



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO
DE PRUEBAS DE INYECTORES DE VEHÍCULOS
A DIESEL CRDI PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

CORAL DE LA CADENA FABIÁN ALEJANDRO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACION DE TESIS

2012-06-24

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FABIÁN ALEJANDRO CORAL DE LA CADENA

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
INYECTORES DE VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Ing. Víctor Bravo
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Diego Constante
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FABIÁN ALEJANDRO CORAL DE LA CADENA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES DE VEHÍCULOS A DIESEL CRDI PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2013-07-12

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Víctor Bravo (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Diego Constante (ASESOR)			

* 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.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, 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 teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Fabián Alejandro Coral de la Cadena

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico en primera instancia a Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Laura.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre Fabián.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hermano Álvaro

Por todo el respaldo y preocupación para la realización de este proyecto.

A mi novia Cristina

Mil palabras no bastarían para agradecerle su apoyo, su comprensión, sus consejos para salir adelante, por compartir bellos momentos conmigo, por su amor incondicional y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Finalmente a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Fabián Alejandro Coral de la Cadena

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Fabián Alejandro Coral de la Cadena

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	4
1.2.1 <i>Justificación técnica</i>	4
1.2.2 <i>Justificación social</i>	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Fundamentos de inyección a diesel.....	7
2.1.1 <i>Composición del sistema CRDI en general</i>	9
2.1.2 <i>Composición del sistema electrónico de control CRDI</i>	9
2.2 Definición y funcionamiento general del sistema CRDI.....	10
2.2.1 <i>Generación de presión del sistema CRDI</i>	12
2.2.2 <i>Regulación de la presión en el sistema CRDI</i>	13
2.2.2.1 <i>Regulación en el lado de alta presión</i>	13
2.2.2.2 <i>Regulación de caudal del lado de aspiración</i>	13
2.2.2.3 <i>Sistema de doble regulación</i>	13
2.2.3 <i>Inyección</i>	13
2.2.4 <i>Potencia hidráulica</i>	14
2.2.5 <i>Ventajas del sistema de inyección CRDI</i>	14
2.3 Sistema de alimentación.....	14
2.4 Inyectores.....	16
2.4.1 <i>Principio de funcionamiento del inyector</i>	18
2.4.2 <i>Partes del inyector</i>	19
2.5 Sensores del sistema.....	20
2.5.1 <i>Sensor de temperatura del refrigerante</i>	21
2.5.2 <i>Sensor de posición del pedal del acelerador</i>	21
2.5.3 <i>Sensor de presión del riel</i>	22
2.5.4 <i>Sensor de temperatura del combustible</i>	22
2.5.5 <i>Sensor de presión atmosférica</i>	23
2.5.6 <i>Sensor del pedal del embrague</i>	24
2.5.7 <i>Sensor del pedal de freno</i>	24
2.5.8 <i>Sensor de caudal y temperatura del aire de admisión</i>	24
2.5.9 <i>Sensor de posición del cigüeñal</i>	25
2.5.10 <i>Sensor de fase</i>	26
2.5.11 <i>Sensor de presión del turbo alimentador</i>	26
2.6 Procesos de inyección.....	27
2.6.1 <i>Inyección previa</i>	27
2.6.2 <i>Inyección principal</i>	27
2.6.3 <i>Inyección posterior</i>	27
2.7 Controles adicionales.....	28
2.7.1 <i>Circuito de baja presión</i>	28
2.7.1.1 <i>Depósito de combustible</i>	29
2.7.1.2 <i>Tuberías de combustible en la parte de baja presión</i>	29
2.7.1.3 <i>Bomba previa</i>	30

2.7.1.4	<i>Filtro de combustible</i>	30
2.7.2	<i>Circuito de alta presión</i>	30
2.7.2.1	<i>Genera y almacena alta presión</i>	31
2.7.2.2	<i>Control dinámico de la presión del riel</i>	31
2.7.2.3	<i>Inyección del combustible</i>	31
2.7.2.4	<i>Componentes del sistema de alta presión</i>	32
2.7.2.4.1	<i>Bomba de alta presión</i>	32
2.7.2.4.2	<i>Acumulador de alta presión</i>	32
2.7.2.4.3	<i>Tuberías de combustible en la parte de alta presión</i>	33
2.8	<i>Tipos de banco de pruebas CRDI</i>	33
2.8.1	<i>Test inyección diesel TM 507</i>	34
2.8.2	<i>Banco de pruebas APEX-708</i>	35
2.8.3	<i>Banco de pruebas TLD II</i>	37
2.8.3.1	<i>Configuración estándar</i>	37
2.8.4	<i>Test BENCH riel común inyección diesel</i>	38
2.8.5	<i>Banco de pruebas diesel TLD – CRS 1000</i>	39
3.	SISTEMAS CRDI EN EL ECUADOR	
3.1	<i>Sistema de inyección CRDI DEPLPHI</i>	41
3.1.1	<i>Características de la bomba de transferencia</i>	41
3.1.2	<i>Descripción del sistema CRDI DELPHI</i>	41
3.1.3	<i>Funcionamiento del sistema CRDI DELPHI</i>	42
3.1.3.1	<i>Alimentación de la bomba de alta presión</i>	42
3.1.3.2	<i>Principio de bombeo de alta presión</i>	43
3.1.3.3	<i>Válvulas de aspiración y de descarga</i>	43
3.1.3.4	<i>Lubricación y refrigeración de la bomba de alta presión</i>	44
3.1.3.5	<i>Puesta en fase de la bomba</i>	44
3.1.4	<i>Válvula dosificadora de admisión (IVM)</i>	45
3.1.4.1	<i>Funcionamiento del actuador IVM</i>	45
3.1.4.2	<i>Descripción del actuador IVM</i>	45
3.1.5	<i>El inyector DELPHI</i>	46
3.1.5.1	<i>Funcionamiento del inyector DELPHI</i>	46
3.1.5.2	<i>Tecnología del inyector DELPHI</i>	47
3.1.5.2.1	<i>Válvula del inyector DELPHI</i>	47
3.1.5.2.2	<i>Placa separadora del inyector DELPHI</i>	48
3.1.5.3	<i>Principio de funcionamiento del inyector</i>	50
3.1.5.3.1	<i>Aumento de presión</i>	50
3.1.5.3.2	<i>Inyector en reposo</i>	50
3.1.5.3.3	<i>Pilotaje de la bobina</i>	50
3.1.5.3.4	<i>Inicio de inyección</i>	50
3.1.5.3.5	<i>Fin de inyección</i>	51
3.1.6	<i>Control de los inyectores</i>	52
3.1.7	<i>Descarga mediante los inyectores</i>	53
3.1.8	<i>C2I: corrección individual del inyector</i>	53
3.1.8.1	<i>Descripción C2I</i>	53
3.1.9	<i>Evolución: la C3I</i>	55
3.2	<i>Sistema de inyección CRDI BOSCH</i>	56
3.2.1	<i>Bomba de alta presión</i>	56
3.2.1.1	<i>Funcionamiento de la bomba de alta presión</i>	58
3.2.2	<i>Bomba de émbolos radiales CPI</i>	59

3.2.2.1	<i>Estructura de la bomba CPI</i>	59
3.2.2.2	<i>Funcionamiento de la bomba CPI</i>	59
3.2.2.3	<i>Relación de desmultiplicación de la bomba CPI</i>	60
3.2.2.4	<i>Potencia de suministro de la bomba CPI</i>	60
3.2.3	<i>Bomba alimentadora de engranaje</i>	60
3.2.3.1	<i>Funcionamiento de la bomba alimentadora de engranaje</i>	61
3.2.4	<i>Válvula reguladora de presión del inyector BOSCH</i>	61
3.2.4.1	<i>Funcionamiento de la válvula reguladora de presión</i>	61
3.2.5	<i>Porta inyector</i>	61
3.2.5.1	<i>Posición de reposo</i>	61
3.2.5.2	<i>Inicio de inyección</i>	62
3.2.5.3	<i>Inyectado</i>	63
3.2.6	<i>Pre inyección e inyección principal</i>	63
3.3	<i>Sistema de inyección CRDI DENSO</i>	64
3.3.1	<i>Estructura y funcionamiento del sistema CRDI DENSO</i>	64
3.3.1.1	<i>Bomba de suministro</i>	64
3.3.1.2	<i>Flujo de combustible</i>	65
3.3.1.3	<i>Estructura de la bomba de suministro</i>	65
3.3.1.4	<i>Funcionamiento de la bomba de suministro</i>	66
3.3.2	<i>Descripción de los componentes de la bomba de suministro</i>	66
3.3.2.1	<i>Bomba de alimentación</i>	66
3.3.2.2	<i>Válvula de control de aspiración</i>	66
3.3.2.3	<i>Riel común</i>	67
3.3.3	<i>Inyector DENSO</i>	68
3.3.3.1	<i>Estructura del inyector DENSO</i>	68
3.3.3.2	<i>Funcionamiento del inyector DENSO</i>	69
3.3.3.3	<i>Código QR</i>	69
3.4	<i>Gráficos comparativos de los tres sistemas CRDI estudiados</i>	70
4.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	
4.1	<i>Diseño del circuito electrónico del generador de pulsos</i>	73
4.2	<i>Placa de control</i>	74
4.2.1	<i>Funcionamiento de la placa de control</i>	74
4.2.2	<i>Diseño de la placa de control</i>	75
4.2.3	<i>Características de los componentes de la placa de control</i>	75
4.2.3.1	<i>Microprocesador ATMEGA328P – PV</i>	75
4.2.3.2	<i>Bus de datos de 12 pines</i>	76
4.2.3.3	<i>Pantalla LCD JHD539M8</i>	77
4.2.3.4	<i>Estabilizador de oscilaciones 1600</i>	77
4.3	<i>Placa elevadora de voltaje</i>	78
4.3.1	<i>Funcionamiento de la placa elevadora de voltaje</i>	78
4.3.2	<i>Diseño de la placa elevadora de voltaje</i>	79
4.3.3	<i>Características de los componentes de la placa elevadora de voltaje..</i>	79
4.3.3.1	<i>Circuito integrado 555</i>	79
4.3.3.2	<i>Rectificador de silicio NTE581</i>	80
4.4	<i>Placa de etapa de potencia</i>	83
4.4.1	<i>Funcionamiento de la placa de potencia</i>	83
4.4.2	<i>Diseño de la placa de potencia</i>	83
4.4.3	<i>Características de los componentes de la placa de potencia</i>	84
4.4.3.1	<i>Octocoplador</i>	84

4.4.3.2	<i>Transistor MOSFET</i>	85
4.5	Diseño mecánico del comprobador de inyectores CRDI.....	85
4.5.1	<i>Manómetro</i>	87
4.5.1.1	<i>Detalles mecánicos del manómetro</i>	89
4.5.2	<i>Fuente de energía</i>	91
4.5.3	<i>Medidor de fluido</i>	93
4.6	Ensamblaje de todo el comprobador de inyectores diesel CRDI.....	96
4.7	Funcionamiento general del comprobador CRDI.....	101
5.	RESULTADOS OBTENIDOS Y MANUAL DE USUARIO DEL COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL CRDI	
5.1	Resultados obtenidos.....	105
5.2	Manual de usuario.....	108
5.3	Guía de laboratorio.....	114
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO	
6.1	Costos.....	117
6.1.1	<i>Costos directos</i>	117
6.1.2	<i>Costos indirectos</i>	119
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	121
7.2	Recomendaciones.....	123

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Especificaciones técnicas TM507	35
2	Especificaciones técnicas APEX 708 un.....	36
3	Características APEX 708 un.....	36
4	Análisis Test Bench.....	38
5	Especificaciones TLD CRS 1000.....	40
6	Proceso de inyección.....	52
7	Valores de funcionamiento inyector DELPHI.....	56
8	Valores de las bombas CRDI BOSCH.....	58
9	Valores de funcionamiento del inyector BOSCH.....	64
10	Valores de funcionamiento del inyector DENSO.....	70
11	Características y valores eléctricos del NTE 581.....	82
12	Presión de inyectores diesel.....	102
13	Costos de materiales.....	117
14	Costos de mano de obra.....	118
15	Costos de equipos y herramientas.....	118
16	Costos totales directos.....	119
17	Costos indirectos.....	119
18	Costos totales indirectos.....	119
19	Costos totales.....	120
20	Análisis de resultados.....	123

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Composición del sistema diesel.....	10
2	Sección de un turbo compresor.....	15
3	Esquema del sistema de alimentación.....	16
4	Partes del inyector.....	20
5	Sensor de temperatura del refrigerante.....	21
6	Sensor de posición del acelerador.....	22
7	Sensor de presión del riel.....	22
8	Sensor de temperatura del combustible.....	23
9	Sensor MAF.....	23
10	Sensor de pedal del embrague.....	24
11	Sensor de pedal del freno.....	24
12	Sensor MAP.....	25
13	Sensor de posición del cigüeñal.....	26
14	Sensor de fase.....	26
15	Sensor de presión del turbo.....	27
16	Parte de baja presión.....	28
17	Depósito de combustible.....	29
18	Tuberías de baja presión.....	30
19	Bomba de combustibles de engranajes.....	30
20	Filtro de combustible.....	30
21	Esquema del circuito de alta presión common rail.....	31
22	Bomba de alta presión.....	32
23	Riel común.....	33
24	Tuberías de combustible de alta presión.....	33
25	Test CRDI TM 507.....	35
26	Banco de pruebas APEX 708un.....	37
27	Banco de pruebas TLD 11.....	37
28	Test BENCH.....	39
29	Banco de pruebas TLD CRS 1000.....	40
30	Bomba de alta presión.....	42
31	Bomba de alimentación.....	43
32	Válvula del inyector DELPHI.....	48

33	Placa separador del inyector DELPHI.....	48
34	Vista inyector DELPHI.....	49
35	Proceso de inyección.....	51
36	Impulso de inyección.....	52
37	Etiqueta de codificación del inyector DELPHI.....	54
38	Curvas de caudal de inyección a presión constante.....	55
39	Bomba de alta presión sistema CRDI BOSCH.....	57
40	Bomba de alta presión vista lateral.....	58
41	Bomba alimentadora de engranajes.....	61
42	Inyector BOSCH vista interior.....	62
43	Inicio de inyección del inyector BOSCH.....	63
44	Proceso de inyección.....	63
45	Bomba de suministro.....	64
46	Giro del eje impulsor de la bomba de suministro.....	65
47	Bomba de alimentación.....	66
48	Válvula SCV.....	67
49	Riel común.....	67
50	Inyector DENSO.....	68
51	Porcentaje de vehículos con sistema CRDI en el Ecuador.....	70
52	Comparación de los voltajes de entrada de los inyectores CRDI.....	71
53	Comparación de la presión de apertura de los inyectores CRDI.....	71
54	Comparación de la presión máxima de los inyectores CRDI.....	72
55	Circuito electrónico del generador de pulsos.....	73
56	Placa del microprocesador.....	75
57	Placa elevadora de voltaje.....	79
58	Placa de potencia.....	83
59	Vista frontal del comprobador CRDI.....	86
60	Comprobador CRDI.....	86
61	Manómetro.....	87
62	Vista frontal manómetro.....	88
63	Vista lateral manómetro.....	89
64	Detalle interior del manómetro.....	90
65	Vista posterior de la fuente de poder.....	92
66	Vista frontal detallada de la fuente de poder.....	93
67	Medidor de fluido.....	94

68	Vista frontal detallada módulo.....	95
69	Vista lateral del módulo.....	96
70	Esquema placa de control.....	96
71	Esquema placa elevadora de voltaje.....	96
72	Esquema placa de potencia.....	97
73	Instalación de elementos electrónicos.....	97
74	Conexión placa de control con placa elevadora de voltaje.....	98
75	Conexión tres placas.....	98
76	Carcasa del módulo del comprobador CRDI.....	99
77	Conexión interna pulsadores y LCD.....	99
78	Conexión cable señal y voltajes.....	99
79	Módulo comprobador CRDI.....	100
80	Conexión cables de voltaje y señal.....	100
81	Conexión módulo con inyector diesel.....	100
82	Conexión inyector módulo y manómetro.....	101
83	Ensamblaje total del comprobador.....	101
84	Conexión fuente de energía.....	102
85	Activación del módulo de comprobación.....	103
86	Menú de operación.....	103
87	Número de repeticiones.....	103
88	Ciclo DUTY.....	104
89	Opción “aceptar”.....	104
90	Esquema general del comprobador CRDI.....	109
91	Conexión fuente de alimentación.....	110
92	Conexión cables de 5V y 12V.....	110
93	Conexión cable señal.....	111
94	Cañería del manómetro con el inyector.....	111
95	Conexión cable señal del módulo con el inyector.....	111
96	Encendido fuente de energía.....	112
97	Encendido LCD.....	112
98	Menú de operaciones.....	112
99	Número de repeticiones.....	113
100	Ciclo DUTY.....	113
101	Porcentaje ciclo DUTY.....	113
102	Aceptar.....	114

103	Activación del interruptor DUTY.....	114
104	Reset.....	114

LISTA DE ABREVIACIONES

AC	Corriente Alterna
AP	Alta Presión
CO	Monóxido de Carbono
CRDI	Riel Común de Inyección Diesel (Common Rail Diesel Injection)
C2I	Corrección Individual de Inyector
C3I	Corrección Individual Mejorada del Inyector
DFI	Inyector DELPHI
DLC	Carbono de diamante (Diamond Like Carbon)
DUTY	Ciclo de trabajo % de apertura de la bobina del inyector
EDC	Control Electrónica Diesel (Electronic Diesel Control)
EGR	Recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation)
HC	Hidratos de Carbono
IMV	Válvula reguladora de Caudal (Inlet Metering Valve)
INO	Alimentación de la cámara de control (Inlet Orific)
MAF	Sensor de masa de aire (Mass Air Flow)
MPFI	Inyección Multipunto (Multi Point Fuel Injection)
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
NOx	Óxido de Nitrógeno
NPO	Alimentación de la galería de carburante de tobera (Nozzle Path Orifice)
NTC	Coefficiente de Temperatura Negativo (Negative Temperature coefficient)
OEM	Fabricante Original de Equipo (Original Equipment Manufacturer)
PMS	Punto Muerto Superior
RPM	Revoluciones Por Minuto
SPO	Alimentación de la cámara de la válvula (Spill Orifice)
UCE	Unidad de Control Electrónico (CPU, ECU)

LISTA DE ANEXOS

- A** Diseño placas del módulo de comprobación CRDI
- B** Programación del módulo de comprobación
- C** Despiece de la bomba DENSO
- D** Funcionamiento del inyector DENSO
- E** Medición Sensor de Presión – Common Rail

RESUMEN

Este trabajo trata sobre el diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI, con el objetivo de diagnosticar el funcionamiento o no de los inyectores de todos los vehículos de combustible diésel. En el país se ha ido incrementando en gran cantidad los vehículos con sistemas de inyección diesel como son: BOSCH, DELPHI, DENSO, siendo inapropiado el diagnóstico de funcionamiento y análisis de averías de los inyectores.

Este proyecto implementa el sistema de módulo controlador de pulsos electromagnéticos, el mismo que hace el trabajo de una ECU en un vehículo diésel, es decir da el mando para que el inyector a través de los pulsos, inyecte el combustible, abriendo y cerrando la tobera del inyector, con los datos establecidos en el módulo controlador. Además para que el inyector cumpla su función de inyección se incorpora un manómetro que hace la función de bomba para enviar presión al inyector y así poder comprobar si está cumpliendo o no con su funcionamiento normal y adecuado.

Los estudios de los sistema de inyección directa en los vehículos a diesel, lleva a la invención, diseño, estudio técnico para la elaboración de un sistema de banco de pruebas, que genera pulsos electromagnéticos para controlar los inyectores (pulsos: 200, DUTY: ralentí: 40% y plena carga: 80%), implementando un diagnóstico más técnico, a menor tiempo y costo.

Los resultados obtenidos son los siguientes: si los niveles de entrega y retorno son iguales: el inyector funciona regularmente pero debe ser reparado; si el nivel de entrega es mayor al nivel de retorno: el inyector funciona normalmente; si el nivel de retorno es mayor que el nivel de entrega hay una fuga y el vehículo no enciende; se recomienda antes de realizar un análisis de funcionamiento, utilizar equipos de seguridad y protección; además los inyectores deben ser reparados para funcionar correctamente, pero no necesariamente pueden solucionar el problema. Para un rendimiento óptimo y eficaz, todos los inyectores deben fluir a la misma cantidad de combustible y tener una buena atomización de combustible.

ABSTRACT

This investigation is about the design and implementation of a test injector for diesel powered vehicles CRDI (Common Rail Diesel Injection), in order to diagnose if the injectors of all diesel powered vehicles work or not in a correct way. Vehicles with a diesel system have been increasing in a large number in the country; there are: BOSCH, DELPHI, and DENSO, but the operation diagnosis and injectors breakdown analysis are inappropriate.

This project implements the electromagnetic pulse module controller system, which works as an ECU (Engine Control Unit) in a diesel vehicle; it means that the injector injects fuel by means of pulses, in this way it opens and closes the injector nozzle, with data established in the module controller, moreover, a pressure gauge is also implemented in order to fulfill the injection function which works a pump to send pressure to the injector, so this way you can check if it fulfills or not with its normal and adequate operation.

The surveys on direct injection system for diesel powered vehicles allow the creation, design, and technical research for the development of a test injector, which generates electromagnetic pulses to control the injector's duty slow motion 40% and full charge 80%. This allowed implementing a more technical diagnosis with less time and cost.

The results obtained are the following: if the fuel intake level and return level are similar: the injector works regularly, but it must be repaired, if the intake level is higher than the return level the injector works normally, if the return level is higher than the intake level, there is a leakage and the engine doesn't start. Before making and operating analysis, it is recommended to use and wear safety and protection equipment and the injectors must also be repaired for a good operating, but they don't necessarily solve the problem. For having an optimal and efficient performance, it is necessary that all the injectors have the same fuel flow to obtain a correct fuel atomization.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En el estudio del funcionamiento de un motor diesel se ha visto que la combustión se realiza al inyectar una cantidad determinada de combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión, en la cual se encuentra el aire comprimido y caliente. La combustión se lleva a cabo del modo más favorable y el rendimiento del motor es máximo, cuando en el escape se encuentran cantidades mínimas de gases no quemados. Si la combustión es deficiente con la cantidad de combustible inyectada es excesiva, el motor emite gran cantidad de humo negro por el escape, lo que puede ocasionar un sobrecalentamiento que conlleva el riesgo de rotura de pistones o deterioro de otros componentes.

El aire entra al cilindro durante el tiempo de admisión a través de un filtro; el combustible es llevado a la bomba de inyección desde el depósito, en el que se encuentra almacenado, por medio del sistema de alimentación. Ya en la bomba de inyección, esta se encarga de enviarlo a presión a cada uno de los inyectores, que lo introducirán finamente pulverizado en los diferentes cilindros.

Dado que en los motores diesel se intenta obtener, después del comienzo de la inflamación, una combustión a presión constante, la cantidad de combustible inyectado debe repartirse en la duración de la inyección de tal modo que la presión durante la combustión permanezca lo más constante posible, es decir, que por cada grado de giro del cigüeñal, debe inyectarse únicamente la cantidad de combustible que pueda quemarse en ese espacio de tiempo, con lo cual, la subida de presión debida a esta combustión es compensada por el descenso del pistón.

El sistema de inyección Common-Rail fue desarrollado conjuntamente por Magneti Marelli y Fiat a principios de los años 90 y finalmente industrializado por Bosch. Desde ese momento ha ido incorporándose en diferentes marcas a varios motores debido a la relativa facilidad para su integración.

El Common Rail, al igual que cualquier otro sistema de inyección, asume las siguientes funciones:

- Proporcionar el combustible necesario para el motor Diesel en cualquier circunstancia.

- Generar alta presión para la inyección y distribuir el combustible hacia los cilindros.
- Inyectar el combustible necesario con exactitud en cada cilindro, con el orden adecuado y en el momento preciso.

Pero este sistema aporta además otras ventajas:

- La generación de la alta presión es independiente del control de la inyección, puesto que se basa en el principio de la acumulación.
- Permite trabajar con valores de presión superiores a la generada por bombas rotativas.
- La presión de inyección se consigue con independencia del régimen de giro del motor.
- Permite el control preciso del caudal y presión de la preinyección.
- El control de la inyección es totalmente electrónico.

Como resultado de la aplicación de este sistema, se obtiene una mayor suavidad de funcionamiento con incrementos de par próximos al 50% a bajos regímenes de giro y aumentos de potencia del 25%, todo ello con reducciones de consumo de combustible del 20%. Pero lo que realmente justifica la generalización de este y otros sistemas gestionados electrónicamente es la posibilidad de cumplir con las actuales y futuras reglamentaciones ambientales, muy restrictivas en cuanto a las cantidades permitidas de partículas de hollín, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxidos de carbono.

Esto es posible porque la unidad de mando, además de gestionar la inyección de combustible, tiene bajo su control otras funciones, como la gestión del turbocompresor, la recirculación de gases de escape, el control de los calentadores, etc.

1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo desde su creación se plantea como misión formar profesionales competitivos con amplio conocimientos científicos y tecnológicos en sus diferentes carreras, para de esta manera contribuir al desarrollo sustentable de nuestro país.

La Escuela de Ingeniería Automotriz fue creada en el año 2003, con lo cual la ESPOCH, oferta a la sociedad Ecuatoriana, profesional con las debidas competencias y comprometida a resolver los problemas técnicos y científicos del parque automotor, así

como del cuidado, seguridad y conservación del medio ambiente, así también aportando al desarrollo de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Desde el principio, la historia de los motores de gasóleo se ha presentado como una eterna alternativa; inyección directa o indirecta, motores turbo o atmosféricos, control electrónico o mecánico. Con el tiempo, las mecánicas modernas han terminado adoptando en la mayoría de los casos las mismas soluciones: inyección directa, incorporación del turbo, control electrónico, pero todavía existen dos grandes bloques: conducto común o inyector-bomba. Esta disyuntiva quizás quede también resuelta en poco tiempo...

“Common-Rail”; presión constante

Desde principios de los años 90 se trabajó en una nueva técnica que permitiera aportar mayor presión de inyección en los motores de turismo de inyección directa. La búsqueda de esta mayor presión se debe, entre otras cosas, a que en márgenes de carga parcial dicho parámetro resulta determinante para las emisiones y el consumo; el “Common-Rail” (conducto común) es una de las soluciones buscadas para obtener esta mayor presión. La técnica se basa en la acumulación del Combustible a una presión determinada en un único conducto, distribuyéndose posteriormente a los inyectores mediante la utilización de la gestión electrónica del motor. Aunque en los primeros ensayos se hablaba de presiones de inyección de sólo 600 bar, en la práctica se llegó hasta 1.350 bar en los motores de conducto común de primera generación.

El problema con que se encontraron los técnicos al generar mayor presión fue el aumento de calor producido en los cilindros, una circunstancia que generaba a la postre una más elevada emisión de óxido de nitrógeno. Y así surgió otro de los avances de la inyección diésel, la pre-inyección. Se trata de una pequeña inyección de Combustible (entre 1 y 1,5 mm³) previa a la inyección principal, con la cual se genera un quemado rápido y un precalentamiento de la cámara, creándose así las condiciones adecuadas para la posterior combustión principal sin que la temperatura aumente de manera repentina y, además, disminuyendo la rumorosidad. En la actualidad, gracias a la utilización de nuevos elementos, la presión del conducto común llega hasta superar los 1.600 bares en lo que se denominó conducto común de segunda generación, aunque para ello también los inyectores han debido mejorar en su funcionamiento. Un poco más allá se sitúa el control de la inyección, con una centralita mucho más potente en su

capacidad de cálculo, la apertura y cierre de los inyectores se pueden controlar de tal manera que, en vez de realizar una inyección principal, se llegan a alcanzar hasta tres inyecciones y una post-inyección, es decir, hasta cinco inyecciones por ciclo. Para conseguir dicha característica también ha sido importante la incorporación de nuevos inyectores que permiten una actuación mucho más rápida.

Inyector-bomba; máxima presión

El grupo Volkswagen, después de haber sido el gran precursor de la tecnología diésel al poner a la venta sus propulsores TDI, se decidió por una tecnología diferente a la usual. En vez de utilizar el conducto común se optó por la tecnología propia de bomba inyector que, al igual que ocurrió con el conducto común, se realizó en colaboración con Bosch. La bomba inyector se acciona mediante unas levas supletorias del árbol de levas y mediante un balancín flotante. Así, existen mayores tensiones en la correa de distribución motivo por el que, desde la aparición del sistema en el 1.9 TDI de 115 CV, hubo de ser convenientemente adaptada. La inyección también se realiza aquí en dos fases, con una pre-inyección gracias a una limitación hidráulica en la aguja del inyector. Dicha pre-inyección es de unos 1,5 mm³ y se adelanta unos 10° de carrera de cigüeñal a la inyección principal. Una vez pasado el tope de limitación hidráulica del inyector se genera la inyección principal que, a plena carga, puede llegar hasta una presión de 2.050 bares. El problema que tiene el inyector-bomba es que la presión no es constante en toda la gama de revoluciones y, además, tiene muy complicada la realización de más de dos inyecciones por ciclo. Dado que el mayor número de inyecciones mejora tanto los niveles de ruido como de emisiones y vibraciones, es muy posible que esta última característica sea la responsable de que se hayan anunciado motores TDI de 140 y 170 CV para el Tiguan que, en vez de recurrir al inyector-bomba, optan por el conducto común.

1.2 Justificación

En el Ecuador 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.

1.2.1 Justificación técnica. En su mayor parte, los motores tradicionales, han sido sustituidos por métodos tales como MPFI o de puntos múltiples de combustible de

inyección diseños para motores de gasolina y CRDI o inyección directa common rail para motores diesel. MPFI fue desarrollada por primera vez en la década de los 90 en respuesta a la convocatoria de más bajo consumo de combustible de motores y menor contaminación. La necesidad de mejorar las normas de emisión, ya que permitió un mejor rendimiento de la gasolina en los automóviles.

CRDI para los vehículos diesel ha mejorado el rendimiento del motor hasta en un 25%, y disminuye el ruido del motor diesel en un 40% según algunos estudios. Esto da la potencia del vehículo y muestra que la tecnología avanza para los vehículos a diesel. Estos motores obtienen mayor desempeño con un desarrollo óptimo, y una eficiencia mucho mayor por el aumento de la presión en el diseño de common-rail. El ahorro en el costo del combustible puede ayudar a recuperar la inversión con el tiempo.

Todos estos estudios de los sistema de inyección directa en los vehículos a diesel, lleva a la invención, diseño, estudio técnico para la elaboración de un sistema de banco de pruebas para el desarrollo de un equipo de comprobación adecuada de inyectores de sistemas CRDI, se está implementando un diagnóstico más técnico que el empleado habitualmente, con datos exactos, menor tiempo y a menor costo.

1.2.2 *Justificación social.* Con el fin de disminuir el ruido del motor, la unidad de control electrónico puede inyectar una pequeña cantidad de gasóleo justo antes del evento de inyección principal, reduciendo así su explosividad y vibración, así como la optimización de sincronización de la inyección y la cantidad de variaciones en la calidad del combustible, arranque en frío y así sucesivamente. Algunos sistemas avanzados de combustible de riel común realizan hasta cinco inyecciones por carrera.

Los motores con CRDI requieren muy corto o ningún tiempo de calentamiento en absoluto, depende de la temperatura ambiente, y producen menos ruido del motor y emisiones que los sistemas más antiguos.

