



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

TEMA:

“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL
SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50
WL-C 2.5 CRDi DIESEL”

Trabajo de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
en Mantenimiento Automotriz

AUTOR:

Aguirre Ayala Víctor Bladimir

Ortiz Hernández Byron Román

DIRECTOR:

Ing. Edgar Mena

Ibarra, 2013

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he aceptado con satisfacción participar como Director de la Tesis del siguiente tema “ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C CRDi DIESEL” Trabajo realizado por los señores egresados: Aguirre Ayala Víctor Bladimir ; Ortiz Hernández Byron Román, previo a la obtención del Título de Ingenieros en Mantenimiento Automotriz.

Al ser testigo presencial, y corresponsable directo del desarrollo del presente trabajo de investigación, que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.

ING. EDGAR MENA
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis Padres quienes desde pequeño me supieron orientar de la manera más correcta y con su amor, esfuerzo, sacrificio, comprensión y apoyo han hecho de mi lo que hoy soy, un hombre útil y de beneficio para la sociedad, son los que han velado por mí en todo momento, y de los cuales me siento extremadamente orgulloso. GRACIAS por educarme QUERIDOS PADRES.

También a mis hermanos que siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo incondicional para salir adelante, así como también dedico este trabajo a una persona muy especial como es mi Abuelita que desde el Cielo siempre está cuidando mis pasos, guiándome y dándome la fuerza para salir adelante y cumplir mis metas y mis sueños .

Y a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día.

AGUIRRE AYALA VICTOR BLADIMIR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a Uds.

A Mis abuelos Agustín Ortiz (QPD) e Inés Torres, por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a ustedes.

Mis hermanos Alex, Liliana y Patricia, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

BYRON ROMÁN ORTIZ HERNÁNDEZ

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Norte como también a la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología (FECYT), por haberme permitido ingresar en sus aulas e incidir en nuestra formación tanto personal como profesional.

Al Ing. Edgar Mena, Director de Tesis, ya que con sus vastos conocimientos, orientaciones oportuna y adecuadas supo guiarme correctamente en la elaboración de este trabajo.

Así como también el agradecimiento a todas las personas que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, sus consejos, su confianza y su respaldo para poder alcanzar esta meta.

AGUIRRE AYALA VICTOR BLADIMIR

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del Norte en especial a la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz por haberme abierto sus puertas y así lograr está feliz culminación de mi carrera.

A mis profesores que gracias a ellos obtengo los conocimientos necesarios para en si defender mi carrera ante la sociedad y la patria, en especial agradezco al Ing. Edgar Mena que mediante su dirección como tutor fue posible la culminación de este trabajo

Byron Román Ortiz Hernández

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO.....	3
1.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.- Antecedentes.....	3
1.2.- Planteamiento del Problema.....	5
1.3.- Formulación del Problema.....	5
1.4.- Delimitación de la Investigación.....	6
1.5.-Objetivos.....	6
1.5.1.- Objetivo General.....	6
1.5.2.- Objetivos Específicos.....	6
1.6.- Justificación.....	7
CAPÍTULO II.....	9
2.- MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.- Fundamentación Teórica.....	9
2.1.1.-Descripción del Sistema.....	10
2.1.2.- Funciones.....	11
2.1.3.- La Inyección de Combustible.....	12
2.1.4.- Funciones Básicas del Sistema.....	13
2.1.5.- Funciones Adicionales del Sistema.....	13
2.1.6.- Comportamiento del Sistema.....	13
2.1.7.- Estructura del Sistema.....	15
2.1.8.- Funcionamiento.....	19
2.1.9.- Sensores Principales del Sistema.....	21
2.1.10.- Sensores Secundarios del Sistema.....	22

2.1.11.- Actuadores Principales del Sistema.....	22
2.1.12.- Actuadores Secundarios del Sistema.....	22
2.1.13.- Tubo Acumulador de Alta Presión.....	22
2.1.14.- Tubo Distribuidor.....	24
2.1.15.- Estructura.....	24
2.1.16.- Inyectores para el Sistema Common Rail.....	26
2.1.17.- Estructura.....	27
2.1.18.- Funcionamiento.....	28
2.1.19.- Bomba de Alta Presión.....	29
2.1.20.- Funciones.....	29
2.1.21.- Bomba Common Rail.....	30
2.1.22.- Descripción.....	30
2.1.23.- Funcionamiento.....	32
2.1.24.- Principio de Bombeo.....	33
2.1.25.- Válvula de Entrada y Salida.....	34
2.1.26.- Ventajas del Sistema.....	35
2.2.- Módulo de Enseñanza.....	36
2.2.1.- Modelos Didácticos.....	37
2.2.2.- Modelo Didáctico Tecnológico.....	37
2.2.3.- Módulo Didáctico Instruccional.....	39
2.2.4.- El Diseño Instruccional.....	39
2.3.- Posicionamiento Teórico Personal.....	40
2.4.- Glosario de Término.....	41
2.5.- Interrogantes de la Investigación.....	43
2.6.- Matriz Categorical.....	44
CAPÍTULO III.....	45
3.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.- Diseño de la Investigación.....	45
3.2.- Métodos.....	45
3.2.1.- La Recolección de Información.....	45

3.2.2.- Científico.....	46
3.2.3.- Tecnológico.....	46
3.2.4.- Analítico.....	46
3.2.5.- Sintético.....	46
3.2.6.- Inductivo.....	46
3.2.7.- Deductivo.....	47
CAPÍTULO IV.....	48
4.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	48
4.1.- Introducción.....	48
4.2.- Mediciones con Scanner.....	48
4.2.1.- Diagnóstico 1.....	49
4.2.2.-Diagnóstico 2.....	49
4.2.3.- Diagnóstico 3.....	50
4.2.4.- Diagnóstico 4.....	50
4.2.5.- Diagnóstico 5.....	51
CAPÍTULO V.....	52
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1.- Conclusiones.....	52
5.2.- Recomendaciones.....	53
CAPÍTULO VI.....	54
6.- PROPUESTA ALTERNATIVA.....	54
6.1.- Titulo de la Propuesta.....	54
6.2.- Justificación e Importancia.....	54
6.3.- Fundamentación Tecnológica.....	55
6.4.- Objetivos.....	57
6.4.1.- Objetivo General de la Propuesta.....	57
6.4.2.- Objetivos Específicos de la Propuesta.....	57
6.5.- Ubicación Sectorial y Física.....	58
6.6.- Desarrollo de la Propuesta.....	58
6.7.-Impactos.....	112
6.7.1.- Impacto Social.....	112

6.7.2.- Impacto Educativo.....	113
6.7.3.- Impacto Tecnológico.....	113
6.8.- Difusión.....	113
6.9.- BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Common Rail de Bosch.....	10
Figura 2: Curvas de Inyección.....	14
Figura 3: Sistema de Combustible.....	15
Figura 4: Motor Toyota Hilux Diesel 2.5 D-4D.....	16
Figura 5: Circuito Common Rail de Toyota.....	17
Figura 6: Esquema del Sistema Common Rail de Toyota.....	18
Figura 7: Inyector.....	18
Figura 8: Common Rail.....	20
Figura 9: Sistema de Inyección Common Rail de Bosch.....	21
Figura 10: Tubo Acumulador.....	22
Figura 11: Tubo Distribuidor.....	24
Figura 12: Estructura del Sistema Common Rail.....	25
Figura 13: Riel Común.....	26
Figura 14: Inyectores Common Rail.....	27
Figura 15: Estructura de un Inyector.....	27
Figura 16: Inyector.....	29
Figura 17: Bomba Common Rail.....	31
Figura 18: Despiece de la Bomba.....	33
Figura 19: Sección de la Bomba.....	34
Figura 20: Close up de las Válvulas.....	35
Figura 21: Motor en Ralentí.....	50
Figura 22: Variación de Ondas.....	50
Figura 23: Aceleración y Desaceleración.....	51
Figura 24: Motor Mazda BT 50 Diesel.....	57
Figura 25: Motor Mazda BT 50.....	58
Figura 26: Maqueta del Motor Mazda BT 50 Diesel.....	60
Figura 27: Partes de un Sistema Common Rail.....	62
Figura 28: Sistema Common Rail Del Motor Mazda.....	63
Figura 29: Esquema del Sistema Common Rail.....	63

Figura 30: UCE (Unidad Electrónica de Control).....	65
Figura 31: Esquema de la Alimentación Common Rail.....	68
Figura 32: Zona de Alta y Baja Presión.....	70
Figura 33: Generación de Presión.....	71
Figura 34: Componentes de Regulación de Presión.....	73
Figura 35: Fases de la Inyección.....	77
Figura 36: Inyección dentro del Cilindro.....	77
Figura 37: Estructura del Sistema Common Rail del Motor Mazda.....	80
Figura 38: Parte de Baja Presión.....	81
Figura 39: Parte de Alta Presión.....	81
Figura 40: Funcionamiento de las Partes Common Rail.....	83
Figura 41: Tanque de Combustible.....	85
Figura 42: Filtro de Combustible.....	86
Figura 43: Bomba de Alimentación de Combustible.....	87
Figura 44: Esquema de la Bomba de Engranajes.....	88
Figura 45: Cañerías.....	89
Figura 46: Bomba Common Rail.....	91
Figura 47: Esquema de la Bomba.....	91
Figura 48: Esquema de la Bomba de Alta Presión.....	92
Figura 49: Corte lateral de la Bomba de Alta Presión.....	93
Figura 50: Succión de Combustible.....	94
Figura 51: Bombeo de Combustible.....	95
Figura 52: Válvula Reguladora de Presión.....	97
Figura 53: Funcionamiento Válvula de Presión.....	97
Figura 54: Riel de Inyectores.....	100
Figura 55: Esquema del Limitador de Flujo.....	102
Figura 56: Inyectores Common Rail.....	103
Figura 57: Esquema de los Inyectores Common Rail.....	104
Figura 58: Inyector en Posición de Reposo.....	105
Figura 59: Inyector Inicio de la Inyección.....	106
Figura 60: Inyector Inyectando Combustible.....	107

Figura 61: Inyección Principal.....	108
Figura 62. Cañerías de Alta Presión.....	109
Figura 63: Cañerías de Retorno de Combustible.....	109
Figura 64: Socialización.....	114
Figura 65: Motor Common Rail.....	119
Figura 66: Sistema Common Rail.....	119
Figura 67: Motor Common Rail Vista Superior.....	120
Figura 68: Motor Mazda.....	120
Figura 69: Maqueta del Motor Mazda BT 50.....	120
Figura 70: Socialización.....	121
Figura 71: Socialización.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mediciones con el Scanner.....	48
Tabla 2 Datos Observados.....	49
Tabla 3 Variación de Datos.....	49
Tabla 4 Presiones Aproximadas de la Bomba Common Rail.....	99
Tabla 5 Posibles Averías y Soluciones del Sistema Common Rail.....	110

RESUMEN

La presente propuesta de investigación trata acerca de la implementación de un módulo didáctico para la enseñanza del Sistema Common Rail del Motor Mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi Diesel en los Talleres de Mantenimiento Automotriz de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología perteneciente a la Universidad Técnica del Norte. El propósito de la investigación constituye en complementar el proceso de aprendizaje en la Carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz, el diseño sistemático que se obtuvo es una investigación bibliográfica, tecnológica y práctica aplicando los métodos inductivo-deductivo, científico y analítico. El modulo del sistema Common Rail conllevara a la comprensión de la partes que lo componen y estos son: tanque de combustible, filtro de combustible, bomba de alimentación y bomba de alta presión, conjunto inyectores, sensores y actuadores , cañerías de alta y baja presión de combustible, todo esto mencionado realiza el siguiente proceso de funcionamiento: la bomba de alimentación aspira el combustible del tanque para luego presurizarla a través de la bomba de alta presión 1650 bar la misma que envía por cañerías el combustible hacia la riel donde esta se encarga de distribuir en forma homogénea y a presión contantes el combustible a los inyectores. La implementación del módulo didáctico tiene como objetivo conocer todos sus componentes para así poder manipularlos, cuya intención es motivar el aprendizaje del sistema Common Rail mejorando el conocimiento de los estudiantes de la carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz y así aportando con nuevas tecnologías en beneficio de la educación Universitaria. Además de esto podremos implementar un motor de este tipo con lo cual mejoraremos el conocimiento tanto teórico como practico de los estudiantes de la carrera y así conseguir una mejor preparación para el mundo profesional y estar preparados con las tecnologías actuales que vienen incorporados en los motores diesel para reducir las emisiones de gases y mejor el medio ambiente basadas en las normas Europeas que se aplican en la actualidad en todo el campo

automotriz. Este módulo será de mucha importancia ya que contara con información actualizada con lo que respecta a los Sistemas Common Rail de los Motores Diesel.

SUMMARY

This research proposal is about the implementation of a didactic module to teach the Common Rail System in a diesel engine from a Mazda BT 50 in the Automotive Maintenance Workshop at the Faculty of Science and Technology Education from the Universidad Técnica del Norte. The purpose of this investigation is to complement the process of learning in the Automotive Maintenance Career, the systematic design that was obtained in the bibliographic, technology and practical investigation using methods inductive-deductive, scientific and analytical. The module from the Common Rail System will entail to the comprehension of the parts that compose it and which are: fuel tank, fuel filter, fuel pump and high pressure pump, set of injectors, sensors and actuators, high and low pressure fuel pipes, all this mentioned before perform the following process of operation: the fuel pump sucks the fuel from the tank to pressurize through the high pressure pump 1650 bar, the same that sends fuel through the pipes to the rail where it takes care of distributing homogeneously and with a constantly pressure the fuel to the injectors. The objective of the implementation of the didactic module is to know all its components so they can be manipulated, in order to motivate to learn the Common Rail System to improve the knowledge of the students of the Automotive Maintenance Career with new technologies to benefit the University education. Besides this we can implement an engine of this type thus will improve the theoretical and practical knowledge of students and career and better preparation for the professional world and be prepared with current technologies that are incorporated in diesel engines to reduce greenhouse gas emissions and better for the environment based on European standards that currently apply throughout the automotive field. This module will be of great importance since it had updated information regarding Common Rail System of Diesel Engines.

INTRODUCCIÓN

Por la necesidad de la disminución de las gases contaminantes emitidos por los vehículos de combustión interna y a su vez reducir el consumo de combustible, en los últimos años han logrado alcanzar novedosas innovaciones tecnológicas en el campo automotriz como es el sistema Common Rail, el cual logra disminuir los gases de escape y a la vez proporciona un ahorro de combustible gracias a su control electrónico que se encarga de distribuir en forma equitativa el gasoil a todo los cilindros por lo cual hay una mayor eficiencia en el motor.

Este sistema tiene dispositivos mecánicos-electrónicos donde tenemos un sistema de baja presión el cual inicia desde el tanque de combustible hacia la bomba de alta presión así como también dentro de este circuito esta las cañerías de retorno, en cambio el sistema de alta presión consta desde la bomba de alta presión que envía el combustible hacia la riel o rampa de acumulación la cual es la encargada de distribuir el gasoil de forma igual a todos los inyectores para luego ser inyectado en el cilindro del motor, por otro lado el sistema eléctrico (Sensores – Actuadores) es de gran importancia ya que ellos son los encargados de hacer funcionar correctamente al sistema.

El diseño y los estudios de este sistema fue hecho por Bosch, pero este fue cedido al grupo Fiat quienes fueron los pioneros en Common Rail ya que fueron los primero en probar este sistema y tuvo un excelente resultado, este sistema en la actualidad es distribuido a todas las casa comerciales automotrices por Bosch, en lo que respecta en la actualidad el sistema ha contribuido al desarrollo tecnológico en lo que corresponde en los motores

Diesel, así como tiene un gran aporte al medio ambiente con su reducción de emisiones contaminantes.

La investigación comprendió los siguientes capítulos y temas:

Capítulo I.- Todo lo que se refiere a la situación de la problemática, planteamiento de problemas a investigar, delimitación de la investigación: espacial y temporal, los objetivos tanto generales como específicos que orientan la investigación, justificación, factibilidad e importancia.

Capítulo II.- Trata de la fundamentación teórica de la investigación, en la sección se desarrolla el tema planteado, se realiza una amplia explicación de la idea general encabezada en la introducción, la investigación bibliográfica, de acuerdo a las técnicas para realizar citas de los autores y así poder dar mayor relevancia y sustento al trabajo investigativo.

