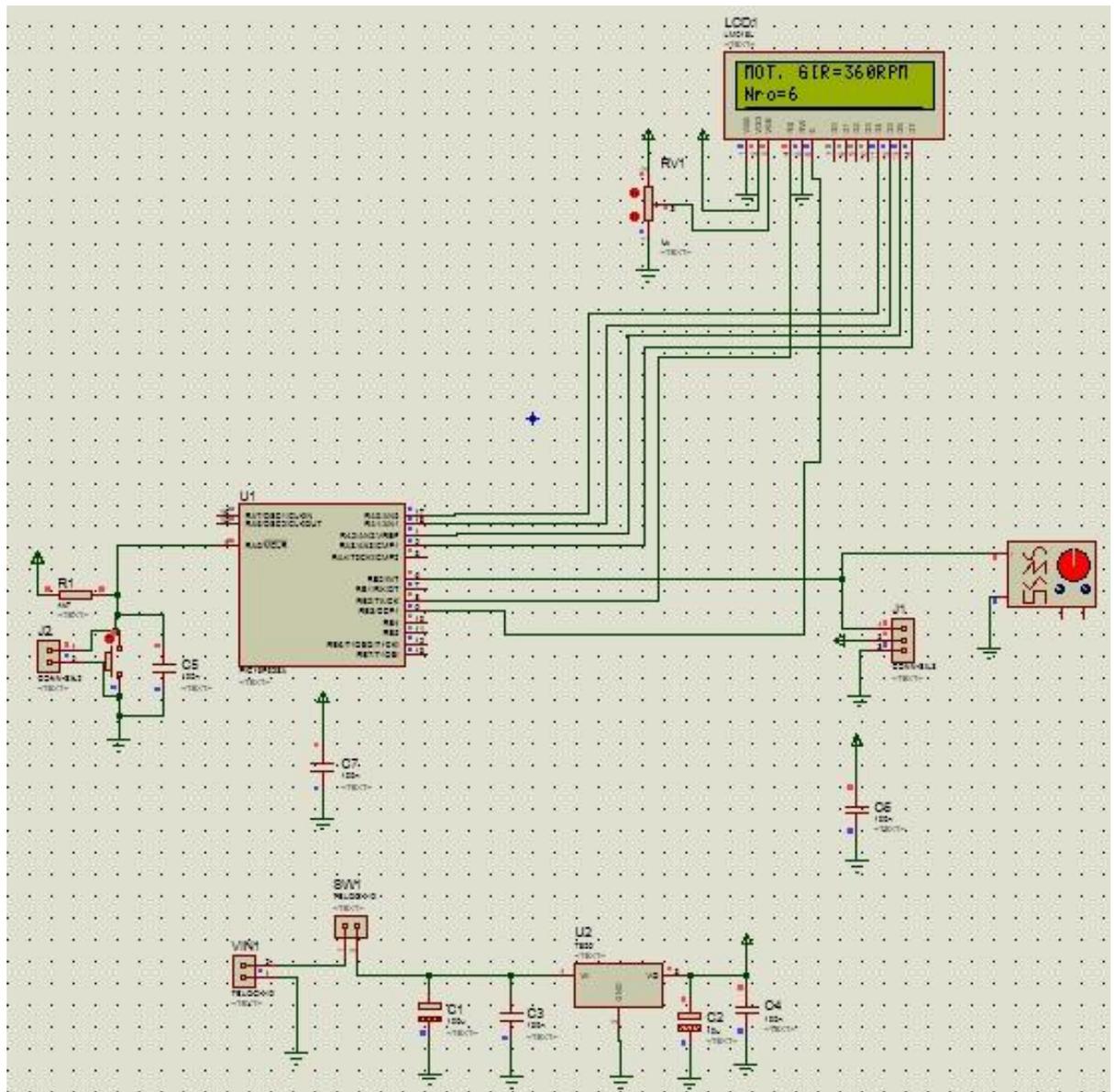
# ANEXO D

Diseño de la placa del circuito generador de pulsos de válvula SCV.



## ANEXO E

Diseño de la placa del circuito contador de revoluciones.



## ANEXO F

Ficha técnica de inyector Delphi.

### TABLAS IFT70



#### DATOS DEL INYECTOR:

**APLICACIÓN:** Renault 1.5 Dci (Clio/Logan/Kangoo/Megane)  
**CODIGO:** EJBR 04001 D y sucesivos reemplazos posteriores  
**CANTIDAD DE ORIFICIOS:** 5  
**TOBERA:** sin intercooler L087 PDB , con intercooler L120 PBD  
**DATOS ELECTRICOS:** Resistencia = 0.7 Ohm

#### ENSAYOS:

##### ARRANQUE:

**IPM:** 200  
**N:** 500  
**BAR:** 200  
**ANCHO PULSO:** 2.0 ms

**INYECTADO:** 8-10 cm<sup>3</sup>  
**RETORNO:** 7 cm<sup>3</sup>

##### RALENTI:

**IPM:** 200  
**N:** 800  
**BAR:** 300  
**ANCHO PULSO:** 1.5 ms

**INYECTADO:** 9-11 cm<sup>3</sup> (atención: el iny. c tobera L120PBD entrega 21cm<sup>3</sup> aprox)  
**RETORNO:** 8 cm<sup>3</sup>

##### PLENA CARGA:

**IPM:** 1400  
**N:** 200  
**BAR:** 400  
**ANCHO PULSO:** 1.5 ms

**INYECTADO:** 11-13 cm<sup>3</sup>  
**RETORNO:** 10 cm<sup>3</sup>

Estos datos son garantía de TODO DIESEL. Rafoela, Año 2010  
Fueron realizados en inyectores nuevos o en buen estado. Los valores que muestran las tablas pueden variar bajo circunstancias y condiciones distintas.