Con el diseño y construcción de un equipo de comprobación de inyectores CRDI, los costos de diagnóstico no serán muy elevados, y se ampliara el fundamento tecnológico en la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar e implementar un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel CRDI para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Sustentar mediante fundamentos teóricos la propuesta más óptima para el diseño del circuito electrónico del funcionamiento de los inyectores CRDI.

Estudiar y comprender el funcionamiento de los diferentes tipos de inyectores CRDI.

Construir, implementar y analizar el banco de pruebas.

Realizar pruebas de funcionamiento de los inyectores diesel.

Analizar los resultados obtenidos del banco y del sistema.

Efectuar el manual de usuario y guía de laboratorio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos de inyección a diesel

El motor diesel es el que más tarde ha incorporado el control electrónico de la gama de aplicaciones para vehículos. Fueron, en primer lugar, los motores de ciclo Otto o de encendido por chispa los que incorporaron el control electrónico de su funcionamiento.

Los motores diesel siempre han tenido un consumo específico menos que sus homólogos de gasolina y han lanzado a la atmósfera una menor cantidad de contaminantes. Estos dos aspectos acompañados de su mayor coste de fabricación han sido el motivo de que los motores Diesel soportaran sin modificaciones la primera crisis del petróleo y las primeras legislaciones anticontaminación, siguiendo la evolución que conlleva la mejora y las novedades en los materiales y mecanismos utilizados en la construcción de motores para automóviles.

Esta evolución ha llevado a los constructores de vehículos a plantearse una mejora sustancial tanto en el consumo de combustible como en la emisión de contaminantes de los motores Diesel, incorporando la electrónica para controlar el proceso de inyección de combustible y el reciclado de los gases de escape.

Los motores Diesel funcionan siempre con exceso de aire. Si el exceso de aire es insuficiente, aumentan las emisiones de hollín. De CO, HC y el consumo de combustible. La formación de la mezcla que determina por una serie de magnitudes que influyen sobre las emisiones y el consumo de combustible del motor. La configuración de la cámara de gases de escape. Un movimiento de aire en la cámara adaptada esmeradamente a los chorros de combustible que produce el inyector, favorece el mezclado de aire y combustible y por lo tanto, una combustión completa. Junto a ello, repercuten positivamente un mezclado homogéneo de aire y gases de escape, es decir una retroalimentación refrigerada de los gases de escape. La técnica de cuatro válvulas y el compresor con turbina de geometría variable, contribuyen también a reducir las emisiones contaminantes y elevar la relación de potencia. Con relación a la legislación sobre emisiones, la emisión de NOx en los motores diesel es demasiado elevada, por ello se han incorporado sistemas de retroalimentación y refrigeración de los gases de escape. La retroalimentación de gases de escape ofrece la posibilidad de reducir la emisión de hollín. Una parte de los gases de escape durante el funcionamiento del motor

a carga parcial, se reducen al tamo de aspiración. Además, se han incorporado sistemas de refrigeración de los gases de escape haciéndolos pasar a través de un radiador refrigerante, reduciendo la temperatura de los mismos, lo cual origina un descenso de la temperatura en la cámara de combustión y resulta posible hacer re circular una mayor cantidad de gases de escape reduciendo de esta forma el contenido de oxígeno, la velocidad de combustión, la temperatura punta en el frente de llamas y, por tanto, la emisión de NOx. Pero si la cantidad de gases de escape retroalimentada es demasiada grande (proporción superior al 40%), aumentan las emisiones de hollín, de CO y de HC, así como el consumo de combustibles, como consecuencia de la falta de oxígeno. Es por esto por lo que el proceso debe ser controlado por una unidad electrónica de control, junto con la gestión del motor.

En los motores diesel, regular la cantidad de gasoil inyectado en función de la carga motor (pedal acelerador), sincronizándolo con el régimen motor y el orden de encendido de los cilindros. En el caso del motor diesel la alimentación de aire no es controlada por el conductor, sólo la de combustible.

Consta fundamentalmente de sensores, una unidad electrónica de control y actuadores o accionadores. Los motores Diesel son actualmente algo irrenunciable en el mundo moderno y tan técnico. Se utilizan en vehículos pesados, camiones, autobuses, autos de pasajeros, máquinas agrícolas, barcos y un sinfín de aplicaciones.

Los motores Diesel presentan siempre un servicio fiable, económico y poco contaminante.

Diferentemente de los antiguos motores Diesel, ruidosos y humeantes, la nueva generación de motores aporta innumerables ventajas:

- Más silenciosos
- Económicos
- Limpios
- Rápidos
- Seguros

El rendimiento fiable y económico de los motores Diesel requiere sistemas de inyección que trabajen con elevada precisión. Con estos sistemas, se inyecta en los cilindros del motor a la presión necesaria y en el momento adecuado el caudal de combustible requerido para que alcance una determinada potencia.

Para esa finalidad, se utilizan diferentes sistemas de inyección, según sus aplicaciones y necesidades.

La regulación Diesel, mecánica o electrónica hace posible actualmente dosificar el caudal de inyección correcto para cada momento de servicio del motor, y ajustar el comienzo exacto de la inyección.

Para cumplir con las más rigurosas y estrictas legislaciones sobre gases de escapes contaminantes, la regulación electrónica Diesel ofrece ventajas especiales, ya que con su uso se pueden procesar diversos parámetros del motor y del medio ambiente, vinculados a estrechas tolerancias.

Por lo tanto, se puede alcanzar, en esa forma, más rentabilidad con más baja emisión de gases contaminantes y una suavidad de marcha sensiblemente mejorada.

Para que el Sistema de Inyección Diesel pueda ofrecer todos los beneficios y ventajas, necesita revisiones periódicas, estar muy afinado.

De esta forma el motor siempre recibirá el caudal de combustible adecuado a cada momento de funcionamiento, generando mejor desempeño con menos consumo y más baja emisión de gases contaminantes.

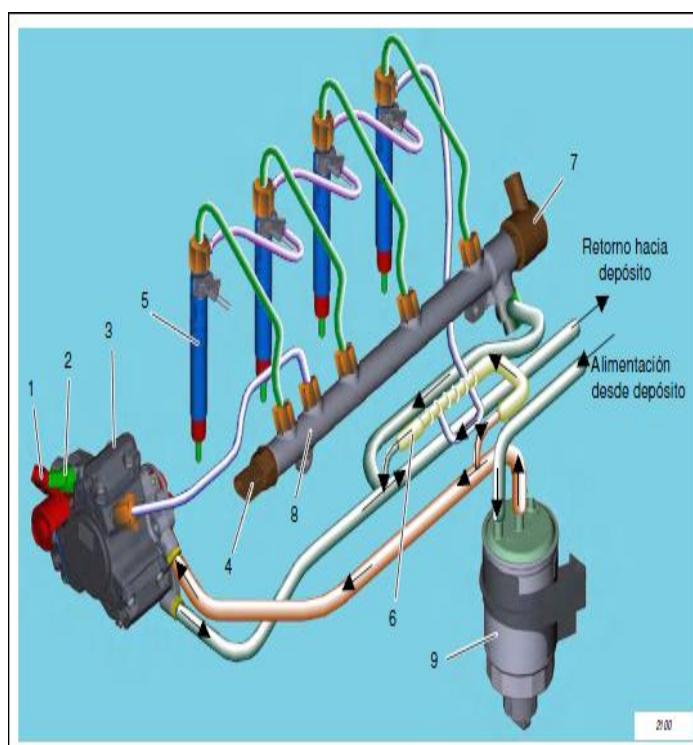
2.1.1 *Composición del sistema CRDI en general.*

- 1 Una bomba eléctrica de baja presión.
- 2 Una bomba de alta presión, que suministra el combustible a presión al sistema.
- 3 Un regulador de presión.
- 4 Un acumulador común, que funciona como depósito de presión y distribuidor del combustible a los inyectores.
- 5 Tantos inyectores como cilindros tenga el motor.
- 6 El sistema electrónico de control.

2.1.2 *Composición del sistema electrónico de control CRDI.*

- 1 Una computadora, el cerebro
- 2 Un sensor de presión que mide la presión en el acumulador.
- 3 Un acelerador electrónico.
- 4 Sensores y actuadores que advierten de lo que sucede y dirigen el funcionamiento del sistema.

Figura 1. Composición del sistema diesel



Fuente: Manual Common Rail Principios de funcionamiento

- 1 IMV
- 2 Sensor de temperatura de diesel
- 3 Bomba de alta presión
- 4 Sensor de presión del riel
- 5 Inyector
- 6 Venturi
- 7 HPV
- 8 Riel
- 9 Filtro del combustible

2.2 Definición y funcionamiento general del sistema CRDI [1]

El sistema de common rail o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores diesel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro.

La idea esencial que rige el diseño es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de

inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el gasoil, principio básico del ciclo Diesel. Para ello se recurre a hacer unos orificios mucho más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.

Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que en los motores diesel se trabaja a una presión mucho más alta.

Llamada en inglés EDC (Electronic Diesel Control). La inyección electrónica diesel es propiamente un sistema de gestión del motor capaz de monitorear y controlar todas las variables y sistemas involucradas en la entrega del combustible diesel a los cilindros bajo cualquier condición de operación con la finalidad de que dicha entrega de combustible se de en la cantidad exacta y en el momento preciso y con el mínimo de emisiones contaminantes.

De forma general, el sistema de gestión electrónica tiene sensores que miden en cada intervalo de tiempo las rpm y temperatura del motor, la presión y temperatura del aire en el múltiple de admisión, la posición del árbol de levas, y la posición del acelerador entre otras variables.

Estas señales son enviadas al CPU (Central Process Unit), donde son digitalizadas, de este modo pueden ser manipuladas y procesadas en intervalos de tiempo muy pequeños el resultado es una orden emitida a los actuadores electromecánicos encargados de inyectar el combustible, y/o controlar el adelanto o atraso de la inyección. Los sistemas EDC pueden operar tanto en lazo abierto como cerrado.

Aunque estos sistemas de inyección difieren en muchos aspectos, y están instalados en una amplia variedad de diferentes vehículos, todos ellos están equipados con una forma similar de EDC.

- Un motor Diesel con más combustible (y más aire).
- Para incrementar el combustible, los inyectores abren y también la presión del riel sube.
- Para incrementar (y reducir) la presión del riel, la ECU controla el regulador de presión.
- Si el regulador de presión esta antes de la bomba se considera parte del sistema de baja presión y si esta después de esta, se considera de alta presión.

- Los sistemas Euro 4 y algunas versiones Euro 3 pueden tener uno en cada lado (en el riel y en la bomba HP).
- Este regulador recibe una señal del ECU.
- Esta señal depende de la presión.
- La presión es un dato calculado por el ECU basado mayormente en la señal del APS.
- Entonces, se acelera, la ECU detecta más apertura de APS e incrementa la presión e inmediatamente la señal al regulador. El regulador abre más flujo a la bomba (de baja deja pasar más a alta) y/o cierra retorno del riel, según donde está ubicado; la presión del riel sube y el motor acelera.
- Por lo tanto, la presión del riel siempre debe ser igual a la presión de inyección para que el motor pueda funcionar bien.
- También se deduce que las señales de APS, presión de inyección, regulador y valor de presión riel, deben cambiar al mismo tiempo (juntas).

En el sistema de inyección por acumulador Common Rail se encuentran separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El sistema de Regulación Electrónica Diesel (EDC) controla cada uno de los componentes.

2.2.1 *Generación de presión del sistema CRDI.* La separación de la generación de presión y de la inyección se efectúa con ayuda de un volumen de acumulación. El combustible sometido a presión se encuentra disponible para la inyección en el volumen de acumulación del “Common Rail”.

La presión de inyección deseada se genera mediante una bomba de alta presión accionada continuamente por el motor. Esta bomba mantiene la presión en el conducto común independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. Debido a la alimentación prácticamente uniforme, la bomba de alta presión puede ser significativamente menor y con un par de accionamiento máximo mucho más reducido que en el caso de los sistemas de inyección convencionales. Esto soporta así mismo una reducción importante de los esfuerzos a que se debe ver sometido el accionamiento de la bomba.

La bomba de alta presión es una bomba de émbolos radiales, en el caso de los vehículos industriales concebida también en parte como bomba de disposición en serie.

2.2.2 Regulación de la presión en el sistema CRDI. Según el sistema se utilizan diferentes procesos de regulación de la presión.

2.2.2.1 Regulación en el lado de alta presión. En los sistemas para turismos se regula la presión deseada en el conducto común mediante una válvula reguladora de presión del lado de alta presión. El combustible innecesario para la inyección refluye al circuito de baja presión a través de la válvula reguladora de presión. Esta regulación permite obtener una rápida adaptación de la presión existente en el conducto común en caso de modificación del momento de servicio.

La regulación del lado de alta presión se utilizó en los primeros sistemas de common rail. La válvula reguladora de presión se encuentra montada con más frecuencia en el riel de alta presión, en algunas aplicaciones directamente en la bomba de alta presión.

2.2.2.2 Regulación de caudal del lado de aspiración. Otra posibilidad de regulación de la presión del conducto común consiste en la regulación de caudal del lado de aspiración. La unidad de dosificación bridada a la bomba de alta presión permite que la bomba suministre al conducto común el caudal de combustible exactamente necesario para mantener la presión de inyección precisa para el sistema. Una válvula limitadora de presión evita que se produzca un incremento inadmisible de la presión del conducto común en caso de avería.

Con la regulación de caudal del lado de aspiración es menor el volumen de combustible a alta presión, y con ello también el consumo de potencia de la bomba. Esto tiene efectos positivos en el consumo de combustible. Al mismo tiempo se reduce la temperatura del combustible en comparación con la de la regulación en el lado de alta presión.

2.2.2.3 Sistema de doble regulación. El sistema de doble regulación, con la regulación de la presión en el lado de aspiración mediante la unidad de dosificación y la regulación en el lado de alta presión mediante la válvula reguladora de presión, combina a las ventajas de la regulación en el lado de alta presión y la regulación de caudal en el lado de aspiración.

2.2.3 Inyección. Los inyectores inyectan el combustible directamente en la cámara de combustión del motor. Reciben el combustible del conducto común a través de cortas tuberías de combustible a alta presión. La unidad de control del motor controla la

válvula de mando integrada en el inyector, encargada de la apertura y cierre del inyector.

La duración de la apertura del inyector y la presión del sistema determinan el volumen de combustible aportado. Con una presión constante, el caudal de combustible inyectado es proporcional al tiempo de conexión de la válvula de mando y, con ello, es independiente del número de revoluciones del motor o de la bomba.

2.2.4 *Potencia hidráulica.* La separación de las funciones de *generación de presión e inyección* aporta, en comparación con los sistemas de inyección convencionales, un mayor grado de libertad en lo relativo al desarrollo de la combustión: la presión de inyección máxima es actualmente de 1800 bares, en el futuro será de 2000 bares.

Gracias a las inyecciones previas o múltiples del sistema common rail es posible obtener una disminución adicional de las emisiones de gases de escape, y una reducción significativa de los ruidos originados por la combustión. Mediante varias activaciones de la válvula de mando, de funcionamiento extremadamente rápido, pueden efectuarse inyecciones múltiples de hasta cinco inyecciones por ciclo de inyección. La aguja del inyector se cierra con asistencia hidráulica y asegura así un rápido fin de la inyección.

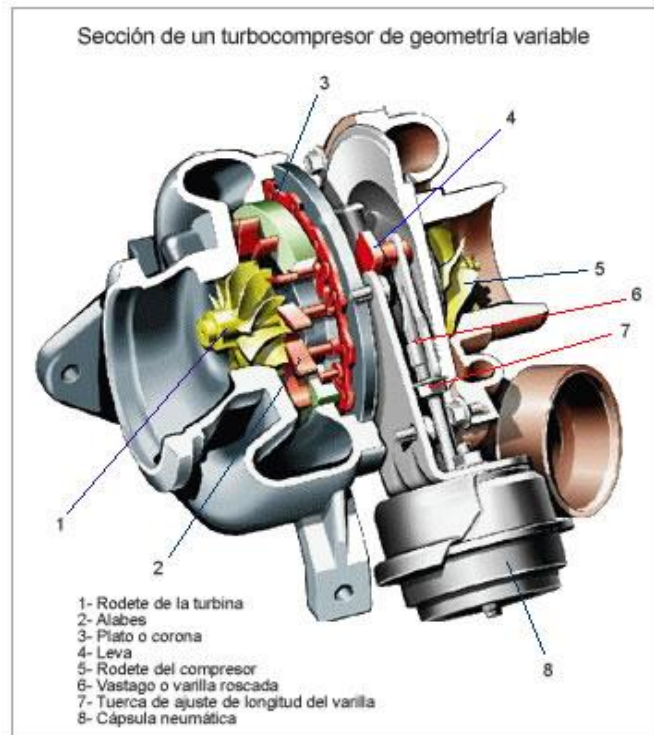
2.2.5 *Ventajas del sistema de inyección CDRI*

- Excelente desempeño y eficiencia de combustible.
- El sistema de inyección de combustible “Common Rail” es controlado electrónicamente para cumplir con una combustión óptima
- Bajo nivel de emisiones de ruidos.
- Amigable con el medio ambiente para responder a todos los reglamentos mundiales sobre emisiones.
- Inyectores ubicados en forma vertical central.
- Inyección piloto es posible con el sistema de inyección de Common Rail.

2.3 Sistema de alimentación

En los motores diesel la alimentación se realiza introduciendo por separado, en el interior de los cilindros, el aire que en el tiempo de compresión alcanza los 600° C, y el combustible que se inyecta a alta presión, los cuales se mezclan en el interior de la cámara de combustión, donde se produce la combustión de esta mezcla.

Figura 2. Sección de un turbo compresor



Fuente: [http://www.mecanicavirtual.com.ar/2011/11/sistema de alimentacion.html](http://www.mecanicavirtual.com.ar/2011/11/sistema%20de%20alimentacion.html)

Generalmente, en el colector de admisión, no hay válvula de mariposa que regule la cantidad de aire en la admisión.

Mediante el pedal del acelerador que activa la bomba de inyección se dosifica la cantidad de combustible que se inyecta en el tercer tiempo, momento en el cual se inflama la mezcla, produciéndose trabajo.

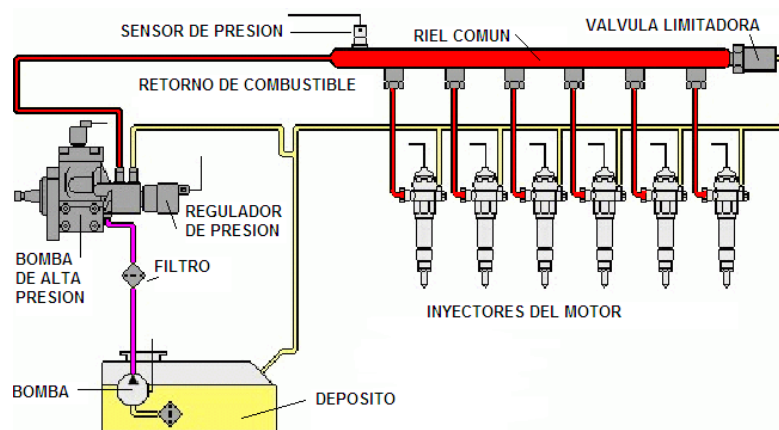
Los factores que influyen sobre la combustión son los siguientes:

- Un buen llenado de aire.
- Buena pulverización del combustible.
- Buen reparto del combustible en el aire.
- Control de la presión.
- Duración de la combustión.

El sistema de alimentación está compuesto del depósito de combustible, del cual es aspirado el combustible por una bomba eléctrica o mecánica, elevando la presión a un valor aproximado entre los 4 hasta los 6 bares. Este combustible se dirige a través de un

filtro hasta la bomba de alta presión. La bomba eléctrica dispone de un motor, cuyo rotor empuja a una bomba excéntrica de rodillos, los mismos que aspiran en un lado y presionan en el otro lado, a través del mismo motor eléctrico, teniendo además una válvula de una vía (check) a la salida de presión y otra válvula de limitación de su presión máxima.

Figura 3. Esquema del sistema de alimentación



Fuente: Curso de Riel Común.ppt

2.4 Inyectores

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Debemos distinguir entre inyector y porta inyector y dejar en claro desde ahora que el último aloja al primero; es decir, el inyector propiamente dicho está fijado al porta inyector y es este el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible.

Destaquemos que los inyectores son unos elementos muy solicitados, lampeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600° C.

Una de las piezas más importantes en el sistema de inyección de combustible es el inyector. Este es el encargado de hacer que el combustible sea introducido en el múltiple (colector) de admisión o dentro del cilindro según sea el caso. En los motores diesel que llevaban inyección mecánica por bomba inyectora en línea, la apertura del inyector era comandada por una leva y el cierre se hacía mediante un resorte, la carrera

de inyección era regulada por una cremallera que se mueve según la posición del regulador de caudal, que depende del acelerador y del régimen del motor.

En la actualidad se ha remplazado el sistema de leva - cremallera y se ha optado por un sistema electrónico para poder abrir más o menos tiempo y con más o menos presión el inyector y así regular la cantidad de combustible que ingresará en el cilindro.

En lugar de ellos se utiliza un solenoide que al hacerle pasar una determinada cantidad de corriente durante un tiempo controlado generará un campo magnético el cual moverá la aguja del inyector. Para regular la cantidad de corriente que se manda al solenoide distintos sensores toman parámetros que son procesados en una central computarizada y ésta es la que calcula la cantidad de corriente eléctrica enviada para poder mantener una relación estequiometria entre el aire/combustible (aproximada de 14,7 a 1 en motores de gasolina).

En los motores diesel no hay proporción estequiométrica, siempre se trabaja con exceso de aire (entre 20 a 1 y 50 a 1) ya que no hay mariposa y la potencia se regula regulando el caudal, de modo proporcional al pedal acelerador y al régimen.

Los parámetros más importantes que se toman para el motor de gasolina son:

- RPM del motor (para sincronizar con el funcionamiento de los 4 tiempos y el orden de los cilindros)
- Cantidad de aire que entra al motor (para ajustar la gasolina proporcionalmente a la mezcla estequiometria)

Parámetros secundarios:

- Posición del acelerador, (Para ajustar posiciones de ralentí y plena carga, en que la mezcla es un poco más rica que a estequiométrica, por ej. 13 a 1. Además de esto, para enriquecer temporalmente la mezcla si la aceleración es "nerviosa" por parte del conductor, y para cortar la inyección si el vehículo está rodando, teniendo el conductor el pie levantado, por ejemplo cuesta abajo. Con esto se consigue un ahorro significativo de combustible);
- Temperatura del líquido refrigerante (para arranque en frío)
- Composición de los gases de escape mediante la sonda Lambda, entre otros.

De esta forma se producen los siguientes beneficios:

- Regular la cantidad de combustible que ingresa al cilindro de forma más precisa,
- Mantener una relación estequiométrica entre el combustible/aire, no importa si varían factores externos como por ejemplo temperatura del aire o composición del mismo estando a por ejemplo 1500 metros sobre el nivel del mar o en el llano,
- Mayor ahorro de combustible,
- Menor contaminación ambiental,
- Motores con mayor momento par y por tanto potencia, por lo tanto mejores prestaciones, entre otras.

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

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

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

2.4.1 *Principio de funcionamiento del inyector.* El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara situada en la base, que cierra la aguja del inyector posicionado sobre una asiento cónico con la

ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.

El combustible, sometido a una presión muy similar al muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el final de la inyección en la bomba, el resorte devuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección.

Patrón de atomización. La forma de descarga en los orificios de la tobera del inyector se llama patrón de atomización. Este patrón se determina por características como el número, tamaño, longitud y ángulo de los orificios y también por la presión del combustible dentro del inyector. Todos estos factores influyen en la forma y longitud de la atomización.

La tobera. La función de la tobera es inyectar una carga de combustible en la cámara de combustión de forma que pueda arder por completo. Para ello existen diversos tipos de toberas, todas con variaciones de la longitud, número de orificios y ángulo de atomización. El tipo de tobera que se emplee en el motor depende de los requisitos particulares de sus cámaras de combustión.

Los sistemas de inyección electrónica cuentan con numerosos sensores que mandan información a la unidad de mando del motor para que esta de la señal de mando necesaria al inyector para que se realice la inyección del combustible en el momento oportuno. El inyector electrónico se activa mediante la señal eléctrica recibida de la unidad de mando y se cierra por recuperación de un muelle o resorte interior.

El inyector de diesel posee muchas formas y diferentes tipos de toberas. Este inyector hace el mismo funcionamiento del inyector de gasolina con la diferencia de que este lo hace con diesel

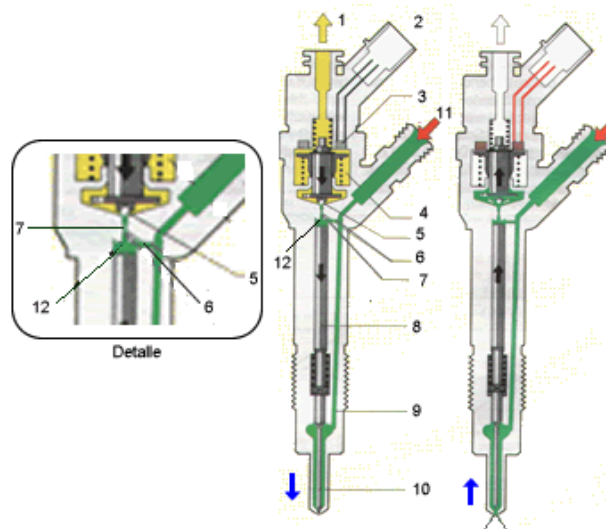
En marcas de toberas existen: Bosch, Delphi, Siemens, Denso.

Cada inyector posee su propia tobera, según su aplicación la tobera lleva un ángulo de pulverización y no se le puede adherir una tobera distinta, sino el inyector no trabajaría o sencillamente la tobera no cabe en el inyector.

2.4.2 *Partes del inyector.* Las partes fundamentales que componen el inyector son:

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

Figura 4. Partes del inyector diesel



Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

Existen varios inyectores de diferentes marcas y estos son:

Inyector Bosch

Inyector Delphi

Inyector Denso

2.5 Sensores del sistema CRDI

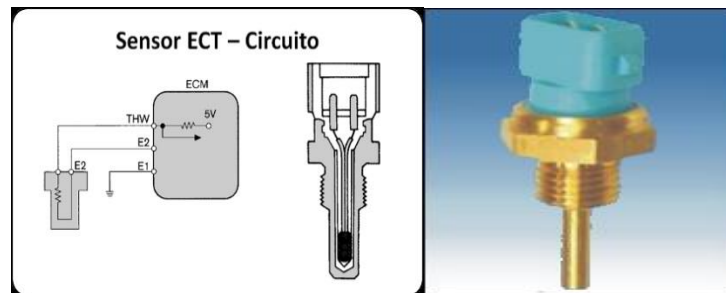
Son los elementos que informan, mediante la transformación de diversas magnitudes físicas en señales eléctricas, a la unidad de control sobre los parámetros indicados, entre ellos se encuentran los siguientes:

2.5.1 *Sensor de temperatura refrigerante.* El sensor de temperatura se ubica en el circuito de refrigeración, para monitorear la temperatura del motor a través de la temperatura del refrigerante.

El sensor está equipado con un resistor dependiente de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativo, que es parte de un circuito divisor de voltaje al que se aplican 5 voltios.

La caída de voltaje en el resistor se ingresa al UCE mediante un convertidor análogo digital y es una medida de la temperatura. Se almacena una curva característica en el microcomputador del UCE, el cual define la temperatura como función de un voltaje dado.

Figura 5. Sensor de temperatura del refrigerante

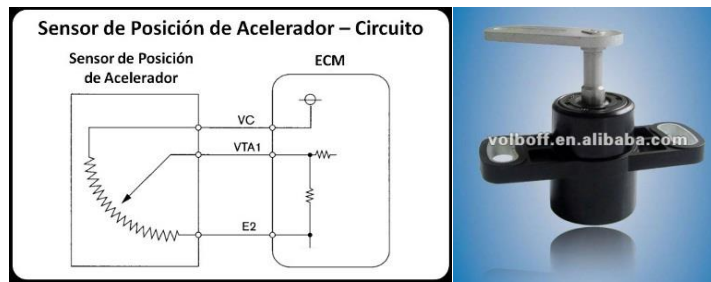


Fuente: www.e-auto.com.mx

2.5.2 *Sensor de posición del pedal del acelerador.* En contraste con la distribución convencional y las bombas de inyección en línea, con EDC (Control Electrónico Diesel) la aceleración que imprime el conductor ya no se transmite directamente a la bomba de inyección a través de un cable o varillaje mecánico, sino que es registrada por un sensor del pedal del acelerador y transmitida luego al UCE.

Se genera un voltaje a través del potenciómetro en el sensor del pedal del acelerador en función de la posición del pedal a partir de éste voltaje. El sensor del pedal tiene dos potenciómetros, una señal es la posición del pedal para el UCE, la otra es para la verificación de la carga. Si fallara el sensor del pedal, se establece el modo a prueba de falla y una velocidad de ralentí levemente mayor.

Figura 6. Sensor de posición del acelerador

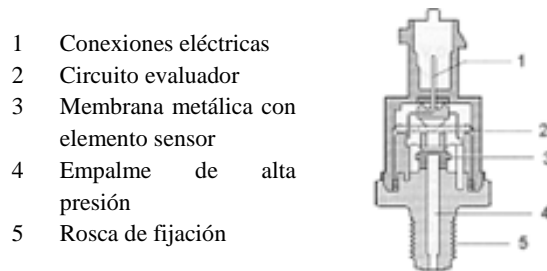


Fuente: volboff.en.alibaba.com

2.5.3 Sensor de presión del riel. El sensor de presión de riel debe medir instantáneamente la presión en el riel con la precisión adecuada y de la forma más rápida posible.

El combustible presurizado actúa sobre el sensor, lo que convierte la presión en señal eléctrica, que después se ingresa a un circuito de evaluación que amplifica esta señal y la envía al UCE.

Figura 7. Sensor de presión del riel



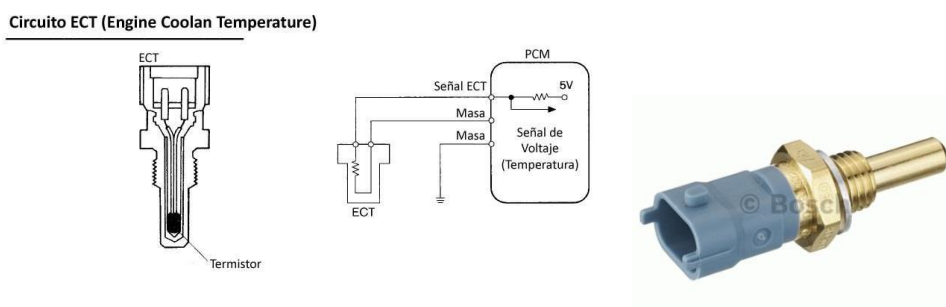
Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.5.4 Sensor de temperatura del combustible. El sensor de temperatura de combustible se ubica en la línea de alimentación de combustible.

A medida que aumenta la temperatura del combustible, el UCE modificará la inyección y tasa de entrega, al mismo tiempo ajustará los parámetros de funcionamiento de la válvula de control de presión del riel.