Capítulo III.- Consta la metodología que describe el diseño y tipo de investigación, técnicas y procedimientos aplicados.

Capítulo IV.- En este se trata del análisis e interpretación de resultados donde vemos el diagnóstico que realizamos al motor Mazda BT50 diesel y donde comprobamos su funcionamiento en graficas que nos entrega un scanner automotriz.

Capítulo V.- Consta de las conclusiones y recomendaciones del trabajo investigativo así también de los diagnósticos que realizamos él nos indica de forma claro cuál es el problema y las posibles soluciones.

Capítulo VI.- Está la propuesta alternativa que es: "ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA, DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL ". Donde podremos observar los componentes y el funcionamiento de cada elemento que integra este sistema.

CAPÍTULO I

1.- CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA

1.1.- Antecedentes

En la presente investigación se realizará el estudio de los motores de combustión interna como son los motores Diesel con sus respectivos avances tecnológicos como es el sistema Common Rail o Riel común de inyectores.

Los motores Diesel son una fuente de poder de vehículos de transporte pesado o ya sea como hoy en día existen este tipo de motores en autos de turismo como son las camionetas.

Poco a poco en la actualidad los motores diesel han ido cogiendo el liderazgo en venta, esto se debe que ha generado en gran medida a su eficiencia en el consumo de gasoil lo que repercuten en costos de operación menores que un motor de gasolina. Pero estos motores contaminan, por lo cual es indispensable crear las normas para que el impacto medioambiental sea el mínimo posible.

Por tal motivo la industria automotriz junto con el avance tecnológico ha ido desarrollando nuevos sistemas de alimentación en los motores de combustión interna y mediante estos ir reduciendo la contaminación medioambiental producida por los gases de combustión que emiten estos vehículos y a su vez ir mejorando el rendimiento y eficiencia de los mismos y conseguir una disminución de consumo de combustible.

El sistema de alimentación que se ha desarrollado en la actualidad en los motores Diesel es el sistema "Common Rail" o riel común de inyectores el cual podemos encontrarlo en el Hyundai Tucson diesel, en el Terracan, en la Nissan Navara, en la Mazda BT50 en la gana Diesel, y en los que es Toyota Hilux Diesel.

El sistema "Common Rail" conducto o riel común es un sistema electrónico de combustible para motores diesel de inyección en el que el gasoil es succionado directamente del tanque de combustible a una bomba de alta presión y ésta lo envía a un conducto común para cada uno de los inyectores y por alta presión al cilindro. En 1998 recibió un premio "Paul Pietsch Preis" para la marca Bosch y también al grupo Fiat por el sistema Common Rail como innovación tecnológica para el futuro y como beneficio para la sociedad.

Este sistema fue creado y por el conjunto industrial Italiano Group Fiat, en la fábrica llamada Ricerche de Fiat conjuntamente en colaboración con Magneti Marelli, especializado en los componentes automovilísticos y electrónicos. La industrialización la llevó a cabo Bosch. El primer vehículo del mundo en ser equipado este tipo de sistema fue el Alfa Romeo 156 con motor JTD en 1997.

La principal idea con este diseño es la de lograr una pulverización mucho mejor que la que se tenía en los sistemas de bomba inyectora antiguas, para mejorar el proceso de inflamación instantánea de la mezcla que se realiza en la cámara al inyectar el gasoil, principio primario del ciclo Diesel. Para el mismo trabajo se realiza unos orificios mucho más pequeños, dispuestos de forma radialmente en la punta del inyector o la llamada (tobera) en inyector, compensando esta pequeña sección de paso con una mayor presión.

Este sistema es similar a la inyección multipunto del motor de gasolina, en la que también tenemos un conducto común para todos los inyectores, Con la excepción de que en los motores diesel se trabaja con presiones mucho más altas por su gran eficiencia en la bomba.

En este sistema podemos realizar pre inyecciones con una mínima cantidad de gasoil en la carrera de admisión (antes de la inyección principal de combustible) con esto debemos lograr una combustión más homogénea y completa dentro del cilindro esto se debe a una entrega más exacta de gasoil.

Hoy en día, todos los conocidos fabricantes internacionales de autos están creando y utilizando los sistemas Common Rail de la marca Bosch. Para lo cual, Bosch tiene más de 15 industrias o emplazamientos de fabricación de sistemas CRS en Europa, Asia y América.

1.2.- Planteamiento del Problema

Debido a los nuevos avances y desarrollos tecnológicos en los motores Diesel como es el sistema “Common Rail” y su incursión al mercado automotriz ecuatoriano, y teniendo en cuenta la poca disponibilidad de Motores tipo “Riel Común” y módulos de información en la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz como material didáctico para realizar prácticas de aprendizaje y poder adquirir nuevos conocimientos en este tipo de sistemas que se han desarrollado para los motores Diesel.

1.3.- Formulación del Problema

- Carencia de Motores Diesel con el sistema “Common Rail” en el taller de la Carrera.

1.4.- Delimitación de la Investigación

1.4.1. Temporal

La presente investigación se desarrollará en el periodo desde el mes de Julio del 2012 hasta el mes de Marzo del 2013.

1.4.2. Espacial

La investigación se desarrollara en la provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, Universidad Técnica del Norte, FECYT, Talleres de carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.5. Objetivos

1.5.1.- Objetivo General

ELABORACIÓN DE MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL.

1.5.2.- Objetivos Específicos

- Elaborar un marco teórico- científico que sustente el proyecto, a través de la investigación Bibliográfica acerca del funcionamiento de motores de combustión interna diesel sistema de inyección “Common Rail”.

- Implementar un motor Mazda BT 50 Diesel en el Taller de la Carrera.

- Realizar varias pruebas de emisiones en este tipo de motores Diesel con sistema “Common Rail”.

- Elaboración y socialización de un módulo sobre el sistema “Common Rail” de un motor Mazda BT 50 Diesel con los estudiantes de los últimos niveles de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

1.6.- Justificación

Las razones de nuestra investigación sobre el tema es fortalecer la educación en nuestro medio, con aportes científicos, nuevas tecnologías, para beneficiar a toda la comunidad Universitaria principalmente a los compañeros de la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz quienes contaran con un motor Mazda BT 50 Diesel con un sistema “Common Rail” y a la vez con un módulo que contendrá toda la información sobre la “Riel Común” de inyectores, y Bomba de alta presión de dicho sistema.

Con el desarrollo de este proyecto, se solucionará en una pequeña parte la falta de material didáctico sobre nuevos sistemas de inyección diesel que hoy en día existen en el parque automotriz.

Por tal razón la investigación que se realizará será de mucha utilidad para los estudiantes, docentes ya que les ayudará a tener una guía de nuevos conocimientos con las nuevas tecnologías que existen en el parque automotriz en lo que es el sistema “Common Rail”.

Para poder realizar este proyecto se procederá a la adquisición de un motor Mazda BT 50 Diesel para realizar todo el estudio necesario sobre el

sistema “Common Rail”, del cual nosotros realizaremos la investigación de los que es la “Riel Común”, los inyectores y la Bomba de Inyección.

Esta investigación se realizará con el propósito de que la Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz vaya relacionándose y familiarizándose con los nuevos sistemas de alimentación de los motores diesel y su desarrollo, así como también conociendo más de los avances tecnológicos que existen hoy en día y están a nuestro alcance.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Teórica

(Bosch, Manual Técnica del Automovil, 2005) El Sistema Common Rail (CRS), este es un control electrónico del Sistema de inyección que representa un gran paso en el desarrollo de los motores Diesel. El actual sistema Common Rail Bosch incorpora la más nueva tecnología empleada en sistema de inyección electrónica.

En este tipo de sistema, la presión y la inyección de combustible están divididas, lo que quiere decir que la bomba produce la alta presión que está a disposición para todos los inyectores a través de un tubo distribuidor común, que puede ser controlada de la revolución del motor.

La presión del gasoil , de inicio y de fin de inyección son calculados por la unidad de comando a partir de los datos obtenidos de los diversos sensores instalados en el motor, lo que proporciona excelente desempeño, bajo ruido y la mínima emisión de gases contaminantes.

Este sistema puede ser instalado en autos de pasajeros hasta camiones y buses. Representan un avance en potencia para las futuras aplicaciones en motores Diesel.

2.1.1- Descripción del Sistema

La utilización en el diseño del "Common Rail" está con respecto a los sistemas de inyección gasolina pero adaptadas correctamente a las características de los motores diesel de inyección directa.

El "Common Rail" significa "tubo de inyección", es decir tiene un parecido del sistema de inyección gasolina. La diferencia entre ambos sistemas viene dada por el funcionamiento con presiones mayores de trabajo en los motores diesel, constan de 1350 bar que puede desarrollar un sistema "Common Rail" a los 5 bares menos. Que desarrolla un sistema de inyección gasolina.

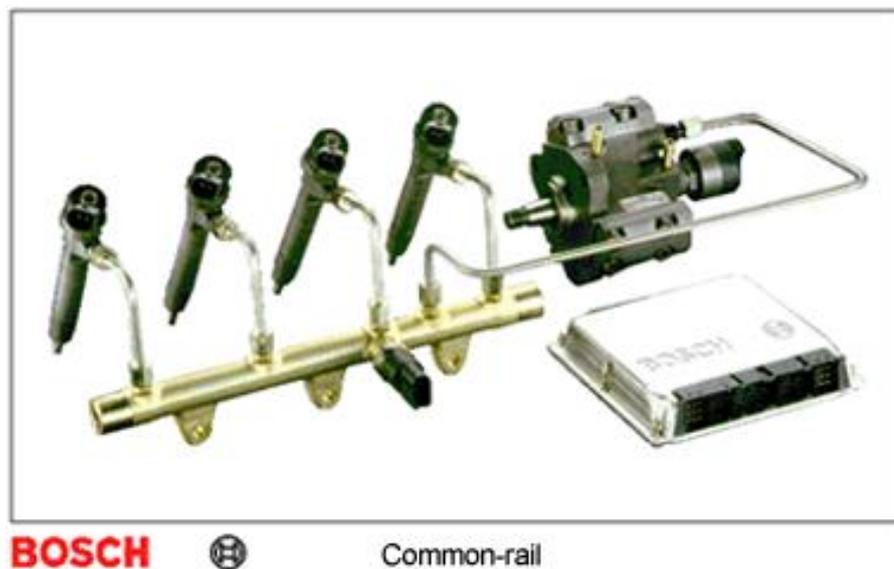


Figura. 1 Sistema Common Rail de Bosch

Fuente: (Bosch, 2007)

2.1.2.- Funciones

En la inyección por acumulador "Common Rail" tiene una mayor facilidad de adaptación del sistema de inyección al funcionamiento motor, en comparación con los sistemas movidos por levas (bombas rotativas).

Esto es conseguido porque se encuentra separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera libremente del régimen del motor y del caudal de inyección. El gasoil para la inyección está dispuesto en el acumulador de combustible de alta presión "Rail", la (UCE) calcula campos característicos programados, al inicio de inyección y presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) trabajan con las relaciones en cada uno de los cilindros del motor, a través de una válvula electrónica de control.

El sistema Common Rail ofrece una flexibilidad en lo relativo a la adaptación de la inyección del motor, esto se consigue mediante:

- Elevada presión de inyección de hasta aprox. 1600 bares, en el futuro de 2000 bares.
- Presión de inyección adaptada al estado de servicio (200...2000 bares).
- Comienzo variable de la inyección.
- Posibilidad de efectuar varias inyecciones previas y posteriores (pueden efectuarse incluso pos inyecciones muy retardadas).

De esta forma, el sistema Common Rail conduce a incrementar la potencia específica y disminuir el consumo de combustible, la emisión de ruidos y a la expulsión de sustancias nocivas de los motores Diesel.

El Common Rail se ha convertido hoy en día en el sistema de inyección directa más utilizado e implementado en los motores Diesel modernos.

Como también el tubo preestablece el flujo de inyección, la (UCE) calcula datos a partir de los requerimientos característicos programados, al momento de inyección y la presión de inyección, el inyector realiza el trabajo en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula.

En la inyección "Common Rail" se puede controlar individual del adelanto de tiempo y del caudal, estableciendo el control exacto de la combustión en cada una de las bases de cilindro por cilindro.

La presión de inyección puede ser modificada sobre una amplia oferta de valores según las condiciones de funcionamiento del motor:

- A ralentí y en baja carga, las bajas presiones de la inyección son de 200 bares permitiendo conseguir valores de inyección bajas y el ajuste muy exacto de la cantidad de gasoil inyectado.

- En plena carga completa, las presiones altas de la inyección (aproximadamente 1300 – 1600 bares para sistemas CRDI de 1ra generación; 1750 bares para 2da generación; 2050 bares para 3ra generación) aseguran la atomización muy fina del combustible.

En consecuencia el trabajo del sistema Common Rail es controlar la inyección del gasoil en el momento exacto y con el flujo y presión adecuados al funcionamiento del motor.

2.1.3.- La inyección de combustible

Cuando se inyecta gasoil, se absorbe del riel a alta presión y se inyecta directamente al cilindro, todo cilindro tiene un propio inyector, el inyector

consta de una válvula solenoide que recibe el comando de apertura desde la UCE, mientras permanece abierto, se inyecta gasoil en la cámara de combustión de los cilindros.

2.1.4.- Funciones básicas del sistema

Las funciones primarias de un sistema "Common Rail" es la de controlar la inyección del gasoil en el momento exacto y con el flujo y presión adecuados al funcionamiento del motor.

2.1.5.- Funciones adicionales del sistema

Las funciones que se adicionan en este sistema sirven para la reducir las emisiones de los gases de escape y del consumo del gasoil, o bien también sirven para aumentar la seguridad y el confort. También estas funciones son: los gases de escape retroalimentados (**sistema EGR**), entre otros.

El sistema con **CAN BUS** hace que el intercambio de información con otros sistemas electrónicos del vehículo este es un interrelación de diagnóstico que permite al realizar la chequeos del vehículo, la evaluar datos del sistema almacenado en un memoria.

2.1.6.- Comportamiento del Sistema

En los sistemas de inyección como son bombas rotativas o en línea la generación de presión, la dosificación del gasoil así como la distribución van unidos en el mismo dispositivo esto tiene consta de unos inconvenientes:

- Al momento de la inyección la presión aumenta junto con el nº de revoluciones y el flujo de inyección.

En el proceso la inyección aumenta la presión de inyección, pero al final de la inyección reduce otra vez hasta el valor de la presión que cierre de inyector. Estas consecuencias son:

- Los flujos de inyección chiquitos se inyectan con bajas presiones y la presión punta es más del doble que la presión de inyección media.

Analizando los datos que obtuvimos esto nos dice que a revoluciones bajas el motor no entrega todo su potencial por tener una presión baja de inyección y altas revoluciones la presión de inyección es mayor que la requerida.

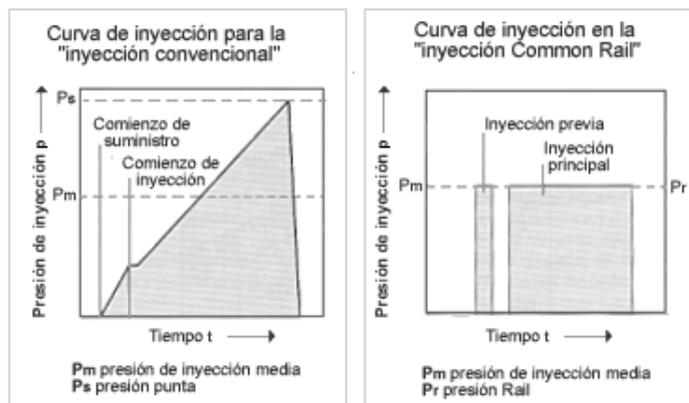


Figura. 2 Curvas de Inyección

Fuente: (Bosch, 2007)

Lo mencionado en anteriores partes eso no sucede con el sistema "Common Rail" ya que este sistemas la generación de presión está distanciada de la dosificación y de la inyección del gasoil, esto tiene un favorable sistema ya que no depende dependa del nº de revoluciones y

así conseguir una presión de inyección constante. Se puede decir que también el grado de libertad en el momento de adelanto o retraso de la inyección es mucho más grande, lo que hace el "Common Rail" ya que es uno motores muy elásticos que desarrollan todo su potencial en todas de revoluciones que se vayan dando.