## ANEXO G

### Ficha técnica de inyector Denso.

<b>ZEMTEC</b> Tecnología superior en diesel.	<b>Tabla calibración de INYECTORES</b>
<b>IDENTIFICACION DEL INYECTOR</b>	
Marca	DENSO
Numeración del inyector	522504L00672
Denominación del inyector	CR/ IPS 17/ZEREAk 80
Tipo	Inductivo
<b>CARACTERISTICAS DEL VEHICULO</b>	
Vehículo	HINO 700
Motor	EN01-001
Potencia	200 kW

#### CONDICIONES DE ENSAYO

Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Temperatura Deposito	°C.	40	39	41	
Presión de Entrada	Bar	2.20	2.10	2.30	
Acete de Prueba	ISO 4113.				
Rampa	Sprinter.				
Bomba	DENSO HP3				

#### ENSAYOS DE CAUDAL

Ensayo nº: 1 Arranque					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm. 1/min	500	398	520	
Presión en Rampa	Bar	150	145	160	
Tiempo de inyección	ms.	2			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras	200			
Régimen Fuente	Rpm.	300			
Caudal de retorno	cm <sup>3</sup>	6	4	8	
Temperatura retorno inyectores	°C.	27	25	30	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	14	11,5	16,5	

Ensayo nº: 2 Ralenti					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm.	800	795	810	
Presión en Rampa	Bar	200			
Tiempo de inyección	ms.	1			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras	200			
Régimen Fuente	Rpm.	800			
Caudal de retorno	cm <sup>3</sup>	4	3,5	6	
Temperatura retorno inyectores	°C.	27	25	30	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	18	16	20,5	

Ensayo nº: 3 Media Carga					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm.	1400	1390	1405	
Presión en Rampa	Bar	300			
Tiempo de inyección	ms.	1			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras	200			
Régimen Fuente	Rpm.	3000			
Caudal de retorno	cm <sup>3</sup>	7,5	6	9	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	26	23,5	28	

## ANEXO H

### Ficha técnica de inyector Bosch.

ZEMTEC

<b>ZEMTEC</b> Tecnología superior en diesel.	<b>Tabla calibración de INYECTORES</b>
<b>IDENTIFICACION DEL INYECTOR</b>	
Marca	BOSCH
Numeración del inyector	0445110024-025
Denominación del inyector	CR/ IPS19/ZEREAK 105
Tipo	Inductivo
<b>CARACTERISTICAS DEL VEHICULO</b>	
Vehículo	Mercedes Benz
Motor	OM 611.981/983/987
Potencia	60/75/90/92/105 KW

#### CONDICIONES DE ENSAYO

Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Temperatura Deposito	°C.	40	38	41	
Presión de Entrada	Bar.	2.20	2.10	2.30	
Acete de Prueba	ISO 4113				
Rampa	Sprinter.				
Bomba	BOCH CP1.				

#### ENSAYOS DE CAUDAL

Ensayo nº: 1 Arranque					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm.1/min	500	398	520	
Presión en Rampa	Bar.	200	190	245	
Tiempo de inyección	ms.	2			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras.	200			
Régimen Fuente	Rpm.	300			
Caudal de retorno	Cm <sup>3</sup>	5	3.5	7	
Temperatura retorno inyectores	°C.	27	25	30	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	12	10	13	

Ensayo nº: 2 Ralenti					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm.	800	780	830	
Presión en Rampa	Bar.	300	295	305	
Tiempo de inyección	ms.	1			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras.	200			
Régimen Fuente	Rpm.	800			
Caudal de retorno	cm <sup>3</sup>	10	8	24	
Temperatura retorno inyectores	°C.	27	25	30	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	13	11.5	14.5	

Ensayo nº: 3 Media Carga					
Denominación	Unidad	Valor Teórico	Min.	Max.	Valores Reales
Régimen del Banco	Rpm.	1400	1395	1495	
Presión en Rampa	Bar.	400	380	410	
Tiempo de inyección	ms.	1			
Cantidad de inyecciones Banco.	Carreras.	200			
Régimen Fuente	Rpm.	3000			
Caudal de retorno	cm <sup>3</sup>	13	10	16	
Caudal inyectado.	cm <sup>3</sup>	22	19	24	

## **ANEXO I**

**Manual de Operación y Plan de Mantenimiento del Banco de pruebas de  
inyectores CRDI.**

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE MECÁNICA



Manual de Operación y Plan de  
Mantenimiento del “Banco de  
pruebas de inyectores CRDI”



## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	1
3. Ficha técnica del equipo con sus principales partes.....	2
4. Fichas de mantenimiento del banco de pruebas.....	3
5. Ejecución del mantenimiento .....	4
5.1. Mantenimiento de 250 horas .....	5
5.2. Mantenimiento de 500 horas .....	6
5.3. Mantenimiento de 1000 horas .....	7
5.4. Mantenimiento de 2000 horas .....	8
6. Guía de operación de máquina.....	9
7. Posibles causas y soluciones del banco .....	10
8. Plan de mantenimiento anual.....	11

## **Introducción**

Un manual de mantenimiento trata de una descripción detallada de las tareas de que se realizan en un equipo o maquina con el objetivo de mantener una calidad óptima del proceso que proporciona el equipo, por lo tanto se debe prevenir cualquier falla o avería que se presente en el equipo.

Por el uso y el paso del tiempo el banco presenta desgaste y fallas tanto en los sistemas mecánicos, electrónicos y eléctricos por lo cual se aplica en forma general los dos tipos de mantenimientos existentes, el mantenimiento preventivo que trata de prevenir las fallas o averías que se pueden presentar, el mantenimiento correctivo que trata de la reparación o sustitución de elementos averiados para mantener el equipo en condiciones óptimas de trabajo.

## **Objetivos**

- Asegurar el correcto uso y el mantenimiento de cada uno de los sistemas del banco de pruebas de inyectores CRDI.
- Crear fichas técnicas del equipo con sus principales partes y elementos de operación.
- Diseñar fichas de mantenimiento del banco de pruebas
- Realizar un registro estadístico anual de averías del banco de pruebas con el objetivo de realizar un mantenimiento correcto.