Puesto que el circuito de entrada de la computadora está pensando cómo divisor de tensión se reparte entre una resistencia presente en la computadora y la resistencia NTC del sensor. Por consiguiente la computadora puede valorar las variaciones de resistencia del sensor a través de los cambios de la tensión y obtener así la información de la temperatura del combustible en el motor.

Figura 8. Sensor de temperatura del combustible



Fuente: rodemif5.blogspot.com

2.5.5 Sensor de presión atmosférica o altitud. Este sensor le informa a la computadora la presión atmosférica, para que ella corrija inteligentemente el tiempo de inyección de acuerdo a la presión atmosférica.

Este sensor está montado adentro de la computadora. El elemento sensible del sensor de presión absoluta está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico.

Sobre un lado de la membrana está presenta el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión atmosférica. La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, la toma la computadora para determinar la altitud.

Figura 9. Sensor MAP



Fuente: www.autosensors.co.uk

2.5.6 *Sensor del pedal del embrague.* La función principal de este sensor es para mayor confort de marcha, consiste en suprimir las sacudidas del motor. A esos efectos la computadora necesita saber si se ha embragado o desembragado momentáneamente.

Estando aplicado el pedal de embrague se reduce por poco tiempo la cantidad de gas oíl inyectada. A la función principal se le agregan otras como:

- Cancelación del control crucero.
- Señal de carga inminente del motor (desembrague, enganche en primera marcha, salida)
- Evitar el aumento brusco de las rpm del motor al desembragar durante un cambio de marcha, el UCE ajusta el funcionamiento del inyector.

Figura 10. Sensor pedal del embrague



Fuente: www.bwfaq.com

2.5.7 *Sensor del pedal de frenos.* Por motivos de seguridad el sensor suministra a la computadora la señal de freno aplicado. Esta señal se utiliza para verificar que el sensor de posición del pedal del acelerador actúe correctamente.

Figura 11. Sensor pedal del freno



Fuente: clubpeugeot.es

2.5.8 *Sensor de caudal y temperatura del aire de admisión (MAF).* Durante el funcionamiento dinámico es fundamental el establecimiento preciso de la correcta relación A/F (aire/combustible), para cumplir con las normas referentes a los límites de gases de escape. Esto requiere el uso de sensores para registrar de manera precisa el flujo de masa de aire que realmente ingresa al motor en un momento determinado.

Estos sensores que miden con precisión deben ser independientes de la pulsación, flujo inverso, EGR, control variable del eje de levas y cambios en el control de temperatura

del aire. Se elige un medidor de masa de aire tipo “Lámina Caliente” como el más conveniente. El principio de la lámina caliente se basa en la transferencia de calor desde un elemento sensor que está caliente, al flujo de aire. Se utiliza un sistema de medición que permite medir el flujo de aire y la detección de la dirección del mismo. Los flujos inversos también se detectan en caso que se produzcan flujos de aire con fuerte pulsación. En la misma carcasa tiene montado un sensor de temperatura de aire.

Figura 12. Sensor MAF



Fuente: ontime-taiwan.en.alibaba.com

2.5.9 *Sensor de posición del cigüeñal.* La posición del pistón en la cámara de combustión es fundamental para definir el comienzo de la inyección. Un sensor mide las rotaciones del cigüeñal por minuto. Esta importante variable de entrada se calcula en la UCE, mediante la señal del sensor de posición del cigüeñal.

Una rueda dentada de material ferro magnético está unida al cigüeñal, en la cual faltan dos dientes. A este espacio más grande se le asigna una posición definida del cigüeñal para el cilindro 1.

El sensor de velocidad del cigüeñal monitorea la secuencia de dientes de la rueda, el mismo está compuesto por un imán permanente y un alma de hierro dulce con un bobinado de cobre.

El flujo magnético en el sensor cambia a medida que los dientes y espacios pasan frente a él. Generando un voltaje sinusoidal de AC cuya amplitud aumenta abruptamente en respuesta a la mayor velocidad del motor (cigüeñal).

Figura 13. Sensor posición del cigüeñal



Fuente: electronica-cbtis160-josemanuelalba.blogspot.com

2.5.10 *Sensor de fase.* Cuando un pistón se mueve en dirección del PMS, la posición del eje de levas determina si está en la fase de compresión con encendido subsiguiente, o en la fase de escape. Esta información no se puede generar únicamente con el dato del eje cigüeñal durante la fase de partida. Por otra parte, durante el funcionamiento normal del motor, la información generada por el sensor del cigüeñal basta para determinar el estado del motor.

El sensor de eje de levas utiliza el efecto electromagnético (Hall) al establecer la posición del eje de levas. Un diente de material ferro magnético está unido al eje de levas y gira con él. Cuando este diente pasa frente a los discos semiconductores del sensor del eje de levas, su campo magnético desvía los electrones en los discos semiconductores en ángulos rectos a la dirección de la corriente que fluye a través de los discos. Esto da como resultado una señal breve de voltaje (voltaje Hall) que informa a la UCE que el cilindro 1 ha ingresado recién a la fase de compresión.

Figura 14. Sensor de fase



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.5.11 *Sensor de presión del turbo alimentador.* El sensor está conectado por un tubo al múltiple de admisión, o directamente en el múltiple de admisión.

El elemento sensible del sensor de sobrepresión del turbocompresor está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico.

Sobre un lado de la membrana está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión de aire proveniente del turbocompresor.

La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, antes de ser enviada a la computadora es amplificada por un circuito electrónico contenido en el soporte que aloja la membrana cerámica.

Figura 15. Sensor de presión del turbo



Fuente: spanish.alibaba.com

2.6 Procesos de inyección

2.6.1 Inyección previa. En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible de Diesel (de 1 a 4 mm³), que origina un “acondicionamiento previo” de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y consiguiendo los siguientes efectos:

- La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una reacción previa o combustión parcial.
- Se reduce el retardo de encendido de la inyección principal.
- Se reduce el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave).

Estos efectos reducen el ruido de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones.

2.6.2 Inyección principal. Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Así mismo es responsable de la generación del par motor. La magnitud de la presión de inyección es casi constante durante todo el proceso.

2.6.3 Inyección posterior. La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta 200° del cigüeñal después del

PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

Contrariamente a la inyección previa y principal, el combustible no se quema sino que se evapora por el calor residual en los gases de escape/comcombustible es conducida en el tiempo de expulsión, a través de las válvulas de escape.

Mediante la retroalimentación de gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección previa muy avanzada. El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor para el óxido de nitrógeno en catalizadores NOx apropiados.

2.7 Controles adicionales

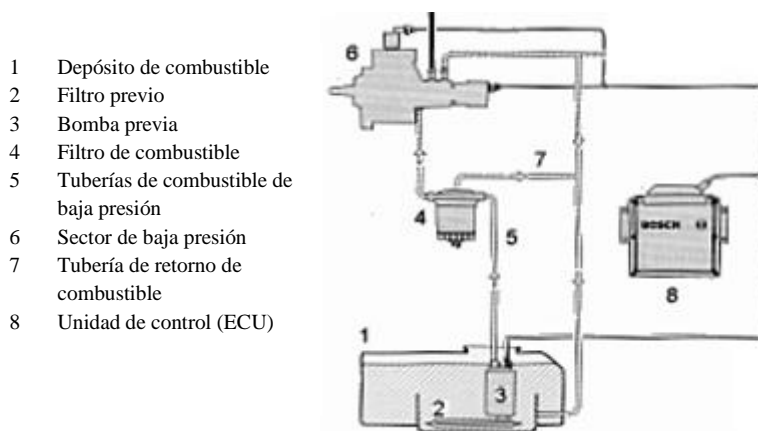
2.7.1 *Circuito de baja presión.* Se compone de:

- Depósito de combustible
- Bomba de suministro previo
- Filtro de combustible
- Tuberías de conexión

El circuito de baja presión se aspira el combustible del tanque por medio de una bomba de suministro previo, forzando al combustible a pasar por las líneas al circuito de alta presión.

Un pre filtro separa los contaminantes del combustible evitando así el desgaste de los componentes de alta presión.

Figura 16. Parte de baja presión



Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.1.1 Depósito de combustible. Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobrepresión de servicio doble, pero por lo menos hasta 0.3 bares de sobrepresión. La sobrepresión producida debe escapar por si misma a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares.

El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada, circulando por curvas o incluso en caso de choques. Los depósitos de combustible deben estar separados del motor de tal forma que no sea de esperar una inflamación incluso en accidentes. Esto no rige para motocicletas y tractores con asiento del conductor al aire libre.

Figura 17. Depósito de combustible



Fuente: www.asqparts.com

2.7.1.2 Tuberías de combustible en la parte de baja presión. Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles con armadura de malla de acero, que sean difícilmente inflamables.

Las tuberías deben estar dispuestas de tal forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse o inflamarse.

Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su funcionamiento en caso de una deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares.

Todas las piezas que conducen combustible tienen que estar protegidas contra el calor que perturba el funcionamiento.

Figura 18. Tuberías de baja presión

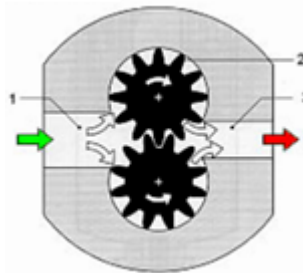


Fuente: spanish.alibaba.com

2.7.1.3 Bomba previa. La bomba previa, una electrobomba de combustible con filtro o una bomba de combustible de engranajes, aspira el combustible extrayéndolo del depósito de combustible y transporta continuamente el caudal de combustible necesario, en dirección a la bomba de alta presión.

Figura 19. Bomba de combustible de engranajes

- 1 Lado de aspiración
- 2 Rueda dentada de accionamiento
- 3 Lado de impulsión



Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.1.4 Filtro de combustible. Un filtrado insuficiente puede originar daños en componentes de la bomba, válvulas de presión y en los inyectores. El filtro de combustible limpia el combustible delante de la bomba de alta presión e impide así el desgaste prematuro de las piezas sensibles.

Figura 20. Filtro de combustible

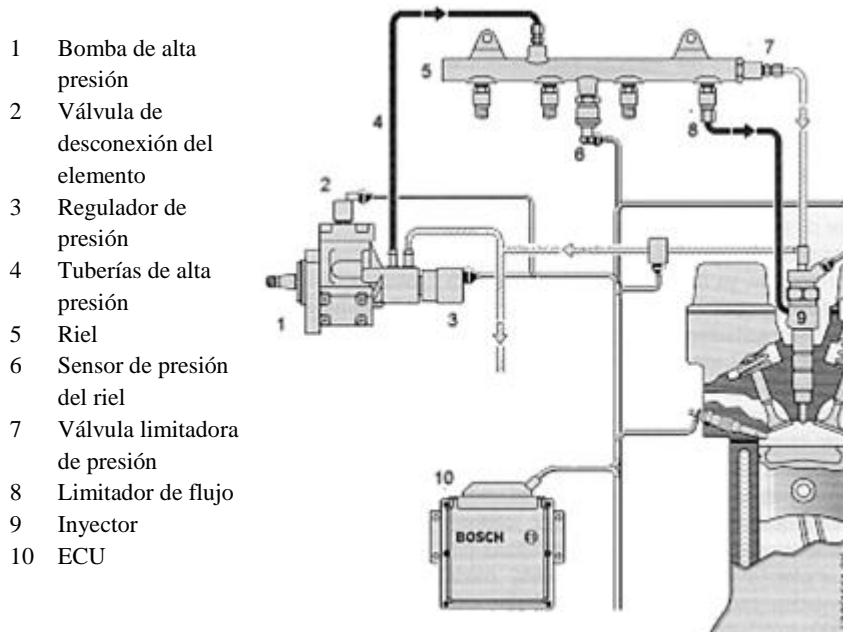


Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.2 Circuito de alta presión. Se compone de:

- Bomba de alta presión
- Acumulado de alta presión con sensor de alta presión
- Inyectores
- Tuberías de alta presión

Figura 21. Esquema del circuito de alta presión common rail



Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.2.1 Genera y almacena alta presión. El combustible pasa a través del filtro de combustible a la bomba de alta presión que lo fuerza dentro del acumulador (riel) de alta presión generando una presión máxima de 1800 bares

Para todo proceso de inyección el combustible se toma desde el acumulador de alta presión. La presión del riel permanece constante. Se emplea una válvula de control de presión para asegurar que la presión del riel no exceda el valor deseado o descienda.

2.7.2.2 Control dinámico de la presión del riel. La válvula de control de presión es activada por el UCE. Una vez abierta, permite que el combustible regrese al tanque vía líneas de retorno y la presión del riel cae. Para que el UCE pueda activar la válvula de control de presión en forma correcta, se mide la presión del riel por medio de un sensor de presión.

2.7.2.3 Inyección del combustible. Cada vez que se inyecta combustible, se extrae del riel a alta presión y se inyecta directamente al cilindro. Cada cilindro tiene su propio inyector. Cada inyector contiene una válvula e solenoide que recibe el comando de apertura desde la UCE. Mientras permanece abierto, se inyecta combustible en la cámara de combustión de los cilindros.

2.7.2.4 Componentes del sistema de alta presión

2.7.2.4.1 Bomba de alta presión. La bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los regímenes de servicio y durante toda la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el riel. La bomba de alta presión genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador de alta presión. La bomba es accionada por el motor, a través de acoplamiento, la bomba se lubrica con combustible.

Figura 22. Bomba de alta presión



Fuente: Mecatrónica Redinfocar

2.7.2.4.2 Acumulador de alta presión (Rail). El acumulador es un canal donde se almacena el combustible a presión que llega de la bomba y del que se abastecen los inyectores. Su misión es almacenar el combustible necesario para abastecer a todos los inyectores sin que se produzcan bajadas de presión y, amortiguar las pulsaciones que se producen a la salida de la bomba de alta presión y la toma de combustible durante la inyección.

La presión en el distribuidor de combustible es común para todos los cilindros se mantiene a un valor casi constante incluso al extraer grandes cantidades de combustible. Con eso se asegura que permanezca constante la presión de inyección al abrir el inyector.

La presión del combustible se mide mediante el sensor de presión del riel y se regula al valor deseado mediante la válvula reguladora de presión.

Figura 23. Riel común



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

2.7.2.4.3 *Tuberías de combustible en la parte de alta presión.* Las tuberías de alta presión deben soportar permanentemente la presión máxima del sistema y las oscilaciones de presión, que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías constan de tubos de acero. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 2,4 mm. Las diferentes distancias entre el riel y los inyectores se compensan mediante curvaturas más o menos pronunciadas en el correspondiente tendido de las tuberías de inyección. La longitud de tubería es lo más corta posible.

Figura 24. Tuberías de combustible de alta presión



Fuente: sdshire.en.alibaba.com

2.8 Tipos banco de pruebas

Los vehículos Diesel Electrónico CRDI tienen una tecnología de punta que requiere un diagnóstico profesional para poder preservarlo en las mejores condiciones y evitar así futuros gastos de reparaciones. En nuestro país ha incrementado el mercado de vehículos diesel por ello se hace riguroso el control y comprobación de los sistemas a diesel CRDI y algunos de estos bancos de comprobación son:

2.8.1 *Test inyección diesel TM 507.* La función del banco de pruebas para inyectores diesel es proporcionar los datos específicos de la presión, rotación y tiempo de inyección y se pueden conectar de 1 a 4 inyectores a la vez.

A continuación algunas características operacionales:

- Activa los inyectores con señales eléctricas iguales al del vehículo.
- Tapa protectora transparente con llave de seguridad que apaga el sistema cuando abierta.
- Operación simple e interactiva.
- Display gráfico e interface sencilla de manejo.
- Tecla "help" con detalles de manejo de las etapas de prueba.
- Pruebas de la válvula DRV y sensor de presión.
- Soporta pruebas con inyectores de las marcas Bosch, Siemens, Delphi y Denso.
- Conectores y accesorios para diferentes tipos de inyectores.
- Detección do corto-circuito / interrupción de los inyectores.
- Prueba de inyectores inductivos y pisoeléctricos.
- Medidas de caudal de inyección y retorno totalmente automáticas (1 a la vez).
- Control de la presión del fluido durante las pruebas.
- Conexión de 1 a 4 inyectores.
- Detección automática de los inyectores conectados.
- Permite hacer ensayos personalizados donde es posible elegir presión, rotación y tiempo de inyección.
- Al final de la prueba es posible visualizar el resultado por inyector en la opinión informe.
- Guarda los resultados de las pruebas para envió de informe a la PC

Tabla 1. Especificaciones técnicas TM 507

Informaciones técnicas	
Alimentación: 380 V trifásico + neutro.	Presión máxima de prueba: 1500 bar.
Consumo: 2800 W.	Dimensiones: 970x870x470 mm
Capacidad del reservatorio fluido: 7 litros.	Peso: 88 Kg.
Fluido de prueba: Castrol ISO 4113 y Ipiranga Ultra Sene 4113.	

Fuente: Autor

Figura 25. Test CRDI TM 507



Fuente: <http://www.lacasadelmecanico.com.ar/herramienta/168/banco-de-prueba-de-inyectores-diesel>

2.8.2 *Banco de pruebas APEX - 708 un.* Adopta un completo automático de control, y puede realizar el mantenimiento de la prueba de la norma euro iii, euro iv, euro v e inyector de alta presión de la bomba convenientemente. Se puede probar cientos de tipos de inyectores y alta - presión de la bomba de bosch incluyendo, SIEMENS, DELPHI, DENSO, Caterpillar etc. Completa con los datos experimentales. Este banco de pruebas, integrado con el original importados de alta - la precisión del sensor de flujo, tiene funciones: automático de medición de la cantidad de aceite y la generación automática de la bomba de combustible de la boquilla de mantenimiento.

Configuración del banco APEX – 708 un

Tabla 2. Especificaciones técnicas APEX 708 un

COMPONENTE	ESPECIFICACIÓN
Motor eléctrico	Full carga (11 KW, 15 KW)
Convertidor	Qma, Ik
Presión en la manguera	Aph importados de calor, altamente resistente
Sensor de los inyectores	Original importado de alta presión
Sensor de la bomba	Engranajes de precisión del sensor de flujo
Pantalla	Alta definición 23" pantalla Led
Placa base industrial	Plataforma industrial INTEL
Filtro	Euro iii de filtro especial
Control de la temperatura del sistema	Eficiente e inteligente calefacción y refrigeración

Fuente: Autor

Los parámetros técnicos:

TABLA 3. Características APEX 708 un

Voltaje de funcionamiento	Ac 380V
Potencia de salida	11 – 15(Kw)
Rango de presión en el Riel	0 – 2000 bar
Presión en el Riel Común	0.5 MPa
Velocidad de la bomba de rotación	0 – 400 RPM
Filtro	< 5 u
Rango del sensor del inyector	0.1 ml – 600 ml
Precisión del sensor	0.1%
Rango del sensor de la bomba	10 – 3000 ml
Precisión del sensor de la bomba	0.5%
Dimensión	198*84*150 (cm)
Peso neto	680 Kg

Fuente: Autor

Figura 26. Banco de pruebas APEX - 708 un



Fuentes: www.bjjsql.com

2.8.3 *Banco de pruebas TLD II.* Tft lcd de tipo industrial de banco de pruebas (tld - ii)

- 1 Fácil de operar
- 2 Fuente de alimentación DC para las pruebas de interruptor de solenoide
- 3 Alta tecnología

2.8.3.1 *Configuración estándar.* Parámetros de la función de las computadoras y digital de doble tubo de pantalla

Estabilización de la temperatura: 40+/- 2oc

Corriente continua. Suministro: 12/24v

Alimentación de presión: 0-0.4mpa (bajo), 0-4mpa (alta)

Ve1: 0-0.16mpa, ve2: 0-1.6mpa

Presión de aire:- 0.08- 0.3 MPa

Velocidad de rotación ajustable 10 gama de grado: 0-3000rpm

Suministro de energía: 380v/50hz

Dimensiones generales: 2160x800x1700mm

Peso neto: 900kg

Altura del centro: 125mm

Potencia de salida: 11kw

Figura 27. Banco de pruebas TLD II



Fuente: <http://spanish.alibaba.com>

2.8.4 Test BENCH riel común inyección diesel

Tabla 4. Análisis test BENCH

NOMBRE Y MODELO	SISTEMA	DETALLES DE CONFIGURACIÓN
Hy-cri200b-i de alta presión common rail banco de pruebas	Motor principal del sistema	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cuádruplo motor eléctrico (380V): 15Kw. Alfa de convertidor de frecuencia: 18.5Kw 2. El marco principal es de aluminio estructura de material compuesto, hierro fundido operativo de la plataforma. 3. Control automático y visualización por la pantalla. 4. La precisión de pesaje de aceite de lectura digital es de 0.1ml. 5. Rango de velocidad es 0~1000r/min (ajustable) (lectura digital). 6. Altura del motor principal del centro es de 125 mm.
	Circuito de aceite	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrega de combustible: 10l/min. 2. Entrega de combustible de presión: 0~1mpa. 3. Tubería es de Bosch. 4. Presión del Riel: 0~200mpa. 5. Common Rail es controlado automáticamente por ciclo cerrado, y visualización de la presión (precisión & plusmn; 0.1mpa) con una sobrepresión de protección. 6. La temperatura del aceite (ajustable) es controlado automáticamente, calentado por la calefacción de tuberías y refrigerados fuerte a través de la unidad de refrigeración. 7. Su tipo de filtrado es terciario del filtro.
	Equipo eléctrico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ha construido - en caja eléctrica 2. Corto circuito de protección.
	Base de datos	Tiene más de 400 tipos estándar de constitución en los datos, que puede ser actualizado.
	Pruebas de inyectores de combustible y bomba de alta presión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede probar de 1 a 6 inyectores al mismo tiempo. 3. Los tipos de inyector que puede probar son: bosch incluyendo, denso, delphi, y siemens.
	Dimensión global	Longitud: 1600mm, de ancho: 800mm, Altura: 1695mm
	Peso	Peso neto: 1000kg.

Fuente: Autor

Figura 28. Test BENCH



Fuente: taianghaiyu.en.alibaba.com

2.8.5 Banco de prueba diesel TLD-CRS1000. El probador común CRS-1000 del sistema de riel común simula un motor ECU, para conducir un solenoide en la bomba del Common Rail, tal como Bosch CP1/CP2/CP3, Delphi CRSP y Denso HP2/HP3, y solenoides de 6 inyectores. Un banco de prueba de alta presión estándar de la bomba que satisface la mayoría de las tareas para reparar un sistema de inyección diesel y los componentes, tales como cantidades de la inyección, vuelta del combustible del inyector, atomización del aerosol de la inyección del inyector, condición de la bomba y combustible cercan control de presión con barandilla

Características del diseño

- 1) Combinación de dos módulos independientes para el control de la bomba y del inyector.
- 2) Bombeo de la señal del ciclo de conducción ajustable, mientras que supervisa la presión del riel del combustible.
- 3) Señal de conducción del inyector y anchura ajustable de la frecuencia y de pulso.
- 4) Señal de conducción modulada de la seguridad de los sensores de los inyectores.

Parámetros técnicos principales:

Tabla 5. Especificaciones TLD CRS 1000

Voltaje de la salida .DC: velocidad, temperatura de aceite
Capacidad de 3 cilindros
Capacidad del tanque de 45ml/set 4.fuel: control
Temperatura de 30L 5.automatic: exactitud
Filtración del aceite de 40+/-2oC 6.test: 5u
Presión ajustable de 7 posiciones
0-3000rpm 8.oil: 0-250mpa
de 380v/50hz 10.center: inercia
de 0.8kgm2 12.net: peso del long*width*height
1000*800*1300m m 13.net: 400kg
14. de potencia de salida: 5.5kw

Fuente: Autor

Figura 29. Banco de pruebas TLD – CRS 1000



Fuente: tailida.en.alibaba.com

CAPÍTULO III

3. SISTEMAS CRDI EN EL ECUADOR

Una vez analizado el parque automotor en nuestro mercado hemos obtenido datos de los sistemas de inyección que vienen acoplados son de las siguientes marcas:

Sistema CRDI BOSCH: en un 60% de los vehículos.

Sistema CRDI DENSO: en un 30% de los vehículos

Sistema CRDI DELPHI: en un 10% de los vehículos

Para obtener datos de cada uno de los sistemas y poder tener los datos de funcionamiento, vamos hacer un análisis específico de cada una de las marcas y con estos datos poder fabricar nuestro banco de pruebas.

3.1 Sistema de inyección CRDI DELPHI [2]

El sistema de inyección CDRI DELPHI está compuesto por una bomba de alta presión en la cual viene incorporado la bomba de transferencia, es decir no tiene una bomba eléctrica en el tanque, tiene integrada en la bomba una IMV es decir un Válvula Reguladora de Caudal, tiene un riel de alta presión en el cual viene incorporado un sensor que mide la presión en el mismo y los inyectores en el sistema DELPHI vienen codificados.

3.1.1 *Características de la bomba de transferencia*

Presión de regulación: 6 bares

Caudal: 90 l/h a 300 rev/min bomba

650 l/h a 2500 rev/min bomba

Volumen mezclado: 5,6 cm³/rev

Capacidad de aspiración: 65 mbar a 100 rev/min bomba

La presión de transferencia está regulada por un dispositivo mecánico, llamado regulador de presión de transferencia, que está constituido por un simple conjunto pistón/muelle que descubre más o menos los orificios de paso del gasóleo.

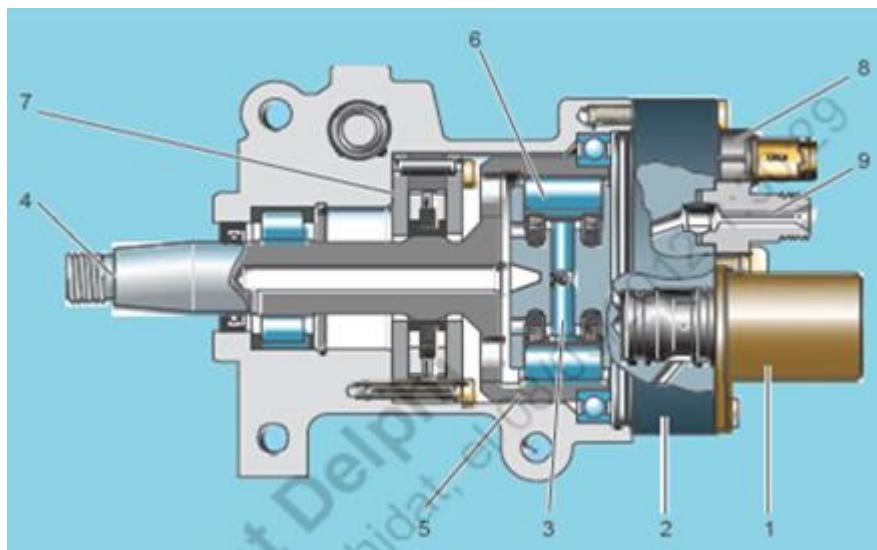
3.1.2 *Descripción del sistema CRDI DELPHI.* La bomba alta presión recupera el concepto de la leva y de los pistones radiales que ya demostró su valía en las bombas rotativas. Sin embargo, el eje de transmisión y el anillo de leva forman un único y

mismo conjunto. Este último, arrastrado por cadena o correa, gira alrededor de la cabeza hidráulica que es fija. Así, se suprimen los problemas de estanqueidad dinámica, ya que la alta presión se genera en la parte fija de la bomba.

Para los motores que necesitan un caudal importante, la bomba está equipada con dos capas desfasadas angularmente 45 grados. Este desfase permite reducir los picos de par y las fluctuaciones de presión en el raíl. La leva de cuatro lóbulos es idéntica a la de las bombas rotativas convencionales, pero puesto que la bomba ya no determina la ley de inyección, es posible alargar la fase de bombeo de manera que se reduzcan sensiblemente el par de arrastre, las vibraciones y el ruido.

Figura 30. Bomba de alta presión

- | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------------------------|
| 1 | IVM | 6 | Rodillo |
| 2 | Bomba de alta presión | 7 | Bomba de transferencia |
| 3 | Émbolo sumergido | 8 | Sensor de temperatura de combustible |
| 4 | Eje de transmisión | 9 | Salida de alta presión |
| 5 | Leva rotatoria | | |



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

3.1.3 Funcionamiento del sistema CRDI DELPHI

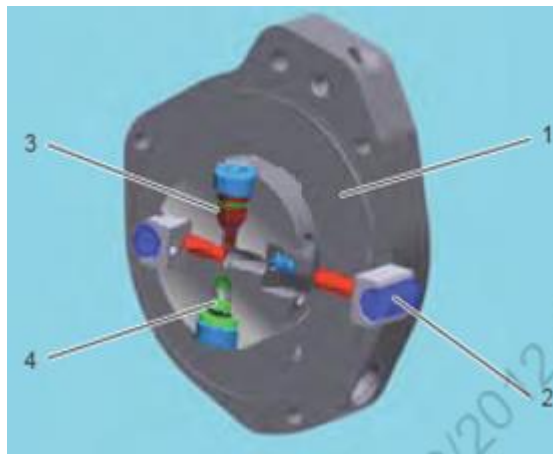
3.1.3.1 Alimentación de la bomba de alta presión. El carburante es aspirado a través del filtro por la bomba de transferencia. Esta expulsa el carburante hacia la entrada de la bomba a una presión casi constante llamada presión de transferencia.

Un actuador de llenado es implantado justo antes de la bomba. Permite controlar la cantidad de carburante enviado hacia los elementos de bombeo ajustando la sección de

paso. La ECU determina el valor de la corriente que hay que enviar a la bobina para obtener la sección de paso requerida para alcanzar la presión solicitada en función de las condiciones de funcionamiento del motor. Cuando la demanda de presión disminuye la corriente aumenta e inversamente.

Figura 31. Bomba de alimentación

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|-----------------------|
| 1 | Cuerpo de la cabeza hidráulica | 3 | Válvula de aspiración |
| 2 | Rodillo y zapata | 4 | Válvula de descarga |



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

3.1.3.2 *Principio de bombeo de alta presión.* Durante la fase de llenado, los rodillos se mantienen en contacto con la leva a través de dos muelles helicoidales montados en las dos partes de cada pistón. La presión de transferencia es suficiente para abrir la válvula de admisión y separar los émbolos sumergidos. Así, el espacio muerto comprendido entre los dos émbolos de inmersión se llena de carburante.

Cuando los rodillos, diametralmente opuestos, encuentran simultáneamente el perfil de ataque de la leva, los émbolos son empujados unos hacia otros. La presión aumenta rápidamente en el espacio comprendido entre los dos émbolos sumergidos.

Desde el momento en que la presión se vuelve superior a la presión de transferencia, la válvula de aspiración se vuelve a cerrar. Cuando la presión se vuelve superior a la presión que reina en el raíl, la válvula de descarga se abre. Desde este momento, el fluido bajo presión es expulsado hacia el raíl.

3.1.3.3 *Válvulas de aspiración y de descarga.* En fase de aspiración, la presión de transferencia empuja la válvula. El fluido penetra en el cuerpo del elemento de bombeo. Bajo el efecto de la presión de transferencia, los dos émbolos sumergidos son separados.

Cuando los rodillos encuentran simultáneamente el perfil de ataque de la leva, la presión aumenta súbitamente en el cuerpo del elemento de bombeo. La válvula se vuelve a cerrar desde el momento en que la presión del elemento de bombeo se vuelve superior a la presión de transferencia.