2.1.7.- Estructura del Sistema

La adaptación de un sistema Common Rail se divide en dos partes fundamentales la parte que suministra el gasoil a baja presión y la que suministra el gasoil a alta presión.

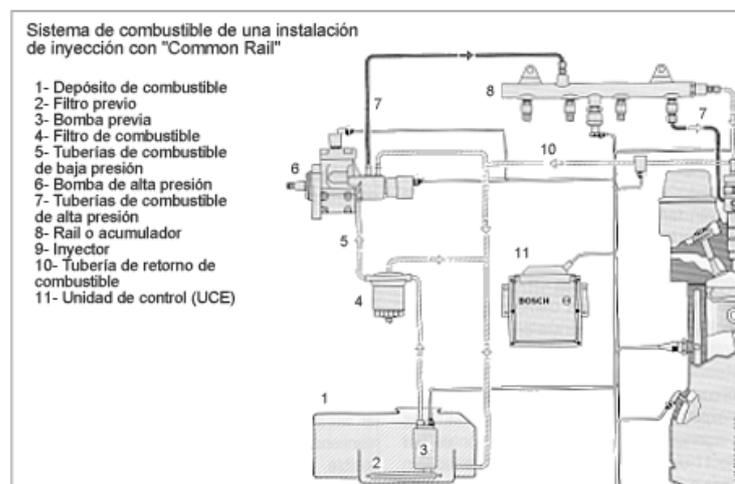


Figura. 3 Sistema de Combustible

Fuente: (Bosch, 2007)

La parte de baja presión consta de:

- Depósito de combustible con filtro previo.
- Bomba previa.
- Filtro de combustible.

- Tuberías de combustible de baja presión.

La parte de alta presión consta de:

- Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión.

- Tuberías de combustible de alta presión.

- Rail como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.

- Inyectores.

- Tuberías de retorno de combustible.

(Toyota, 2005) Así como también los nuevos motores diesel Toyota, Mazda, Volkswagen, Hyundai, Nissan, incorporan las más modernas tecnologías para proporcionar desempeño y consumo de combustible adecuados a la utilización de un vehículo manteniendo los niveles de emisiones de contaminantes más bajos posibles.



Figura. 4 Motor Toyota Hilux Diesel 2.5 D-4D GX

Fuente: (Toyota, 2005)

El sistema “Common Rail” de Toyota usa una bomba de combustible de alta presión que alimenta a un tubo único (Common rail), que distribuye el combustible a presión así a los inyectores.

Al momento de captar la señal enviada por la Unidad de Control electrónico del motor (ECU), el inyector se abre y el combustible es inyectado a alta presión en el cilindro, comparado con los motores diesel anteriores con bomba inyectora y presión de inyección variable con la rotación del motor, el “Common Rail” diesel inyecta combustible siempre a alta presión, e incluso en rotaciones bajas. La alta presión del combustible combinado con los orificios del inyector de diámetro igual al de un cabello, resulta que el gasoil entra la cámara de combustión totalmente pulverizado, el combustible en forma de niebla permite alcanzar elevada eficiencia en la quema del combustible inyectado.

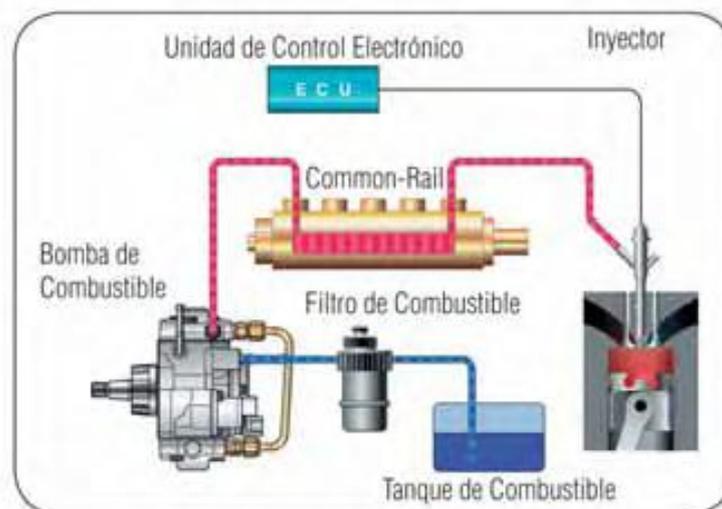


Figura. 5 Circuito “Common Rail” de Toyota

Fuente: (Toyota, 2005)

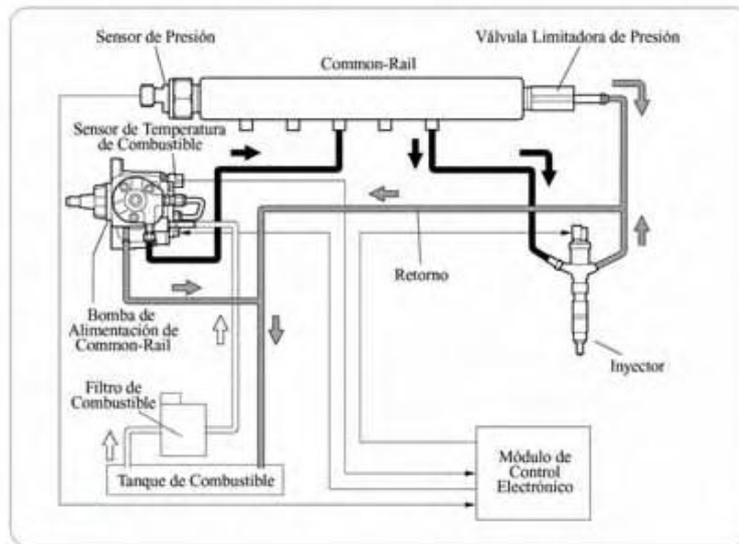


Figura. 6 Esquema del sistema "Common Rail" de Toyota

Fuente: (Toyota, 2005)

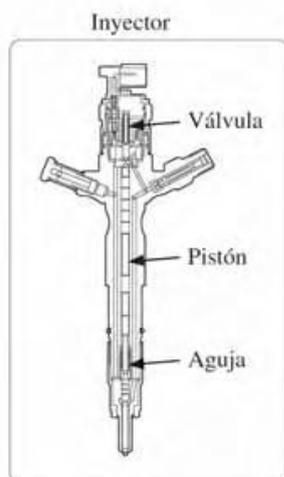


Figura. 7 Inyector

Fuente: (Toyota, 2005)

Para controlar la cantidad de combustible inyectado y en el tiempo de inyección, se utiliza una Unidad de Control Electrónico del motor (ECU) de 32 Bit con alta velocidad de procesamiento de datos recolectados por los sensores de temperatura, rotación y posición de acelerador entre otros.

La inyección directa: en los motores con inyección indirecta el combustible es inyectado en una pre-cámara, luego de la auto-ignición del diesel la llama avanza hasta el cilindro donde tiene lugar a la combustión principal en el motor diesel con inyección directa el combustible es inyectado directamente a la cámara de combustión dentro del cilindro del motor lo que hace más eficiente la combustión y reduce el consumo de combustible y las emisiones de las partículas sólidas y monóxido de carbono (CO).

2.1.8- Funcionamiento

El gasoil que se almacena en el tanque de combustible a baja presión es succionado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una bomba secundaria, en este caso, de alta presión que inyecta el gasoil a presiones que pueden cambiar desde unos 300 bar hasta 1500 y 2000 bar al cilindro, según las características de funcionamiento. En los motores diesel de Toyota se inyecta el gasoil con una presión de 2000 bar.

El conducto común se refiere a una tubería o "rampa" de la que parte varias ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La ventaja principal en este sistema es que puede controlar el suministro de gasoil electrónicamente permitiéndonos así poder realizar pre-inyecciones antes de la inyección principal con lo cual preparáramos una mezcla para una óptima combustión. Esto nos permite reducir el nivel sonoro y un mejor rendimiento del motor.

“Common Rail”, tiene como significado a un “Tubo Común”, cuyo concepto es un tubo que acumula el combustible a alta presión, que es común para todos los inyectores.

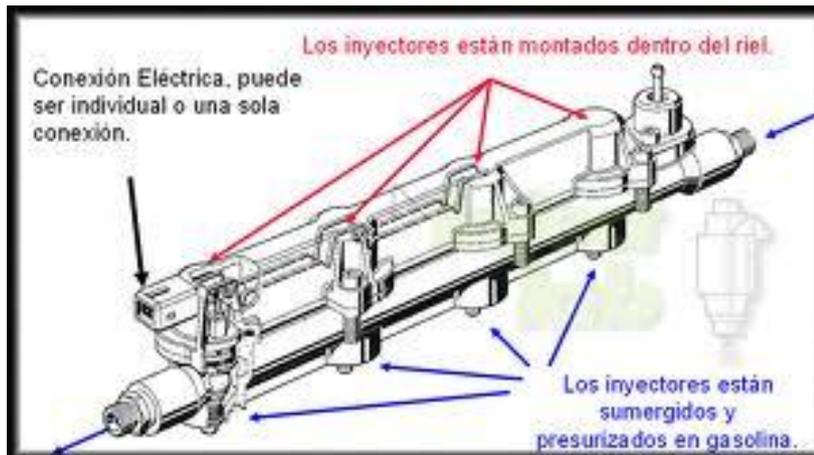


Figura. 8 “Common Raíl”

Fuente :(Varios, 2012)

El sistema de inyección por acumulador "Riel Común" tiene una flexibilidad destacada para la adaptación del sistema de inyección al funcionamiento del motor, en relación con los sistemas propulsados por levas (bombas rotativas). Esto se realiza debido a que está separada la iniciación de presión como así también la inyección. La presión de inyección se realiza separada del régimen del motor y del caudal de inyección. El gasoil para realizar la inyección está en el acumulador de combustible de alta presión de la "Riel".

El conductor establece el flujo de inyección, la unidad de control electrónica (UCE) calcula los campos característicos programados, el momento de la inyección y con inyección presión, y el inyector (unidad de inyección) está realiza las funciones en cada uno de los cilindros del motor, mediante una electroválvula controlada.

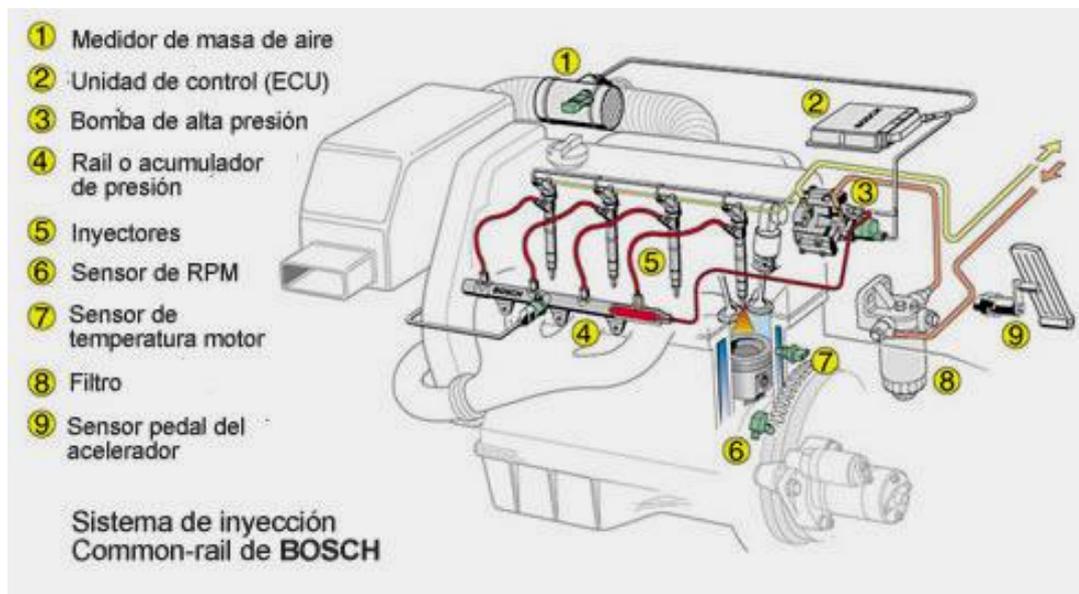


Figura. 9 Sistema de inyección Common Raíl de Bosch

Fuente: (Bosch, 2005)

2.1.9.- Sensores Principales del Sistema “Common Raíl”

- Sensor CKP o de régimen este sirve para la sincronización de las inyecciones en los ciclos del motor.
- Sensor CMP o de fase este sirve para distinguir los cilindros gemelos (p.ej. el 2 y el 3) para ver en cuál de ellos está en compresión y cuál en escape, para inyectar el gasoil en el cilindro que corresponde.
- Sensor del pedal de acelerador, este se instala para determinar la carga necesaria por el conductor y según la pendiente.
- Sensor RPS o de presión de Rail, este detecta la presión en cada instante.

2.1.10.- Sensores Secundarios del Sistema “Common Rail”

- Sensor ECT o de temperatura del motor este sirve para compensar en el arranque en frío.
- Sensor de temperatura del gasoil esta para compensar con gasóleo muy caliente.
- Sensor MAF está para controlar el funcionamiento del EGR o la Recirculación de gases de escape.
- Sensor MAP o presión de admisión del colector, este detecta la sobrealimentación del Turbo.

2.1.11.- Actuadores Principales del Sistema “Common Rail”

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

2.1.12.- Actuadores Secundarios del Sistema “Common Rail”

- Electroválvula de regulación del EGR.
- Relé de control de los precalentadores.
- Mariposa de parada.

2.1.13.- Tubo acumulador de alta presión o “Riel Común”

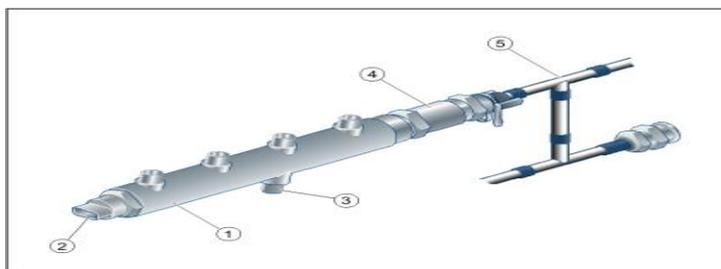


Figura. 10 Tubo Acumulador

Fuente: (Bosch, 2005)

1. Common Raíl
2. Sensor de presión
3. Entrada de combustible
4. Válvula de seguridad
5. Retorno de combustible

El tubo que acumula la presión elevada de gasoil está elaborado de acero forjado y tiene la misión de almacenar el combustible necesario para la inyección a todos los cilindros bajo la alta presión.

También, mediante de su gran volumen, realiza las variaciones de presión generadas por la bomba de alta presión y por el proceso de inyección. En el tubo acumulador de alta presión (Raíl), están las conexiones de la bomba de alta presión, los tubos de alta presión de los inyectores, el retorno de combustible, la válvula de seguridad y el sensor de presión de combustible.

La cantidad de combustible que se entrega en el Common Raíl está permanentemente lleno de gasoil a alta presión. Cuando el gasoil es inyectado hacia la cámara de combustión en el tiempo de inyección, la presión en el tubo Raíl permanece casi constante, debido al gran volumen del acumulador. De esta forma, las oscilaciones de presión resultan del débito de pulsaciones de la bomba de alta presión son atenuadas, es decir, compensadas.

El Rail tiene la función de almacenar el gasoil a alta presión. A la vez debe amortiguar estas presiones mediante el volumen acumulado realizando oscilaciones de presión que producidas por el fuljo de suministro de la bomba de inyección.

La presión que se almacena o se genera en el distribuidor de combustible común para cada uno de los cilindros se mantiene con un valor casi permanente así como también al extraer grandes cantidades de

combustible. Con lo aseguramos que permanezca siempre la presión de inyección al abrir el inyector.

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

2.1.14.- Tubo distribuidor

Este tiene la misión de alimentar con la misma masa de combustible a todos los inyectores del motor y retornar el combustible, estos se encuentran en la culata del motor.