## Ficha técnica del equipo con sus principales partes.

		<b>BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI</b>		<b>FAC. MEC</b>	<b>Ficha:1-1</b>
				Fecha de elaboración 27-01-2015	
<b>Versión:</b> 2015		Escuela de Ingeniería Automotriz		Sección: Taller Automotriz	
<b>Elabora</b> Mauro Tigre- Nelson Villa		<b>Revisa</b> Ing.		<b>Aprueba</b> Ing.	
<b>FOTOGRAFÍA</b>			<b>DATOS TÉCNICOS DEL MODELO</b>		
			<b>Marca:</b>		<b>Sección:</b> Lab. de taller Automotriz
			<b>Modelo:</b>		<b>Cód.:</b> Tesis
			<b>Serie:</b>		<b>Color:</b> Azul - Negro
			<b>País de origen:</b> Ecuador		<b>Capacidad:</b>
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>					
Banco probador de inyectores a diésel CRDI marca BOSCH- DENSO Y DELPHI					
<b>DATOS DEL MOTOR</b>					
<b>Marca:</b> VEM			<b>TIPO HE:</b>		
<b># Fases:</b> 2			<b>RPM:</b> 3420 / 3505		
<b>Voltaje:</b> 220 / 440 V			<b>Hz:</b> 60		
<b>Amperios:</b> 10.3 / 5.06			<b>kW:</b> 3		
<b>TIPO DE MOTOR</b>					
<b>Corriente Continua:</b>		<b>Rotor Devanado:</b>		<b>Jaula de Ardilla:</b>	
<b>PARTES IMPORTANTES</b>					
<b>NÚMERO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>				
1	MOTOR ELÉCTRICO				
2	VARIADOR DE FRECUENCIA				
3	BANDAS Y POLEAS				
4	CHUMACERAS				
5	DEPOSITO DE COMBUSTIBLE				
6	ELEMENTOS FILTRANTES				
7	BOMBA DE ALTA PRESIÓN				
8	RIEL DE INYECTORES				
9	MANÓMETRO				
10	INYECTORES				
11	CONJUNTO DE PROBETAS				
12	CONTROLES ELECTRÓNICOS				

Las partes importantes mencionadas anteriormente toman relevancia por ser elementos que trabajan con mayor frecuencia, necesitando una manipulación correcta y un estricto mantenimiento.

## Fichas de mantenimiento del banco de pruebas.

 	<b>BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI</b>	<b>FAC. MEC</b>	<b>Ficha:1-1</b>
		Fecha de elaboración 27-01-2015	
<b>Versión:</b> 2015	Escuela de Ingeniería Automotriz	Sección: Taller Automotriz	
<b>Elabora</b> Mauro Tigre- Nelson Villa	<b>Revisa</b> Ing.	<b>Aprueba</b> Ing.	

EQUIPO O MÁQUINA		
PARTES IMPORTANTES	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
Banco probador de inyectores	Revisión y limpieza del banco	Semanalmente
Sistema de alimentación	Cambio de fluido de pruebas	Anualmente
	Sustitución de filtro primario de combustible	Semestralmente
	Sustitución de filtro de combustible secundario	Semestralmente
Trasmisión de potencia	Engrase de chumaceras	Anualmente
	Tensado de bandas	Anualmente
	Sustitución de bandas	4 Años
	Ajuste de acoples de la bomba de alta presión con el eje de salida del motor eléctrico	Semanalmente
	Chequeo de motor eléctrico	4 Años
Circuito de alta presión	Ajuste de cañerías	Anualmente
	Reemplazo de cañerías	4 Años
	Inspección del manómetro	Anualmente
	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente
Cables y contactos	Revisión de contactos en el circuito de control	Anualmente
	Limpieza de sockets de inyectores electrónicos	Semestralmente

El número de horas de mantenimiento se realiza en base al número de prácticas realizadas en el banco, tomando en cuenta que 10 horas de trabajo son proporcionales a una semana del calendario y 250 horas son equivalentes a seis meses, las 500 horas equivalen a un año, las 1000 horas son proporcionales a dos años calendario continuando los demás mantenimientos de forma proporcional.

## Ejecución del mantenimiento

 	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		FRECUENCIA	Número de horas	
				10 Horas	<b>X</b>
	Banco probador de inyectores CRDI			250 Horas	
				500 Horas	
Versión: 2015	TALLER AUTOMOTRIZ			2000 Horas	
			<b>Máquina</b>		
			Apagada	<b>X</b>	
			Encendida		
<b>Tiempo de ejecución: 15 min</b>					
<b>MANTENIMIENTO PERIÓDICO CADA 10 HORAS</b>					
<b>Herramientas:</b> Kit de herramientas		<b>Materiales:</b> Franela, guaípe		<b>Equipo:</b>	
<b>Procedimiento:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el equipo y desconectar los cables de alimentación</li> <li>✓ Retirar algún objeto que impida la realización de las tareas (herramientas o accesorios del taller).</li> <li>✓ Realizar una inspección visual y limpieza general del equipo</li> <li>✓ Verificar el ajuste de los acoples de cañerías de alta presión</li> <li>✓ Ajustar pernos y tuercas en los acoples de la bomba y motor eléctrico.</li> <li>✓ Limpiar probetas de medición de caudal utilizando guaípe y líquidos de limpieza recomendados</li> </ul>					
<b>Observaciones:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La persona encargada de realizar las tareas de mantenimiento, deberá estar con todos los implementos de seguridad (guantes, mascarilla, gafas mandil etc.).</li> <li>✓ El mantenimiento programado de 10 horas se debe realizar previamente en los mantenimientos de 250, 500 y 2000 horas.</li> </ul>					

## Mantenimiento de 250 horas

 	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>	FRECUENCIA	Número de horas	
			10 Horas	
	Banco probador de inyectores CRDI		250 Horas	<b>X</b>
			500 Horas	
Versión: 2015	TALLER AUTOMOTRIZ		2000 Horas	

	<b>Máquina</b>	
	Apagada	<b>X</b>
	Encendida	

**Tiempo de ejecución:** 20 min

### MANTENIMIENTO PERIÓDICO CADA 250 HORAS

<b>Herramientas:</b> Kit de herramientas, Destornilladores	<b>Materiales:</b> Guaípe, líquido limpiador contactos WD-40, filtro primario y secundario.	<b>Equipo:</b>
--	---	----------------

**Procedimiento:**

- ✓ Apagar el equipo y desconectar del suministro de energía eléctrica.
- ✓ Retirar el depósito de combustible y extraer el fluido.
- ✓ Aflojar el perno de sujeción del filtro primario, retirar el elemento filtrante y limpiar la base.
- ✓ Destornillar las bridas de acople del filtro secundario y extraer el filtro.
- ✓ Colocar el nuevo filtro primario y realizar el ajuste correspondiente.
- ✓ Reponer el filtro secundario y apretar las bridas.
- ✓ Desconectar los sockets, con el líquido WD -40 rociar en toda el área de contacto y volverlos a conectar respectivamente.