En fase de aspiración, la bola de la válvula de descarga está sometida a la presión del raíl en su cara exterior y a la presión de transferencia en su cara interior. La bola reposa pues en su asiento asegurando así la estanqueidad del cuerpo del elemento de bombeo. Cuando los dos rodillos diametralmente opuestos encuentran simultáneamente los perfiles de ataque de la leva, los émbolos sumergidos se acercan y la presión aumenta rápidamente en el cuerpo del elemento de bombeo. Cuando la presión en este elemento se vuelve superior a la presión que reina en el raíl, la bola se encuentra en desequilibrio y en consecuencia se abre (*el tarado del muelle es despreciable ante los esfuerzos de presión*). El carburante es expulsado entonces hacia el raíl a alta presión.

3.1.3.4 *Lubricación y refrigeración de la bomba de alta presión.* La lubricación y la refrigeración de la bomba están aseguradas por la circulación del carburante. El caudal mínimo necesario para asegurar un buen funcionamiento de la bomba es de 50 litros/hora.

3.1.3.5 *Puesta en fase de la bomba.* Las bombas de inyección convencionales aseguran la presión y la distribución del carburante a los diferentes inyectores. Es pues indispensable poner en fase la bomba de tal forma que las inyecciones se produzcan en el lugar deseado del ciclo. La bomba AP del sistema Common Raíl no asegura ya la distribución del carburante, no es pues indispensable poner en fase la bomba en relación al motor. Sin embargo, la puesta en fase de la bomba presenta dos ventajas:

- Permite sincronizar las variaciones de pares del eje de levas y de la bomba de manera que se limiten las tensiones en la correa de distribución.
- Permite mejorar el control de la presión sincronizando los picos de presión producidos por la bomba con las caídas de presión generadas por cada inyección. Esta puesta en fase permite mejorar la estabilidad de la presión, lo que contribuye a reducir la diferencia entre los cilindros (*línea a línea*)

La puesta en fase de la bomba será realizada por un pasador implantado en el eje de arrastre de la bomba.

3.1.4 *Válvula dosificadora de admisión (IVM)*

3.1.4.1 *Funcionamiento del actuador IVM.* El actuador IMV (Inlet Metering Valve) también llamado “unidad dosificadora” se emplea para controlar la presión en el raíl mediante la regulación de la cantidad de carburante suministrado a los elementos de bombeo de la bomba AP. El objetivo de este actuador es doble:

- Por una parte, permite mejorar el rendimiento del sistema de inyección, ya que la bomba solo comprime la cantidad de carburante necesario para mantener un nivel de presión del raíl solicitado por el sistema.
- Por otra parte, permite disminuir la temperatura en el depósito de carburante. En efecto, cuando el excedente de gasóleo es descargado en el circuito de retorno, la expansión del fluido (*de la presión raíl a la presión atmosférica*) libera una fuerte cantidad de calor. Esta genera un aumento de la temperatura del carburante evacuado hacia el depósito.

Para evitar alcanzar temperaturas demasiado elevadas, hay que:

- Enfriar el gasóleo en un intercambiador (*solución costosa, molesta y poco eficaz*).
- Limitar la cantidad de calor generado por la expansión del carburante reduciendo el caudal de fuga. Para reducir el caudal de fuga, basta con adaptar el caudal de la bomba AP a las necesidades del motor en toda su banda de funcionamiento. Lo que hace el IMV.

3.1.4.2 *Descripción del actuador IVM.* Está implantado en la cabeza hidráulica de la bomba. Esta alimentado en carburante por la bomba de transferencia a través de dos orificios radiales. Un filtro cilíndrico está implantado en los orificios de alimentación del IMV. Permite proteger no solamente el actuador, sino también todos los órganos del sistema de inyección situados después del IMV.

El actuador se utiliza para dosificar la cantidad de carburante enviado a los elementos de bombeo de la bomba de manera que la presión medida por el sensor sea igual a la demanda de presión formulada por el calculador.

Para cada punto de funcionamiento, se debe tener: Caudal introducido en la bomba de alta presión = Caudal inyectado + Caudal de fuga inyector + Caudal de control inyector.

El IMV está normalmente abierto cuando no está alimentado, ya que está compuesto por 2 muelles diferentes: al ser más fuerte el muelle cónico del lado cabeza hidráulica

que el cilíndrico del lado bobina, el pistón referenciado 1 en el esquema transversal del IMV se mantiene en tope con plena abertura.

No puede pues ser utilizado como órgano de seguridad para cortar el motor en caso de necesidad.

El calculador determina el valor de la corriente que hay que enviar al IMV en función de:

- La velocidad del motor.
- La demanda de caudal.
- La demanda de la presión en el raíl.
- La presión del raíl medida.
- La temperatura del carburante
- El modo de combustión

3.1.5 El inyector DELPHI

3.1.5.1 Función del inyector DELPHI. El inyector del sistema Common Raíl ha sido diseñado para responder a las nuevas normas de descontaminación. Para ello, debe:

- Permitir inyecciones múltiples. (*hasta 5 inyecciones por ciclo*)
- Permitir inyectar cantidades cada vez más pequeñas (*0,5mg/cp*)
- Inyectar a presiones cada vez más elevadas (*1800bar*)
- Tener interacciones hidráulicas débiles entre 2 inyecciones sucesivas
- Distribuir de manera homogénea la cantidad inyectada

Estas recomendaciones son posibles gracias a las evoluciones siguientes:

A la mejora de la hidráulica

- Modificación del diámetro de estanqueidad del inyector.
- Modificación de los orificios de la placa separador.

A las modificaciones aportadas al inyector.

- Aumento del número de agujeros.
- Agujeros cónicos.

Al desarrollo de nuevas válvulas, especialmente la evolución de los materiales y tratamientos térmicos de estos últimos.

3.1.5.2 Tecnología del inyector DELPHI. En función de las generaciones de inyector, las presiones de inyección máximas son del orden de 1800 bar. Los esfuerzos que hay que vencer para levantar la aguja del inyector son pues muy importantes. Por ello, es imposible pilotar directamente la aguja del inyector con ayuda de un actuador electromagnético, a menos que se empleen corrientes muy importantes cuyos tiempos de establecimiento serían incompatibles con los tiempos de reacción requeridos para las inyecciones múltiples. Por otra parte, la utilización de corrientes fuertes requiere una electrónica de potencia voluminosa lo que genera un calentamiento importante del actuador y del calculador.

La aguja del inyector se pilota pues indirectamente gracias a una válvula que controla la puesta en presión o la descarga de la cámara de control situada encima de la aguja:

- Cuando la aguja debe levantarse (*al principio de la inyección*), la válvula se abre de manera que descarga la cámara de control en el circuito de retorno.
- Cuando la aguja debe volver a cerrarse (*al final de la inyección*), la válvula se vuelve a cerrar de tal forma que la presión se establece nuevamente en la cámara de control.

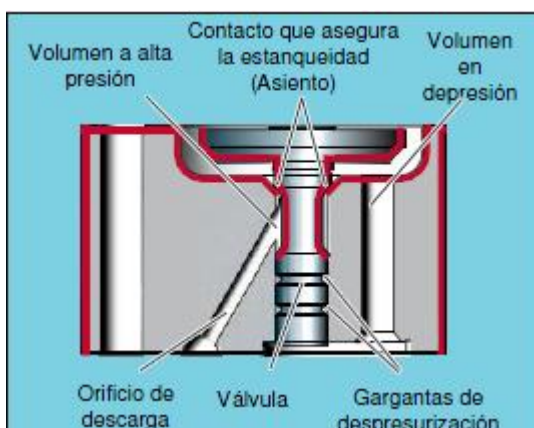
3.1.5.2.1 Válvula del inyector DELPHI. Para garantizar un tiempo de respuesta y un consumo de energía mínimo:

- La válvula debe ser tan ligera como sea posible.
- La carrera de la válvula debe ser tan baja como sea posible.
- El esfuerzo que hay que ejercer para desplazar la válvula debe ser mínimo, lo que implica que la válvula debe estar en equilibrio hidráulico en posición cerrada. Este equilibrio se obtiene gracias a la geometría idéntica de las secciones de la cámara de presión de la válvula, así la presión ejercida en las dos partes de la válvula es idéntica, solo un muelle muy poco tarado asegura el contacto de la válvula en su asiento. Para levantar la válvula, basta con alimentar la bobina para comprimir este muelle.

La sensibilidad de la válvula a los carburantes contaminados ha conducido a una evolución de los tratamientos térmicos y de los materiales empleados para su diseño.

De esta evolución de diseño ha nacido la nueva generación de válvulas DLC (*Diamond Like Carbon*). La aplicación del revestimiento DLC) evita cualquier deformación o erosión del asiento de la válvula sin ninguna influencia funcional.

Figura 32. Válvula del inyector DELPHI



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

3.1.5.2.2 Placa separador del inyector DELPHI. Placa separador está situada por debajo del soporte de válvula. Integra la cámara de control así como los tres orificios calibrados que aseguran el funcionamiento del inyector. Estos orificios son:

- El orificio de alimentación de tobera (*Nozzle Path Orifice: NPO*).
- El orificio de descarga de la cámara de control (*Spill Orific: SPO*).
- El orificio de llenado de la cámara de control (*Inlet Orifice: INO*).

Figura 33. Placa separador del inyector DELPHI



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

Los inyectores DFI 1.4 han sido desarrollados para:

- Disminuir la sensibilidad a las variaciones de depresión del circuito de retorno de fuga.
- Disminuir la deriva mediante nuevos tratamientos de superficie.
- Funcionar con más alta presión.

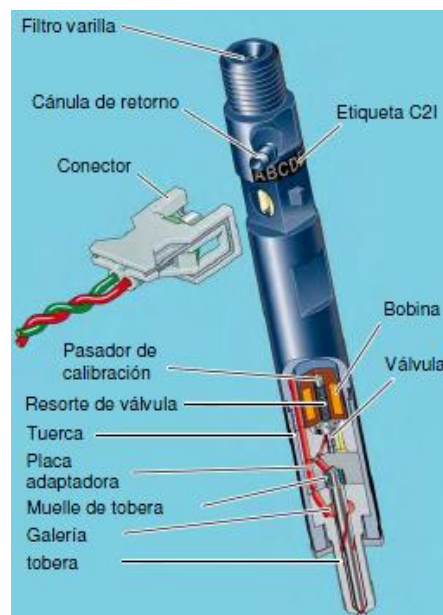
Las evoluciones técnicas para responder a estos criterios han sido:

- Aumentar la presión de tarado del muelle de llamada de la válvula.
- Modificar el circuito de retorno interno de la válvula.
- Cambiar el tratamiento de superficie de la válvula para DLC.
- Modificar el conducto de alimentación y la galería del inyector.

El porta inyector del sistema Common Raíl se compone de los elementos siguientes:

- 1 Una tobera de agujeros con su aguja.
- 2 Un cuerpo de porta inyector provisto de los orificios de alimentación y de retorno.
- 3 Una bobina integrada en el cuerpo del porta inyector.
- 4 Un conector implantado en la parte superior del porta inyector.
- 5 Un filtro varilla implantado a nivel del orificio de alimentación en carburante.
- 6 Una placa separador provista de una cámara de control y de los inyectores calibrados necesarios para asegurar el pilotaje de la aguja.
- 7 Una válvula y su soporte.

Figura 34. Vista inyector DELPHI



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

El posicionamiento angular entre el inyector, la placa separador, el soporte de válvula y el porta inyector se realiza mediante pasadores de centrado desviados para evitar los errores de montaje.

El ajuste de la precarga aplicada al muelle de la válvula se realiza mediante un pasador de calibración implantado entre la bobina y el muelle.

3.1.5.3 Principio de funcionamiento del inyector DELPHI

3.1.5.3.1 Aumento de presión. El aumento de la presión en el inyector se desglosa en varias etapas:

- a) El carburante en alta presión cruza en primer lugar el cuerpo del porta inyector antes de alimentar la placa separador cruzando estos inyectores en el orden siguiente:
 - INO: Alimentación de la cámara de control.
 - NPO: Alimentación de la galería de carburante de tobera.
 - SPO: Alimentación de la cámara de la válvula.
- b) El carburante en alta presión llena progresivamente la cámara de la válvula, la cámara de control de la placa separador y las ranuras helicoidales de la aguja.

En esta fase, las presiones están equilibradas en todo el inyector.

3.1.5.3.2 Inyector en reposo. El equilibrio de las presiones mantiene el inyector cerrado es decir en reposo.

La válvula permanece cerrada gracias a la geometría idéntica. Al ser iguales las presiones ejercidas en estas dos secciones, la válvula se mantiene en equilibrio.

3.1.5.3.3 Pilotaje de la bobina. Cuando la ECU alimenta la bobina, la válvula se abre cuando el esfuerzo de atracción es superior al esfuerzo del muelle. La abertura de la válvula crea una fuga del carburante en el retorno inyector y genera una caída de presión en:

- La cámara de la válvula
- El SPO
- El INO

A pesar de estas caídas de presión, la aguja permanece siempre inmovilizada en su asiento ya que la caída de presión no ha alcanzado aún la cámara de control, no hay pues inyección.

3.1.5.3.4 Inicio de inyección. El inicio de la inyección se produce cuando la caída de presión se generaliza en la cámara de control de la placa separador. En efecto, la diferencia de presión ejercida en los 2 polos de la aguja genera su desequilibrio. Esto último se traduce por una subida de la aguja ya que la presión a nivel de la tobera de la aguja es superior a la de la cámara de control de la placa separador.

La circulación del carburante a través del NPO se establece para alimentar la tobera.

Nota:

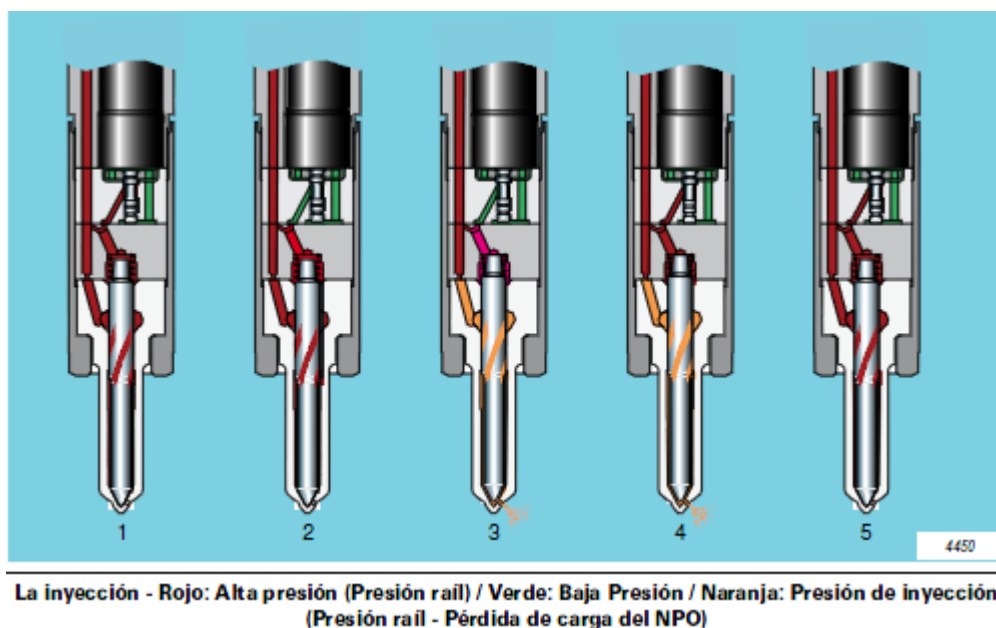
El paso del carburante a través del orificio de alimentación de la tobera (NPO) genera una pérdida de carga que depende de la presión del raíl. Cuando la presión del raíl es máxima, (1600 bar), ésta pérdida de carga sobrepasa 100 bar. La presión aplicada en el cono de la aguja, (la presión de inyección) es pues inferior a la presión del raíl.

3.1.5.3.5 Fin de inyección. Tan pronto la ECU detiene la alimentación de la bobina, la válvula se vuelve a cerrar ya que el esfuerzo de atracción se vuelve inferior al del muelle.

Después del cierre de la válvula, el circuito sube en presión. Sin embargo, la aguja permanece siempre levantada, el único medio de volverla a cerrar consiste en aplicar presiones diferentes en cada uno de estos extremos. Esta diferencia de presión para volver a cerrar el inyector se crea por la pérdida de carga del inyector de llenado NPO que se opone a la presión en la cámara de control que es sensiblemente igual a la presión raíl.

Cuando la presión en la cámara de control se vuelve superior a la presión aplicada en la tobera de la aguja, la inyección se para.

Figura 35. Proceso de inyección



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

Tabla 6. Proceso de inyección

INYECTOR N°	VÁLVULA	AGUJA	INYECCIÓN
1	Cerrada	Cerrada	Sin inyección
2	Abertura	Cerrada	Sin inyección
3	Abierto	Abertura	Inicio de inyección
4	Cierre	Abierto	Fin de inyección
5	Cerrada	Cerrada	Sin inyección

Fuente: Autor

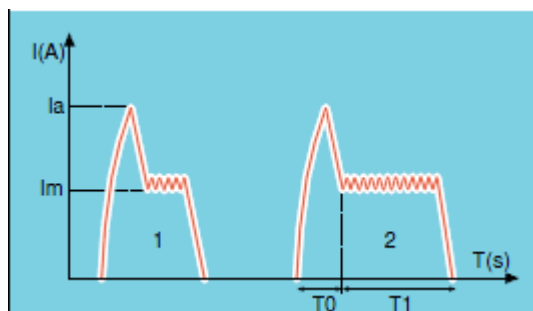
3.1.6 Control de los inyectores. La corriente discontinua permite reducir las pérdidas por efecto de julios a nivel del calculador y del inyector.

La corriente llamada (I_a) es superior a la corriente de mantenimiento (I_m) ya que en la fase de mantenimiento:

- El entrehierro entre la válvula y la bobina se reduce (*el valor de la carrera de la válvula, o sea aproximadamente $30 \mu m$*) por lo que la fuerza electromagnética que hay que aplicar a la válvula puede ser reducida.
- No es necesario vencer la inercia de la válvula.

Figura 36. Impulso de inyección

- | | | | |
|-------|----------------------|-------|---|
| 1 | Inyección piloto | I_m | Corriente de mantenimiento |
| 2 | Inyección principal | T_0 | Duración de la corriente llamada |
| I_a | Corriente de llamada | T_1 | Duración de la corriente de mantenimiento |



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

3.1.7 Descarga mediante los inyectores. Cuando la demanda de presión raíl cae bruscamente (cuando se levanta el pie o en caso de un defecto que necesita la descarga rápida del raíl por ejemplo), el cierre del IMV no permite alcanzar suficientemente rápido la nueva consigna de presión definida por el calculador. El sistema utiliza pues los inyectores para descargar el raíl. Este modo de funcionamiento reposa en el control del tiempo de respuesta de los inyectores. En efecto, para descargar el circuito de alta presión sin correr el riesgo de introducción de carburante en los cilindros, hay que alimentar la bobina con impulsos suficientemente largos para levantar la válvula y poner así en comunicación directa el raíl con el circuito de retorno inyector, pero suficientemente cortos para evitar que la aguja del inyector se levante y provoque así la introducción inopinada de carburante en la cámara de combustión.

Este modo de funcionamiento solo es posible si se controla perfectamente el tiempo de respuesta del inyector, es decir el tiempo comprendido entre el inicio de la alimentación de la electroválvula y el instante en que la aguja del inyector se levanta. Este tiempo es evidentemente diferente para cada inyector ya que depende de las características iniciales del inyector (*C2I*) y del estado de desgaste del inyector (*correcciones*). Es pues indispensable conocer con precisión la característica inicial y la deriva de cada inyector.

3.1.8 C2I: corrección individual de inyector. La abreviatura C2I viene de Corrección Individual de Inyector, la cifra 2 simboliza los dos I

3.1.8.1 Descripción C2I. El caudal inyectado es proporcional al tiempo de inyección (*el impulso*) y a la presión raíl. Las curvas de caudal en función del impulso y de la presión raíl son llamadas características del inyector.

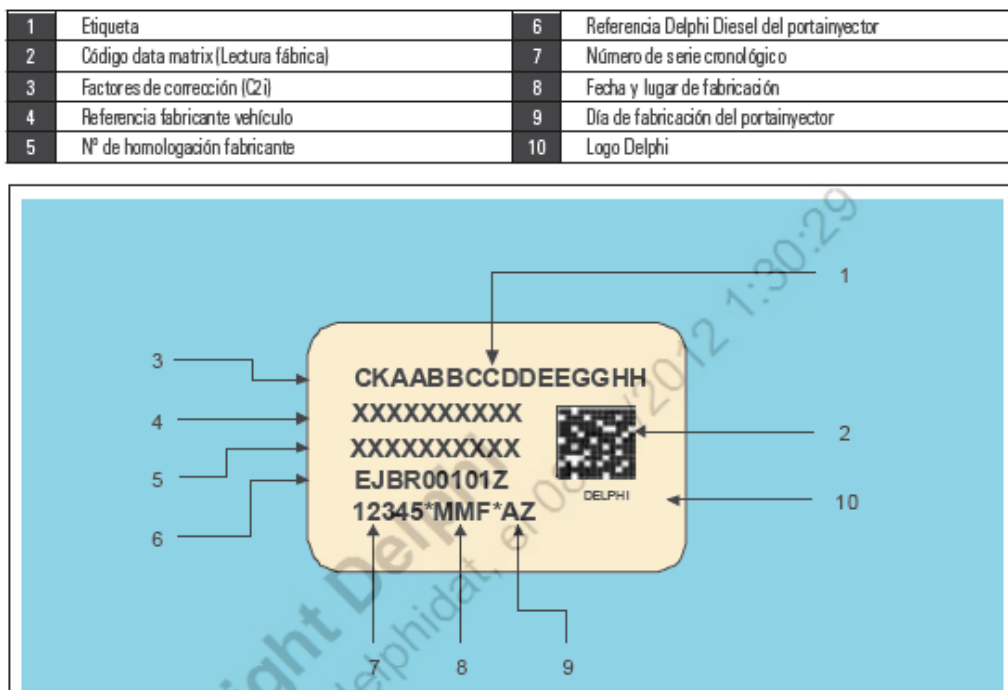
Los inyectores del sistema Common Raíl son piezas de una precisión muy grande. Son capaces de inyectar caudales que varían de 0,5 a 100 mg/cp a presiones de 150 a 1800 bar. La precisión solicitada requiere tolerancias de fabricación extremadamente bajas (*algunos μm*) en el diámetro de los inyectores y del juego funcional entre las diferentes piezas en movimiento. Sin embargo, debido a las dispersiones de mecanizado, las pérdidas de carga, los frotamientos mecánicos entre las piezas en movimiento y el esfuerzo magnético varían de un inyector a otro. Por ello, se constatan dispersiones en los caudales que pueden alcanzar 5 mg/cp. Hablando claro, esto quiere decir que si se aplica un mismo impulso a dos inyectores, se puede obtener una diferencia de 5mg/cp. Es imposible controlar eficazmente un motor con esta dispersión entre los inyectores es

pues necesario aplicar una corrección que permitirá inyectar la cantidad deseada de gasóleo cualquier que sea la característica inicial del inyector. Para ello, es necesario conocer esta característica y corregir el impulso aplicado al inyector en función de la diferencia entre esta característica y la que se utiliza en el calculador.

La característica registrada en el calculador se llama el objetivo. Corresponde a la característica media de los caudales medidos en un lote representativo de inyectores. Este objetivo se utiliza para convertir la demanda de caudal Q en impulso T . Pero, este impulso no puede ser aplicado directamente al inyector ya que las características de este último son diferentes del objetivo. Es pues necesario corregir el impulso T con ayuda de la característica propia del inyector. Esta característica se determina por una medición de los caudales para diferentes valores de presión. La C2I es una modelización de estas características.

La codificación de la etiqueta es una operación compleja, ya que para optimizar este método (y *limitar el tamaño de la etiqueta*), se ha utilizado la resolución estrictamente necesaria. Para ello, cada coeficiente esta codificado con un número de bits que le es propio.

Figura 37. Etiqueta de codificación del inyector DELPHI



Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

Información Código Data Matrix:

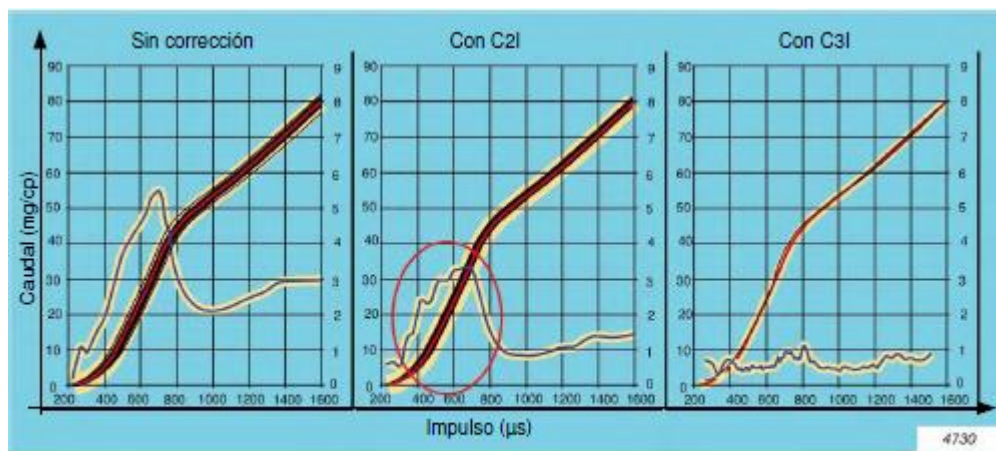
- Factores de corrección
- Referencia Porta inyector atribuido por Delphi
- Referencia Porta inyector atribuida por el fabricante del vehículo
- Fecha
- Código de sitio

3.1.9 Evolución: la C3i. Con el fin de reducir las ínfimas dispersiones que subsisten todavía después de la corrección en C2I y acercarse lo más posible al objetivo, ha aparecido un nuevo tipo de corrección de inyector, la C3i.

C3I, del inglés Injector Improved Individual Correction significa Corrección Individual Mejorada del Inyector.

La C3i ha sido implementada para aumentar la precisión de la corrección C2i. En efecto, si se toma como ejemplo el esquema siguiente, uno se da cuenta de la ganancia significativa aportada por la C3I.

Figura 38. Curvas de caudal de inyección a presión constante



Estudio de curvas de caudal para una Presión rail de 1600bar; Rojo: Objetivo; Negro: Inyectores medidos; Azul: Diferencia Tipo entre el objetivo y los inyectores medidos; Rodeado: Zona de imprecisión de la C2I

Fuente: Manual Common Rail Principios de Funcionamiento DELPHI

Las 2 diferencias más importantes entre la C3i y la C2i consisten en:

- 1 Permitir una corrección lineal en 3 partes mientras que la C2i solo permite una simple corrección lineal.
- 2 Y un método de codificación diferente:
 - C2I: 16 caracteres en Hexadecimal.

- C3I: 20 caracteres en Alfanumérico.

En nuestro sistema se utiliza los siguientes valores de funcionamiento:

Tabla 7. Valores de funcionamiento inyector DELPHI

ESPECIFICACIÓN	VALOR
RESISTENCIA	0,2 Ω
VOLTAJE	12 V
CORRIENTE O AMPERAJE	12 A (APERTURA) 6 A (MANTENIMIENTO)
PRESIÓN DE APERTURA	250 BARES
PRESIÓN MÁXIMA	1800 BARES

Fuente: Autor

3.2 Sistemas de inyección CRDI BOSCH [3]

3.2.1 Bomba de alta presión. La bomba de alta presión constituye el punto de intersección entre las partes de alta y de baja presión. Debe cumplir la tarea de aportar permanentemente un volumen suficiente de combustible comprimido en todos los márgenes de funcionamiento y durante toda la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el conducto común.

La bomba de alta presión genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador de alta presión (conducto común), con independencia de la inyección. Por dicho motivo, el combustible en comparación con los sistemas de inyección convencionales no debe comprimirse durante el desarrollo de la inyección.

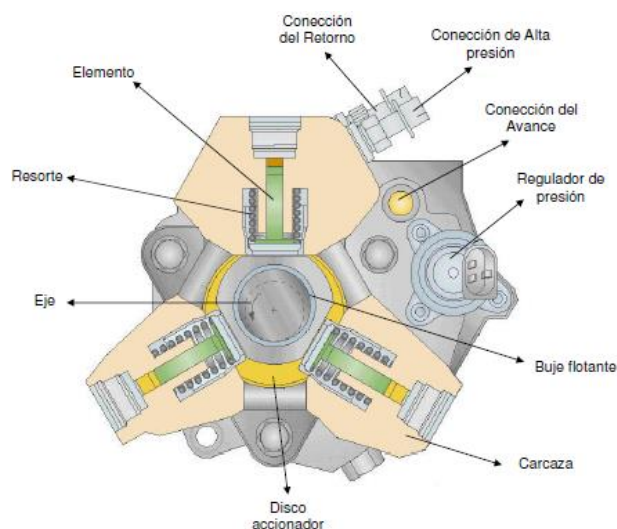
En los sistemas para turismo se utiliza como bomba de alta presión para la generación de presión una bomba de 3 émbolos radiales. En los vehículos industriales se utilizan así mismo bombas de disposición en serie de dos émbolos. La bomba de alta presión se monta perfectamente en el mismo lugar que las bombas distribuidoras de inyección de los motores diesel. Es accionada por el motor mediante un embrague, una rueda dentada, una cadena o una correa dentada. El número de revoluciones de la bomba mantiene con ello una relación de desmultiplicación fija con respecto al número de revoluciones del motor.

Los émbolos de la bomba, situados en el interior de la bomba de alta presión, comprimen el combustible. Con tres carreras de alimentación por giro se generan en la bomba de émbolos radiales carreras de alimentación sopladas (sin interrupción de la alimentación), pares de accionamiento máximo reducidos y una carga uniforme del accionamiento de la bomba.

En los sistemas para turismo, el par motor alcanza, con 16 Nm, sólo aproximadamente $\frac{1}{9}$ del momento de impulsión necesario para una bomba distribuidora de inyección equivalente. Por lo tanto, el riel común plantea exigencias menores al accionamiento de la bomba que los sistemas de inyección convencionales. La potencia necesaria para el accionamiento de la bomba crece de forma proporcional a la presión ajustada en el conducto común y al número de revoluciones de la bomba (caudal de alimentación). En un motor de 2 litros, la bomba de alta presión absorbe una potencia de 3,8 kW al régimen nominal y con una presión de 1350 bares en el conducto común (con un rendimiento mecánico de aproximadamente el 90%). La mayor demanda de energía de los sistemas riel común en comparación con los sistemas convencionales tiene su origen en los volúmenes de fuga y de control existentes en el inyector y en el caso de la bomba de alta presión CP1 en la reducción de la presión del sistema deseada mediante la válvula reguladora de presión.

Las bombas de alta presión se utilizan en los turismos y vehículos industriales en diferentes versiones. En cada generación de bombas hay versiones con diferente volumen y presión de alimentación.