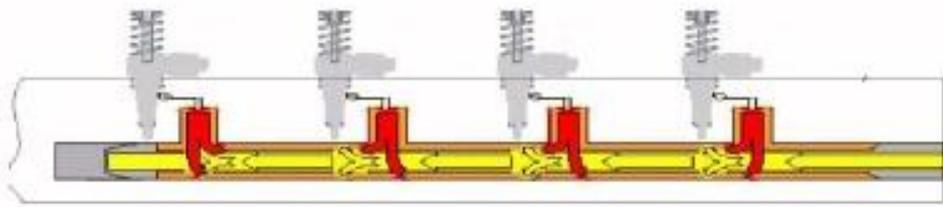


Figura. 11 Tubo Distribuidor

Fuente: (Bosch, 2005)

2.1.15.- Estructura

El conducto común en forma de tubo puede estar diseñado de diferentes formas en función de las diferentes condiciones de montaje del motor.

Ofrece posibilidades del montaje del sensor presión del conducto común y la válvula limitadora de presión o la válvula reguladora de presión.

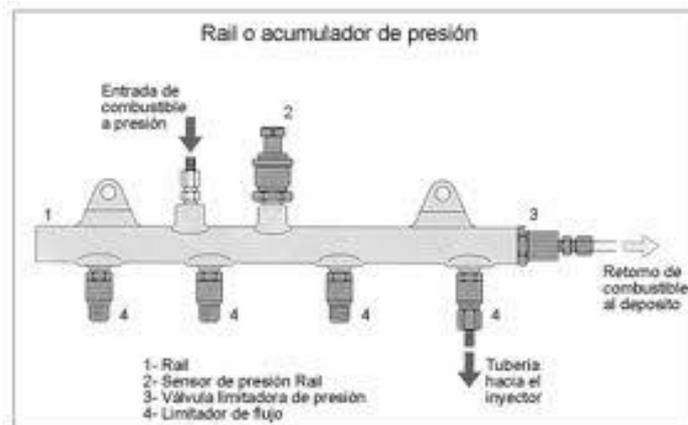


Figura. 12 Estructura del Sistema Common Rail

Fuente: (Slideshare, 2012)

(Hermogenes, 2001) El combustible comprimido por la bomba de alta presión se dirige a la entrada del conducto común a través de la tubería de alta presión de combustible, desde allí se distribuye a cada uno de los inyectores, (de ahí el concepto de “Common Rail” es decir conducto común).

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

La válvula limitadora de presión se utiliza en función de los requisitos del sistema como alternativa a la válvula reguladora de presión, y tiene como tarea mantener la presión del combustible del conducto común a su valor máximo admisible, el combustible sometido a elevada compresión es conducido del conducto común a los inyectores a través de la tubería de alta presión.

El volumen existente en el conducto común está lleno continuamente con combustible sometido a presión, la compresibilidad del combustible obtenida gracias a la elevada presión se utiliza para conseguir un efecto

de acumulación, al tomarse el combustible del conducto común para efectuar una inyección.

La presión existente en el acumulador de alta presión se mantiene prácticamente constante incluso en caso de tomar volúmenes más grandes de combustible.



Figura. 13 Riel Común

Fuente: (Slideshare, 2012)

2.1.16.- Inyectores para el Sistema “Common Rail”

Los inyectores que se utilizan en los sistemas Common-rail son activados electrónicamente a diferencia de los que venían en los autos de bomba rotativa que inyectan el gasoil de forma mecánica. Con esto se tiene una precisión a la hora de inyectar el gasoil y se simplifica el sistema de inyección.



Figura. 14 Inyectores Common Rail

Fuente:(Varios, Inyectores Common Rail, 2012)

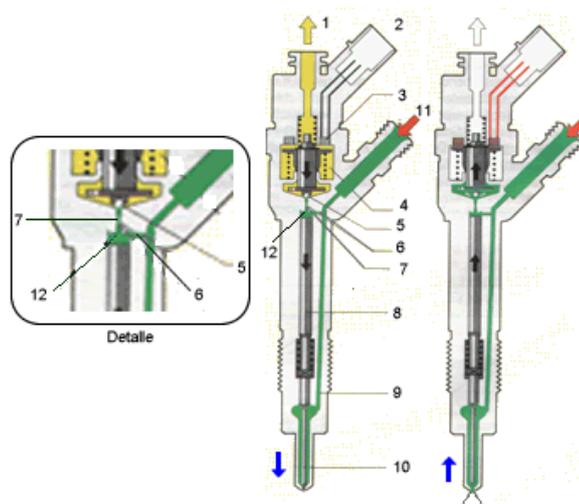


Figura. 15 Estructura de un Inyector

Fuente: (Slideshare, 2012)

Esquema de un inyector: 1.- retorno de combustible a deposito; 2.- conexión eléctrica 3.- electroválvula; 4.- muelle; 5.- bola de válvula; 6.- estrangulador de entrada; 7.- estrangulador de salida; 8.- embolo de control de válvula; 9.- canal de afluencia; 10 aguja del inyector; 11.- Entrada de combustible a presión; 12.- cámara de control.

2.1.17.- Estructura

Las partes o segmentos del inyector se dividen en tres bloques funcionales:

- El inyector de orificios.
- El servosistema hidráulico.
- La electroválvula.

2.1.18.- Funcionamiento

El funcionamiento del inyector podemos dividirlo en cuatro partes de servicio, con el motor en funcionamiento y la bomba de alta presión funcionando.

- Inyector cerrado (con alta presión presente).
- El inyector abre (comienzo de inyección)
- Inyector totalmente abierto.
- El inyector cierra (final de inyección).

Si el motor no está en marcha la presión de un muelle mantiene el inyector cerrado.

* El Inyector cerrado (condición reposo): La electroválvula no se activa (estado de reposo) y por tal motivo tenemos cerrado el estrangulamiento de salida lo que hace que la presión del gasoil sea igual en la cámara.

* El inyector abre (comienzo de inyección): El inyector lo tenemos en posición de reposo. La electroválvula se activa con la llamada corriente de excitación la cual sirve para la apertura rápida de la electroválvula.

* Inyector abierto: El émbolo de mando alcanza su máximo estado superior y permanece allí sobre un volumen de gasoil de efecto amortiguador.

* El inyector es cerrado (final de inyección): Esto sucede cuando deja de funcionar la electroválvula, el inducido presiona hacia abajo por la fuerza

que ejerce el muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida de gasoil.

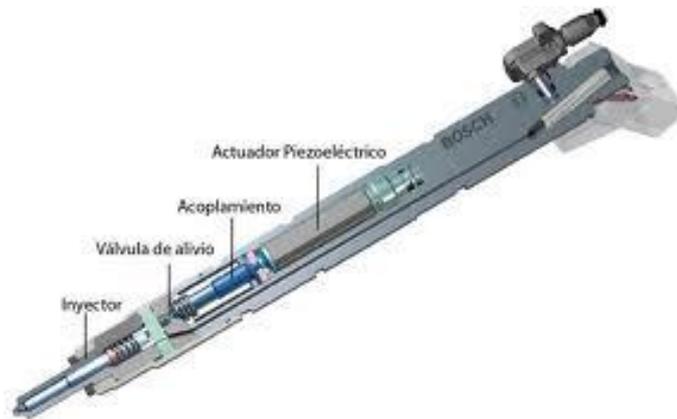


Figura. 16 Inyector

Fuente: (Varios, Inyectores Common Rail, 2012)

2.1.19.- Bomba de alta presión

2.1.20.-Funciones

Esta bomba tiene la función de entregar y a la vez de poner siempre a disposición suficiente gasoil comprimido, en todas las necesidades de servicio y durante toda la vida útil del vehículo. Esto implementa el mantenimiento de la reserva de gasoil necesaria para un proceso más rápido de arranque y un aumento instantáneo de presión en el riel.

La bomba de alta presión genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador de alta presión, esta se acciona mediante el motor, mediante el acoplamiento, la bomba se lubrica con su propio combustible.

Esta bomba que genera la alta presión encuéntranos con interrelacionada entre la parte de presión baja y la parte de alta presión. La bomba produce contantemente la presión del sistema para el acumulador alta presión (Raíl). Por tal situación, en relación con sistemas de inyección convencionales, ya no necesitamos que el combustible tenga

que ponerse a disposición "altamente comprimido" especialmente para cada proceso de inyección en particular.

La bomba de alta presión está montada exactamente en el mismo lugar del motor diesel que las bombas de inyección rotativas anterior. La bomba es puesta en funcionamiento con el motor, mediante un acoplamiento, como es un piñón, una cadena o correa dentada, con 3000 rpm como máximo.

2.1.21.- Bomba Common Raíl

2.1.22.-Descripción

El eje de accionamiento y de transmisión, conjunto de leva para esta bomba, se sustituye por un eje con una parte excéntrica conectada a las varillas de empuje.

Este excéntrico es girado por el eje transmisión de la bomba. Su forma redondeada específica, está diseñada para conducir el movimiento de la barra de empuje y generar alta presión.

Para los motores que requieren tasas sustanciales de flujo, la bomba está equipada con tres émbolos angularmente colocados a 120 grados entre sí. Para los motores que necesitan un caudal menos sustancial, una solución, dos émbolos vienen adoptados con los pistones situados angularmente a 180 grados.

Puesto que la bomba ya no establece la inyección procedimiento es posible extender la fase de bombeo para reducir la unidad de esfuerzo de torsión, vibración y ruido.

Las diferencias más significativas de las bombas rotativas electrónicas son los siguientes:

- El excéntrico.
- La forma de árbol de transmisión.
- El número de émbolos.
- Rodamientos de rodillos reemplazados por cojinetes de fricción.
- Mayor capacidad de bombeo por revolución.
- Mayor velocidad de rotación.
- Bomba de dimensiones reducidas.
- Transferencia de la bomba como una opción.

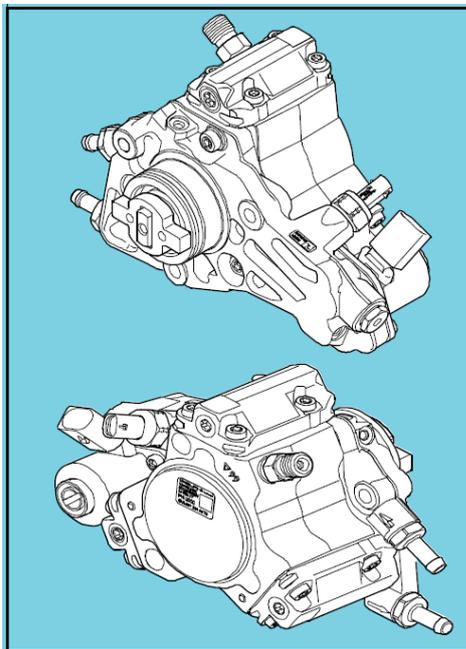


Figura. 17 Bomba Common Raíl

Fuente: (Bosch, 2005)

2.1.23.-Funcionamiento

(Arpem, 2013) Una bomba de transferencia pasa gasóleo a través del filtro, de una bomba de alimentación en el tanque de combustible y pone el combustible a presión. En el primer caso, el principio de bombeo emplea el concepto de transferencia hacia la bomba. El funcionamiento y características son casi los mismos que para cualquier modelo. La única diferencia importante es en el que se coloca en la parte frontal y directamente ya no dentro de la carcasa de la bomba misma.

Un regulador de presión de alimentación esta interna en la bomba, que se necesita cuando se utiliza una bomba de transferencia.

1. Cuerpo de transferencia de la bomba
2. Platinos x4
3. Disco de distribución
4. Rotor
5. Cuerpo de alta Presión
6.Pista

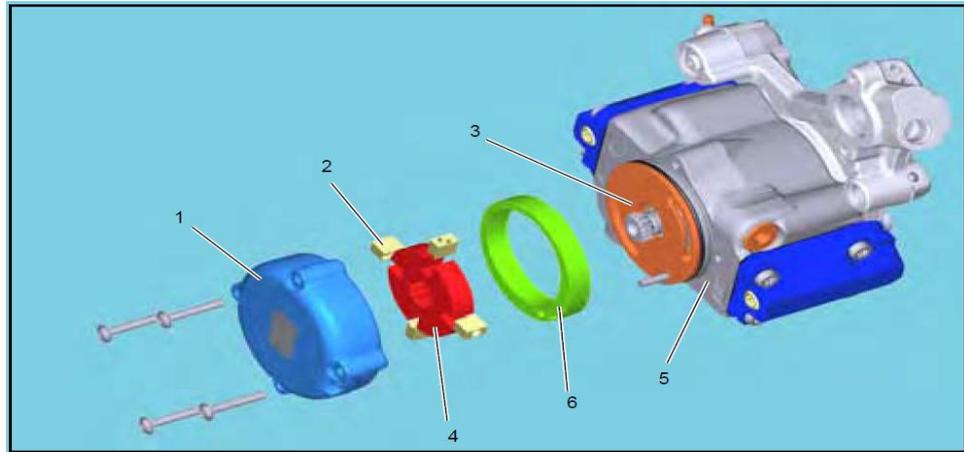


Figura. 18 Despiece de Bomba

Fuente: (Bosch, 2005)

2.1.24.-Principio de Bombeo

La bomba es accionada por la correa, cadena o una unidad de Oldham como se muestra en el diagrama abajo (12). El par de transmisión es enviado a través de eje de accionamiento (13) a la excéntrica, y leva (7). En el diagrama de la leva (7) está en posición de reposo, con sus caras planas tocando las varillas de empuje (6).

La leva se considera que está en un puesto de trabajo cuando una de las caras curvas actúa sobre una de las varillas de empuje. Esta varilla de empuje impulsa émbolo del pistón (3) y comprime resorte (4). La cantidad de combustible comprimido en el recorrido del pistón está representada por la figura 2 en el diagrama de carga hidráulica.

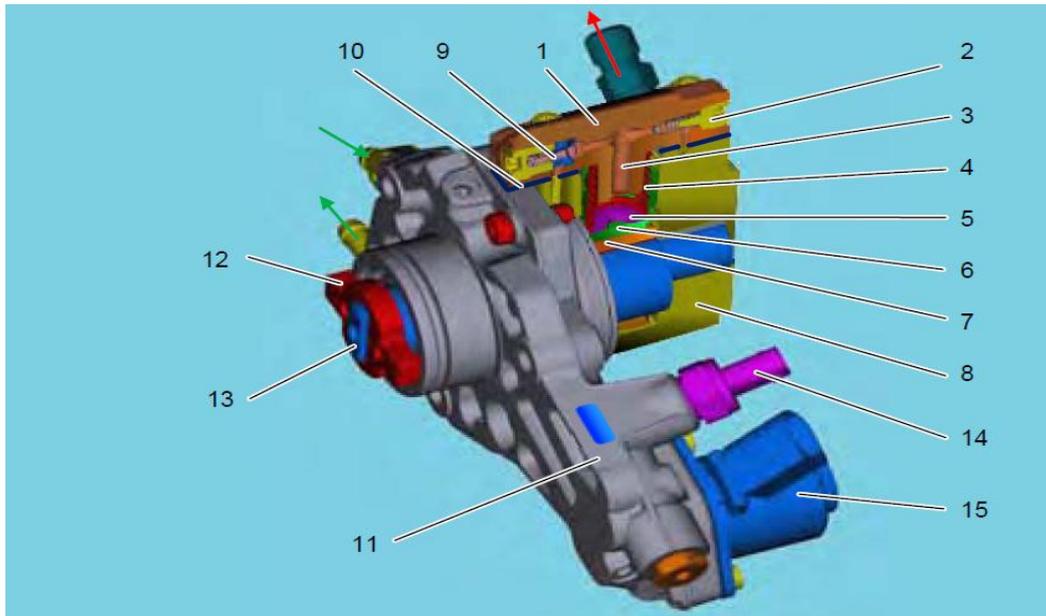


Figura. 19 Sección de la Bomba

Fuente: (Bosch, 2005)

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1. Cabeza de cilindro | 7.Cámara | 13.Eje impulsor |
| 2. Válvula de Descarga | 8. Cuerpo de la Bomba | |
| 3. Pistón Émbolo | 9.Entrada de la Válvula | |
| 4. Resorte de pistón | 10.Cabeza de Cilindro | |
| 5. Copa resorte retráctil | 11.Disco de Identificación | |
| 6. Varilla de Empuje | 12.Oldham drive | |

2.1.25.-Válvulas de entrada y salida

La apertura y cierre de las válvulas depende los movimientos de los pistones del émbolo, como sigue:

- En la fase de expansión, en el descenso el pistón genera un vacío que hace que la válvula de entrada abra, causando así el llenado de la cámara de compresión. A la vuelta, la válvula de salida permanece en su asiento desde la presión real detrás de ella que es igual a la barandilla presión.