**Observaciones:**

- ✓ Si el equipo presentase alguna condición anormal en su funcionamiento, revisar las tablas de los datos indicativos de acuerdo a las partes que lo constituyen a fin de establecer causas, síntomas y posibles soluciones.

## Mantenimiento de 500 horas

 	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>	FRECUENCIA	Número de horas	
			10 Horas	
			250 Horas	
			500 Horas	<b>X</b>
Versión: 2015	TALLER AUTOMOTRIZ		2000 Horas	

	<b>Máquina</b>
	Apagada <b>X</b>
	Encendida

**Tiempo de ejecución:** 30 min

### MANTENIMIENTO PERIÓDICO CADA 500 HORAS

<b>Herramientas:</b> Kit de herramientas, engrasadora	<b>Materiales:</b> Guaípe, fluido de pruebas, grasa SKF LGMT 2	<b>Equipo:</b> Multímetro
---	--	---------------------------

**Procedimiento:**

- ✓ Apagar el equipo y desconectar del suministro de energía eléctrica.
- ✓ Retirar el depósito de combustible, extraer el fluido, limpiar el depósito y colocar el nuevo fluido.
- ✓ Ajustar los pernos base del motor eléctrico para obtener un tensado correcto de las bandas de transmisión.
- ✓ Lubricar las chumaceras utilizando grasa SKF LGMT 2 y el equipo necesario.
- ✓ Realizar una inspección visual del manómetro de presión y realizar un ajuste correcto de los acoples de entrada de presión.
- ✓ Inspeccionar visualmente el estado de las fuentes de voltaje de los circuitos de control de la bomba de alta presión e inyectores.
- ✓ Reajustar las cañerías del circuito de alta presión del banco.

**Observaciones:**

- ✓ La única prueba que se debe realizar con el banco en funcionamiento es la verificación de la presión marcada en el manómetro.

## Mantenimiento de 1000 horas

 	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>FRECUENCIA</b>	Número de horas	
			10 Horas	
	Banco probador de inyectores CRDI		250 Horas	
			500 Horas	
Versión: 2015	TALLER AUTOMOTRIZ		1000 Horas	<b>X</b>

		<b>Máquina</b>	
		Apagada	<b>X</b>
		Encendida	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 40 min			
<b>MANTENIMIENTO PERIÓDICO CADA 1000 HORAS</b>			
<b>Herramientas:</b> Kit de herramientas		<b>Materiales:</b> Guaípe, bandas	<b>Equipo:</b>
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el equipo y desconectar del suministro de energía eléctrica.</li> <li>✓ Retirar el depósito de combustible, extraer el fluido, limpiar el depósito y colocar el nuevo fluido.</li> <li>✓ Aflojar el perno de sujeción del filtro primario, retirar el elemento filtrante y limpiar la base.</li> <li>✓ Destornillar las bridas de acople del filtro secundario y extraer el filtro.</li> <li>✓ Colocar el nuevo filtro primario y realizar el ajuste correspondiente.</li> <li>✓ Reponer el filtro secundario y apretar las bridas</li> <li>✓ Aflojar los pernos que sujetan la chumacera exterior y extraer el elemento.</li> <li>✓ Retirar la rueda contadora de revoluciones</li> <li>✓ Utilizando una palanca de fuerza desmontar las bandas de transmisión localizadas en las guías de la polea.</li> <li>✓ Colocar las nuevas bandas de transmisión, las bandas recomendadas es de tipo belt 5 V con una sección transversal de 1.08 cm y longitud de 200 cm</li> <li>✓ Montar la rueda contadora de revoluciones y chumacera respectivamente.</li> <li>✓ Lubricar las chumaceras utilizando grasa SKF LGMT 2 y el equipo necesario</li> </ul>			
<b>Observaciones:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al momento de sustituir las cañerías del circuito de alta presión, no debe existir presión acumulada en el sistema.</li> </ul>			

## Mantenimiento de 2000 horas

 	<b>EJECUCIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>	FRECUENCIA	Número de horas	
			10 Horas	
			250 Horas	
			500 Horas	
Versión: 2015	Banco probador de inyectores CRDI		2000 Horas	<b>X</b>
	TALLER AUTOMOTRIZ			

		<b>Máquina</b>	
		Apagada	<b>X</b>
		Encendida	
<b>Tiempo de ejecución:</b> 40 min			
<b>MANTENIMIENTO PERIÓDICO CADA 2000 HORAS</b>			
<b>Herramientas:</b> herramientas	Kit de	<b>Materiales:</b> Guaípe, bandas	<b>Equipo:</b>
<b>Procedimiento:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apagar el equipo y desconectar del suministro de energía eléctrica.</li> <li>✓ Extraer la polea del eje de salida del motor eléctrico, retirar las bandas y colocar las nuevas posteriormente realizar el ajuste correcto.</li> <li>✓ Inspeccionar los contactos de entrada de corriente del motor eléctrico, reajustar los pernos de base del motor para evitar vibraciones cuando el banco entre en funcionamiento.</li> <li>✓ Aflojar los acoples de las cañerías de alta presión, retirar las cañerías y sustituirlas por nuevas.</li> <li>✓ Realizar el apriete correcto de las cañerías de alta presión para evitar fugas del fluido de pruebas.</li> </ul>			
<b>Observaciones:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al momento de sustituir las cañerías del circuito de alta presión, no debe existir presión acumulada en el sistema.</li> </ul>			