Figura 39. Bomba de alta presión sistema crdi BOSCH



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

Tabla 8. Valores de las bombas CRDI BOSCH

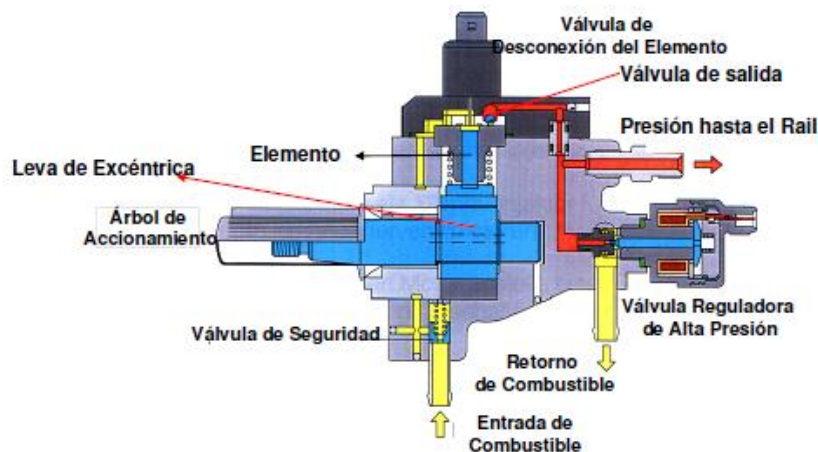
BOMBA	PRESION (Bares)	LUBRICACION
CP1	1350	COMBUSTIBLE
CP2	1400	ACEITE
CP3	1600	COMBUSTIBLE

Fuente: Autor

3.2.1.1 Funcionamiento de la bomba de alta presión

El eje de la bomba de alta presión tiene una leva excéntrica. Él es movido por el eje del motor que mueve los tres elementos arriba y abajo.

Figura 40. Bomba de alta presión vista lateral



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

Succión. El movimiento descendente del elemento genera un aumento de volumen de la cámara de compresión. La presión de combustible se pasa dentro de la cámara de compresión. Entonces, el combustible fluye venido de la bomba de engranaje través de la válvula de admisión para la cámara de compresión.

Bombeo. Con el movimiento ascendente del pistón-bomba, la presión aumenta en la cámara de compresión. El disco es comprimido para riba y la válvula de entrada es cerrada. Continuando el movimiento ascendente del pistón-bomba es generada todavía más presión. Así que la presión de combustible en la cámara de compresión excede la

presión en la cámara de presión, la válvula se abre y el combustible es liberado para el circuito de alta presión.

3.2.2 Bomba de émbolos radiales CPI

3.2.2.1 Estructura de la bomba CPI

En la carcasa de la CPI va dispuesto centralmente el eje de accionamiento. Los elementos de la bomba van dispuestos desplazados radialmente 120° . La excéntrica montada sobre el eje de accionamiento impulsa los émbolos de la bomba desplazándolos en ambos sentidos.

La transmisión de fuerza entre el árbol de excéntrica y los émbolos de alimentación se efectúa mediante el rodillo de rodadura, un anillo de deslizamiento alojado en la excéntrica del eje y la placa de pie de émbolo fijada en la base de los émbolos.

3.2.2.2 Funcionamiento de la bomba CPI

Suministros de combustible y compresión. La bomba de alimentación previa, una bomba eléctrica de combustible o una bomba de ruedas dentadas accionada mecánicamente, suministra combustible a través de un filtro con separador de agua hacia la entrada de la bomba de presión. En los sistemas para turismos con una bomba de ruedas dentadas abridada a la bomba de alta presión, la entrada está situada en el interior de la bomba. Detrás de la entrada va montada una válvula de seguridad. Si la presión de alimentación de la bomba de alimentación previa sobrepasa la presión de apertura (de 0,5 a 1,5 bares) de la válvula de seguridad, el combustible es impulsado a presión al circuito de refrigeración y lubricación de la bomba de alta presión a través de su orificio estrangulador. El eje de accionamiento con la excéntrica desplaza los émbolos de la bomba hacia arriba y hacia abajo en función de la carrera de la excéntrica. El combustible accede a través de la válvula de admisión de la bomba de alta presión al correspondiente elemento de la bomba, en el que el émbolo de bomba se desplaza hacia abajo (carrera de aspiración).

Si se sobrepasa el punto muerto inferior del émbolo de bomba, se cierra la válvula de admisión y ya no puede escapar el combustible contenido en el espacio del elemento de la bomba.

Solamente puede ser comprimido superando la presión de suministro de la bomba previa. La presión generada abre la válvula de escape tan pronto como se alcanza la

presión prescrita en el conducto común; el combustible comprimido accede al circuito de alta presión.

El émbolo de bomba sigue suministrando combustible hasta alcanzar el punto muerto superior. A continuación cae la presión de forma que se cierre la válvula de escape. El combustible residual se descomprime; el émbolo de bomba se desplaza hacia abajo.

Cuando la presión existe en el espacio del elemento de la bomba es inferior a la presión de pre alimentación, se abre de nuevo la válvula de admisión y comienza otra vez el proceso desde el principio.

3.2.2.3 *Relación de desmultiplicación de la bomba CPI.* El caudal de alimentación de una bomba de alta presión es proporcional a su número de revoluciones. La velocidad de rotación de la bomba depende a su vez del número de revoluciones del motor. Se determina en el momento de aplicar el sistema de inyección al motor mediante la relación de desmultiplicación, de forma que el volumen de combustible suministrado en exceso no sea demasiado alto y que queden cubiertas las necesidades de combustible a plena carga del motor. Pueden utilizarse desmultiplicaciones de 1:2 y 2:3 en relación al cigüeñal.

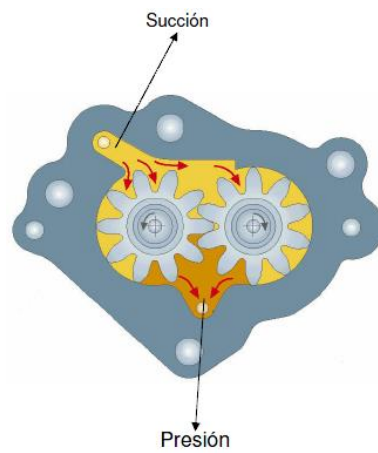
3.2.2.4 *Potencia de suministro de la bomba CPI.* Debido a que la bomba de alta presión ha sido concebida para aportar grandes caudales de alimentación, en el funcionamiento al ralentí y en carga parcial se genera un exceso de combustible comprimido. En los sistemas de primera generación con una CPI, este combustible suministrado en exceso se devuelve al depósito de combustible mediante la válvula reguladora de presión montada en el conducto común. Al descomprimirse el combustible previamente comprimido, se pierde la energía aportada por la compresión, reduciéndose por lo tanto el rendimiento total. La compresión y descompresión subsiguiente del combustible origina asimismo un incremento de la temperatura del combustible.

3.2.3 *Bomba alimentadora de engranaje.* La bomba de engranaje es una bomba con un funcionamiento puramente mecánico. La bomba de alimentación mantiene la bomba de alta presión siempre alimentada en cualquier condición. La bomba de engranaje está directamente conectada a bomba de alta presión o en el bloque del motor. Ambas las bombas son accionadas por el eje. La bomba alimentadora es formada por dos

engranajes dentro de una carcasa. Uno de los engranajes es accionado por el eje del motor.

3.2.3.1 *Funcionamiento de la bomba alimentadora de engranaje.* Girando los engranajes, el combustible es succionado entre los engranajes a través de las cámaras es conducido para el lado de generación de presión. Entonces, penetra en la carcasa de la bomba de alta presión. La construcción de los engranajes evita el retorno de combustible.

Figura 41. Bomba alimentadora de engranajes



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

3.2.4 *Válvula reguladora de presión del inyector BOSCH.* La válvula reguladora de presión puede ser un componente que tiene funcionamiento puramente mecánico o electrónico. Está unida en el acumulador de presión por una rosca. Internamente una válvula controla el paso de combustible.

3.2.4.1 *Funcionamiento de la válvula reguladora de presión.* Cuando la presión de combustible excede sube al máximo, la válvula del acumulador de presión se abre. Así el combustible retorna del tubo acumulador de presión y la presión baja.

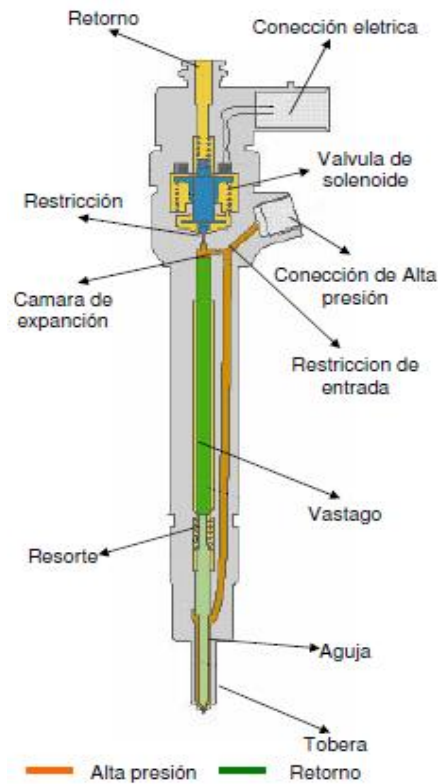
3.2.5 *Porta inyector*

3.2.5.1 *Posición de reposo.* Las toberas inyectoras son controladas por el módulo de inyección electrónica de combustible. En esta posición de reposo las toberas están cerradas. Esta posición la válvula solenoide de la tobera no es accionada. El actuador de la válvula solenoide es presionado por la fuerza del resorte de la válvula solenoide en su asiento. La aguja de la tobera permanece cerrada por la acción de la alta presión del

combustible en el vástago de la tobera que tiene un área mayor en relación al área inferior de la tobera inyectora.

Nota: Una interrupción en la conexión eléctrica de la tobera inyectora provoca el inmediato desligamiento del motor.

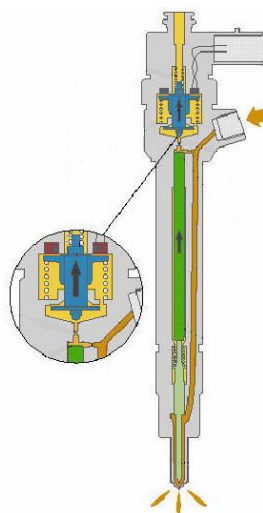
Figura 42. Inyector vista interior



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

3.2.5.2 Inicio de Inyección. La inyección es realizada directamente través de la tobera inyectora en la cámara de combustión del pistón. Está comandada por la válvula electromagnética del inyector. Así que la fuerza supera la resistencia del resorte, permitiendo la abertura de la tobera. El combustible fluye en el sentido contrario del vástago de la tobera. La restricción de la entrada provoca una rápida compensación entre la alta presión y la cámara de expansión. Este momento la presión que actúa en la parte superior de la tobera es inferior a la alta presión que actúa en la aguja. Por consecuencia, la aguja es erguida y la pulverización inicia.

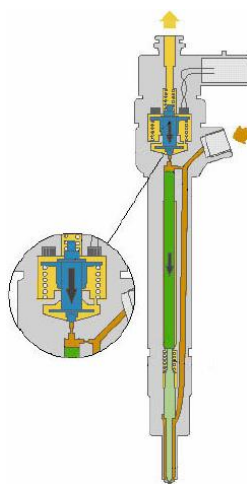
Figura 43. Inicio de inyección del inyector BOSCH



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

3.2.5.3 Inyectando. La inyección se inicia cuando el solenoide es desactivado. El solenoide permanece desenergizado. El resorte del solenoide presiona el actuador en su asiento cerrando el paso por la restricción. En la cámara superior, la presión de combustible aumenta. La presión en la cámara superior está más alta en comparación a la de la aguja. La aguja se cierra debido a la relación de áreas de presión. La inyección se cierra y la tobera retorna a su posición de reposo.

Figura 44. Proceso de inyección



Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

3.2.6 Pre Inyección e Inyección principal. Para realizar el trabajo de inyección, la bobina magnética del inyector trabaja con una frecuencia de 100Hz o sea 80V con 20A. Hay personas que utilizan marca paso, por ende no deben aproximarse al motor en

funcionamiento. La responsabilidad de generación de esos valores son los capacitores que están dentro de la unidad de mando. Debido a súper calentamiento de la caja de mando, en razón de la carga y descarga de los capacitores, la unidad de mando debe estar en un punto del motor con circulación de agua.

En nuestro sistema se utiliza los siguientes valores de funcionamiento:

Tabla 9. Valores de funcionamiento inyector BOSCH

ESPECIFICACIÓN	VALOR
RESISTENCIA	0,5 – 0,8 Ω
VOLTAJE	70 - 80 V
CORRIENTE O AMPERAJE	12 A (APERTURA) 20 A (MANTENIMIENTO)
PRESIÓN DE APERTURA	220 BARES
PRESIÓN MÁXIMA	1350 BARES

Fuente: Autor

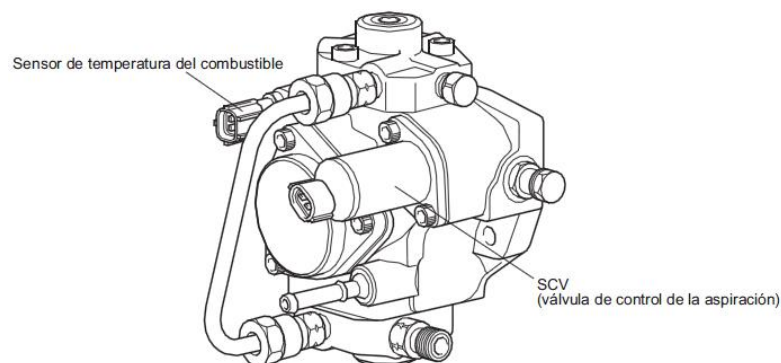
3.3 Sistema de inyección CRDI DENSO [4]

Información técnica y reparación de inyectores Common Rail Denso es muy limitado sin embargo, su uso y la presencia dentro de nuestro mercado Ecuatoriano diesel está muy extenso.

3.3.1 Estructura y funcionamiento del sistema CRDI DENSO

3.3.1.1 Bomba de suministro. La bomba de suministro consta principalmente del cuerpo de la bomba (leva excéntrica, leva anular y émbolos), la SCV (válvula de control de la aspiración), el sensor de temperatura del combustible y la bomba de alimentación.

Figura 45. Bomba de suministro



Fuente: Manual de Servicio DENSO

Los dos émbolos están colocados verticalmente en la leva anular exterior para obtener una mayor compacidad.

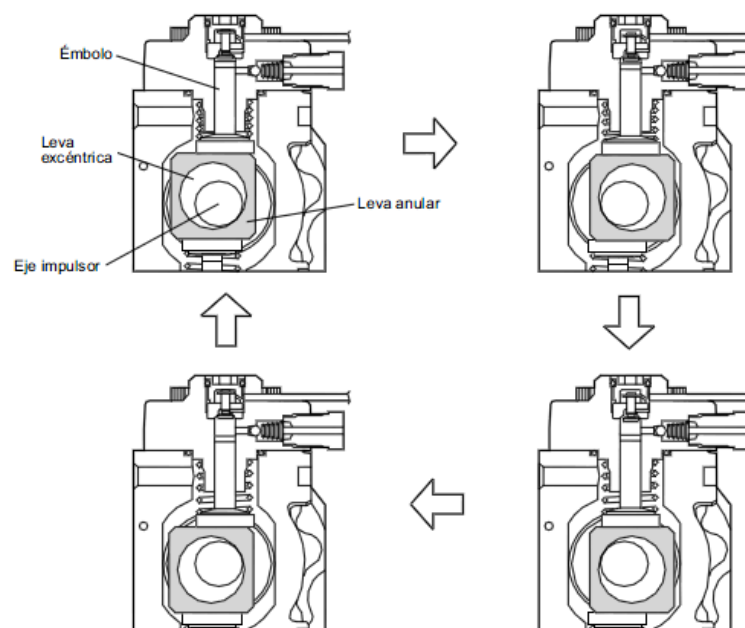
El motor acciona la bomba de suministro a un régimen de 1:2. La bomba de suministro tiene una bomba de alimentación incorporada (de tipo trocoide) y lleva el combustible del depósito a la cámara de los émbolos.

El árbol de levas interno acciona los dos émbolos que, a su vez, someten a presión al combustible enviado a la cámara y lo envían después a la rampa. La cantidad de combustible suministrado a la rampa es controlada por la SCV, siguiendo las señales emitidas por la ECU del motor. La SCV es de tipo de apertura normal (la válvula de admisión se abre durante la desexcitación).

3.3.1.2 Flujo de combustible. El combustible extraído del depósito recorre el camino de la bomba de suministro que se observa en la ilustración y es conducido a la rampa.

3.3.1.3 Estructura de la bomba de suministro. La leva excéntrica está formada en el eje impulsor. La leva anular está conectada a la leva excéntrica. Cuando gira el eje impulsor, la leva excéntrica gira también de manera excéntrica y la leva anular se desplaza hacia arriba y hacia abajo mientras gira. El émbolo y la válvula de succión están conectados a la leva anular. La bomba de alimentación está conectada a la parte posterior del eje impulsor

Figura 46. Giro del eje impulsor de la bomba de suministro



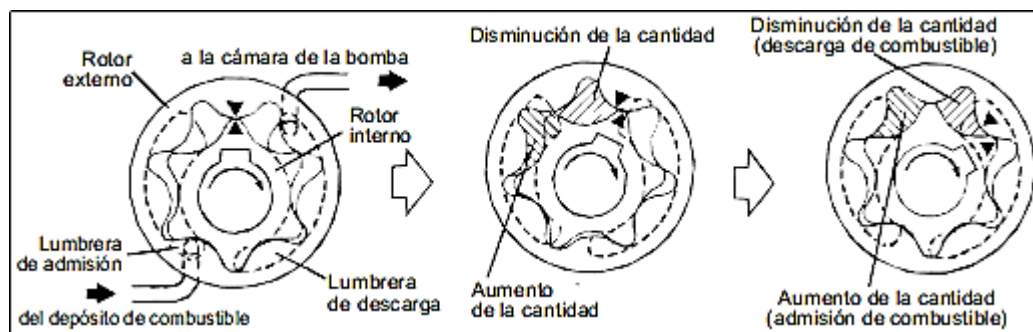
Fuente: Manual de Servicio DENSO

3.3.1.4 Funcionamiento de la bomba de suministro. La rotación de la leva excéntrica hace que la leva anular empuje al émbolo A hacia arriba. Debido a la fuerza del muelle, el émbolo B es empujado en la dirección opuesta al émbolo A. Como resultado, el émbolo B aspira el combustible, mientras que el A lo bombea a la rampa.

3.3.2 Descripción de los componentes de la bomba de suministro

3.3.2.1 Bomba de alimentación. La bomba de alimentación de tipo trocoide integrada en la bomba de suministro aspira el combustible del depósito y lo suministra a los dos émbolos a través del filtro de combustible y la SCV (válvula de control de la aspiración). Esta bomba de alimentación es accionada por el eje propulsor. Con la rotación del rotor interior, la bomba de alimentación aspira el combustible desde su lumbrera de succión y lo bombea hacia fuera a través de la lumbrera de descarga. Esto se hace de acuerdo con el espacio que aumenta y disminuye con el movimiento de los rotores externo e interno.

Figura 47. Bomba de alimentación



Fuente: Manual de Servicio DENSO

3.3.2.2 Válvula de control de aspiración (SCV). El sistema ha incorporado una válvula de tipo solenoide lineal. La ECU controla el porcentaje de servicio (el tiempo durante el que se aplica la corriente a la SCV) con el fin de regular la cantidad de combustible que se suministra al émbolo sometido a alta presión.

Sólo se suministra la cantidad de combustible necesaria para alcanzar la presión deseada en la rampa, por lo que la carga de actuación de la bomba de suministro disminuye.

Cuando la SCV recibe corriente, se crea una fuerza electromotriz variable de acuerdo con el porcentaje de servicio, que mueve el inducido hacia la izquierda. El inducido mueve el cilindro hacia la izquierda, cambiando la apertura del conducto de combustible y regulando así la cantidad de combustible.

Con la SCV desactivada, el muelle de retorno se contrae, abriendo completamente el conducto de combustible y suministrando el combustible a los émbolos (cantidad total de admisión y de descarga).

Cuando la SCV está activada, la fuerza del muelle de retorno mueve el cilindro hacia la derecha, cerrando el paso al combustible (normalmente abierto).

Activando o desactivando la SCV, el combustible es suministrado en la cantidad correspondiente al porcentaje de servicio, y descargado por los émbolos.

Figura 48. Válvula SCV



Fuente: Manual de Servicio DENSO

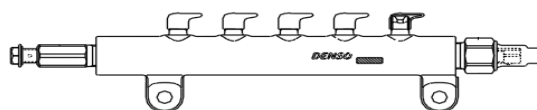
En caso de porcentaje de servicio corto: hay gran apertura de válvula y máxima cantidad de admisión

En caso de porcentaje de servicio largo: existe pequeña apertura de válvula y mínima cantidad de admisión.

3.3.2.3 Riel común. Almacena el combustible a presión (de 0 a 180 MPa) suministrado por la bomba de suministro y distribuye el combustible a cada inyector de los cilindros. En la rampa se han incorporado un sensor de presión y un limitador de presión.

El sensor de presión de la rampa (sensor Pc) detecta la presión del combustible en la rampa y envía una señal a la ECU del motor, mientras que el limitador de presión controla dicha presión de combustible. Ello asegura una combustión óptima y reduce el ruido de combustión.

Figura 49. Riel común



Fuente: Manual de Servicio DENSO

3.3.3 Inyector DENSO. Se ha incorporado un inyector de válvula de dos vías (TWV) de tipo solenoide, compacto y de ahorro energético.

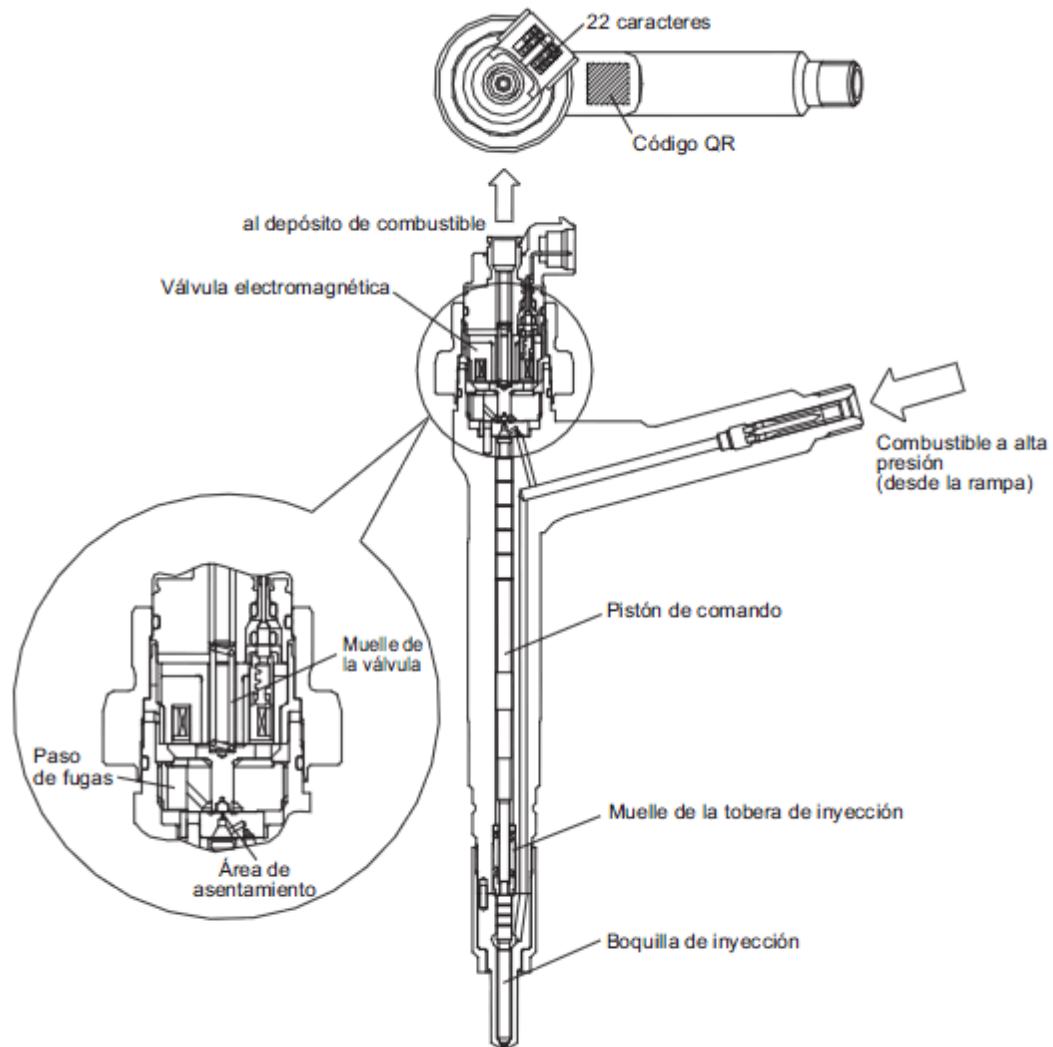
Los códigos QR, que muestran diversas características del inyector, están marcados con láser en el cuerpo de inyección, mientras que los códigos ID, que muestran lo mismo en formato numérico (22 cifras alfanuméricas) están marcados con láser en la cabeza del conector.

Este sistema información en códigos QR para optimizar el control de la cantidad de inyección.

Al instalar un inyector en un vehículo, es necesario introducir los códigos ID en la ECU.

3.3.3.1 Estructura del inyector DENSO

Figura 50. Inyector DENSO



Fuente: Manual de Servicio DENSO

3.3.3.2 *Funcionamiento del inyector DENSO.* La válvula de tres vías abre y cierra el orificio de salida para regular la presión hidráulica de la cámara de control y controlar el inicio y el final de la inyección.

No hay inyección. Cuando no se aplica ninguna corriente al solenoide, la fuerza del muelle de la válvula es superior a la presión hidráulica de la cámara de control. Por consiguiente, la válvula de tres vías es presionada hacia abajo, cerrando el orificio de salida. Por ello, la presión hidráulica de la cámara de control que se aplica al pistón de mando provoca que el muelle de la tobera del inyector se comprima. Esto cierra la aguja de la tobera de inyección, impidiendo que se inyecte el combustible.

Inyección. Cuando se aplica corriente inicialmente al solenoide, la fuerza de atracción de este empuja la TWV hacia arriba, abriendo el orificio de salida y permitiendo el paso del combustible a la cámara de control. Una vez que fluye el combustible, la presión hidráulica de la cámara de control disminuye, empujando hacia arriba al pistón de mando. Esto provoca la elevación de la tobera de inyección y el comienzo de la inyección.

El combustible que fluye tras el orificio de salida pasa al tubo de fugas y por debajo del pistón de mando. El combustible que fluye por debajo del pistón empuja a éste hacia arriba, facilitando la respuesta de apertura y el cierre de la tobera de inyección.

Mientras se aplica corriente al solenoide, la tobera alcanza su elevación máxima, situándose también la relación de inyección en el máximo nivel. Cuando se corta la corriente al solenoide, la TWV cae, haciendo que la aguja de la tobera del inyector se cierre inmediatamente y se detenga la inyección.

3.3.3.3 *Código QR.* Los códigos QR (Quick Response) han sido adoptados para aumentar la precisión de la cantidad de inyección. La adopción de estos códigos QR permite controlar la dispersión de la cantidad de inyección en todos los márgenes de presión, contribuyendo a mejorar la eficacia de la combustión, reducir las emisiones de gases de escape, etc.

Tabla 10. Valores de funcionamiento inyector DENSO

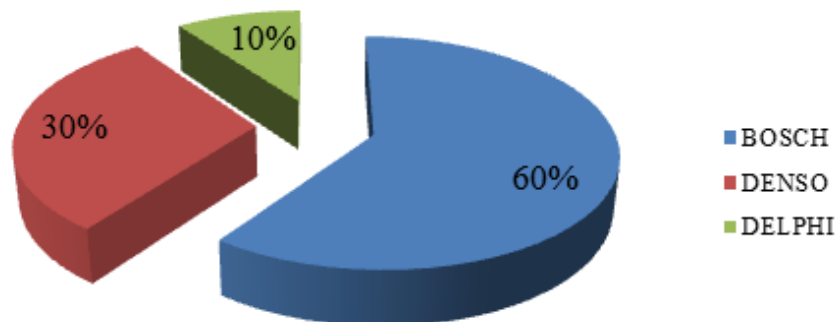
ESPECIFICACIÓN	VALOR
RESISTENCIA	0,8 – 1 Ω
VOLTAJE	5V
CORRIENTE O AMPERAJE	12 A (APERTURA) 20 A (MANTENIMIENTO)
PRESIÓN DE APERTURA	200 BARES
PRESIÓN MÁXIMA	1800 BARES

Fuente: Autor

3.4 Gráficos comparativos de los tres sistemas CRDI estudiados

a) Porcentaje de vehículos CRDI en el Ecuador

Figura 51. Porcentaje de vehículos con sistema CRDI en el ecuador

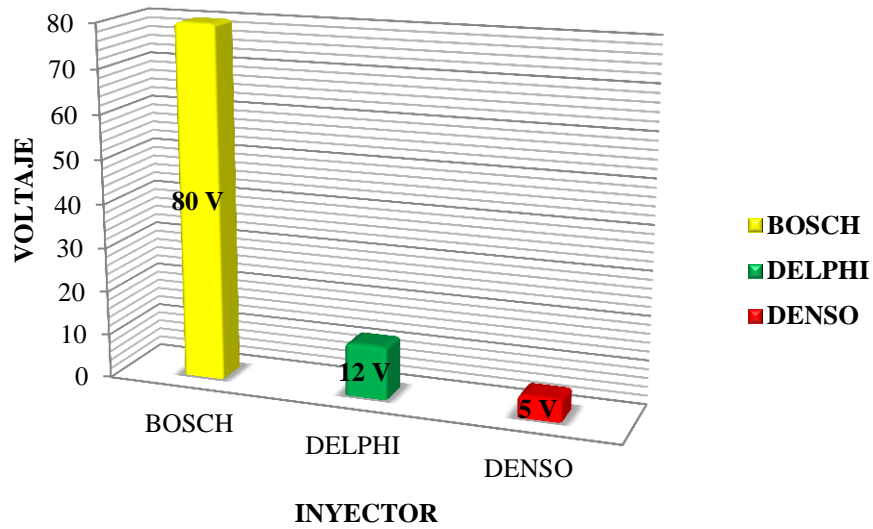


Fuente: Autor

El gráfico demuestra el porcentaje de vehículos con sistema CRDI en el país, en el cuál su gran mayoría es BOSCH con el 60% del total, seguido del sistema DENSO en un 30% y por ultimo con un 10% el sistema DELPHI.

b) Comparación entre los voltajes de funcionamiento de los inyectores CRDI

Figura 52. Comparación de los voltajes de entrada de los inyectores CRDI

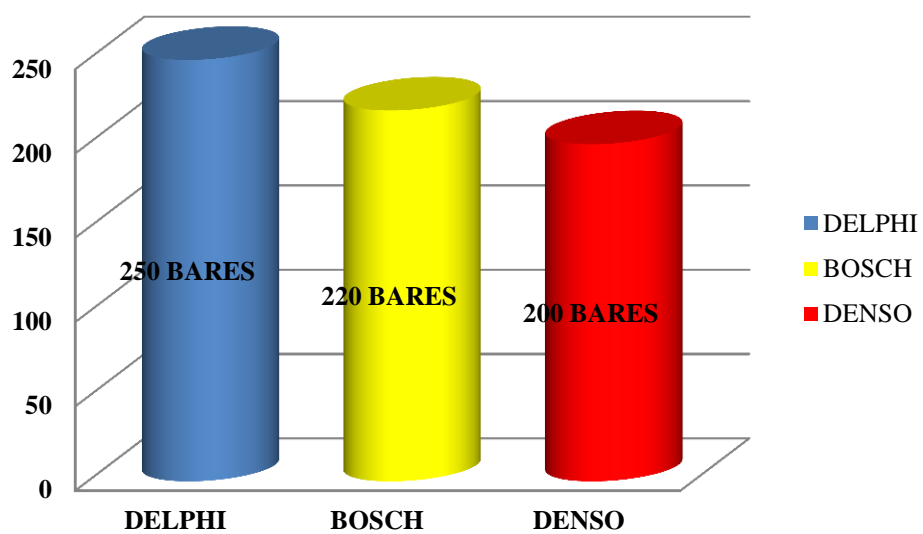


Fuente: Autor

Aquí se muestra el nivel de corriente con el que los inyectores funcionan en el sistema CRDI donde el inyector BOSCH funciona con 80 V, DELPHI funciona con 12 V y DENSO el inyector recibe solo 5 V para realizar su función.

c) Presión de apertura de los inyectores CRDI

Figura 53. Comparación de la presión de apertura de los inyectores CRDI

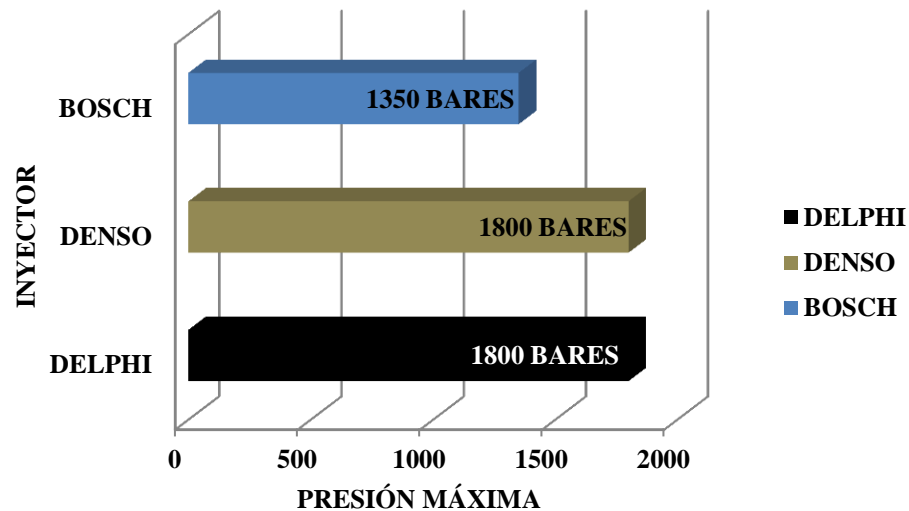


Fuente: Autor

Para que un inyector funcione necesita de una presión de apertura que viene desde una bomba sea cual fuere el sistema CRDI correspondiente. DELPHI requiere de una presión de 250 bares, BOSCH se abre con 220 bares y DENSO recibe 200 bares para empezar a funcionar.

d) Presión máxima de funcionamiento de los inyectores CRDI

Figura 54. Comparación de la presión máxima de los inyectores CRDI



Fuente: Autor

La presión máxima a la que puede llegar el inyector BOSCH es de 1350 bares, DENSO puede llegar hasta 1800 bares al igual que el inyector DELPHI.