- En la fase de compresión, la entrada de la válvula se cierra como el pistón creciente, pone el combustible en la cámara bajo presión y por lo tanto empuja la válvula en su asiento. La válvula de descarga se abre cuando la presión de la cámara se convierte mayor que la presión del carril.

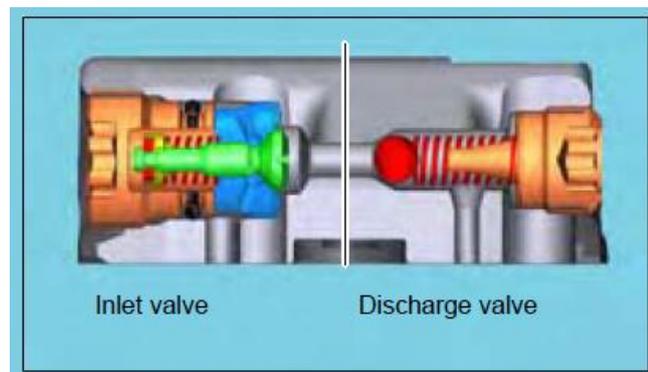


Figura. 20 Close up de las válvulas

Fuente: (Bosch, 2005)

2.1.26.- Ventajas del sistema

- 1 – La de mejora la formación de la mezcla aire combustible para conseguir una mejor combustión.
- 2 - La presión que se necesita para la inyección podemos elegir libremente dentro de un campo muy amplio.
- 3 - Al iniciarse la inyección, la cantidad de gasoil que será inyectado también puede elegirse libremente.
- 4 – Este es más flexible cuando cambiamos las condiciones en las que va a funcionar el motor.
- 5 – Este requiere menos potencia al motor para el funcionamiento.
- 6 - Tiene un sistema simplificado a diferencia de otros.
- 7 – Contiene un sistema modular.

8 – Tiene una mayor precisión del mando de la inyección, es decir en el adelanto y durante la inyección.

9 - Funcionamiento con regímenes del motor elevados 6000 RPM.

10 – Consta de un aumento progresivo del par y de la potencia suministrada por el motor.

11 - Reducción de los consumos de combustible.

12 - Reducción de las emisiones contaminantes.

13 - Reducción del ruido del motor en general.

14 - Mejora en la facilidad de conducción.

2.2.- Módulo de Enseñanza

La definición de módulo de enseñanza podemos decir que es una propuesta organizada de elementos o partes instructivos de información para que los alumnos(a) desarrolle aprendizajes específicos en torno con un determinado tema o sistema.

Los elementos instructivos básicos que componen un módulo debe incluir son:

- Los objetivos de aprendizaje
- Los contenidos a adquirir
- Las actividades que el alumno ha de realizar
- La evaluación de conocimientos o habilidades

Según el escritor García Francisco (2009) en su obra Modelos Didácticos como Instrumentos de Análisis tomo 5 dice: “Un módulo se forma por capítulos o unidades. Estas se pueden organizar de varias formas. Las dos formas son las básicas para estructurar un módulo ya sea en secciones o unidades, las dos sirven para una organización en torno a una información de contenido (por ejemplo, un módulo se puede

estructurarse por épocas o periodos, o también se puede organizar un módulo por niveles de aprendizaje.

También podemos decir que los módulos para la enseñanza son estructuras organizadas (como también son las secciones, las unidades didácticas, o los diseños curriculares) de los distintos elementos del currículo: los objetivos, los contenidos, metodología y evaluación.

En definitiva, el objetivo real para la enseñanza y aprendizaje los módulos deben tener operatividades y presentados al alumno a través de materiales didácticos también conocidos como “Materiales Curriculares”.

El conocimiento implicado en cada módulo es enseñado y aprendido a través de los materiales didácticos. Por lo tanto, en la práctica a veces se tiende a confundir los módulos con materiales didácticos, aunque en efectos teóricos sea necesario separarlos.

2.2.1.- Modelos Didácticos

2.2.2.- Modelo Didáctico Tecnológico.

Para García Francisco (2003) en su obra Modelos didácticos como instrumentos de Análisis tomo 1 dice: “La metodología utilizada por el modelo didáctico tecnológico, está acorde a los métodos de las disciplinas. Las actividades que combinan la socialización y las practicas, periódicamente en forma ordenada del descubrimiento dirigido a estudiantes (y en ocasiones de descubrimiento espontaneo).

La incidencia del profesor consta de la exposición y en la dirección de las actividades de la clase además del mantenimiento del orden.”

La recolección de una introducción más “Moderna” para el estudiante con lleva la incorporación a los contenidos estudiantiles de aportaciones más recientes de conocimientos científicas, o también conllevan conocimientos no estrictamente disciplinares, vinculados a problemas sociales y ambientales de actualidad.

También se integra la manera para enseñar varias formas metodológicas o técnicas concretas, procedentes de las disciplinas.

Como a la vez se deposita una confianza en la aplicación de esos métodos que va a repercutir en el estudiante el aprendizaje de aquellas conclusiones ya previamente diseñadas por los científicos.

Con esto conseguimos una curiosa relación entre contenidos disciplinares y metodologías “Activas”, que por encima de su carácter “Dual”, es decir, esa mezcla de una tradición de disciplina y del activismos, encuentra cierta coherencia en su aplicación, satisfacción por lo demás diversas expectativas del profesorado y de la sociedad.

Al momento de la prueba se puede ver las adquisiciones disciplinarias de los estudiantes, también se puede decir que hay una intriga por comprobar la información de otros nuevos aprendizajes relacionados con los procesos metodológicos empleados.

2.2.3.- Módulo Didáctico Instruccional

Un módulo instruccional podemos decir que es un instrumento didáctico que contiene todas las partes que son de muy necesarios para el aprendizaje de nuevos conceptos y habilidades al ritmo de/la alumno(a) y sin el elemento presencial continuo del profesor.

Es necesario y obligatorio poseer un criterio teórico y práctico al crear o diseñar módulos instruccionales, por ello utilizamos los métodos que se manejan para la creación de los mismos materiales, la metodología del Diseño Instruccional. Esto se discutirá más adelante. También decimos, el creador instruccional es la persona que tiene la información para la creación de módulos instruccionales. Pero cabe recalcar, siempre y cuando el cumpla con los requisitos metodológicos necesarios y correctos, cualquier persona también puede crear un módulo instruccional de información.

Un módulo didáctico instruccional a parte de contener conceptos de un marco teórico consta de un diseño instruccional.

2.2.4.- El Diseño Instruccional (DI)

Es un proceso fundamentado en teorías de disciplinas académicas y prácticas, que tiene el efecto de maximizar la comprensión, uso y aplicación de la información, a través de estructuras sistemáticas, metódicas y pedagógicas.

En una respuesta más simple, el DI es una método de estrategia pedagógica, que nos sirve de referencia para producir una variedad de materiales educativos, asegurándose así la calidad de aprendizaje.

Una fases de DI: consta de un armazón procesal sobre el cual se genera la instrucción de forma sistemática las partes del DI que son.

- Análisis, Diseño, Desarrollo, Implantación e Implementación, Evaluación.

2.3.- Posicionamiento Teórico Personal

El sistema “Common Rail” desde nuestro punto de vista es hasta el momento uno de los mejores avances tecnológicos que la industria automotriz diseño para la implementación en los vehículos de motores Diesel, este nuevo sistema se base en el sistema de motores a gasolina, como sabemos este sistema fue por primera vez aplicado en la marca Fiat, el primer vehículo diesel en el que apareció fue en el Croma TDi en 1986, luego de irme mejorando este paso a manos de Bosch que es el encargado hasta la actualidad de distribuir este sistema a todas las marcas automotrices para implementar en su vehículos , este ha mejorado la combustión en los autos ya que tiene una mejor distribución del combustible en cada uno de los cilindros ya que consta de una riel que facilita esta repartición de gasoil de acuerdo a la necesidad del vehículo, todo esto es correctamente dirigido por una computadora, en el campo ambiental este tipo de sistema es muy generoso porque tiene bajos niveles de contaminación gracias a su excelente combustión y a la ves mejora el rendimiento del motor y produce un ahorro de combustible para los dueños de los vehículos, este ha tenido buena acogida en campo automotriz por su beneficios en brinda a la sociedad.

2.4.- Glosario de Términos

ABS.- AntiBlock Brake System este es un sistema de antibloqueo de ruedas, dispositivo que se diseña para dar adherencia a los neumáticos durante el frenado.

Bit.- Binary Digit (digito binario), un bit es un digito del sistema de numeración binario.

Bomba de alta presión.- es un dispositivo mecánico que tiene la función de aumentar la presión de un fluido en un sistema.

Common Rail.- conducto común, riel común, rampa de inyección.

Caudal.- es una cantidad de o líquido que pasa con respecto al tiempo. Normalmente identifica el fluido o volumen que pasa por un área dada con la relación al tiempo.

Cilindro.- es un recinto donde se desplaza el pistón.

CRS. - Common Rail System.

CRDI.- Siglas según el fabricante del automóvil (Common Rail Direct Inyección).

Electroválvula.- es una válvula electromecánica, creada para controlar el flujo de un fluido mediante un conducto como puede ser una tubería o cañería.

Flujo.- Cantidad de una sustancia, una radiación, etc., que atraviesa una superficie en una unidad de tiempo.

Gases de Escape.- esto se refiere a los gases de escape al material en forma de gas evaporado que ya no tiene utilidad y que se produce como consecuencia al proceso de combustión.

Inyección.- es un proceso mediante el se hace fluir un líquido o material viscoso por medio de una cañería o un conducto para un determinado fin.

Interfaz de Diagnostico.- es un protocolo de comunicación entre el vehículo y el scanner.

Inmovilizador electrónico.- es un sistema electrónico antirrobo. Se activa al momento de quitar la llave de contacto y funciona conjuntamente con la unidad de control del motor.

Inyectores.- es un elemento utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Venturi y entregar combustible en el cilindro del motor.

Memoria.- dispositivo encargado de almacenar información, códigos de un vehículo.

Ralentí.- es el giro mínimo de revoluciones por minuto (giros o vueltas por minuto) a las que se ajusta un motor de combustión interna en estado de parqueo.

Sistema EGR.- es una válvula que sirve para la recirculación de gases de escape, fueron diseñadas, para traer gases del múltiple de escape, hacia el (múltiple de admisión) manifold de admisión.

Sistema CAN BUS.- es un sistema de conexión que desarrollado Bosch para el intercambio de información entre unidades del vehículo.

Sensores.- es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas y químicas, y transformarles en variables eléctricas.

UCE.- unidad de control electrónico.

2.5.- Interrogantes de la Investigación.

1.- ¿Cómo realizar un módulo de enseñanza didáctico del sistema Common Rail de un motor Mazda BT 50 Diesel?

2.- ¿Que finalidad se busca al realizar este tipo de documento para la enseñanza del Sistema Common Rail de Mazda?

3.- ¿Por qué es importante socializar el documento en la carrera de Ing. en Mantenimiento Automotriz?

2-6.- Matriz Categorial

DEFINICIÓN	CATEGORIA	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>Sistema Common Rail</p> <p>Es un avance tecnológico en los motores Diesel que fue diseñado por Fiat, en la actualidad las empresas automotrices utilizan el sistema de Bosch.</p>	<p>Elevador de presión</p> <p>Acumulador de combustible</p> <p>Conjunto de inyectores</p> <p>Sensores y Actuadores</p>	<p>Es una bomba tipo CP3</p> <p>Una riel o rampa de almacenamiento de combustible</p> <p>Alimentadores de combustible a los cilindros</p> <p>Encargados de monitorear el sistema para su buen funcionamiento</p>	<p>Mejor eficiencia del motor.</p> <p>Menores emisiones contaminantes.</p> <p>Menor consumo de combustible.</p> <p>Mejor distribución de combustible en los cilindros.</p>
<p>Módulo de Enseñanza</p> <p>Es una propuesta organizada de los elementos o componentes instructivos para el alumno, profesores desarrollen aprendizajes específicos.</p>	<p>Modelos Didácticos</p>	<p>Modelo Didáctico Tecnológico</p>	<p>Técnicas Concretas</p>

CAPÍTULO III

3.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.- Diseño de la Investigación

La presente investigación es de tipo documental por que se utilizarán libros, documentos, fichas técnicas las cuales nos ayudará a recolectar la información necesaria para poder desarrollar en forma correcta y adecuada el módulo sobre la Riel Común.

Así como también la presente investigación es de tipo práctico ya que este proyecto servirá como material didáctico para las futuras generaciones de nuestra carrera en la universidad.

3.2.- Métodos

Para la siguiente investigación se utilizara los siguientes métodos:

Empíricos:

3.2.1. La recolección de información

Para la recolección de información nos basamos en varios manuales y libros de mecánica a más de la Web, ya que estas fueron nuestras fuentes de información referente a nuestro tema de investigación.

Teóricos:

3.2.2. Científico.- Es un proceso que con un conjunto de reglas o pasos que indican el procedimiento para obtener una investigación con los resultados que sean aceptados como válidos por la comunidad científica.

3.2.3.- Tecnológico.- Este tipo de investigación en las carreras de la ingeniería tienen un proceso de características que la involucran en forma instantánea con las innovaciones tecnológica, lo cual indica que las instancias de promoción inicial de los proyectos de investigación y la evaluación de la investigación tecnológica que se puede llevar a la utilización como un instrumento para fomentar la innovación.

3.2.4.- Analítico.- Este método será de mucha importancia en la medida que realicemos el análisis no solamente de aspectos teóricos, científicos, sino también de los resultados o productos que se vayan logrando en el proceso investigativo de este proyecto.

3.2.5. Sintético.- La gran variedad de información teórica que obtengamos necesariamente se deberá sintetizarla, sin que por ello pierda su valor, calidad y didáctico.

3.2.6. Inductivo.-

Este método nos permitirá llegar a conclusiones de carácter general, sobre la base de un proceso que parte del estudio de hechos particulares al analizar las encuestas.

3.2.7. Deductivo.-

Este método aplicaremos partiendo de hechos generales, luego de realizar un proceso investigativo, llegaremos a determinar, evaluar y emitir juicios de valor de aspectos particulares al aplicar las conclusiones sobre nuestro tema de investigación.

CAPÍTULO IV

4.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

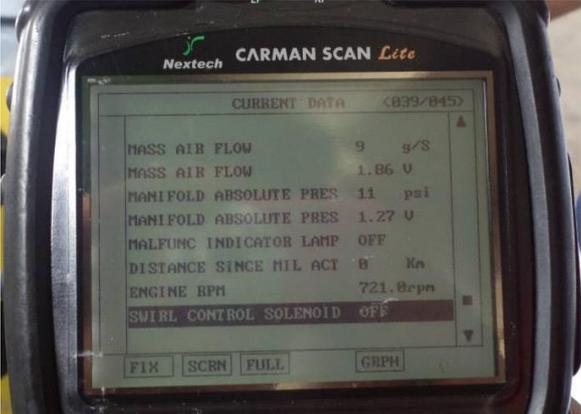
4.1.- Introducción

El análisis e interpretación de resultados, consta básicamente de mediciones y del diagnóstico mediante un scanner automotriz el cual nos permitió observar e interpretar el funcionamiento del motor Mazda BT 50 WL-C CRDi Diesel.

4.2.- Mediciones con Scanner

Las mediciones que las realizamos fueron de la presión del riel de combustible el cual tenía una presión de 43 MPa., así como también pudimos observar fue la presión barométrica la cual tenía 14 Psi con una señal de voltaje de 3,06 v.

Tabla 1 Mediciones con el Scanner



The image shows a handheld diagnostic scanner screen displaying the following data:

CURRENT DATA <039/045>	
MASS AIR FLOW	9 g/s
MASS AIR FLOW	1.06 V
MANIFOLD ABSOLUTE PRES	11 psi
MANIFOLD ABSOLUTE PRES	1.27 V
HALFMC INDICATOR LAMP	OFF
DISTANCE SINCE MIL ACT	8 km
ENGINE RPM	721.8rpm
SWIRL CONTROL SOLENOID	OFF

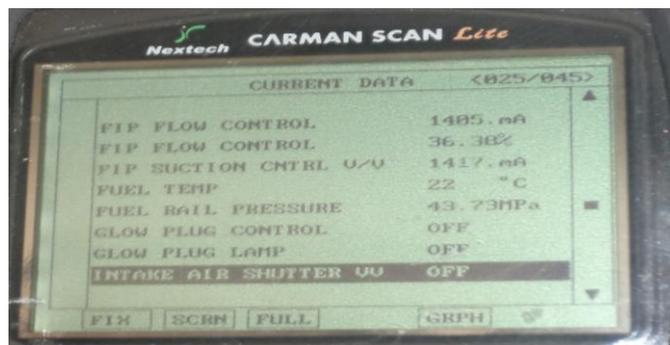
At the bottom of the screen, there are four buttons: FIX, SCRN, FULL, and GRPH.