## Guía de operación de máquina.

 	<b>BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI</b>	<b>Ficha: 1-1</b>
	Diagrama de procesos	Código: Tesis
		Fecha de elaboración 27-01-2015
		Manuales de Fabricante: No
<b>Versión: 2015</b>	Escuela de Ingeniería Automotriz	Sección: Taller Automotriz

FUNCIÓN	Banco que sirve para la comprobación de inyectores electrónicos permitiendo el control del volumen inyectado por medio de un circuito generador de pulsos y mediante la presión generada por una bomba Denso.		
SEGURIDAD	PROCESO DE OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	CONTROL
<p>Colocarse cada uno de los implementos de seguridad.</p> <p>Tener cuidado con las líneas eléctricas.</p> <p>Antes de conectar el equipo al suministro eléctrico, verificar que sea el voltaje correspondiente.</p> <p>Desconectar el equipo antes de los trabajos de mantenimiento.</p> <p>Los estudiantes deben manejar el equipo en presencia del ayudante o jefe de laboratorio.</p> <p>Si la máquina presenta alguna Condición insegura se procederá inmediatamente dar el respectivo conocimiento a la persona encargada del laboratorio.</p> <p>Tener en cuenta las diferentes zonas de tránsito (seguras).</p>		<p>Conectar el cable de alimentación a una fuente de voltaje de 220 V y 110 V respectivamente y dirigirlo a la toma del banco.</p> <p>Poner el interruptor de protección del motor y variador de frecuencia en posición ON.</p> <p>Colocar en posición ON los interruptores que activan las fuentes de voltaje y pantallas LCD de los circuitos de control electrónico del banco.</p> <p>Conectar los cables hacia la válvula SCV, sensor de temperatura e inyectores respectivamente.</p> <p>Activar el variador de frecuencia graduando las rpm según se requiera.</p> <p>Seleccionar la frecuencia adecuada para el solenoide de la bomba de alta presión.</p> <p>Programar el circuito generador de pulsos para activación de inyectores</p> <p>Activar el interruptor de inicio o start del banco de pruebas.</p> <p>Dejar que el equipo entre en funcionamiento</p> <p>Al terminar el proceso apagar los circuitos eléctricos.</p>	<p>Tener en cuenta que la corriente existente en la fuente sea la correcta para el funcionamiento del banco.</p> <p>Verificar que al momento de activar el interruptor se encienda el variador.</p> <p>Constatar que exista alimentación de corriente.</p> <p>Verificar si exista continuidad en los cables respectivamente.</p> <p>Constatar que el circuito de rpm este censando correctamente.</p> <p>Verificar la frecuencia de acuerdo a las rpm del motor eléctrico.</p> <p>Seleccionar la cantidad de pulsos y el ciclo Duty</p> <p>Presionar al mismo instante el interruptor y pulsador.</p> <p>Tener un control general del equipo</p> <p>Desconectar los cables de las fuentes de alimentación.</p>

## Posibles causas y soluciones del banco

 		TABLA INDICATIVA DE FALLAS, POSIBLE CAUSA Y SOLUCIÓN	
		BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI	
Versión: 2015		TALLER AUTOMOTRIZ	
Problemas	Probables causas	Soluciones	
El motor no enciende.	La bobina o el interruptor están abiertos.	Circuito eléctrico sobrecargado.	
	Cable eléctrico defectuoso	Sustituya el cable eléctrico.	
El motor se detiene o corre lentamente.	Línea voltaje incorrecta.	Corregir y revisar las instalaciones	
	Variador de frecuencia no envía señales de activación al motor eléctrico	Revisar conexiones y configuración del variador de frecuencia	
No existe alimentación de combustible	Circuito eléctricos defectuosos	Inspeccionar y/o sustituir el cableado	
	Bomba de transferencia no succiona	Falta de combustible	
	Cañería de alimentación de combustible desconectada o rota.	Conectar y/o sustituir cañerías	
Bomba de alta presión no genera presión adecuada.	Circuito de control de válvula SCV defectuoso.	Revisar y/o sustituir elementos del circuito de control.	
	Válvula SCV averiada totalmente.	Sustituir la válvula	
	Falta de combustible	Revisar y completar el nivel de combustible	
	Circuito de alimentación y/o circuito de alta presión averiado	Revisar cañerías y ajuste de las mismas. Sustituirlas en caso de fugas	
	El número de revoluciones entregados por el motor eléctrico no es el adecuado	Inspeccionar el variador de frecuencia y determinar las revoluciones correctas	
Lecturas incorrectas del manómetro de presión	Cañerías de entrada rota o desacoplada	Ajustar y dar el apriete correcto. En caso de ruptura sustituirla	
	Manómetro averiado totalmente	Sustituir el manómetro	
	Falta de presión de la bomba hacia el manómetro	Revisar la bomba de alta presión	
Inyectores no funciona correctamente	Falta de señales de activación	Revisar las placas del circuito de control	
	Falta de presión y caudal	Revisar la línea de alta presión y nivel de combustible	
	Cañerías rotas o desacopladas	Ajustar y dar el apriete correcto. En caso de ruptura sustituirla	
	Inyector defectuoso	Verificar y/o sustituir inyector	
Perdidas de señales de rpm del banco	Sensor óptico de revoluciones averiado	Sustituir por un nuevo sensor	
	Rueda fónica descentrada	Centrar correctamente	