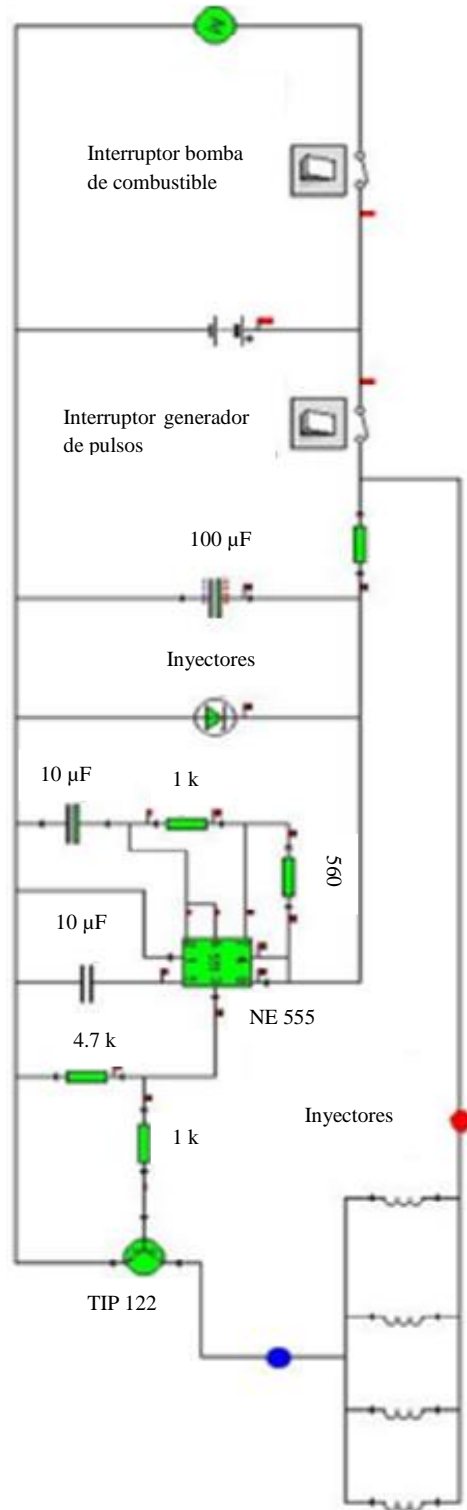
Tras estas comparaciones echas sobre los tres sistemas de inyección diesel de riel común más utilizados en el país se obtiene que el inyector diesel más utilizado es BOSCH que también necesita de mayor corriente continua para su funcionamiento es decir necesita de 80 V y los inyectores DENSO y DELPHI alcanzan una presión máxima de 1800 bares.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1 Diseño del circuito electrónico del generador de pulsos

Figura 55. Circuito electrónico generador de pulsos



Fuente: Autor

Para poder comprobar los Inyectores CRDI de las diferentes marcas se diseñara y construirá tres placas que se detalla a continuación.

- 1 Placa de control
- 2 Placa elevadora de voltaje
- 3 Placa de etapa de potencia

4.2 Placa de control

Esta placa de control se alimenta de una fuente de poder de 5V, tiene un microprocesador el cual nos genera pulsos y ciclos de inyección, los componentes que vamos a utilizar para esta placa son los siguientes:

- 4 Leds
- 6 Pulsadores
- 1 Microprocesador (ATMEGA328P-PV)
- 2 Resistencia de 1 K Ω
- 3 Resistencias de 10 k Ω
- 4 Resistencias de 330 Ω
- 2 Condensadores de 1000 μ f 25V 105⁰C
- 1 Fuente de alimentación de 5V
- 1 Buss de datos de 12 pines (control de pantalla LCD)
- 1 Bus de datos de 6 pines (comunicación con placa elevadora V)
- 2 Condensadores cerámicos 22pf
- 2 Condensadores cerámicos 103pf
- 1 Pantalla LCD (JHD539M8)
- 2 Transistores (2N3904)
- 2 Transistores
- 1 Estabilizador de oscilaciones 16000

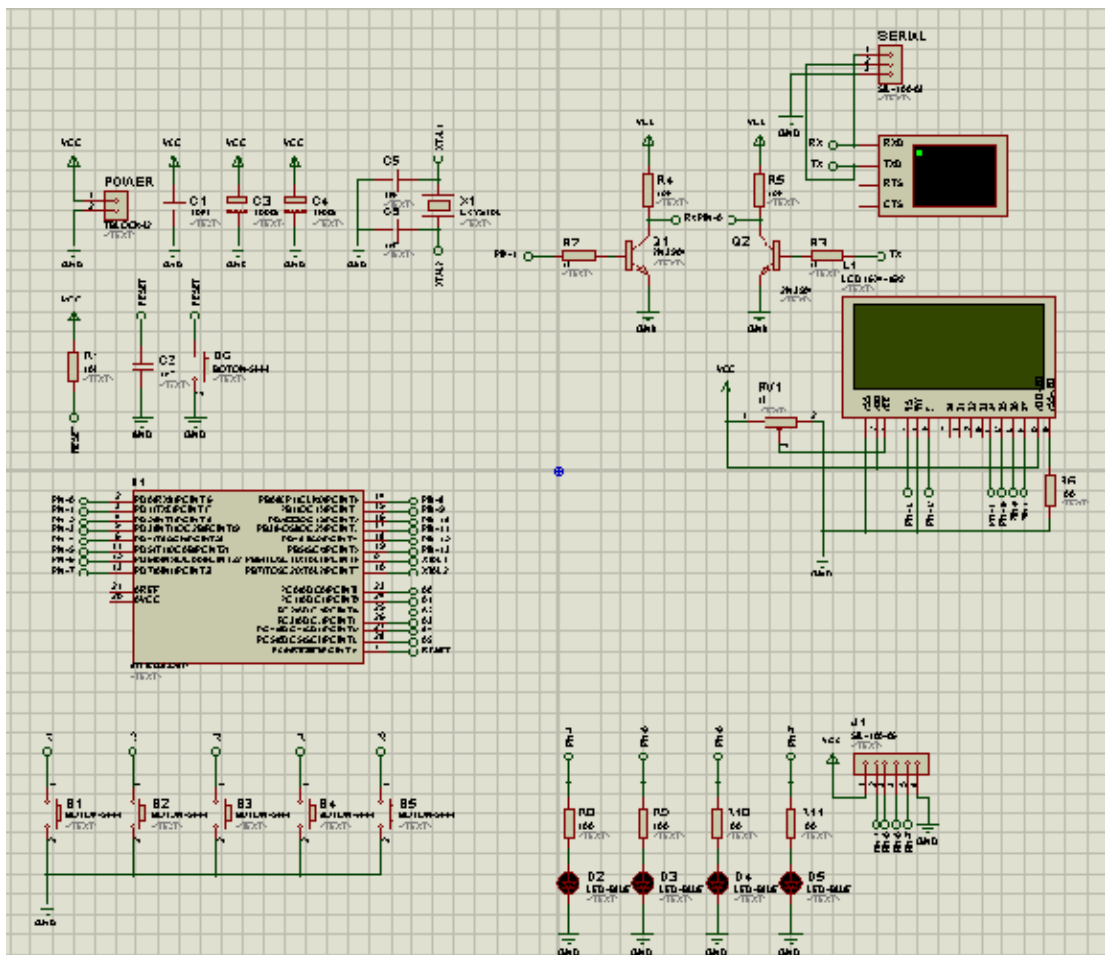
4.2.1 *Funcionamiento de la placa de control.* La programación del microprocesador se realizó en el programa ARDUINO, este microprocesador genera pulsos de control, trabaja con cristal de cuarzo que genera oscilaciones, con la programación aprovechamos esa generación de oscilaciones para poder controlar el tiempo y el DUTY (ciclo de trabajo % de apertura de la bobina del inyector) de los inyectores CRDI. Las resistencias y los transistores son para controlar los leds que nos dan aviso cuando el

circuito está funcionando. Los condensadores son para estabilizar el voltaje de 5V hacia el microprocesador.

Con los pulsadores controlamos el programa del microprocesador con el cual nosotros podemos aumentar tiempos de trabajo o el DUTY para diferentes marcas de inyectores CRDI que tenemos en nuestro mercado. El microprocesador se comunica con la pantalla LED mediante un bus de datos de 12 pines en la cual visualizamos las modificaciones que realizamos con los pulsadores.

4.2.2 *Diseño de la placa de control.* El diseño de la placa tanto técnico como gráfico de impresión se lo realizo en PROTEUS VERSIÓN 7.8

Figura 56. Placa del microprocesador



Fuente: Autor

4.2.3 Características de los componentes

4.2.3.1 *Microprocesador (ATMEGA328P-PV).* Atmel ATmega328 de 8-bits microprocesadores AVR ® son de alto rendimiento basados en RISC dispositivos que

combinan ISP 32KB de memoria flash con capacidades de lectura y escritura, mientras que 1KB EEPROM, SRAM 2KB, 23 de propósito general líneas de E / S, de 32 años de uso general de trabajo registros, USART programable de serie, y más. Atmel ATmega328 MCUs ejecutar instrucciones potentes en un solo ciclo de reloj, permitiendo que el dispositivo para lograr rendimientos se aproximen 1 MIPS por MHz y equilibrar el consumo de energía y velocidad de procesamiento. Estos microprocesadores Atmel están diseñados para su uso en la automatización industrial y el hogar y automatización de edificios.

Características del microprocesador ATMEGA328P-PV

Alto rendimiento, bajo consumo AVR ® 8-Bit Microcontroller

Advanced RISC Arquitectura

131 Instrucciones de gran alcance

Hasta 20 Throughput MIPS a 20MHz

El chip de 2 tiempos Multiplicador

Número de pines: 28/32

Max I / O Pins: 23

SPI: 2

UART: 1

ADC: 8 canales, 10 bits de resolución

Comparadores analógicos: 1

Flash (Kbytes): 32

EEPROM (Kbytes): 1

SRAM (Kbytes): 2

Temperatura Rango: -40 a 85 ° C

4.2.3.2 *Bus de datos de 12 pines.* En arquitectura de computadores, el bus (o canal) es un sistema digital que transfiere datos entre los componentes de una computadora o entre computadoras. Está formado por cables o pistas en un circuito impreso, dispositivos como resistores y condensadores además de circuitos integrados.

La función del bus es la de permitir la conexión lógica entre distintos subsistemas de un sistema digital, enviando datos entre dispositivos de distintos órdenes: desde dentro de los mismos circuitos integrados, hasta equipos digitales completos que forman parte de supercomputadoras.

La mayoría de los buses están basados en conductores metálicos por los cuales se transmiten señales eléctricas que son enviadas y recibidas con la ayuda de integrados que poseen una interfaz del bus dado y se encargan de manejar las señales y entregarlas como datos útiles. Las señales digitales que se transmiten son de datos, de direcciones o señales de control.

Los buses definen su capacidad de acuerdo a la frecuencia máxima de envío y al ancho de los datos. Por lo general estos valores son inversamente proporcionales: si se tiene una alta frecuencia, el ancho de datos debe ser pequeño. Esto se debe a que la interferencia entre las señales (crosstalk) y la dificultad de sincronizarlas, crecen con la frecuencia, de manera que un bus con pocas señales es menos susceptible a esos problemas y puede funcionar a alta velocidad.

Todos los buses de computador tienen funciones especiales como las interrupciones y las DMA que permiten que un dispositivo periférico acceda a una CPU o a la memoria usando el mínimo de recursos.

4.2.3.3 Pantalla LCD (JHD539M8). Una pantalla de cristal líquido o LCD es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

4.2.3.4 Estabilizador de oscilaciones 16000. Es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante.

Los estabilizadores se encuentran en dispositivos como las fuentes de alimentación de los computadores, donde estabilizan los voltajes DC usados por el procesador y otros elementos. En los alternadores de los automóviles y en las plantas generadoras, los reguladores de voltaje controlan la salida de la planta. En un sistema de distribución de energía eléctrica, los reguladores de voltaje pueden instalarse en una subestación o junto con las líneas de distribución de forma que todos los consumidores reciban un voltaje constante independientemente de que tanta potencia exista en la línea.

4.3 Placa elevadora de voltaje

Esta placa se alimenta con 12V la misma que eleva el voltaje a 110V pero cuando trabaja se estabiliza en 80V, tiene un integrado 555 que actúa como oscilador para cargar y descargar los condensadores.

Los componentes son:

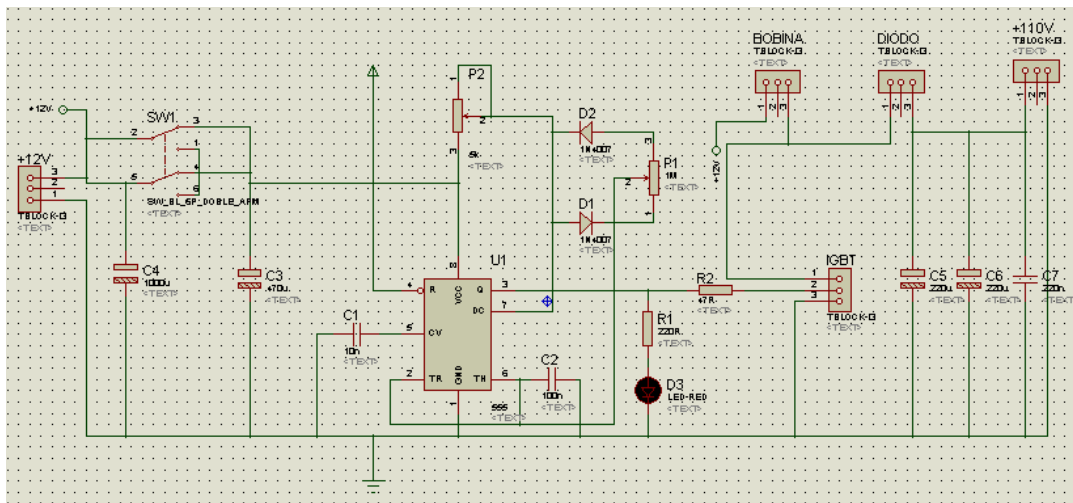
- 2 Condensadores 330mf 200WV 105⁰C
- 2 Condensadores de 1000mf 25V 105⁰C
- 1 Resistencia de 220 Ω
- 1 Resistencia de 47 Ω
- 1 LED
- 1 Circuito integrado 555
- 2 Diodos rectificadores
- 1 Pulsador (ON/OFF)
- 1 Condensador 103 μ f
- 1 Condensador 104 μ f
- 1 Transistor (IRFP 250N)
- 5 Conectores
- 1 Rectificador de silicio (NTE 581)
- 1 Fuente de alimentación de 12V
- 1 Transformador de voltaje

4.3.1 *Funcionamiento de la placa elevadora de voltaje.* Este circuito se alimenta con 12V, la bobina o transformador recibe este voltaje y ésta se conecta al transistor el cual recibe la señal del circuito integrado 555 y eleva el voltaje de 12V a 110V, pero el momento del trabajo se estabiliza en 80V.

El circuito integrado 555 actúa como oscilador para cargar y descargar los condensadores. Los diodos rectificadores sirven para separar los ciclos positivos de una señal de corriente alterna para proteger el circuito integrado. El LED es controlado por una resistencia el cual recibe pulsos del circuito integrado y nos indica que el circuito está funcionando.

4.3.2 Diseño de la placa elevadora de voltaje

Figura 57. Placa elevadora de voltaje



Fuente: Autor

4.3.3 Características de los componentes

4.3.3.1 Circuito integrado 555. El circuito integrado 555 es un circuito integrado de bajo costo y de grandes prestaciones. Inicialmente fue desarrollado por la firma Signetics. En la actualidad es construido por muchos otros fabricantes. Entre sus aplicaciones principales cabe destacar las de multivibrador estable (dos estados metaestables) y monoestable (un estado estable y otro metaestables), detector de impulsos, etcétera.

Este Circuito Integrado (C.I.) es para los experimentadores y aficionados, un dispositivo barato con el cual pueden hacer muchos proyectos. Este temporizador es tan versátil que se puede utilizar para modular una señal en Amplitud Modulada (A.M.)

Está constituido por una combinación de comparadores lineales, flip-flops (biestables digitales), transistor de descarga y excitador de salida.

Las tensiones de referencia de los comparadores se establecen en $2/3$ V para el primer comparador C1 y en $1/3$ V para el segundo comparador C2, por medio del divisor de tensión compuesto por 3 resistores iguales R. En el gráfico se muestra el número de pin con su correspondiente función.

En estos días se fabrica una versión CMOS del 555 original, como el Motorola MC1455, que es muy popular. Pero la versión original de los 555 sigue produciéndose con mejoras y algunas variaciones a sus circuitos internos. El 555 está compuesto por

23 transistores, 2 diodos, y 16 resistores encapsulados en silicio. Hay un circuito integrado que se compone de dos temporizadores en una misma unidad, el 556, de 14 pines y el poco conocido 558 que integra cuatro 555 y tiene 16 pines.

Hoy en día, si ha visto algún circuito comercial moderno, no se sorprenda si se encuentra un circuito integrado 555 trabajando en él. Es muy popular para hacer osciladores que sirven como reloj (base de tiempo) para el resto del circuito.

La descripción de los terminales está dada así:

- **GND** (normalmente la 1): es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra.
- **Disparo** (normalmente la 2): Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
- **Salida** (normalmente la 3): Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monoestable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{cc}) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reset (normalmente la 4).
- **Reset** (normalmente la 4): Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a V_{cc} para evitar que el 555 se "reseteo".
- **Control de voltaje** (normalmente la 5): Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde V_{cc} (en la práctica como $V_{cc} - 1$ voltio) hasta casi 0 V (aprox. 2 Voltios). Así es posible modificar los tiempos en que la salida es multivibrador astable y como multivibrador monoestable. Puede también configurarse para por ejemplo generar formas de onda tipo Rampa

4.3.3.2 Rectificador de silicio (NTE 581). El rectificador controlado de silicio (en inglés CSR: Silicon Controlled Rectifier) es un tipo de tiristor formado por cuatro capas

de material semiconductor con estructura PNPN o bien NPNP. El nombre proviene de la unión de Tiratrón (tyratron) y Transistor.

Un SCR posee tres conexiones: ánodo, cátodo y gate (puerta). La puerta es la encargada de controlar el paso de corriente entre el ánodo y el cátodo. Funciona básicamente como un diodo rectificador controlado, permitiendo circular la corriente en un solo sentido. Mientras no se aplique ninguna tensión en la puerta del SCR no se inicia la conducción y en el instante en que se aplique dicha tensión, el tiristor comienza a conducir. Trabajando en corriente alterna el SCR se des excita en cada alternancia o semiciclo. Trabajando en corriente continua, se necesita un circuito de bloqueo forzado, o bien interrumpir el circuito.

El pulso de disparo ha de ser de una duración considerable, o bien, repetitivo si se está trabajando en corriente alterna. En este último caso, según se atrase o adelante el pulso de disparo, se controla el punto (o la fase) en el que la corriente pasa a la carga. Una vez arrancado, podemos anular la tensión de puerta y el tiristor continuará conduciendo hasta que la corriente de carga disminuya por debajo de la corriente de mantenimiento (en la práctica, cuando la onda senoidal cruza por cero)

Cuando se produce una variación brusca de tensión entre ánodo y cátodo de un tiristor, éste puede dispararse y entrar en conducción aún sin corriente de puerta. Por ello se da como característica la tasa máxima de subida de tensión que permite mantener bloqueado el SCR. Este efecto se produce debido al condensador parásito existente entre la puerta y el ánodo.

Los SCR se utilizan en aplicaciones de electrónica de potencia, en el campo del control, especialmente control de motores, debido a que puede ser usado como interruptor de tipo electrónico.

Las características del NTE 581 son:

- Conmutación rápida
- Bajo nivel de fugas
- Caída de tensión baja
- Alta capacidad de corriente
- Alta capacidad de sobretensión
- Alta fiabilidad

Los rangos máximos y las características eléctricas son:

Tabla 11. Características y valores eléctricos del NTE 581

CARACTERÍSTICA	VALOR
TA =+25°C a menos q se especifique lo contrario. De una fase, media onda, carga resistiva o inductiva. Para carga capacitiva, reducción de un 20% actual	60Hz
Máxima tensión inversa recurrente	400 V
Máximo Voltaje RMS	280 V
Bloqueo de CC máxima	400 V
Máxima corriente rectificada recurrente (0.375”(9.5 mm) longitud de cable, TA = +75°C)	8 A
Máxima sobretensión de corriente (8.3ms MEDIA ONDA SINUSOIDAL superpuesta a prueba de carga)	300 A
Tensión de Avance instantáneo máxima (IF = 8 ^a)	1.3 V
Corriente CC inversa máxima (VDC = 400V, TA = +25°C)	10μA
Plena carga corriente inversa máxima (Medio Ciclo, .375” (9.5mm) distancia principal, TC =+100)	150μA
MÁXIMO Tiempo de recuperación inversa (nota 1)	150ns
Típico Cruce de capacitancia (nota 2)	65Pf
Rango de temperatura de funcionamiento, TJ	-65° a +175°C
Rango de temperatura de almacenamiento, Tstg	-65° a +175°C

Fuente: Autor

Nota 1. Condiciones de recuperación experimentales inversa

Nota 2. Medido en 1MHz y aplicado un voltaje inverso de 4v

4.4 Placa de etapa de potencia

Esta placa recibe las señales de las placas anteriores para poder controlar el inyector CDRI DELPHI, BOSCH y DENSO.

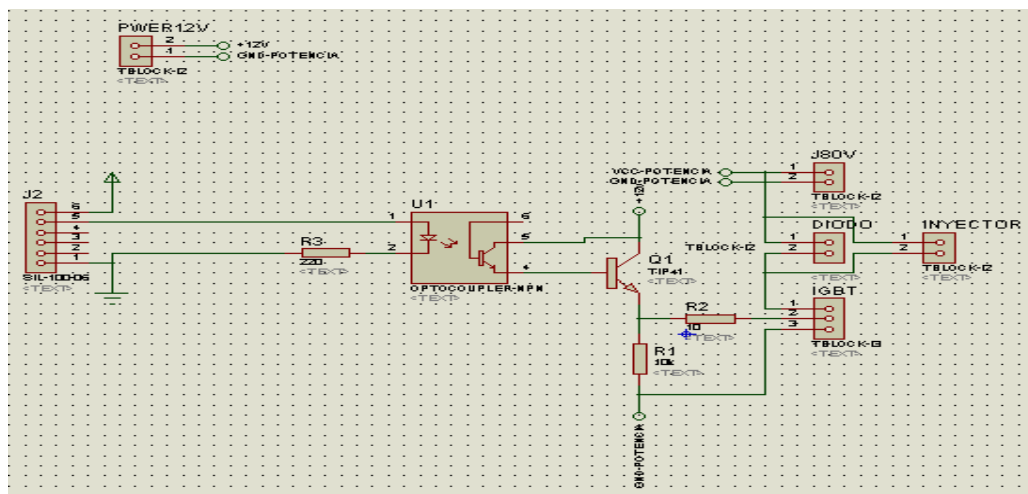
La placa tiene los siguientes componentes:

- 1 Resistencia de 220Ω
- 1 Resistencia de 10KΩ
- 1 Resistencia de 100Ω
- 1 Octocoplador (4N25)
- 1 Transistor MOSFET (IRFP460)
- 1 Disipador de calor
- 1 Diodo rectificador
- 5 Conectores
- 1 Fuente de alimentación de 12V
- 1 Transistor CHN048

4.4.1 *Funcionamiento de la placa de potencia.* El circuito se alimenta de 12V, mediante el MOSFET controlamos el inyector dependiendo su marca de 20A 500V, mediante el octocoplador evitamos los picos de voltaje hacia la base del transistor MOSFET. Las resistencias son para el octocoplador y la base del transistor. El transistor amplifica la señal al MOSFET para poder controlar los inyectores.

4.4.2 *Diseño de la placa de potencia*

Figura 58. Placa de potencia



Fuente: Autor

4.4.3 *Características de los componentes*

4.4.3.1 *Optocoplador.* Un optocoplador, también llamado optoaislador o aislador acoplado ópticamente, es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo LED que satura un componente optoelectrónico, normalmente en forma de fototransistor o fototriac. De este modo se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un foto emisor y un foto receptor cuya conexión entre ambos es óptica. Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP. Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles.

El optocoplador combina un LED y un fototransistor.

La tensión de la fuente de la izquierda y la resistencia en serie establecen una corriente en el LED emisor cuando se cierra el interruptor S1. Si dicha corriente proporciona un nivel de luz adecuado, al incidir sobre el fototransistor lo saturará, generando una corriente en R2. De este modo la tensión de salida será igual a cero con S1 cerrado y a V2 con S1 abierto.

Si la tensión de entrada varía, la cantidad de luz también lo hará, lo que significa que la tensión de salida cambia de acuerdo con la tensión de entrada. De este modo el dispositivo puede acoplar una señal de entrada con el circuito de salida, aunque hay que tener en cuenta que las curvas tensión/luz del LED no son lineales, por lo que la señal puede distorsionarse. Se venden optocopladores especiales para este propósito, diseñados de forma que tengan un rango en el que la señal de salida sea casi idéntica a la de entrada.

La ventaja fundamental de un optocoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida. Mediante el optocoplador, el único contacto entre ambos circuitos es un haz de luz. Esto se traduce en una resistencia de aislamiento entre los dos circuitos del orden de miles de MΩ. Estos aislamientos son útiles en aplicaciones de alta tensión en las que los potenciales de los dos circuitos pueden diferir en varios miles de voltios.

En general, los diferentes tipos de optocopladores se distinguen por su diferente etapa de salida. Entre los principales cabe destacar el fototransistor, ya mencionado, el fototriac y el fototriac de paso por cero. En este último, su etapa de salida es un triac de cruce por cero, que posee un circuito interno que conmuta al triac sólo en los cruces por cero de la fuente.

4.4.3.2 Transistor MOSFET. El transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor o MOSFET (en inglés Metal-oxide-semiconductor Field-effect transistor) es un transistor utilizado para amplificar o conmutar señales electrónicas. Es el transistor más utilizado en la industria microelectrónica, ya sea en circuitos analógicos o digitales, aunque el transistor de unión bipolar fue mucho más popular en otro tiempo. Prácticamente la totalidad de los microprocesadores comerciales están basados en transistores MOSFET.

El término 'metal' en el nombre de los transistores MOSFET es actualmente incorrecto debido a que el material de la compuerta, que antes era metálico, ahora se construye con una capa de silicio policristalino. En sus inicios se utilizó aluminio para fabricar la compuerta, hasta mediados de 1970 cuando el silicio policristalino comenzó a dominar el mercado gracias a su capacidad de formar compuertas auto-alineadas. Las compuertas metálicas están volviendo a ganar popularidad, debido a que es complicado incrementar la velocidad de operación de los transistores sin utilizar componentes metálicos en la compuerta. De manera similar, el 'óxido' utilizado como aislante en la compuerta también se ha reemplazado por otros materiales con el propósito de obtener canales fuertes con la aplicación de tensiones más pequeñas.

Aunque el MOSFET es un dispositivo de cuatro terminales llamadas surtidor (S), drenador (D), compuerta (G) y sustrato (B), el sustrato generalmente está conectado internamente a la terminal del surtidor, y por este motivo se pueden encontrar dispositivos de tres terminales similares a otros transistores de efecto de campo.