Fuente: Autores

4.2.1.- Diagnóstico 1

En este diagnóstico observamos algunos datos del motor en funcionamiento como fue el IAT que tenía 23° C con una señal de 2.16 v y el MAF con señal de 1.29 v pero varía con la aceleración.

Tabla 2 Datos Observados



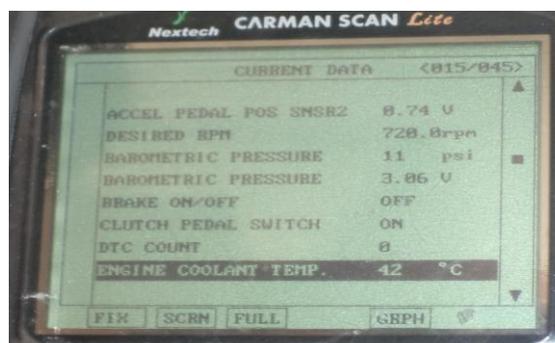
CURRENT DATA <825/845>	
FIP FLOW CONTROL	1485. mA
FIP FLOW CONTROL	36.38%
FIP SUCTION CNTRL U/U	1417. mA
FUEL TEMP	22 °C
FUEL RAIL PRESSURE	43.73MPa
GLOW PLUG CONTROL	OFF
GLOW PLUG LAMP	OFF
INTAKE AIR SHUTTER UU	OFF

Fuente: Autores

4.2.2.- Diagnóstico 2

Aquí observamos la temperatura del motor de 42 ° C la cual fue aumentando progresivamente con el tiempo, así como las rpm en las que se encontraba como también las señales del pedal y la presión barométrica.

Tabla 3 Variacion de Datos



CURRENT DATA <815/845>	
ACCEL PEDAL POS SNSR2	8.74 V
DESIBED RPM	728.8rpm
BAROMETRIC PRESSURE	11 psi
BAROMETRIC PRESSURE	3.86 V
BRAKE ON/OFF	OFF
CLUTCH PEDAL SWITCH	ON
DTC COUNT	8
ENGINE COOLANT TEMP.	42 °C

Fuente: Autores

4.2.3.- Diagnóstico 3

Variación de las ondas según el funcionamiento del motor.

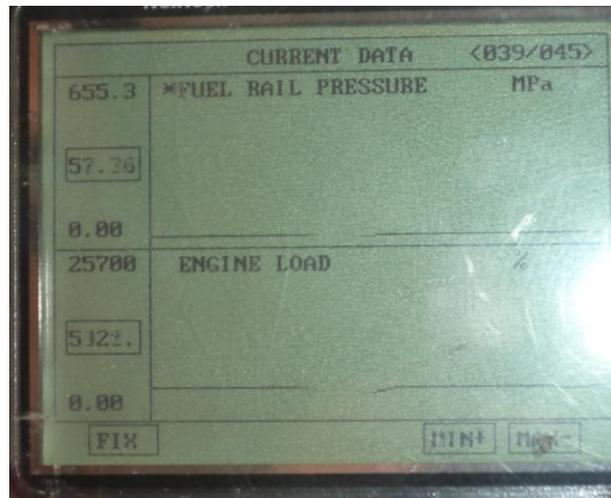


Figura. 21 Motor en Ralentí

Fuente: Autores

4.2.4.- Diagnóstico 4

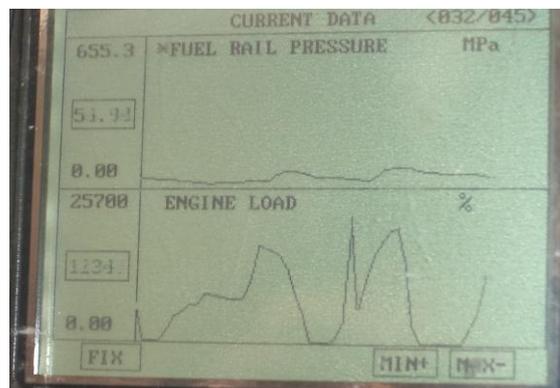


Figura. 22 Variación de ondas

Fuente: Autores

4.2.5.- Diagnóstico 5

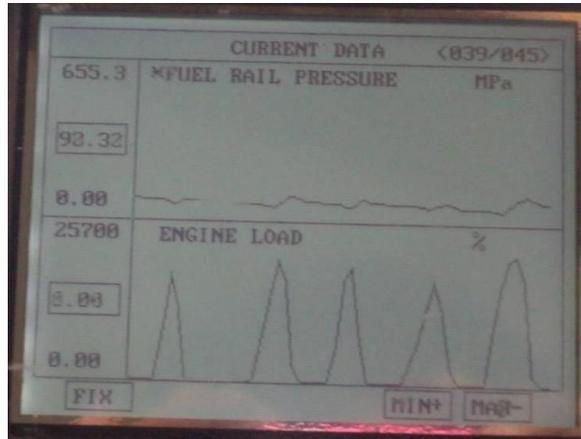


Figura. 23 Aceleración y Desaceleración

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

- El sistema common rail incorporados en los motores Mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi Diesel es un sistema electrónico el cual podemos monitorearlo o diagnosticarlo mediante el scanner CARMAN en versión 3.0 y así se podrá observar los datos del motor.
- En el scanner CARMAN podemos leer y observar las presiones de inyección así como también la presión del riel la cual nos da en MPa, a la vez nos permite ver las gráficas mínimas y máximas de aceleración del motor.
- En los motores con sistema common rail de Bosch, al momento de hacer un diagnóstico para los inyectores así como también para la bomba combustible debemos realizarlos con el scanner de la marca Bosch ya que si hace con un genérico no se obtendrá datos.
- Las variaciones de funcionamiento del motor al momento de una aceleración o de una desaceleración en el scanner se podrá observar mediante unas graficas en forma de ondas con unos picos como máximo.

5.2.- Recomendaciones

- Para el diagnóstico del sistema Common Rail del motor Mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi Diesel se recomienda utilizar un scanner con un software con la última actualización ya que estos motores poseen una nueva tecnología , con ello evitaremos datos erróneos.
- Al momento de realizar un diagnóstico de un sistema Common Rail se recomienda tener conocimientos básicos para la utilización de un scanner ya que este nos entregara datos muy exactos los cuales debemos saber interpretarlos correctamente para realizar un buen diagnóstico.
- Cuando necesitemos programar los inyectores common rail y revisar su funcionamiento así como también revisar de presiones más exactas de la bomba de combustible en los sistemas Bosch se recomienda utilizar un scanner de marca Bosch ya que este es el único que nos permite hacer esas mediciones.
- Las personas que posean algún problema cardiaco o tengan incorporado algún elemento electrónico en su cuerpo deben limitarse a maniobrar este sistema ya que emite un elevado campo magnético, así como también se deber tener mucho cuidado al momento de manipular este sistema porque posee presiones muy altas.

CAPÍTULO VI

6.- PROPUESTA ALTERNATIVA

6.1.- Título de la Propuesta

“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA, DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL”

6.2.- Justificación e Importancia

Considerando que la educación es la base de nuestro desarrollo profesional y tecnológico, es el objetivo principal para la elaboración de esta propuesta, incluyéndose de técnicas motivadoras que hacen partícipes de estudiantes y docentes.

El interés principal es el de promover el cambio activo, cooperativo y participativo para fomentar la utilización de nueva tecnología en el motor Mazda BT 50 Diesel, de los educandos que permitan lograr avances en los aspectos académicos, prácticos y tecnológicos.

La razón primordial por la cual se realizó este módulo didáctico es con el fin de mejorar el conocimiento y aptitudes de los estudiantes tanto teórico como práctico aprendido en las aulas y talleres de la carrera de Ing. Mantenimiento

Automotriz, aplicando el proyecto de la propuesta de la elaboración de un módulo para la enseñanza e identificación de las partes y sus

funcionamientos de un sistema Common rail del motor Mazda BT 50 diesel.

Con la elaboración de este proyecto el aporte científico, es de dar solución a los problemas ocasionados por la falta de material didáctico con nuevos avances tecnológicos en la industria automotriz.

Por tal motivo la presente investigación beneficiara a los compañeros estudiantes de la carrera así como también a sus docentes ya que podrán contar con una guía práctica y teórica de este avancen tecnológico en los motores de combustión interna de tipo diesel como es el sistema common rail.

De ahí se esperara que todos los docentes se relacionen en este propósito para alcanzar los objetivos planteados para beneficio de los estudiantes y de la carrera.

6.3.- Fundamentación Tecnológica

Mazda (マツダ Matsuda) es una empresa que se dedica a la fabricación de autos con su cuartel principal en la ciudad de Hiroshima, y con varias plantas las misma que se encuentran en Nishinoura, Nakanoseki (Hofu); y Miyoshi, Japón.

Mazda fue creado en Japón en 1920 por Jujiro Matsuda como Toyo Cork Kogyo que esta originalmente fue diseñada para la fabricación de herramientas y maquinaria de vehículos pesados, luego cambió a la fabricación de autos con su primer modelo, el Mazda-Go en 1931.

La marca Mazda viene del gran Ahura Mazda, que tiene como relación con el dios superior de Persa Zoroastrismo. Era un dios que tenía la razón, el cual daba o concedía la sabiduría y a la vez unía al hombre con

la naturaleza, Mazda también hace memoria al apellido del fundador de la Compañía, Jujiro Matsuda.

Esta marca como es Mazda tiene fábricas de ensamblaje en 21 países y a la vez exporta a 120 países más de 35.000.000 de autos hasta el momento consolidándose como una de las fábricas de automóviles más prestigiosas del Mundo.

El sistema Common rail se base en la distribución homogénea de combustible a todos los cilindros del motor, está relacionado con las rpm (revoluciones por minuto) ya que en estado de ralentí las presiones o varían más de los doscientos bares , en cambio cuando esta suben aproximadamente más de 2000 rpm la presión varía desde 1650-1800 bares.

Este sistema tiene un control electrónico que es la ECU (unidad de control electrónico), la cual mediante sensores y actuadores interactúan de forma conjunta con la ECU y así poder tener el sistema en un correcto funcionamiento, los inyectores de este sistema son de tipo piezoeléctricos es decir excite una inducción de campo magnético son altamente sensibles.

El sistema Common Rail permite una reducción de emisiones y ahorro de combustible debido a la correcta distribución de combustible, y a la vez nos permite tener una mayor eficiencia y rendimiento del mismo.



Figura. 24 Motor Mazda BT 50 Diesel

Fuente: Autores

6.4.- OBJETIVOS

6.4.1.- Objetivo General de la Propuesta

“Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, sobre el funcionamiento del sistema Common Rail del motor Mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi Diesel”

6.4.2.- Objetivos Específicos de la Propuesta

- Identificar y localizar los nuevos componentes del sistema Common rail de un motor Mazda BT 50 Diesel.
- Conocer el funcionamiento de sus componentes mecánicos y electrónicos del sistema Common rail.

- Presentar y Socializar el modulo del sistema Common rail del motor Mazda BT 50 diesel.

6.5.- UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La investigación del motor Mazda BT 50 diesel se realizó en los Talleres de Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte localizada en la Provincia de Imbabura, cantón Ibarra, sector El Olivo Av. 17 Julio, la parte estudiada fue el sistema Common rail Mazda BT 50 diesel.

6.6.- DESARROLLO DE LA PROPUESTA

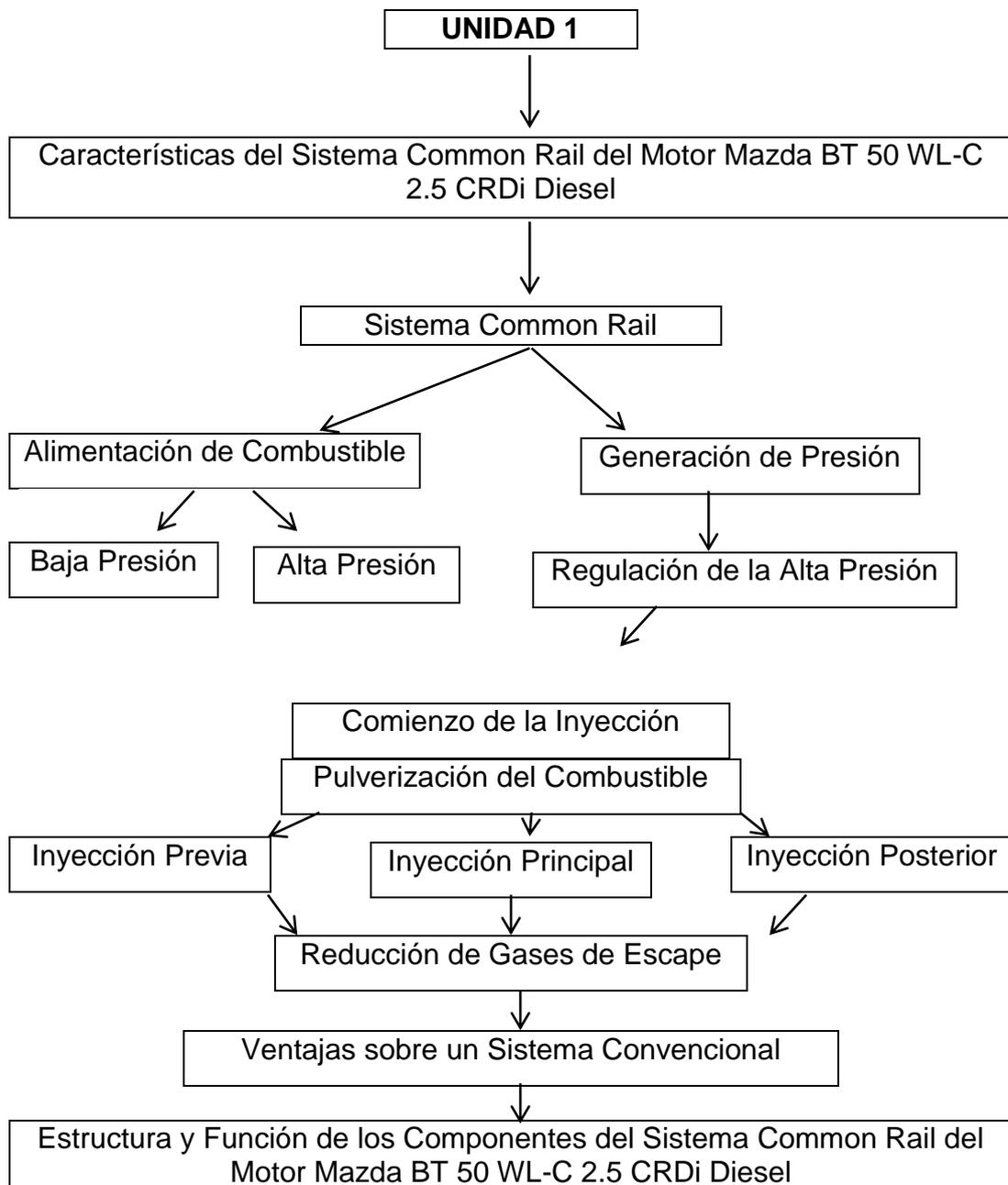
6.6.1.-“ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA, DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA COMMNO RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL”



Figura. 25 Motor Mazda BT 50

Fuente: Autores

Esquema de la Unidad 1



Fuente: Autores

Unidad 1

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL



Figura. 26 Maqueta del Motor Mazda BT 50 Diesel

Fuente: Autores

1.- SISTEMA COMMON RAIL

El principal de los sistemas de inyección más perfeccionados y diseñados es el sistema de inyección por acumulador Common rail (CR), la principal ventaja del sistema Common rail son las amplias posibilidades de variación en la configuración de presión de inyección y los momentos de inyección, esto se consigue mediante la separación de la generación (bomba de alta presión) y la inyección (inyectores), como acumulador de presión se utiliza el conducto común.