## Plan de mantenimiento anual

 		<b>PLAN ANUAL 2015</b>													
Versión: 2015		BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI					CÓDIGO: TESIS								
		TALLER AUTOMOTRIZ													
Nº	TAREA	FRECUENCIAS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
1	Revisión y limpieza del banco	Semanalmente													
2	Cambio de fluido de pruebas	Anualmente													
3	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente													
4	Sustitución de filtro de combustible primario	Semestralmente													
5	Sustitución de filtro de combustible secundario	Semestralmente													
6	Comprobación de bomba de transferencia	Anualmente													
7	Tensado de bandas	Anualmente													
8	Sustitución de bandas	2 años													
9	Engrase de chumaceras	Anualmente													
10	Chequeo de motor eléctrico	2 años													
11	Ajuste de cañerías	Anualmente													
12	Reemplazo de cañerías	2 años													
13	Inspección del manómetro	Anualmente													
14	Ajuste de acoples de la bomba de alta presión	Semanalmente													
15	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente													
16	Revisión de contactos en el circuito de control	Anualmente													
17	Limpieza de sockets de inyectores electrónicos	Semestralmente													
<b>Observaciones:</b>															



## PLAN ANUAL 2016



BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI

CÓDIGO: TESIS

Versión: 2015

TALLER AUTOMOTRIZ

Nº	TAREA	FRECUENCIAS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Revisión y limpieza del banco	Semanalmente												
2	Cambio de fluido de pruebas	Anualmente												
3	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
4	Sustitución de filtro de combustible primario	Semestralmente												
5	Sustitución de filtro de combustible secundario	Semestralmente												
6	Comprobación de bomba de transferencia	Anualmente												
7	Tensado de bandas	Anualmente												
8	Sustitución de bandas	2 años												
9	Engrase de chumaceras	Anualmente												
10	Chequeo de motor eléctrico	2 años												
11	Ajuste de cañerías	Anualmente												
12	Reemplazo de cañerías	2 años												
13	Inspección del manómetro	Anualmente												
14	Ajuste de acoples de la bomba de alta presión	Semanalmente												
15	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
16	Revisión de contactos en el circuito de control	Anualmente												

**Observaciones:**



### PLAN ANUAL 2017

BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI

CÓDIGO: TESIS

Versión: 2015

TALLER AUTOMOTRIZ



Nº	TAREA	FRECUENCIAS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Revisión y limpieza del banco	Semanalmente												
2	Cambio de fluido de pruebas	Anualmente												
3	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
4	Sustitución de filtro de combustible primario	Semestralmente												
5	Sustitución de filtro de combustible secundario	Semestralmente												
6	Comprobación de bomba de transferencia	Anualmente												
7	Tensado de bandas	Anualmente												
8	Sustitución de bandas	2 años												
9	Engrase de chumaceras	Anualmente												
10	Chequeo de motor eléctrico	2 años												
11	Ajuste de cañerías	Anualmente												
12	Reemplazo de cañerías	2 años												
13	Inspección del manómetro	Anualmente												
14	Ajuste de acoples de la bomba de alta presión	Semanalmente												
15	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
16	Revisión de contactos en el circuito de control	Anualmente												
17	Limpieza de sockets de inyectores electrónicos	Semestralmente												

Observaciones:



## PLAN ANUAL 2018



BANCO PROBADOR DE INYECTORES CRDI

CÓDIGO: TESIS

Versión: 2015

TALLER AUTOMOTRIZ

Nº	TAREA	FRECUENCIAS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1	Revisión y limpieza del banco	Semanalmente												
2	Cambio de fluido de pruebas	Anualmente												
3	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
4	Sustitución de filtro de combustible primario	Semestralmente												
5	Sustitución de filtro de combustible secundario	Semestralmente												
6	Comprobación de bomba de transferencia	Anualmente												
7	Tensado de bandas	Anualmente												
8	Sustitución de bandas	2 años												
9	Engrase de chumaceras	Anualmente												
10	Chequeo de motor eléctrico	2 años												
11	Ajuste de cañerías	Anualmente												
12	Reemplazo de cañerías	2 años												
13	Inspección del manómetro	Anualmente												
14	Ajuste de acoples de la bomba de alta presión	Semanalmente												
15	Limpieza de probetas de medición de caudal	Semanalmente												
16	Revisión de contactos en el circuito de control	Anualmente												
17	Limpieza de sockets de inyectores electrónicos	Semestralmente												

**Observaciones:**

**ANEXO J**  
Guías de prácticas



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**GUÍA DE LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

**PRÁCTICA No.- 01**

**COMPROBACIÓN DE BOMBAS DE ALTA PRESIÓN DENSO TIPO HP3**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRE: (estudiante(s))**

**CÓDIGO(S): (de estudiante(s))**

.....

.....

.....

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.../.../....

.../.../....

**2. OBJETIVO(S):**

**2.1. GENERAL**

Conocer el funcionamiento de bombas de alta presión Denso tipo HP3.

**2.2 ESPECÍFICOS**

Estudiar y verificar el funcionamiento de la válvula SCV de la bomba de alta presión.

Obtener datos de activación de la válvula SCV para su análisis.

Medir la presión generada por la bomba.

Verificar el estado de la bomba de alta presión tipo Denso.

### 3. METODOLOGÍA

Se procederá al montaje de la bomba de alta presión en el banco de pruebas utilizando herramientas necesarias, posteriormente se realiza una inspección de los elementos constitutivos teniendo cuidado con la activación electrónica de la válvula SCV, para finalmente poner en funcionamiento el motor eléctrico que accionara el eje de la bomba y comprobar su funcionamiento.

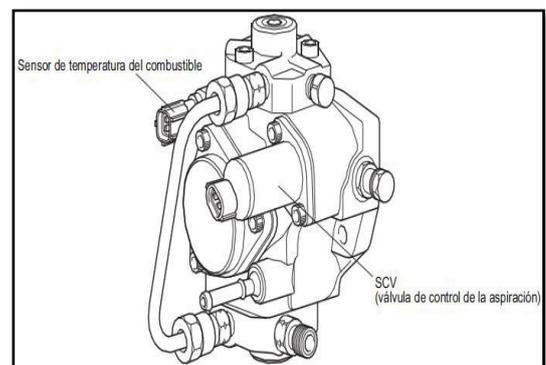
### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

1. Juego de llaves
2. Acople motor
3. Acople bomba motor
4. Multímetro
5. Osciloscopio

### 5. MARCO TEÓRICO:

La bomba de alta presión es la encargada de generar la presión necesaria para la inyección de combustible. Además de asegurar que haya suficiente combustible de alta presión disponible para cualquier condición y regímenes de funcionamiento del motor.