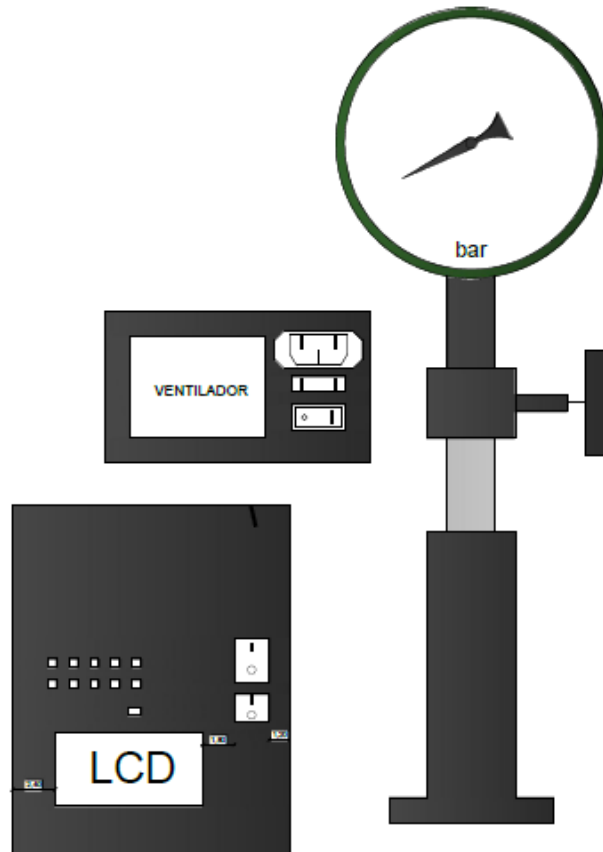
Un transistor de efecto de campo de compuerta aislada o IGFET (Insulated-gate field-effect transistor) es un término relacionado que es equivalente a un MOSFET. El término IGFET es un poco más inclusivo, debido a que muchos transistores MOSFET utilizan una compuerta que no es metálica, y un aislante de compuerta que no es un óxido. Otro dispositivo relacionado es el MISFET, que es un transistor de efecto de campo metal-aislante-semiconductor (Metal-insulator-semiconductor field-effect transistor).

4.5 Diseño mecánico del comprobador de inyectores CRDI

El comprobador de inyectores a Diesel está formado principalmente por el módulo que ya lo analizamos anteriormente, por el manómetro el cual da la presión que ingresa el diesel al inyector haciendo la función de riel, la fuente de poder que ayuda a variar el

voltaje de 5V a 12V, alimentando al módulo y un medidor del fluido que servirá para comprobar el nivel de retorno del inyector.

Figura 59. Vista frontal del comprobador CRDI



Fuente: Autor

Figura 60. Comprobador CRDI



Fuente: Autor

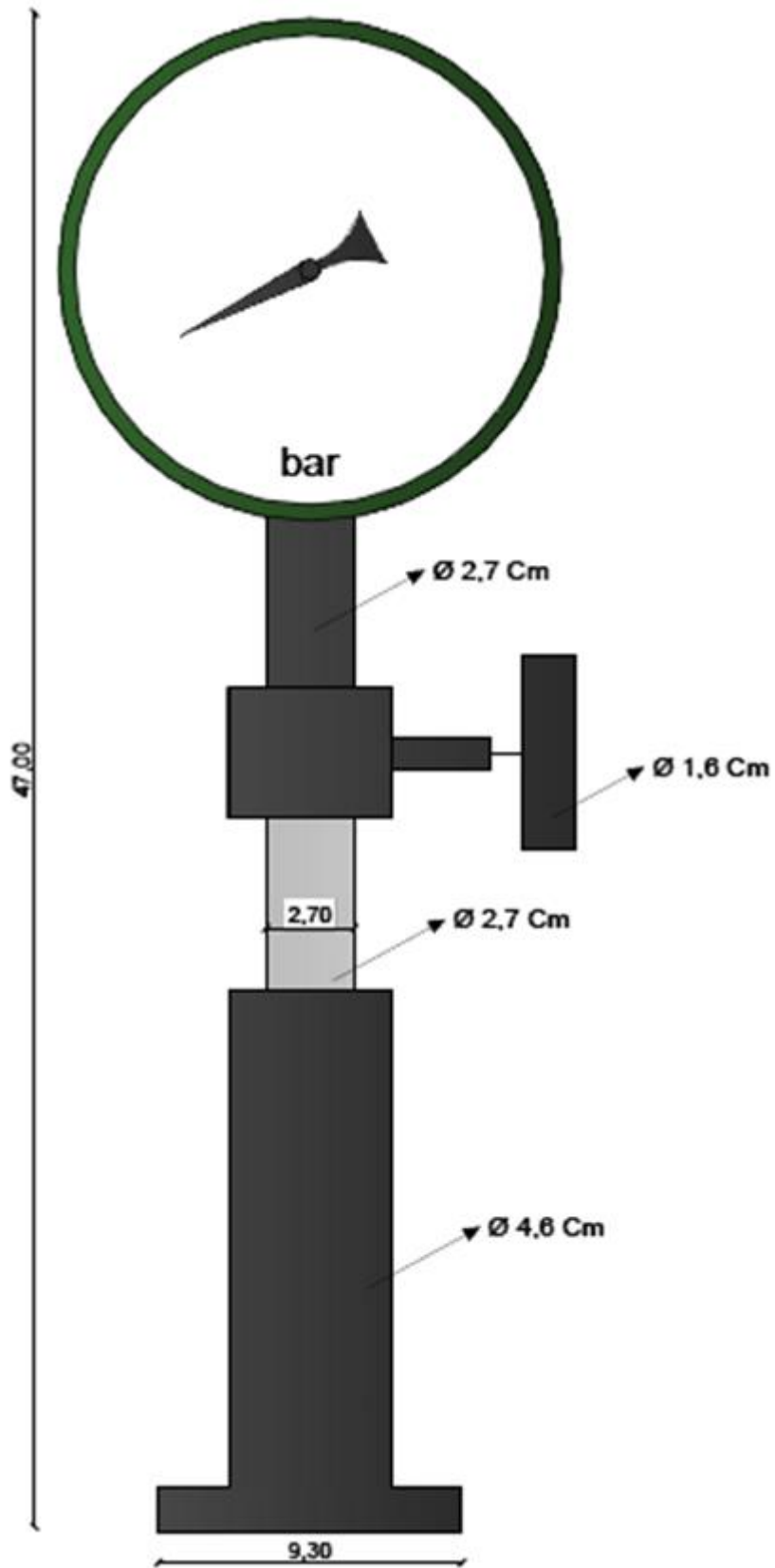
4.5.1 Manómetro. Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica; dichos aparatos reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides. La presión manométrica se expresa ya sea por encima, o bien por debajo de la presión atmosférica. Los manómetros que sirven exclusivamente para medir presiones inferiores a la atmosférica se llaman vacuómetros. También manómetros de vacío. [5]

Figura 61. Manómetro



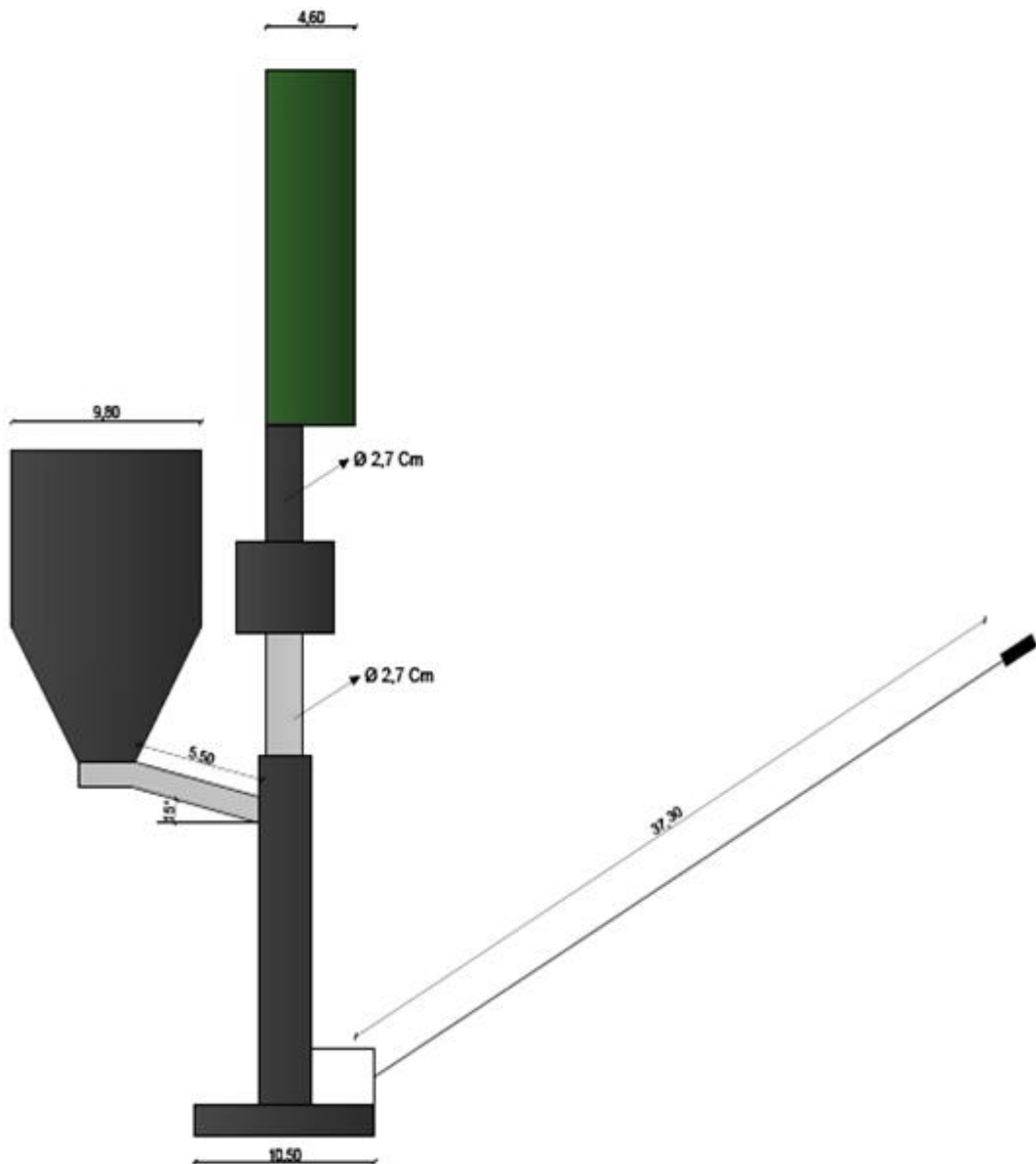
Fuente: Autor

Figura 62. Vista frontal manómetro



Fuente: Autor

Figura 63. Vista lateral manómetro

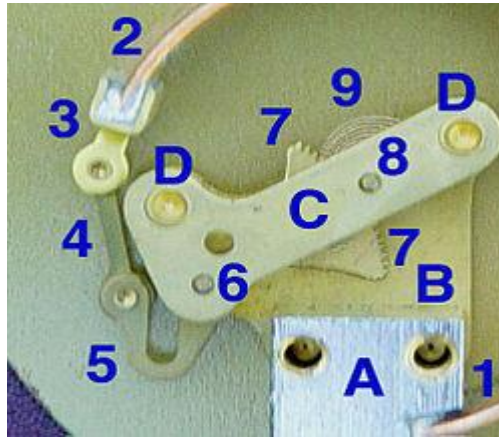


Fuente: Autor

4.5.1.1 *Detalles mecánicos del manómetro.* Elementos estáticos:

- A Bloque receptor.** Es la estructura principal del manómetro, ya lo conecta con la tubería a medir, y a su vez contiene los tornillos que permiten montar todo el conjunto.
- B Placa chasis o de soporte.** Unida al bloque receptor se encuentra la placa de soporte o chasis, que sostendrá los engranajes del sistema. Además en su adverso contiene los tornillos de soporte de la placa graduada.
- C Segunda placa chasis.** Ella contiene los ejes de soporte del sistema de engranes.
- D Espaciadores** que separan los dos chasis.

Figura 64. Detalle interno del manómetro



Fuente: es.m.wikipedia.org

Elementos móviles:

- 1 Terminal estacionario del tubo de Bourdon. Comunica el manómetro con la tubería a medir, a través del Bloque Receptor.
- 2 Terminal móvil del tubo de Bourdon. Este terminal es sellado y por lo general contiene un pivote que comunica el movimiento del burdon con el sistema de engranajes solidarios a la aguja indicadora.
- 3 Pivote con su respectivo pasador.
- 4 Puente entre el pivote y el brazo de palanca del sistema (5) con pasadores para permitir la rotación conjunta.
- 5 Brazo de palanca o simplemente brazo. Es un extensión de la placa de engranes (7).
- 6 Pasador con eje pivote de la placa de engranes.
- 7 Placa de engranes.
- 8 Eje de la aguja indicadora. Esta tiene una rueda dentada que se conecta a la placa de engranes (7) y se extiende hacia la cara graduada del manómetro, para así mover la aguja indicadora. Debido a la corta distancia entre el brazo de palanca y el eje pivote, se produce una amplificación del movimiento del terminal móvil del tubo de Bourdon.
- 9 Resorte de carga utilizado en el sistema de engranes para evitar vibraciones en la aguja e histéresis.

4.5.2 Fuente de poder. Cuando se habla de fuente de poder, (o, en ocasiones, de fuente de alimentación y fuente de energía), se hace referencia al sistema que otorga la electricidad imprescindible para alimentar a equipos como ordenadores o computadoras. Generalmente, en las PC de escritorio, la ya citada fuente de poder se localiza en la parte posterior del gabinete y es complementada por un ventilador que impide que el dispositivo se recaliente.

La fuente de poder, por lo tanto, puede describirse como una fuente de tipo eléctrico que logra transmitir corriente eléctrica por la generación de una diferencia de potencial entre sus bornes. Se desarrolla en base a una fuente ideal, un concepto contemplado por la teoría de circuitos que permite describir y entender el comportamiento de las piezas electrónicas y los circuitos reales.

La fuente de alimentación tiene el propósito de transformar la tensión alterna de la red industrial en una tensión casi continua. Para lograrlo, aprovecha las utilidades de un rectificador, de fusibles y de otros elementos que hacen posible la recepción de la electricidad y permiten regularla, filtrarla y adaptarla a los requerimientos específicos del equipo informático.

Resulta fundamental mantener limpia a la fuente de poder; caso contrario, el polvo acumulado impedirá la salida de aire. Al elevarse la temperatura, la fuente puede sufrir un recalentamiento y quemarse, un inconveniente que la hará dejar de funcionar. Cabe resaltar que los fallos en la fuente de poder pueden perjudicar a otros elementos de la computadora, como el caso de la placa madre o la placa de video.

En concreto podemos determinar que existen dos tipos básicos de fuentes de poder. Una de ellas es la llamada AT (Advanced Technology), que tiene una mayor antigüedad pues data de la década de los años 80, y luego está la ATX (Advanced Technology Extended).

La primera de las citadas se instala en lo que es el gabinete del ordenador y su misión es transformar lo que es la corriente alterna que llega desde lo que es la línea eléctrica en corriente directa. No obstante, también tiene entre sus objetivos el proteger al sistema de las posibles subidas de voltaje o el suministrar a los dispositivos de aquel toda la cantidad de energía que necesiten para funcionar. Además de fuente AT también es conocida como fuente analógica, fuente de alimentación AT o fuente de encendido

mecánico. Su encendido mecánico y su seguridad son sus dos principales señas de identidad.

La ATX, por su parte, podemos decir que es la segunda generación de fuentes para ordenador y en concreto se diseñó para aquellos que estén dotados con microprocesador Intel Pentium MMX.

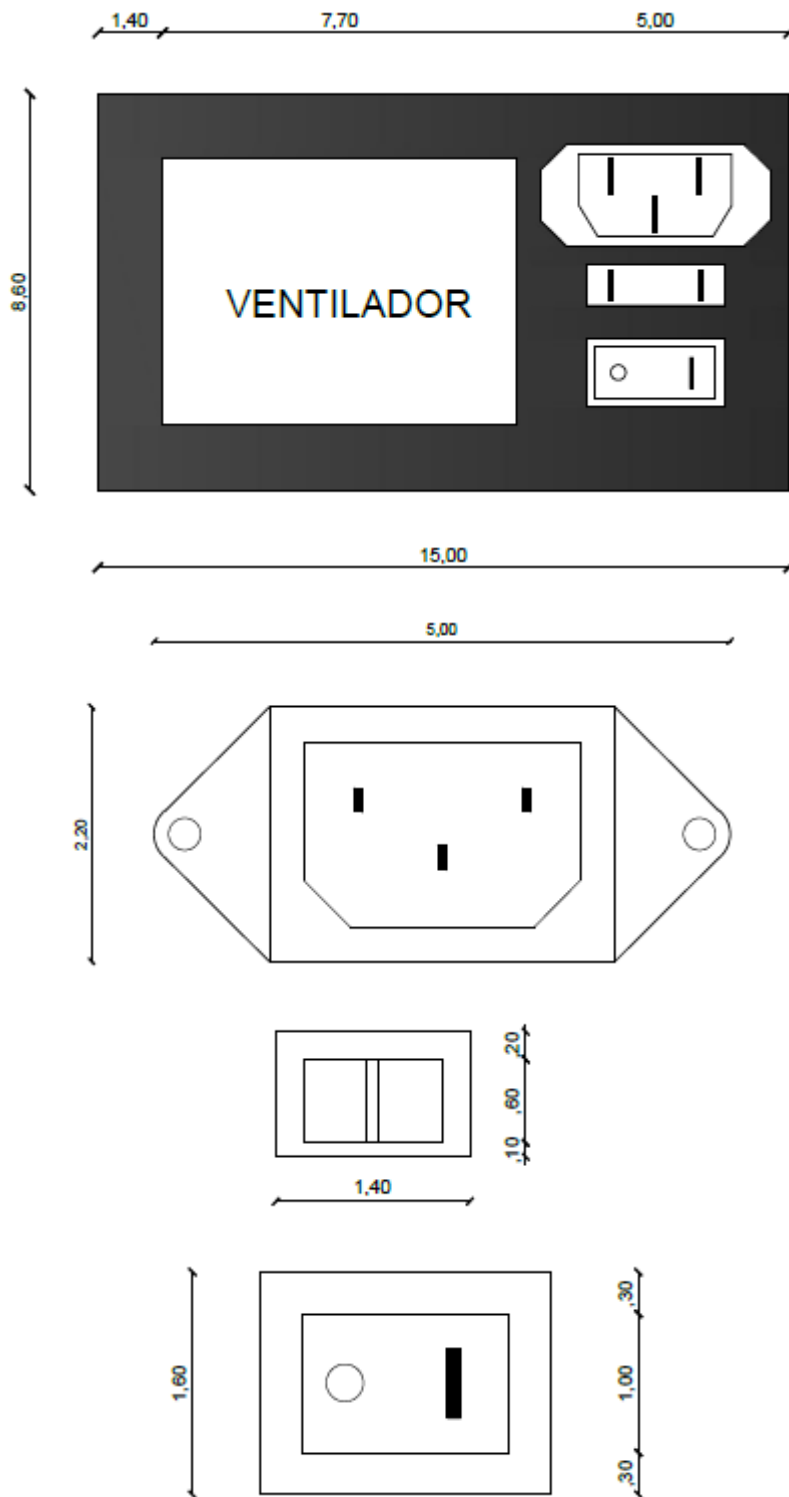
Las mismas funciones que su antecesora son las que desarrolla dicha fuente de poder que se caracteriza por ser de encendido digital, por contar con un interruptor que se dedica a evitar lo que es el consumo innecesario durante el estado de Stand By y también ofrece la posibilidad de ser perfectamente apto para lo que son los equipos que están dotados con microprocesadores más modernos. [6]

Figura 65. Vista posterior de la fuente de poder



Fuente: Autor

Figura 66. Vista frontal detallada de la fuente de alimentación



Fuente: Autor

4.5.3 Medidor de fluido. Diseñado para medir el flujo de retorno de combustible en vehículos diesel puede llegar a medir hasta 6 inyectores al mismo tiempo en los sistemas equipados con sistemas comunes de rampa de inyección. Mide el flujo de

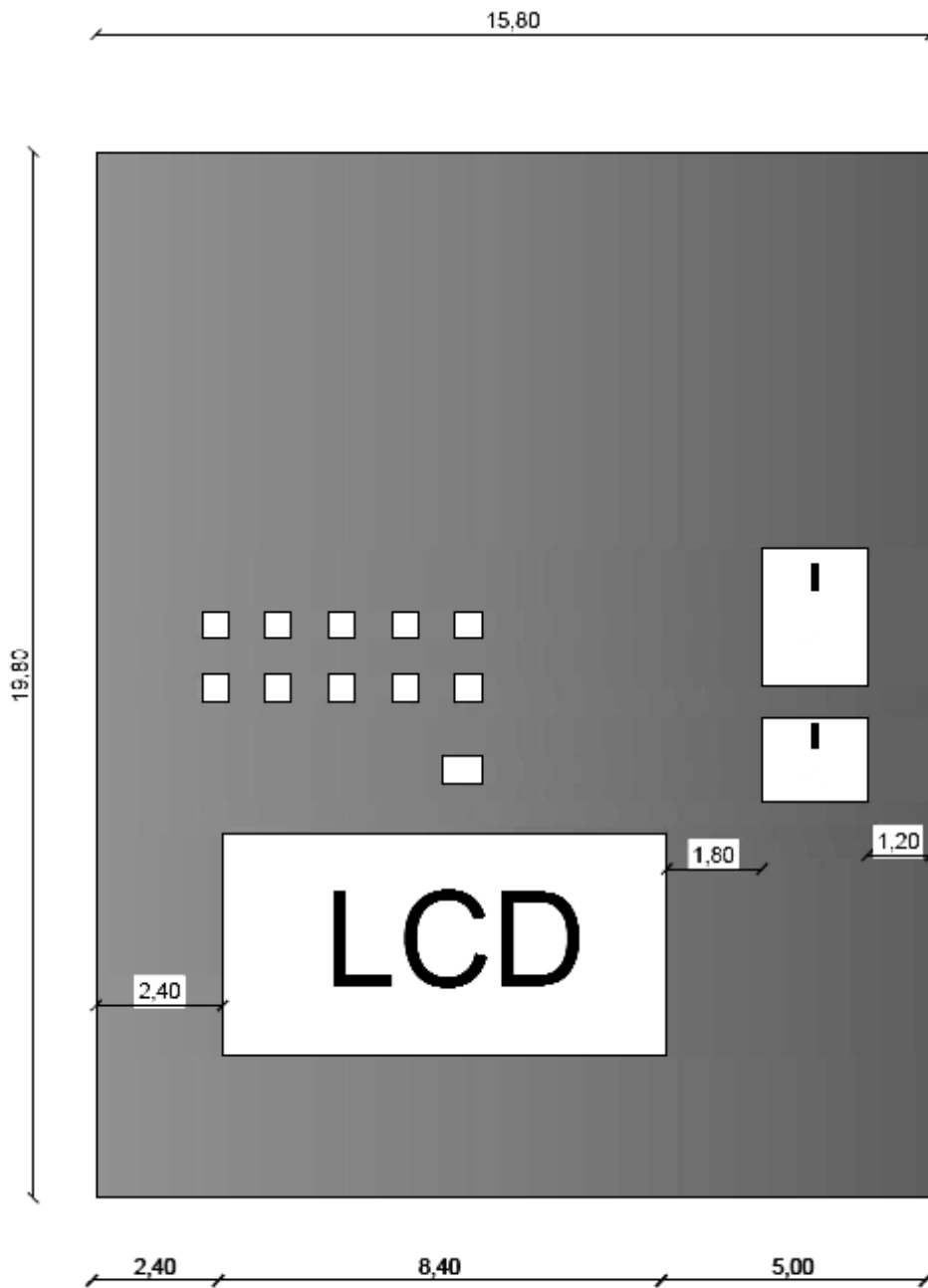
retorno del inyector directamente, comprueba el inyector para su correcto funcionamiento o de los daños con botellas de medida de largo plazo, la evaluación precisa y tubos de medición para la prueba de corto. [7]

Figura 67. Medidor de fluido



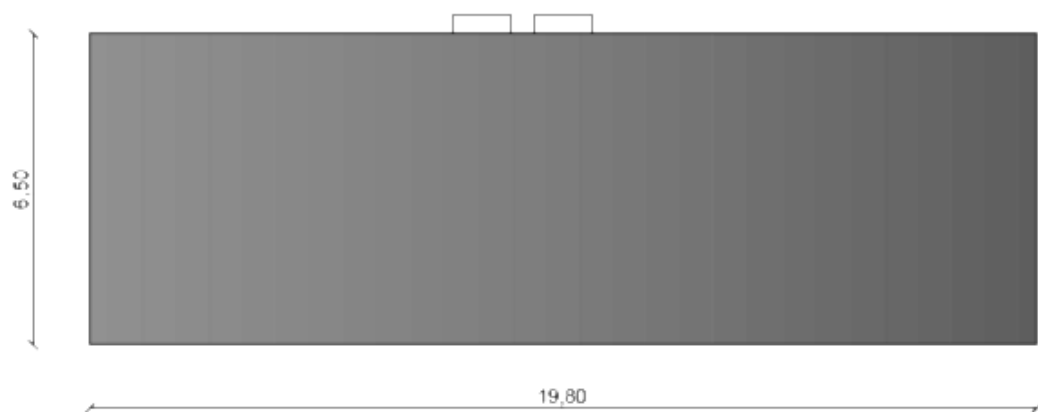
Fuente: Autor

Figura 68. Vista frontal detallada del módulo



Fuente: Autor

Figura 69. Vista lateral detallada del módulo



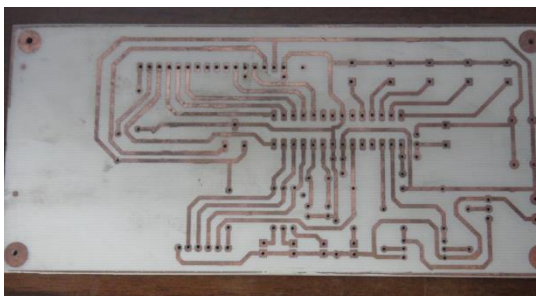
Fuente: Autor

4.6 Ensamblaje de todo el comprobador de inyectores diesel CRDI

El módulo estudiado anteriormente está formado por tres placas:

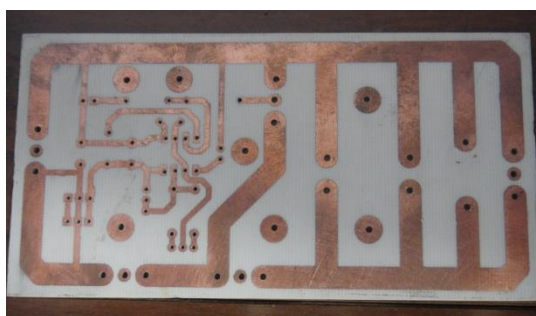
- 1 Placa de control
- 2 Placa elevadora de voltaje
- 3 Placa de etapa de potencia

Figura 70. Esquema placa de control



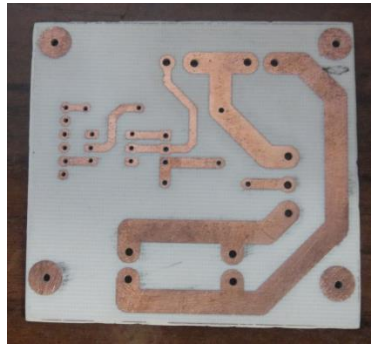
Fuente: Autor

Figura 71. Esquema placa de voltaje



Fuente: Autor

Figura 72. Esquema placa de potencia



Fuente: Autor

Cada elemento eléctrico es colocado en cada placa para su respectiva función como se puede ver a continuación:

Figura 73. Instalación de elementos electrónicos

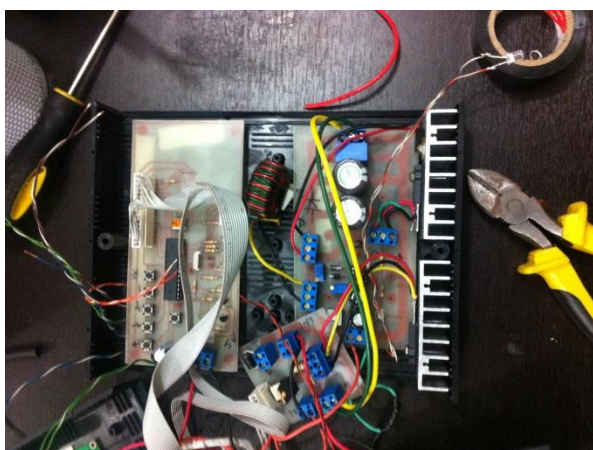


Fuente: Autor

Las conexiones entre cada placa se detalla a continuación:

Placa de control o placa del microprocesador va conectada directamente con la placa elevadora de voltaje.

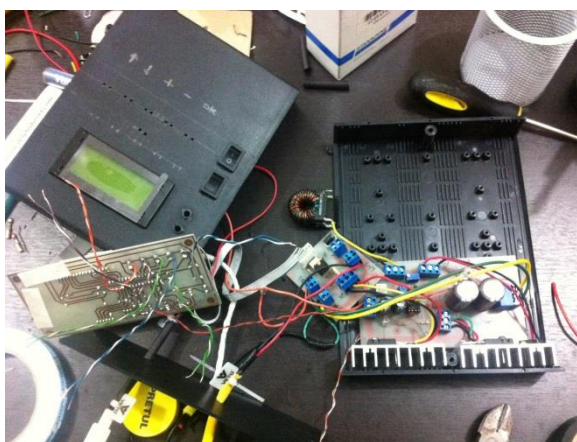
Figura 74. Conexión placa control con placa elevadora de voltaje



Fuente: Autor

Conexión de la placa de voltaje con la placa elevadora de potencia y a su vez la conexión con la pantalla LCD donde observamos el menú. Las tres placas van conectadas simultáneamente para el correcto funcionamiento del módulo generador de impulsos CRDI.

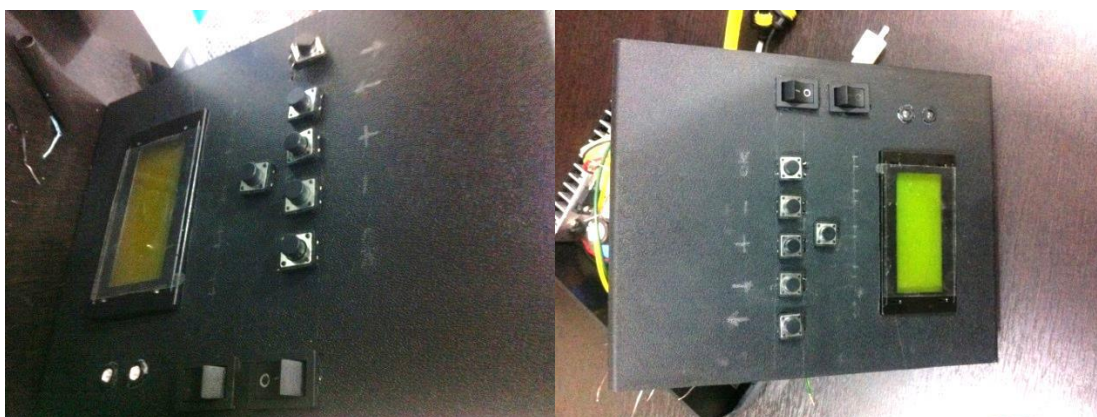
Figura 75. Conexión tres placas



Fuente: Autor

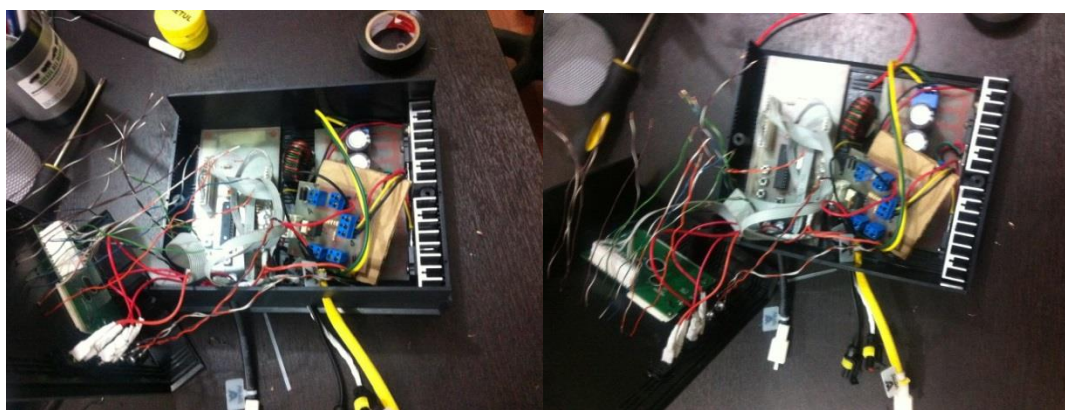
La carcasa del módulo es perforada para la colocación de pulsadores, interruptores de encendido y la pantalla LCD que interiormente se conectan a las placas, para su fácil accionamiento y elección de datos.