Este también nos permite integrar el sistema de inyección junto con unas funciones ampliadas en el motor diesel y obtener libertad adicional para regular el desarrollo de la combustión.

A medida que se producen mayores revoluciones en los motores de inyección directa, más de la energía necesaria para realizar la mezcla de gasoil con el aire proveniente del momento requerido para la atomización del combustible.

El trabajo es efectuado por el sistema de inyección (bomba inyectora) que siendo un sistema de forma tradicional, se requerirá de cerca 1Kw de energía hidráulica para la generación de 4 inyecciones de 1ms en una revolución de la bomba.

Esta energía que requiere este proceso, realiza un considerable esfuerzo en el sistema de distribución (del mismo que necesita la bomba inyectora), esto además contiene como resultados sonidos y vibraciones en todo el tren de distribución. Lo anterior mencionado va unido al requerimiento de un sistema electrónico que se adecue a las necesidades variables tanto

del motor como de los requerimientos del usuario, los mismos que hacen necesario la implementación del sistema Common Rail (conducto común) en los vehículos diesel actuales.

El sistema está integrado básicamente en una vía “Común” que acumula combustible a presión para todos los inyectores, la presión es controlada por una bomba de combustible de alta presión y la inyección controlada en cada pistón se realiza electro magnéticamente en cada inyector, la siguiente figura muestra las partes del sistema y un esquema de posible configuración de estos.

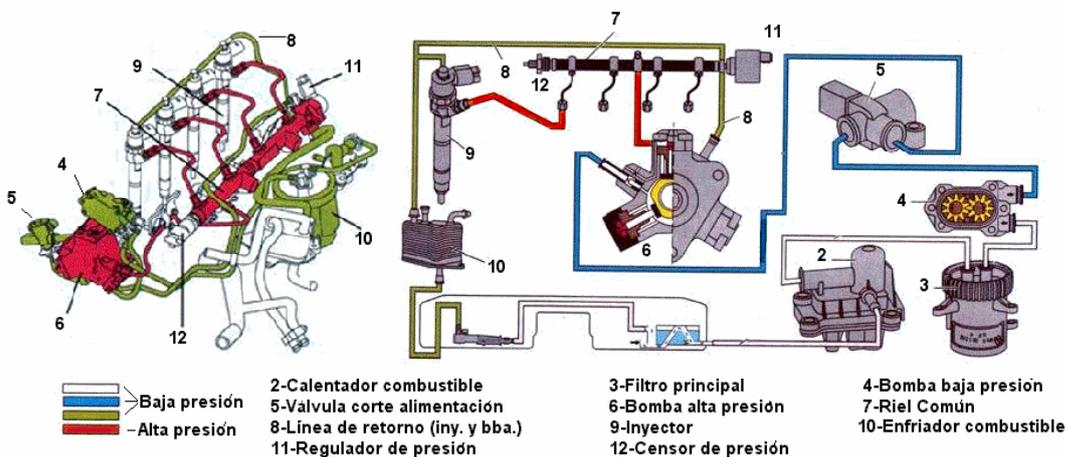


Figura. 27 Partes de un Sistema Common Rail

Fuente: (Braun, 2006)

La característica principal del sistema CRS es que la presión de inyección se puede efectuar independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. Este fenómeno solo se produce en el sistema Common rail y no en los demás sistemas con levas.

Para la generación de la alta presión se procederá a utilizar una bomba de alta presión, la cual girara independientemente del régimen y carga del motor. La gestión electrónica es la llamada a controlar, a través de campos característicos programados en la unidad de mando, la duración

de la inyección, la presión y el momento de la misma. Para ello se utilizara una válvula electromagnética en todos los inyectores, la propia gestión electrónica está compuesta por una lista de inyectores, actuadores como de un sistema microprocesador encargado de realizar los cálculos necesarios.

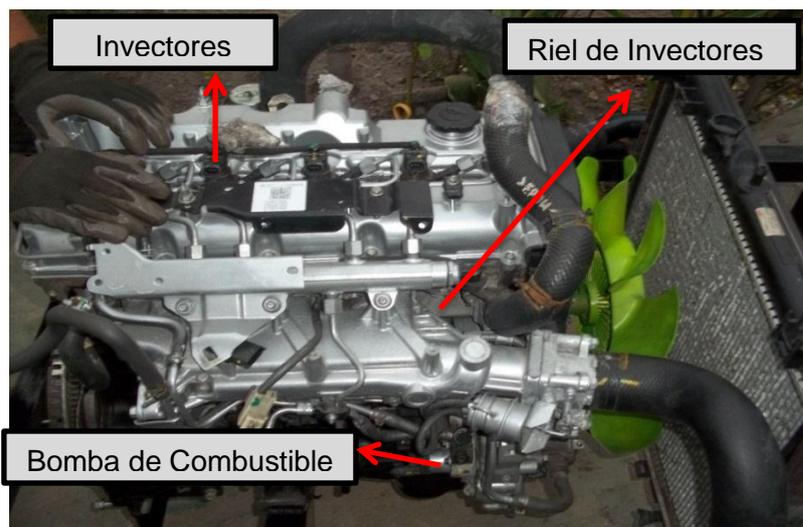


Figura. 28 Sistema Common Rail del Motor Mazda BT 50 Diesel

Fuente: Autores

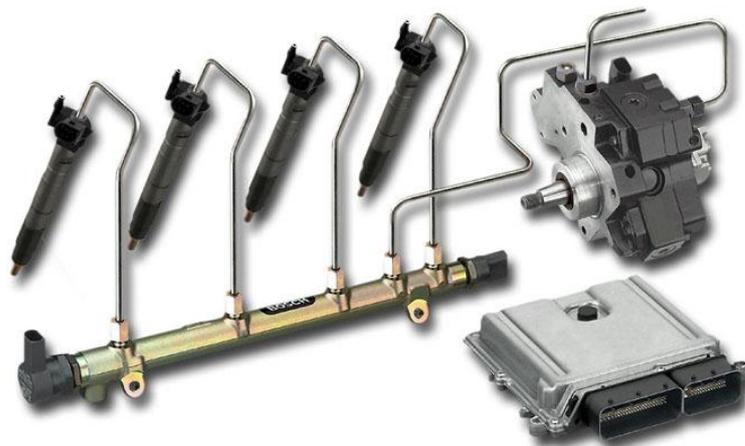


Figura. 29 Esquema del Sistema Common Rail

Fuente: (Mazda, 2011)

Esta unidad abarca los siguientes elementos:

- Una unidad de control microprocesador
- Sensor de revoluciones y posición angular del cigüeñal
- Sensor de posición del árbol de levas
- Sensor de posición del pedal del acelerador
- Sensor de presión de sobrealimentación
- Sensor de presión del rail
- Sensor de temperatura del líquido refrigerante y del aire
- Sensor de cantidad de aire admitida
- Regulador de presión de aire
- Regulador de presión del rail

La unidad de control electrónico es la que se encarga de reconocer en todo momento el funcionamiento del motor, esto se debe al sensor de posición del pedal del acelerador el cual es capaz de interpretar las necesidades del conductor, esta unidad de mando del motor relaciona el funcionamiento actual del motor con el deseo del conductor y, si es urgente, interviene en la gestión de los inyectores para responder a la solicitud del par exigido.

El sensor de revoluciones y posición angular del cigüeñal es utilizado, conjuntamente al sensor del árbol de levas para reconocer la posición y el par del motor, el medidor de masa de aire envía los datos a la unidad de la cantidad de aire aspirado, para así poder adaptar la combustión a los límites requerido por las normas de emisiones de gases.

Si a un motor se lo sobre alimenta la unidad electrónica de control utiliza un bucle de control entre los sensores de presión de sobrealimentación y del regulador de presión, de manera que puede mejorar tanto la respuesta

al requerimiento de solicitud del par motor por parte del conductor con el cumplimiento de normativas de emisiones.

En relación con el sensor de temperatura, la unidad de control también decide el instante de inyección y factores de corrección sobre el tiempo de inyección, así como varios parámetros como es la inyección previa, la pos inyección o también el tiempo necesario de pre y pos calentamiento con la intención de evitar la emisión de contaminantes y ruidos de combustión.

Además en función del tipo de vehículo encontraremos instalados diversos sensores extras, intercambiando datos con el resto de unidades demandando entre otros, con la intención de mejorar el confort de marcha, así como la seguridad.



Figura. 30 UCE (Unidad de Control Electrónico)

Fuente: (Mazda, Sistema Common Rail BT 50, 2011)

1.1.- Sistema Electrónico de Control

La implementación de un sistema electrónico de control en motores diesel fue requerida por la necesidad de reducir el combustible y las exigentes normas de emisiones. Esta nueva implementación debe controlar las entradas de los sensores en los puntos críticos del motor, también calcula parámetros de funcionamiento y las variables del motor para que el funcionamiento este en su punto óptimo.

1.1.1.- ECM (Módulo de Control Electrónico)

El módulo electrónico está integrado por la llamada unidad procesadora central, una memoria, software, circuitos integrados y equipos periféricos. Los cuales deben cumplir los siguientes requerimientos para que el ECM pueda hacerlo competitivo:

- Esta debe regular gases de escape midiendo la presión de aire y la velocidad del motor para limitar la relación aire – combustible.
- Tiene que tener la posibilidad de elegir diferentes torques del motor por parte del conductor.
- Poder controlar el trabajo en cada cilindro para asegurar un funcionamiento suave y constante.

El sistema debe protegerse de daños provocados tanto por el agua, barro o golpes por eso su diseño es muy importante.

1.2.- Alimentación de Combustible

En todos los sistemas de inyección electrónica Common rail podemos observar la parte de baja y la parte de alta presión.

La parte de baja presión está conformada por una bomba de pre elevación de combustible, así como también por una bomba de aspiración por engranajes. La parte de alta presión la conforman la bomba de alta presión con sus elementos reguladores y sensores electrónicos, el rail y los inyectores.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

- Una vez que se conecta el encendido la bomba eléctrica de alimentación genera la presión necesaria para elevar el combustible desde el tanque hasta la bomba de engranajes en caso de tenerla.
- Al momento de arrancar el motor, la bomba de aspiración alimenta la bomba de alta presión con combustible.
- La bomba de alta presión ejerce la presión necesaria y regulada por la unidad de mando, estos gracias a los sensores y actuadores localizados sobre la misma. Una vez que se ha generado la presión, esta queda regulada en la rampa o rail donde está disponible para los inyectores.
- Los inyectores electromagnéticos estos son alimentados por la unidad de control, dependiendo del caudal dictaminado por la misma como también el momento de inyección.

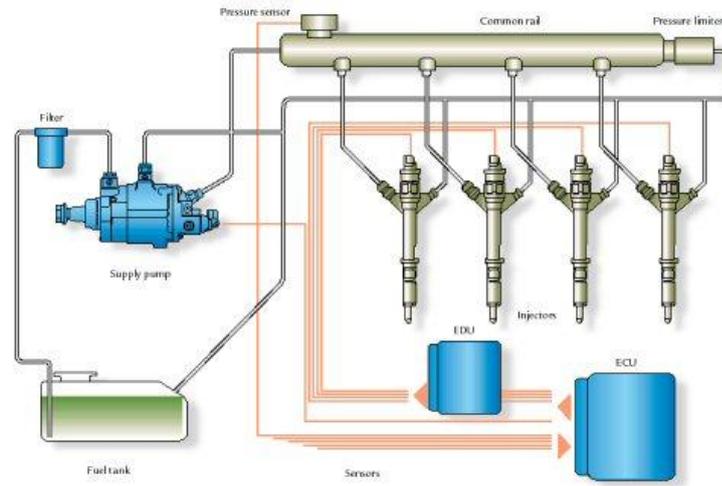


Figura. 31 Esquema de la Alimentación Common Rail

Fuente: (Mazda, Sistema Common Rail BT 50, 2011)

Las ventajas que se pueden aplicar un sistema de este tipo de inyección puede enumerarse como:

- Este no tiene dependencia de la presión de inyección con respecto al régimen de giro del motor.
- La Presión de inyección es variable en todo el aspecto posible, esta es completamente adaptada por la unidad de mando.
- Utilización de la preinyección, inyección y post-inyección.
- Se adapta a las exigentes normas anticontaminantes.

1.2.1.- Baja Presión

En la parte de baja presión se comienza con el funcionamiento de la bomba eléctrica que se localiza en general muy cerca del tanque de combustible, al hacer contacto el relé de bomba es el encargado de accionar, produciendo una presión previa de 3 bares. Cuando el motor no es encendido, la unidad de mando al relé la desconexión de la bomba. Una vez que ya se enciende el motor la electrobomba se desconecta, en caso de incorporar bomba mecánica de aspiración.

Un auto de gran cilindrada y gran número de cilindros se emplea, además de la electroválvula previa una bomba de aspiración que es movida por medio de engranajes. Esta bomba entra en funcionamiento cuando el motor está en marcha, puesto que su movimiento es completamente mecánico, aspirado el gasoil a través de un mecanismo by pass, eliminando así la acción de la electrobomba.

1.2.2.- Alta Presión

La misión de la bomba de alta presión es la de generar la presión suficiente en todas las situaciones de carga del motor. Para el montaje de la bomba de alta presión se utiliza normalmente la ubicación de las bombas tradicionales anteriores. La impulsión de la bomba se encarga al cigüeñal por medio de la correa dentada de distribución, se emplea una bomba de émbolos con estrangulador de la zona de aspiración.

La ejecución de la alta presión del combustible se lo realiza mediante tres émbolos decolados entre sí a 120 grados, con una absorción máxima de potencia que produce el motor de 3,0 KW a un rendimiento de bomba máximo. El rendimiento del sistema relacionado con las bombas tradicionales es altamente beneficioso.

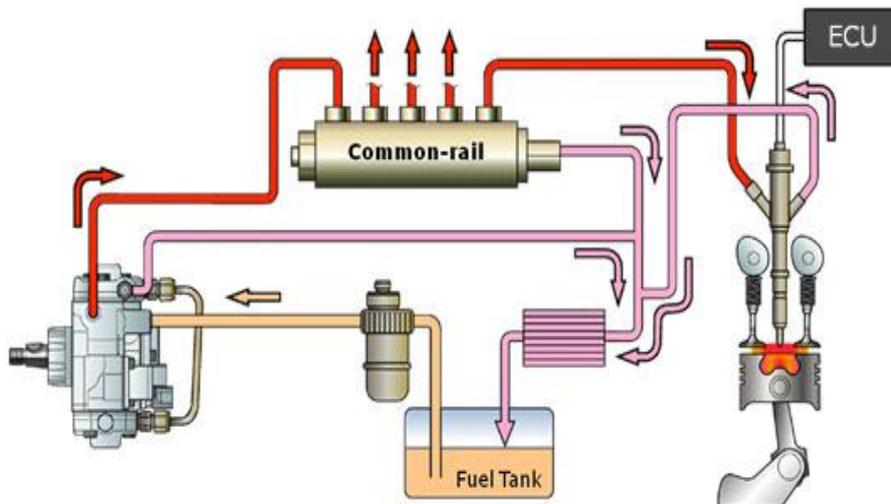


Figura. 32 Zona de Alta y Baja Presión

Fuente: (Mazda, Sistema Common Rail BT 50, 2011)

1.3.- Generación de Presión

La diferencia de la generación con respecto a la presión y de la inyección se realiza con el apoyo de un volumen de acumulación, el combustible ejercido a presión se encuentra dispuesta para la inyección en el volumen de acumulación del Common rail.

La presión para inyección efectiva se genera mediante una bomba de alta presión movida continuamente por el motor, esta bomba produce la presión en el conducto común independientemente o diferente al 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 sistema de inyección convencionales.

Esto comporta así mismo una reducción importante de los esfuerzos a que se debe ver sometido al accionamiento de la bomba. La bomba de alta presión es una bomba de embolo radiales, en el caso de los

vehículos industriales concebida también en parte como disposición en serie.