Para la generación de la alta presión, el eje de la bomba es impulsado por el motor a la mitad de revoluciones del mismo mediante una correa dentada. El combustible es forzado por medio de la bomba de suministro previo al interior de la cámara de la bomba de alta presión a través de una válvula de seguridad. La elevada presión no solo asegura la inyección rápida sino que también hace posible la obtención de una fase



de inyección previa para el proceso de combustión mejorando así la eficiencia termodinámica mientras la presión de inyección sea más alta.

#### Partes de la bomba Denso HP3

1. Sensor de temperatura de combustible

## 2. Válvula de control de caudal (SCV)

## 6. PROCEDIMIENTO:

- Drenar el aceite de la bomba de alta presión.
- Colocar la bomba sobre la base principal tipo U.
- Ajustar los dos pernos que unen la base principal con la bomba de alta presión.
- Colocar el acople bomba motor y ajustar la tuerca correspondiente.
- Guiar la bomba y unir con el acople motor del eje de salida del motor eléctrico.
- Ajustar los pernos inferiores de guía de bancada para que la bomba quede correctamente centrada evitando vibraciones en su funcionamiento.
- Conectar los cables que activan la válvula SCV y sensor de temperatura respectivamente.
- Activar el circuito de control de la válvula SCV de la bomba de alta presión.
- Verificar la presión en el manómetro de acuerdo al número de revoluciones del motor eléctrico.
- Mediante la utilización de un osciloscopio verificar los pulsos de activación de la válvula SCV.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Describir en forma lógica las conclusiones a que con lleven la práctica y las recomendaciones que sean pertinentes.

## 8. BIBLIOGRAFÍA:

### ANEXOS

Planos

Cuestionario de evaluación



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**GUÍA DE LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

**PRÁCTICA No.- 02**  
**COMPROBACIÓN DE INYECTORES CRDI BOSCH**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRE: (estudiante(s))**

**CÓDIGO(S): (de estudiante(s))**

.....

.....

.....

.....

**GRUPO No.: .....**

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.../.../...

.../.../...

**2. OBJETIVO(S):**

**2.1. GENERAL**

Conocer el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI tipo Bosch.

**2.2. ESPECÍFICOS**

Estudiar y verificar el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI.

Obtener datos de activación del inyector Bosch para su análisis.

Medir el volumen de combustible inyectado de acuerdo al caudal entregado por la bomba de alta presión.

Verificar el voltaje de activación del inyector Bosch.

Con la ayuda de un osciloscopio analizar la señal de activación del inyector.

### 3. METODOLOGÍA

Se inicia con el acoplamiento de la cañería de alta presión en el inyector electrónico tipo Bosch utilizando herramientas necesarias, posteriormente drenamos el aceite de las probetas y limpiamos para una nueva prueba, activamos el circuito de control para inyectores electrónicos y conectamos los cables respectivamente en el inyector, finalmente poner en funcionamiento el banco y comprobar el combustible inyectado en las probetas de medición.

### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- a. Juego de llaves
- b. Acople motor
- c. Multímetro
- d. Osciloscopio

### 5. MARCO TEÓRICO:

#### **Inyectores Bosch.**

Estos inyectores trabajan con voltajes que oscilan entre 70 y 80 V y con corrientes que van desde los 12 a los 20 A, la ECU genera pulsos en los dos cables de conexión de los inyectores proporcionándoles un control en el lado alto y bajo de la señal, trabajan con rangos de presión que van desde los 220 a 1350 bar en condiciones normales.

#### **Inyectores electromagnéticos.**

Estos inyectores pueden trabajar hasta con presiones de 2000 bar, utilizan tensiones y corrientes elevadas para tener un funcionamiento en tiempos relativamente cortos.

### 6. PROCEDIMIENTO:

- Colocar la cañería adecuada con el respectivo acople



para inyectores Bosch.

- Drenar el aceite de prueba de las probetas de medición y limpiarlas.
- Conectar el circuito de control de inyectores electrónicos a una fuente de 110 V.
- Conectar los cables de señal y voltaje del módulo de control hacia la fuente.
- Conectar el cable respectivo desde el módulo de control hacia el inyector Bosch.
- Encender la fuente de alimentación.
- Activar la pantalla LCD del circuito de control.
- Escoger en el menú de operaciones el modo automático.
- Seleccionar los parámetros correspondientes en el circuito de control para la activación del inyector como el número de repeticiones, ciclo Duty y verificar en la pantalla LCD.
- Ejecutar el circuito de control de inyectores con los parámetros respectivos.
- Verificar los niveles de entrega y retorno de combustible en las probetas.
- Con la ayuda de un multímetro comprobamos el voltaje y resistencia del inyector Bosch cuando este se encuentre en funcionamiento.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

Describir en forma lógica las conclusiones a que conlleven la práctica y las recomendaciones que sean pertinentes

## **8. BIBLIOGRAFÍA:**

### **ANEXOS**

Planos

Cuestionario de evaluación



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**GUÍA DE LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

**PRÁCTICA No.- 03**  
**COMPROBACIÓN DE INYECTORES CRDI DENSO**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRE: (estudiante(s))**

**CÓDIGO(S): (de estudiante(s))**

.....

.....

.....

.....

**GRUPO No.: .....**

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.../.../...

.../.../...

**2. OBJETIVO(S):**

**2.1. GENERAL**

Conocer el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI tipo Denso.

**2.2. ESPECÍFICOS**

Estudiar y verificar el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI.

Obtener datos de activación del inyector Denso para su análisis.

Medir el volumen de combustible inyectado de acuerdo al caudal entregado por la bomba de alta presión.

Verificar el voltaje de activación del inyector Denso.

Con la ayuda de un osciloscopio analizar la señal de activación del inyector.

### 3. METODOLOGÍA

Se inicia con el acoplamiento de la cañería de alta presión en el inyector electrónico tipo Denso utilizando herramientas necesarias, posteriormente drenamos el aceite de las probetas y limpiamos para una nueva prueba, activamos el circuito de control para inyectores electrónicos y conectamos los cables respectivamente en el inyector, finalmente poner en funcionamiento el banco y comprobar el combustible inyectado en las probetas de medición.

### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- a. Acople motor
- b. Multímetro
- c. Osciloscopio

### 5. MARCO TEÓRICO:

#### **Inyector Denso.**

Disponen de una resistencia de 0,8 a 1  $\Omega$  obteniendo tiempos de inyección de combustible de 0,4 a 1,5 milisegundos, tiempos en los cuales se ha producido la preinyección e inyección principal hasta alcanzar las 3000 rpm.

El inyector permanece sin activarse cuando no hay excitación del solenoide la fuerza aplicada por el muelle de la válvula es mayor a la presión hidráulica ejercida en la cámara de control, ante esto la válvula de tres vías no permite que haya inyección cerrando el orificio de salida de combustible. La presión del circuito hidráulico se aplica al pistón de mando y esta al muelle de la tobera del inyector comprimiéndola para impedir la inyección de combustible.



## **6. PROCEDIMIENTO:**

- Colocar la cañería adecuada con el respectivo acople para inyectores Denso.
- Drenar el aceite de prueba de las probetas de medición y limpiarlas correctamente.
- Conectar el circuito de control de inyectores electrónicos a una fuente de 110 V.
- Conectar los cables de señal y voltaje del módulo de control hacia la fuente.
- Conectar el cable respectivo desde el módulo de control hacia el inyector Denso.
- Encender la fuente de alimentación.
- Activar la pantalla LCD del circuito de control.
- Escoger en el menú de operaciones el modo automático.
- Seleccionar los parámetros correspondientes en el circuito de control para la activación del inyector como el número de repeticiones, ciclo Dutty y verificar en la pantalla LCD.
- Ejecutar el circuito de control de inyectores con los parámetros respectivos.
- Verificar los niveles de entrega y retorno de combustible en las probetas de medición.
- Con la ayuda de un multímetro comprobamos el voltaje y amperaje del inyector Denso. cuando este se encuentre en funcionamiento.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

Describir en forma lógica las conclusiones a que conlleven la práctica y las recomendaciones que sean pertinentes

## **8. BIBLIOGRAFÍA:**

### **ANEXOS**

Planos

Cuestionario de evaluación



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**  
**CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**GUÍA DE LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA**

**PRÁCTICA No.- 04**  
**COMPROBACIÓN DE INYECTORES CRDI DELPHI**

**1. DATOS GENERALES:**

**NOMBRE: (estudiante(s))**

**CÓDIGO(S): (de estudiante(s))**

.....

.....

.....

.....

**GRUPO No.:** .....

**FECHA DE REALIZACIÓN:**

**FECHA DE ENTREGA:**

.../.../...

.../.../...

**2. OBJETIVO(S):**

**2.1. GENERAL**

Conocer el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI tipo Delphi.

**2.2. ESPECÍFICOS**

Estudiar y verificar el funcionamiento de inyectores electrónicos CRDI.

Obtener datos de activación del inyector Delphi para su análisis.

Medir el volumen de combustible inyectado de acuerdo al caudal entregado por la bomba de alta presión.

Verificar el voltaje de activación del inyector Delphi.

### 3. METODOLOGÍA

Se inicia con el acoplamiento de la cañería de alta presión en el inyector electrónico tipo Delphi utilizando herramientas necesarias, posteriormente drenamos el aceite de las probetas y limpiamos para una nueva prueba, activamos el circuito de control para inyectores electrónicos y conectamos los cables respectivamente en el inyector, finalmente poner en funcionamiento el banco y comprobar el combustible inyectado en las probetas de medición.

### 4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- a. Acople motor
- b. Multímetro
- c. Osciloscopio

### 5. MARCO TEÓRICO:

#### **Inyectores Delphi.**

Trabajan con presiones que van desde los 200 a 1600 bar de trabajo, son de tipo electromagnético muy finos de un diámetro aproximado de 17 mm son de baja resistencia de  $0,2 \Omega$  esto hace que se accionen rápido durante la inyección, llegando a tener inyecciones múltiples son activados con una tensión de 12 V y una corriente de apertura de 12 A para su apertura y 6 A de corriente para mantenerlo abierto.

En el funcionamiento del inyector Delphi el inyector se encuentra en reposo por no estar energizado el solenoide de la válvula de control la cual esta cerrada esto se presenta porque la presión de la cámara de control es la misma que la presión que ingresa del riel hacia el inyector con lo cual la boquilla del inyector permanece cerrada sin producirse ninguna inyección.



Se energiza el solenoide de la válvula de control la cual sube permitiendo que disminuya la presión en la cámara de control ya que el combustible se envía a la línea de retorno, la boquilla aun permanece cerrada hasta que la presión en la cámara sea la mínima lo que hace ascender al asiento de la boquilla permitiendo la inyección.

## **6. PROCEDIMIENTO:**

- Colocar la cañería adecuada con el respectivo acople para inyectores Delphi.
- Ajustar correctamente la cañería acoplada para evitar fugas de combustible.
- Drenar el aceite de prueba de las probetas de medición y limpiarlas.
- Conectar el circuito de control de inyectores electrónicos a una fuente de 110 V.
- Conectar los cables de señal y voltaje del módulo de control hacia la fuente.
- Conectar el cable respectivo desde el módulo de control hacia el inyector Delphi.
- Escoger en el menú de operaciones el modo automático.
  
- Seleccionar los parámetros correspondientes en el circuito de control para la activación del inyector como el número de repeticiones, ciclo Duty y verificar en la pantalla LCD.
  
- Ejecutar el circuito de control de inyectores con los parámetros respectivos.
  
- Verificar los niveles de entrega y retorno de combustible en las probetas.
  
- Con la ayuda de un multímetro comprobamos el voltaje y amperaje del inyector.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:**

Describir en forma lógica las conclusiones a que conlleven la práctica y las recomendaciones que sean pertinentes

## **8. BIBLIOGRAFÍA:**

### **ANEXOS**

Planos

Cuestionario de evaluación