Figura 76. Carcasa del módulo del comprobador crdi



Fuente: Autor

Figura 77. Conexión interna pulsadores y LCD



Fuente: Autor

Conexión de los cables de señal que conecta el módulo con el inyector diesel, y la conexión de cables de 5V y 12V para el voltaje que necesita el inyector en uso, voltaje proporcionado por la fuente de alimentación.

Figura 78. Conexión cable señal y voltajes



Fuente: Autor

Por último el módulo completamente sellado para protección de las placas y elementos internos.

Figura 79. Módulo comprobador CRDI



Fuente: Autor

La fuente de poder y el módulo de comprobación se conectan a través de los cables de voltaje.

Figura 80. Conexión cables de voltaje y señal



Fuente: Autor

Figura 81. Conexión módulo con inyector diesel



Fuente: Autor

El manómetro viene con cañerías para cada tipo de inyector, por dicha cañería ingresa la presión que se ejerce en el manómetro lo suficiente para que el inyector haga su función, y el inyector recibe los pulsos electromagnéticos desde el módulo de comprobación.

Figura 82. Conexión inyector módulo y manómetro



Fuente: Autor

Fig. 83 ensamblaje total del comprobador CRDI



Fuente: Autor

4.7 Funcionamiento del comprobador de inyectores diesel CRDI

El funcionamiento electrónico ya lo revisamos antes, es decir de qué forma trabajan las placas que conforman el circuito del módulo, convirtiendo el voltaje de ingreso de 110V a 5V y 12V, voltaje que se necesita para el funcionamiento y comprobación de los inyectores y a su vez haciendo que éste envíe las pulsaciones que ingresemos como datos para que el inyector cumpla su función. Para que el módulo funcione necesita de corriente eléctrica que para eso es la utilización de la fuente de alimentación, que

protege al módulo de cualquier variación de ingreso de voltaje y comprometa el funcionamiento del circuito.

La presión que requiere el funcionamiento del inyector viene especificada por cada una de los fabricantes:

Tabla 12. Presión de inyectores diesel

FABRICANTE INYECTOR	PRESIÓN DE APERTURA (BAR)	PRESIÓN MÁXIMA (BAR)
DELPHI	6	1800
BOSCH	0,5 – 1,5	1350
DENSO	7 – 8	2000

Fuente: Autor

Ésta presión es obtenida a través del manómetro que envía dicha presión máxima para la inyección, conectado al inyector directamente por cañerías especificadas para cada fabricante.

El funcionamiento y la conexión adecuada de todo el sistema de comprobación de los inyectores, debe ser de manera simultánea, tanto del módulo de pulsaciones como del manómetro para que el funcionamiento del inyectores y del prueba sea la correcta caso contrario se tendrá errores en los datos de entrega.

El comprobador funciona primeramente realizando la conexión de la fuente de poder con el toma corrientes, este protege el equipo de altas y bajas de voltaje, la fuente de poder también se conecta al módulo para recibir el voltaje necesario de funcionamiento.

Figura 84. Conexión fuente de energía



Fuente: Autor

La activación del módulo se lo hace con el encendido de la fuente de alimentación, de ahí la LCD se activa para ingresar al menú de operaciones.

Figura 85. Activación del módulo de comprobación



Fuente: Autor

En el menú del módulo aparece “modo de operación” y se escoge la función de automático ya que con los datos que ingresemos, el módulo actúa de manera automática para el envío de los pulsos electromagnéticos al inyector para la apertura y cierre del mismo.

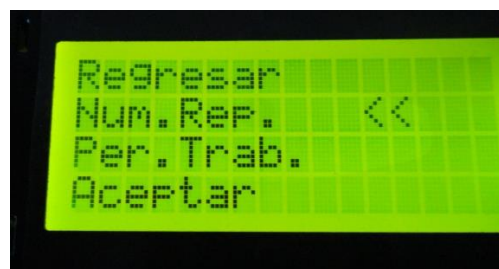
Figura 86. Menú de operación



Fuente: Autor

Una vez escogido el modo automático, aparece el menú para ingresar los datos que necesitamos para el inyector. En la opción Núm. Rep. (número de repeticiones).

Figura 87. Número de repeticiones



Fuente: Autor

Luego de haber ingresado el número de pulsaciones, el menú regresa para escoger la opción Per. Trab. (ciclo DUTY) es decir la velocidad de apertura del inyector para cumplir su función.

Figura 88. Ciclo DUTY



Fuente: Autor

Después de haber ingresado el porcentaje de apertura o ciclo DUTY, el menú regresa para escoger la opción “aceptar” en este instante el módulo empieza a hacer su trabajo enviando los pulsos para la apertura y cierre del inyector a diesel.

Figura 89. “aceptar”



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS OBTENIDOS Y MANUAL DE USUARIO DEL COMPROBADOR DE INYECTORES DIESEL CRDI

5.1 Resultados obtenidos

Los inyectores son probados en banco eléctrico al final de la cadena. Las mediciones son procesadas para deducir sus coeficientes de corrección. Estos coeficientes se escriben en dos formas en el inyector: en un código data matrix y en carácter alfanumérico.

Con el fin de corregir las diferencias de caudales entre los inyectores y el objetivo, se traza para cada inyector y para una presión determinada la diferencia de caudal entre el impulso real y el impulso objetivo en función del caudal:

- Se determina entonces en la curva, las correcciones que corresponden a los caudales piloto y principal, y todo ello para 4 presiones (200, 800, 1200 y 1600 bar), o sea en total 8 coeficientes.
- Se obtiene entonces una tabla (*Presión, caudal y corrección*) que nos da las correcciones que hay que aplicar al impulso objetivo para obtener el caudal deseado.

En el análisis y desarrollo de la prueba de comprobación de inyectores se ha llegado a concluir que el porcentaje de ciclo Duty viene a ser el 40% en ralentí del vehículo; en cada pulso electromagnético se entrega más de 100 bares.

En los vehículos a diesel el sistema riel común de inyección diesel no viene calibrado debido a que la presión que pasa por el riel es constante enviada por la bomba del sistema.

El modo de función del comprobador de inyectores diesel, tiene un fácil manejo de operación en el ingreso de datos para el envío de pulsos electromagnéticos para la apertura y cierre del inyector.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 pre - inyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

La aguja de un inyector del motor de los vehículos diesel realiza más de mil millones de carreras de apertura y cierre durante su vida útil. Efectúa un estanqueizado seguro a presiones de hasta 2050 bares y debe soportar los siguientes esfuerzos:

- Absorbe los golpes generados por las fuertes aperturas y cierres (en vehículos de turismo hasta 10000 veces por minuto con las inyecciones previas y las pos inyecciones).
- Resiste las elevadas cargas generadas por el flujo durante la inyección.
- Mantiene la presión y la temperatura en la cámara de combustión.

Lo que rinde los inyectores modernos se puede apreciar mediante las comparaciones siguientes:

- En la cámara de inyección existe una presión de hasta 2050 bares. Esta presión se producirá al colocarse un vehículo liviano de alta categoría sobre la uña de un dedo.
- La duración de la inyección es de 1 a 2 milisegundos (ms). En un milisegundo, la onda acústica emitida por un altavoz alcanza una distancia de aproximadamente de solo 33 cm.
- Los caudales de inyección varían en los vehículos livianos entre 1 mm³ (inyección previa) y 50 mm³ (caudal plena carga); en los vehículos pesados entre 3 mm³ (inyección previa) y 350 mm³ (caudal plena carga). 1 mm³ equivale al volumen contenido en media cabeza de un alfiler. 350 mm³ representa el caudal de 12 grandes gotas de lluvia (30 mm³ cada gota). Este volumen es comprimido en 2 ms a una velocidad de 2000 km/h a través de una abertura cuya sección es menor de 0,25 mm².
- El juego de guiado de la aguja del inyector es de 0,002 mm (2µm). Un cabello humano es 30 veces más grueso (0,06 mm).

En los motores diésel no hay proporción estequiométrica, siempre se trabaja con exceso de aire (entre 20 a 1 y 50 a 1) ya que no hay mariposa y la potencia se regula regulando el caudal, de modo proporcional al pedal acelerador y al régimen.

De esta forma se producen los siguientes beneficios:

- Regular la cantidad de combustible que ingresa al cilindro de forma más precisa,

- Mantener una relación estequiométrica entre el combustible/aire, no importa si varían factores externos como por ejemplo temperatura del aire o composición del mismo estando a por ejemplo 1500 metros sobre el nivel del mar o en el llano,
- Mayor ahorro de combustible,
- Menor contaminación ambiental,
- Motores con mayor momento par y por tanto potencia, por lo tanto mejores prestaciones, entre otras.

Los resultados obtenidos tras las pruebas realizadas con el comprador se dieron los siguientes datos:

Inyector DENSO

RALENTI

900 RPM al 40% Duty en 200 pulsos = $2.5 \text{ cm}^3 - 3 \text{ cm}^3$ Entrega

$1 \text{ cm}^3 - 1.5 \text{ cm}^3$ Retorno

PLENA CARGA

4000 RPM al 80% Duty en 200 pulsos = $3 \text{ cm}^3 - 4 \text{ cm}^3$ Entrega

$1 \text{ cm}^3 - 1.5 \text{ cm}^3$ Retorno

Inyector BOSCH

RALENTI

900 RPM al 20% Duty en 200 pulsos = $3 \text{ cm}^3 - 4 \text{ cm}^3$ Entrega

$2 \text{ cm}^3 - 2.5 \text{ cm}^3$ Retorno

PLENA CARGA

4000 RPM al 40% Duty en 200 pulsos = $4 \text{ cm}^3 - 5 \text{ cm}^3$ Entrega

$2 \text{ cm}^3 - 2.5 \text{ cm}^3$ Retorno

5.2 Manual del usuario

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existe una gran cantidad de vehículos con sistemas de inyección diesel 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.

El comprobador de inyectores a diesel CRDI está formado principalmente por el módulo que emite los pulsos electromagnéticos para que el inyector se abra o cierre para la inyección del combustible y saber si funciona o no, el manómetro el cual da la presión que ingresa el diesel al inyector haciendo la función de riel, la fuente de poder que ayuda a variar el voltaje de 5V a 12V, alimentando al módulo y un medidor del fluido que servirá para comprobar el nivel de retorno del inyector.

INFORMACIÓN SOBRE EL USO DEL COMPROBADOR

¡AVISO IMPORTANTE!

Antes de utilizar el comprobador, leer atentamente este manual y seguir todas las instrucciones.

UBICACIÓN DEL COMPROBADOR

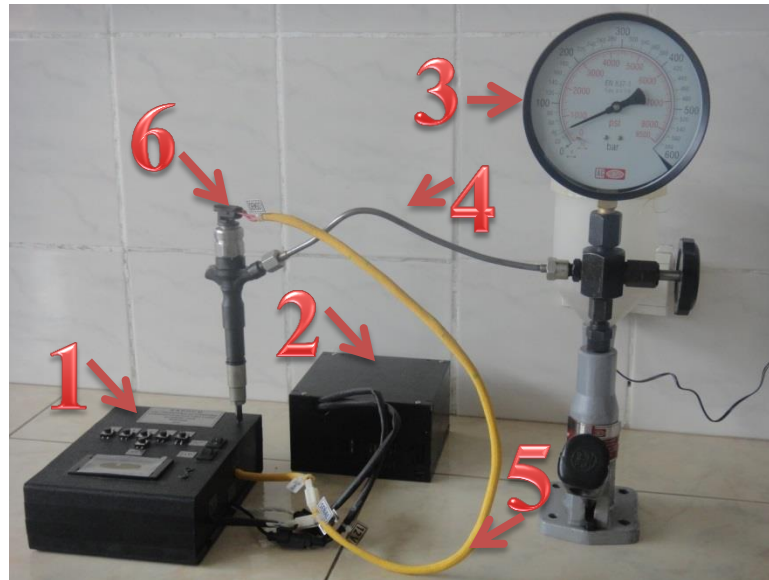
El comprobador de inyectores a diesel CRDI posee adicionalmente un manómetro el cual debe estar debidamente fijado en una mesa porque al ejercer la presión con la que debe funcionar, no haya ningún tipo de percance y movimiento brusco que altere la función del sistema de comprobación. Aparte la ubicación del mismo debe ser en un lugar bajo cubierta lejos de los rayos solares, en un área netamente limpio, libre de impurezas y de humedad para que no sufra ningún tipo de avería por estos factores.

PRECAUSIONES

- Tener cuidado con la alimentación del módulo de comprobación CRDI (110 V)
- Mantener siempre limpio el lugar de trabajo y módulo del sistema.
- Para cada práctica que se realice se utilizara nuevo combustible en el depósito del manómetro.
- Revisar periódicamente las conexiones de todo el sistema de comprobación.
- Use siempre gafas de protección, guantes, mandil u overol, mascarilla para emanación de gases por la pulverización del diesel.

UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMPROBACIÓN CRDI

Figura 90. Esquema general del comprobador CRDI



Fuente: Autor

- 1 Módulo
- 2 Fuente de poder
- 3 Manómetro
- 4 Cañería de alta presión
- 5 Cables de señal para inyectores
- 6 Inyector

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA CRDI

MÓDULO: Es el principal elemento del sistema de comprobación ya que por medio de éste se envía la información con la que se requiera para enviar pulsos electromagnéticos hacia el inyector para su adecuado funcionamiento.

MANÓMETRO: Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia, ésta presión enviada por el manómetro hace que el inyector cumpla la función de inyectar el combustible.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN: Es un dispositivo que convierte la tensión alterna de las redes sociales en un suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta en éste caso alimenta al módulo de comprobación.

CAÑERIAS: Cumplen el trabajo de un common rail, que a través de ellas el combustible es enviado al inyector con la ayuda de la presión del manómetro.

CABLES DE SEÑAL: Son los que a través de ellos se envía la señal que viene del módulo hacia el inyector para que se realicen las pulsaciones correspondientes y el inyector cumpla su función.

CONEXIÓN DE TODO EL SISTEMA DE COMPROBACIÓN CRDI

La conexión de los todos los elementos del sistema de comprobación es sencilla pero se debe conectar adecuadamente cada una de ellas:

- 1 Conectar la fuente de alimentación a un tomacorriente

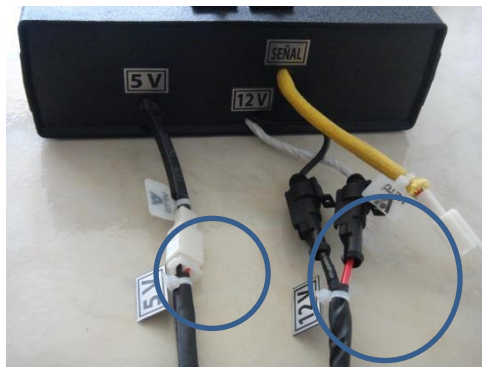
Figura 91. Conexión fuente de alimentación



Fuente: Autor

- 2 La conexión de la fuente de alimentación hacia el módulo de datos es a través de dos cables: 5V y 12V ya que es el voltaje necesario para el funcionamiento de los inyectores a comprobar. (Cable de 12V son dos entradas conectar: cable negro con negro que es tierra y blanco con rojo que es positivo).

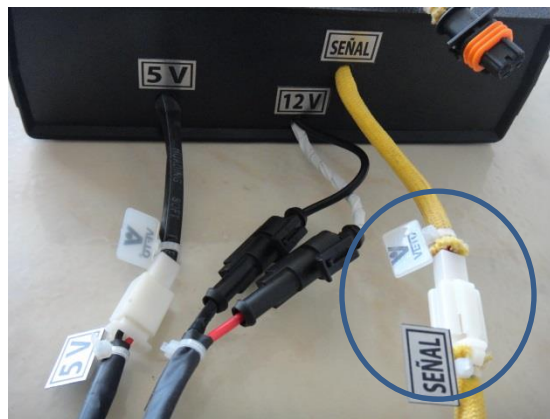
Figura 92. Conexión cables de 5V y 12V



Fuente: Autor

- 3 El cable de señal de cada inyector se conecta con el cable de señal del módulo de comprobación.

Figura 93. Conexión cable señal



Fuente: Autor

- 4 La conexión que se realiza en el manómetro es de la cañería con el inyector

Figura 94. Cañería del manómetro con el inyector



Fuente: Autor

- 5 El cable de señal que conecta el módulo y el inyector

Figura 95. Conexión cable señal del módulo con el inyector



Fuente: Autor

MODO DE OPERACIÓN

- A Encender la fuente de alimentación (ON/OFF)

Figura 96. Encendido fuente de energía



Fuente: Autor

- B Pulsamos el botón de encendido de la LCD

Figura 97. Encendido LCD



Fuente: Autor

- C Escogemos modo de operación “AUTOMÁTICO” con el botón (flecha hacia abajo) y pulsamos OK.

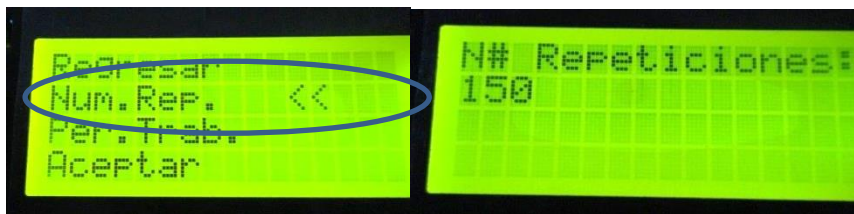
Figura 98. Menú de operación



Fuente: Autor

- D Elegimos la opción Núm. Rep. que significa número de repeticiones es decir el número de pulsos con el cual funciona el inyector (ejemplo: 150 repeticiones). Para dar el número de repeticiones utilizamos el botón más (+) y al finalizar para guardar la información presionamos simultáneamente los botones flecha arriba (↑) con OK.

Figura 99. Número de repeticiones



Fuente: Autor

- E Automáticamente luego de haber guardado regresa al menú para escoger la opción Per. Trab. que significa que vamos a escoger el CICLO DUTY con el cual va a funcionar el inyector y damos OK.

Figura 100. Ciclo DUTY



Fuente: Autor

- F Ingresamos el porcentaje que se necesita para el inyector; vamos subiendo el porcentaje con el botón MÁS (+), para guardar los datos presionamos simultáneamente flecha arriba (↑) con OK. (para ejemplo se ha escogido el 40%).

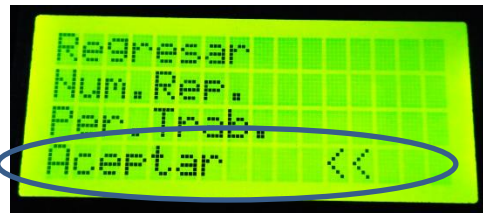
Figura 101. Porcentaje ciclo DUTY



Fuente: Autor

- G Al regresar automáticamente al menú escogemos ACEPTAR para que empiece el funcionamiento del inyector con los datos dados.

Figura 102. Opción aceptar



Fuente: Autor

- H Activamos el DUTY para el funcionamiento final con los datos guardados y presionamos OK. Al mismo tiempo bombeamos el manómetro para que envíe presión al inyector.

Figura 103. Activación interruptor del DUTY



Fuente: Autor

- I Al finalizar todo el proceso pulsamos RESET para borra los datos guardados y así volver a entrar nuevos datos para la comprobación.

Figura 104. Reset



Fuente: Autor

5.3 Guía de laboratorio

Las guías de laboratorio son muy útiles, ya que gracias a estas el estudiante podrás saber los procedimientos a seguir en sus diferentes prácticas, porque fueron desarrolladas con pruebas y calibraciones al tablero; sobre todo servirá de gran ayuda para que no causen ningún tipo de avería en el tablero didáctico.

GUÍA DE LABORATORIO COMPROBACIÓN INYECTOR DENSO

GUÍA N° 1

TEMA:

“Encendido del comprobador de inyectores CRDI, comprobación del funcionamiento del inyector DENSO y obtención de datos específicos”

OBJETIVOS:

- Conexión adecuada del comprobador de inyectores CRDI
- Comprobación y eficiencia del funcionamiento del inyector DENSO
- Obtención y comparación de los niveles específicos obtenidos tanto de entrega como retorno del inyector DENSO

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- ✓ Medidores de fluido
- ✓ Inyector DENSO
- ✓ Comprobador de inyectores CRDI
- ✓ Manual de usuario del comprobador de inyectores diesel CRDI

REVISIÓN TEÓRICA

- ❖ Sistemas CRDI DENSO
- ❖ Inyector DENSO

PROCEDIMIENTO

- Conectar la fuente de alimentación del comprobador de inyectores CRDI (110V)
- Conectar los cables de señal y voltaje del módulo de comprobación hacia la fuente.
- Acoplar la cañería del manómetro con el inyector
- Conectar el cable del módulo hacia el inyector
- Encender la fuente de alimentación
- Activar la pantalla LCD
- Escoger en el menú de operación el modo automático
- Ingresar el valor de Núm. Rep. de 200
- Luego ingresar en Per. Trab. O ciclo DUTY el valor de 40% (valores simulados en ralentí de motor).

- Activar el interruptor DUTY para inicio del inyector y dar la presión necesaria con impulsos en el manómetro
- Comparar los niveles de entrega y retorno que hay en los dos recipientes
- Después de la comprobación dar un análisis específico del funcionamiento del inyector.
- Para comprobar los niveles del inyector a full carga en la opción Núm. Rep. ingresar el valor de 200 y en Per. Trab. De 80%

ANALISIS DE RESULTADOS

Rralentí

900 RPM al % Duty en pulsos = cm³ Entrega
 cm³ Retorno

Plena carga

4000 RPM al % Duty en pulsos = cm³ Entrega
 cm³ Retorno

CONCLUSIONES

.....

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Costos

En el siguiente análisis económico da una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión tanto de diseño y construcción de la máquina.

6.1.1 Costos directos. En los costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizadas y transporte, los mismos que se detallan en la tabla.

Costos de materiales

Tabla 13. Costos de materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUB TOTAL
Comprobador inyectores manual	Unidad	600,00	1	600.00
Circuito de pulsos inyector CRDI Baquelita, resistencias, diodos, integrados, programación integrados, condensador, transformador		800,00	1	800.00
Conectores inyector CRDI	Unidad	37,50	4	150.00
Cañerías de alta presión	M	100,00	2	200.00
Inyector CRDI de pruebas	Unidad	390,00	1	390.00
SUB TOTAL A				2,140.00

Fuente: Autor

Costos de mano de obra calificada

Tabla 14. Costos de mano de obra

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SAL.REAL/HORA	HORAS-HOMBRE	SUB TOTAL
Maestro mecánico	1	3,50	150	525.00
Maestro electricista	1	3,50	50	175.00
SUB TOTAL B				700.00

Fuente: Autor

Costos de equipos y herramientas

Tabla 15. Costos de equipos y herramientas

DESCRIPCIÓN	COSTO x HORA	HORAS EQUIPO	SUB TOTAL
Multímetro	1,50	10	15,00
Destornilladores	1,00	20	20,00
Prensa hidráulica	5,00	2	10,00
Cortadora	2,50	5	12,50
Flexómetro	1,25	1	1,25
Herramientas para electricista	2,00	30	60,00
Cautín (soldador eléctrico pequeño)	2,50	10	25,00
Escuadra	1,00	5	5,00
Tijera de placas	2,00	6	12,00
Pinzas	0,75	15	11,25
Taladro manual	2,50	8	20,00
Broca	1,00	8	8,00
SUB TOTAL C			200.00

Fuente: Autor

Costos por transporte de materiales. El costo por transporte de los materiales están incluidos en la tabla anterior ya que fueron importados, además tenemos \$100 por viajes para su construcción.

Costos totales directos

Tabla 16. Costos totales directos

DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
MATERIALES	2,140.00
MANO DE OBRA	700.00
EQUIPOS HERRAMIENTAS	200.00
TRANSPORTE	100.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS	3,140.00

Fuente: Autor

6.1.2 *Costos indirectos.* Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, este costo ingenieril tiene un agregado de 25% que está involucrado con la supervisión y diseño de la máquina, en el tiempo de la construcción del costo total indirecto.

Tabla 17. Costos indirectos

COSTOS INGENIERILES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Supervisión	50	Hora	5,00	250.00
Diseño	20	Hora	5,00	100.00
SUB TOTAL				350.00

Fuente: Autor

Costos totales indirectos

Tabla 18. Costos totales indirectos

COSTOS	PRECIO TOTAL (\$)
Ingenieriles	350.00
TOTAL COSTO INDIRECTO	350.00

Fuente: Autor

Costos totales. Es la suma de los costos directos más los costos indirectos cabe recalcar que estos precios ya tienen incluido el IVA que es el 12% en nuestro país.

Tabla 19. Costos totales

COSTOS DIRECTOS	3,140.00
COSTOS INDIRECTOS	350.00
TOTAL	3,490.00

Fuente: Autor

Se tiene un costo total de la máquina comprobadora de inyectores a diesel de \$ **3,490.00**
(Tres mil cuatrocientos noventa dólares Americanos).

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

El estudio del sistema CRDI es muy amplio, pero específicamente se centra en su sistema eléctrico que permite a través de pulsos electromagnéticos el funcionamiento del inyector dando apertura y entrega para la inyección adecuada del combustible hacia el motor el vehículo.

Un sistema de inyección diesel riel común no es calibrado, debido a que el sistema recibe una presión específica proveniente de la bomba de presión que pasa a través del riel.

Un problemas de funcionamiento que pueda tener un inyector, es por ejemplo que exista más retorno que entrega debido a una fuga, provocando que el vehículo no encienda, es por esto que a través del comprobador de inyectores se realiza una comparación entre el fluido de entrega y el fluido de retorno y así analizar si el inyector está en buenas condiciones.

Los elementos básicos y específicos que componen el sistema de inyección directa de riel común está equipado de un módulo que permite dar las señales Duty al inyector, es decir el inyector recibe los pulsos electromagnéticos que el módulo emite a éste; para que el inyector pueda cumplir su función también está el manómetro, el cual da la presión real necesaria para la circulación del combustible y la apertura del inyector; el módulo necesita de energía para su funcionamiento y esto sucede con la fuente de poder que también ayuda con el cambio de voltaje debido a que no todos los inyectores funcionan con el mismo voltaje, es decir el inyector DELPHI trabaja con 12V, BOSCH oscila entre 70V y 80 V y DENSO a su vez con 5V, el microcontrolador y los condensadores hacen el módulo entregue 5 y 12V que hacen necesarios para el funcionamiento de los inyectores. Y finalmente para la comparación de entrega y retorno del inyector se tiene el recipiente métrico del fluido que a través de sus medidas

sirve para comparar y analizar si el inyector está en buen funcionamiento o tiene algún daño.

En la construcción del banco de pruebas CRDI el módulo tiene una armaje más complejo debido a que está formado por las tres placas que cumplen la función de enviar a través de la programación pulsos electromagnéticos hacia el inyector para la apertura y cierre del mismo. Las conexiones internas de las placas son meticulosamente conectadas como es debido porque si existe una mala conexión está podría causar un corto en todo el sistema eléctrico del módulo de comprobación.

En el análisis y desarrollo de la prueba de comprobación de inyectores se ha llega a concluir que el porcentaje de ciclo Duty viene a ser el 40% en ralentí del vehículo; en cada pulso electromagnético se entrega más de 100 bares.

El banco de pruebas para inyectores CRDI se diseñó y construyó de tal forma que no representa ningún peligro para el estudiante sin embargo hay que tener mucho cuidado al momento de operarlo pues la idea es que sea un gran número de estudiantes los que tengan la oportunidad de verlo funcionar y trabajar en él.

Los resultados obtenidos tras las pruebas realizadas con el comprador se dieron los siguientes datos:

Inyector DENSO

RALENTÍ

900 RPM al 40% Duty en 200 pulsos = $2.5 \text{ cm}^3 - 3 \text{ cm}^3$ Entrega

$1 \text{ cm}^3 - 1.5 \text{ cm}^3$ Retorno

PLENA CARGA

4000 RPM al 80% Duty en 200 pulsos = $3 \text{ cm}^3 - 4 \text{ cm}^3$ Entrega

$1 \text{ cm}^3 - 1.5 \text{ cm}^3$ Retorno

Inyector BOSCH

RALENTÍ

900 RPM al 20% Duty en 200 pulsos = 3 cm³ – 4 cm³ Entrega

2 cm³ – 2.5 cm³ Retorno

PLENA CARGA

4000 RPM al 40% Duty en 200 pulsos = 4 cm³ – 5 cm³ Entrega

2 cm³ – 2.5 cm³ Retorno

Tabla 20. Análisis de resultados

	ENTREGA	RETORNO	ANÁLISIS
1	=	=	REGULAR MALO
2	>	<	OK
3	<	>	NO FUNCIONA

Fuente: Autor

- 1 Niveles de entrega y retorno son iguales: el inyector funciona regularmente pero debe ser reparado.
- 2 El nivel de entrega es mayor al nivel de retorno: el inyector funciona normalmente.
- 3 Si existe más retorno hay una fuga y el vehículo no enciende.

7.2 Recomendaciones

Controlar que todos los inyectores que necesitan ser reparados, deben de estar dentro de las especificaciones del ECU, estos van a fluir con la misma cantidad de combustible. Cuando la ECU le dice a los inyectores abrir o cerrar y por cuánto tiempo, entonces el motor y cada cilindro van a recibir la cantidad correcta, debido a que han sido reparados todos los inyectores y funcionan correctamente.

Tener en cuenta que después de la comprobación de los inyectores que emitan como resultado un nivel de retorno mayor que el nivel de entrega, se debe enviar a reparación del inyector.

Considerar los pasos a seguir en el manual de usuario para el funcionamiento adecuado del sistema de comprobación de inyectores diesel.

Observar si existen problemas de funcionamiento en el banco de pruebas se debe analizar adecuadamente según las conexiones totales del comprobador de inyectores, como las conexiones eléctricas.

Asegurar que antes de poner en funcionamiento el comprobador de inyectores se encuentre sujeto firmemente una mesa o pedestal; y los resguardos se encuentran ajustados y asegurados.

Usar siempre gafas de protección, guantes, mandil u overol, mascarilla para emanación de gases por la pulverización del diesel.

Colocar siempre los desechos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.

Advertir que la utilización de combustibles, aunque sean de alto punto de inflamación como el diesel, puede provocar un cierto riesgo de incendio. Para prevenirlo, debe prohibirse fumar en el interior de las cabinas, así como realizar actividades que impliquen la manipulación de llamas abiertas y la generación de chispas.

Revisar el estado de las cañerías de alta presión y conexiones eléctricas para el óptimo funcionamiento del comprobador de inyectores CRDI.