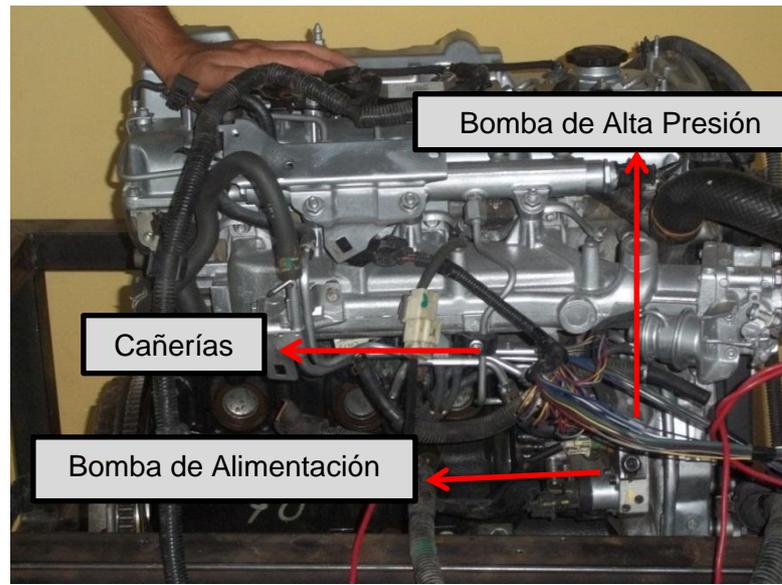


Figura. 33 Generación de Presión

Fuente: Autores

1.4.- Regulación de la Alta Presión

El sistema Common rail de primera generación, la regulación de la presión existente en el conducto común se efectúa mediante la válvula reguladora de presión. La bomba de alta presión (versión CP1) aporta al caudal de alimentación máximo independientemente de las necesidades del combustible, y la válvula reguladora de presión hace refluir el combustible suministrado en exceso al depósito de combustible.

El sistema Common rail de segunda generación regula la presión existente en el conducto común en el lado de baja presión mediante la unidad de

dosificación, la bomba de alta presión (versiones CP3 y CP1H) debe administrar solo el volumen de combustible precisado realmente por el motor.

De esta forma se reduce la demanda de energía de la bomba de alta presión y, con ello, el consumo de combustible. El sistema Common rail de tercera generación se caracteriza por los inyectores piezoeléctricos integrados en la tubería.

Si la presión solo puede ser ajustada en el lado de baja presión, la reducción de la presión en el conducto común dura excesivamente en caso de cambios de carga rápidos y negativos. La dinámica de adaptación de la presión a las condiciones de carga modificadas es demasiado lenta.

Este es el caso de los inyectores piezoeléctricos integrados en la tubería debido a sus reducidas fugas internas. Algunos sistemas Common Rail incluyen por ello una válvula reguladora de presión adicionalmente a la bomba de alta presión con unidad de dosificación.

Con este sistema de doble regulación se combinan las ventajas de la regulación en el lado de baja presión con el comportamiento dinámico más favorable de la regulación en el lado de alta presión.

Otra ventaja frente a la regulación exclusivamente en el lado de baja presión es la posibilidad de efectuar una regulación en el lado de alta presión con el motor frío. De esta forma, la bomba de alta presión suministra más combustible del que se inyecta, efectuándose la regulación de la presión mediante la válvula reguladora de presión.

El combustible se calienta a causa de la compresión con lo cual puede suprimirse un calefaccionado adicional del combustible.

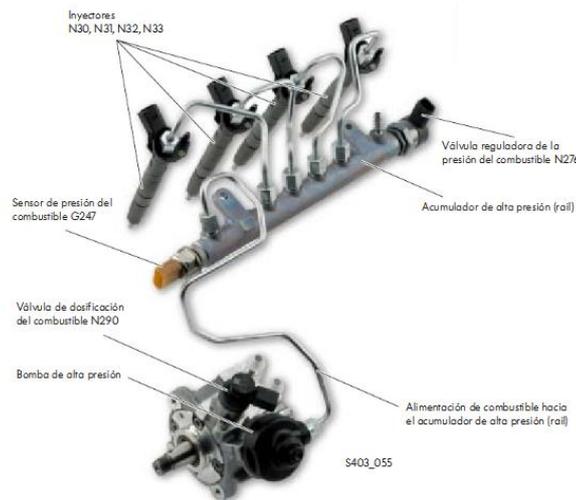


Figura. 34 Componentes de Regulación de Presión

Fuente: (Varios, 2013)

1.5.- Influencia de la Inyección de Combustible

El comienzo de la inyección, el desarrollo de la inyección y la pulverización del combustible influyen también sobre el consumo de combustible y la emisión de contaminantes.

1.5.1.- Comienzo de la Inyección

Una inyección retrasada en este tipo de sistema disminuye la emisión de NOx como consecuencia de las bajas temperaturas del proceso. Una

inyección demasiado retrasada aumenta la emisión de HC y el consumo de combustibles, así como también la expulsión de hollín a carga elevada.

Una divergencia del comienzo de inyección de tan solo 1° del cigüeñal respecto al valor teórico puede aumentar en un 5 % la emisión de NOx.

1.5.2.- Pulverización del Combustible

El combustible finamente pulverizado favorece un buen mezclado entre el aire y el combustible, la pulverización contribuye a una reducción de la emisión de HC y de Hollín. La presión de inyección alta y la geometría óptima de los orificios de inyección, conduce a una pulverización fina.

Para que el motor no forme hollín visible, debe limitarse el caudal de combustible en correspondencia al caudal de aire aspirado, esto exige un exceso de aire por lo menos un 10...40 % ($\lambda = 1.1...1.4$).

Después de cerrar la ajuga del inyector el combustible puede evaporarse por los orificios de la inyección (en los inyectores de taladro ciego) y aumentar así al emisión de HC, por este motivo se mantienen estos volúmenes lo más reducidos posibles.

1.6.- Comportamiento de Inyección del Sistema Common Rail

Un comportamiento de inyección ideal debe cumplir las siguientes exigencias adicionales al comportamiento de inyección convencional:

- La presión de inyección y el caudal de inyección deben poderse establecer independientemente entre sí para cada punto de servicio del motor (grado de libertad adicional para la formación de la mezcla).

- El caudal de inyección debe ser al comienzo de la inyección lo más reducido posible (durante el retraso de encendido entre el comienzo de la inyección y el comienzo de la combustión).

En el sistema de inyección de acumulador Common rail con inyección previa e inyección principal y posterior.

1.6.1.- Inyección Previa

La pre inyección de combustible se le puede adelantar con respecto al PMS, 90° del cigüeñal sin pasarnos. No necesariamente, para un comienzo de la inyección previa se avanza unos 40° del cigüeñal antes del PMS, el gasoil puede incidir sobre la superficie del pistón y las paredes del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante. En la inyección de combustible previa se produce un pequeño caudal de combustible ($1...4\text{mm}^3$), que genera un "pre accionamiento" en la cámara de combustión, así pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y a la vez conseguir los siguientes efectos:

- La compresión se va elevando poco a poco mediante una acción y reacción previa o combustión total, con lo cual se disminuye el retardo de encendido de la inyección principal.

Estos reducen el ruido de combustión, el consumo de gasoil y, en muchas ocasiones, las emisiones. En la inyección previa, la presión va aumentando antes del PMS en relación con la compresión, pero también hace de forma muy explícita con la iniciación de la combustión. Este aumento de la presión contribuye al ruido de combustión del motor diesel. La inyección previa, la presión del PMS tiene un valor mayor, la presión

de combustión es menor. La inyección previa contribuye solo a la generación de par motor, esto lo realiza mediante la reducción de encendido.

1.6.2.- Inyección Principal

En la inyección principal se requiere una energía para que realice el trabajo el motor, como también este es responsable de la generación del par motor. En el "Common Rail" esta permanece inalterable la magnitud de la presión de inyección durante el tiempo que esté relacionado con todo este proceso de inyección gracias a los elementos electrónicos.

1.6.3.- Inyección Posterior

Este tipo de inyección posterior se puede emplearse para la dosificación de los medios reductores de contaminación (aditivos para combustible) en un determinado reductor de NOx. A la vez esta inyección continúa posteriormente con la inyección principal en el tiempo de expansión o de expulsión cigüeñal.

Esta inyección se encarga introducir los gases de escape una cantidad de combustible exacta.

A lo contrario de la pre inyección y principal, el combustible no se quema sino que se va evaporando por calor en los gases de escape. Esta mezcla de gases de combustible y escape es realizada mediante la expulsión, a través de las válvulas de escape, mediante la realimentación de los gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección previa muy avanzada, los gases de escape actúan como medio reductor para el óxido de nitrógeno

en catalizadores NOx apropiados. Como resultado esto varía los valores NOx de los gases de escape. La inyección posterior que se retrasa conduce a una dilatación del aceite del motor por parte del gasoil; el fabricante del motor debe comprobar si esta dilatación es admisible.



Figura. 35 Faces de la Inyección

Fuente: (emagister, 2010)



Figura. 36 Inyección dentro del Cilindro

Fuente: (emagister, 2010)

1.7.- Reducción de los Gases de Escape

En relación con otros motores de gasolina, los motores diesel trabajan con este sistema tienen una ebullición más difícil, realizan la mezcla de aire / combustible entre el inicio de la inyección y el comienzo de la combustión y mediante la combustión, resultando así una mezcla menos homogénea.

Los motores diesel funcionan siempre con exceso de aire ($\lambda > 1$), si el exceso de aire es insuficiente, aumenta las emisiones de hollín, de CO y HC y el consumo de combustible.

La formación de la mezcla queda determinada por los siguientes parámetros de formación de la mezcla:

- Presión de Inyección
- Índice de Inyección (duración de inyección)
- Distribución del chorro (números de chorros, sección del chorro, dirección del chorro)
- Comienzo de Inyección
- Movimiento del aire y masa de aire

Todas estas medidas están relacionadas sobre las emisiones y el consumo de combustible del motor. La formación de NOx es favorecida por la temperatura alta del gasoil y por la concentración de oxígeno, el hollín es favorecido por falta de aire y formación de mezcla deficiente.

1.8.- Ventajas sobre un Sistema Convencional

La ventaja principal que tiene este sistema common rail de Mazda es la de poder incorporar un UCE (control electrónico de inyección de combustible). El método tradicional se caracteriza porque poseen sistemas mecánicos en su control de inyección, esto hace posible la

incorporación de todos los requisitos necesarios que puede entregar un sistema electrónico moderno.

Como también el sistema Common rail consta, un control de inyección el cual es producido por pulsos de corriente (inyectores controlados electro magnéticamente), un sistema electrónico puede ser implementado para modificar parámetros en la inyección en cualquier momento del ciclo.

Esto es indispensable debido a la independencia que posee con el sistema con las revoluciones del motor, debido a la acumulación de presión de combustible en el conducto común que alimenta a los inyectores.

1.9.- Estructura y función de los componentes del Sistema Common Rail de un Motor Mazda BT 50 WL-C 2.5 CRDi Diesel.

La estructuración de un sistema Common Rail está basada en dos partes esenciales como es la parte que suministra el gasoil a baja presión y la que suministra el gasoil a alta presión.

La parte de baja presión consta de:

- Tanque de combustible.
- Bomba Alimentadora de Combustible.
- Tuberías o Cañerías de combustible de baja presión.

La alta presión consta de:

- Bomba de alta presión con una válvula reguladora de presión.
- Tuberías o conductos de combustible de alta presión.
- Rail como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.

- Inyectores.
- Tuberías o Cañerías de retorno de combustible.

Motor Mazda BT 50 Diesel

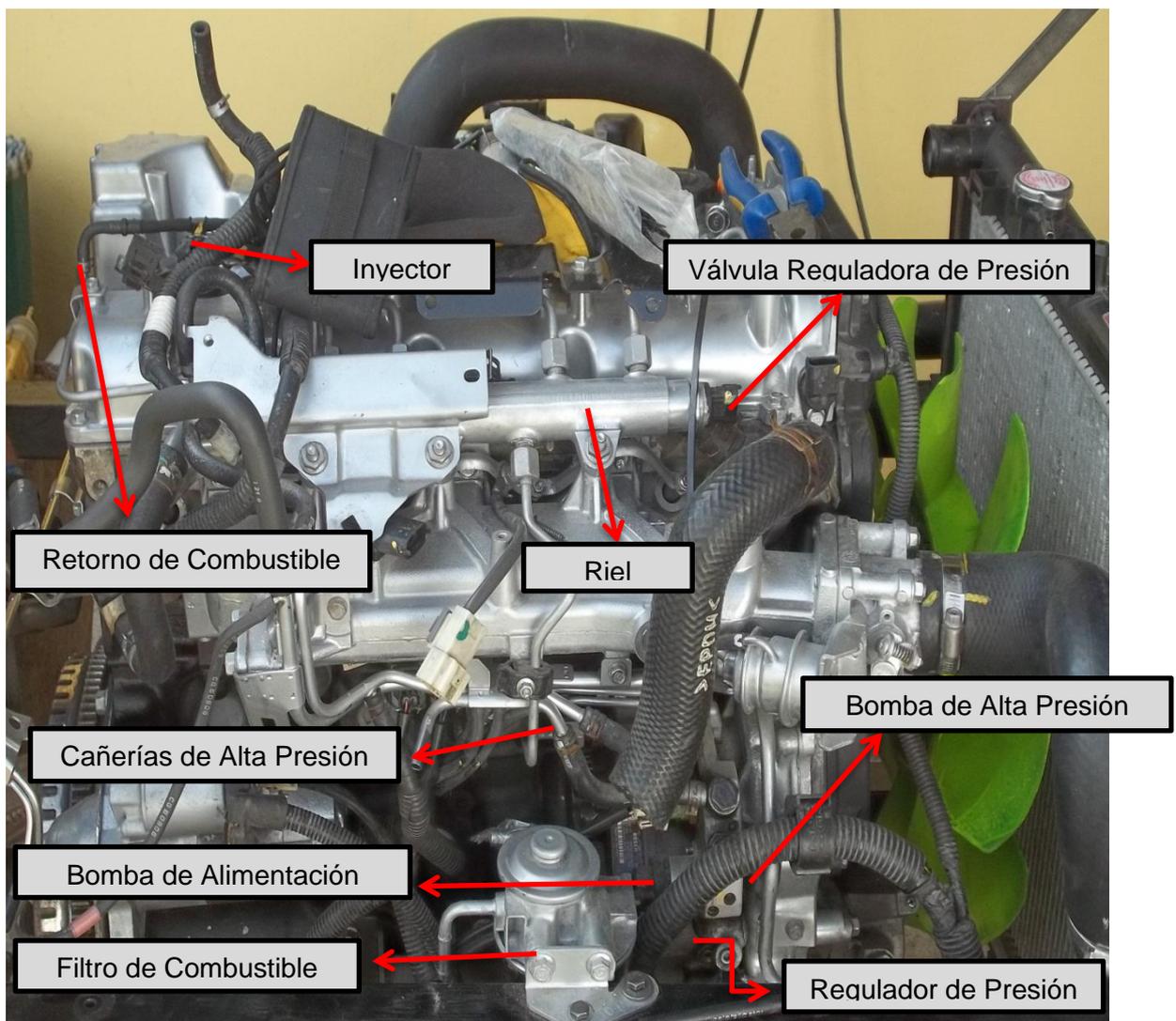


Figura. 37 Estructura del Sistema Common Rail Mazda BT 50 Diesel

Fuente: Autores

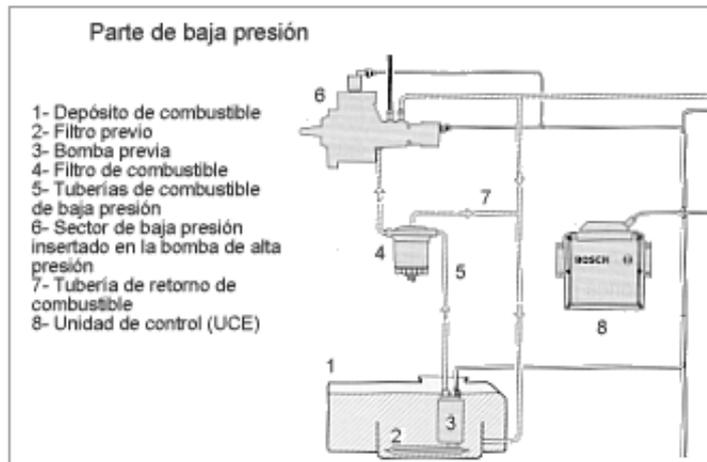


Figura. 38 Parte de Baja Presión

Fuente: (Mazda, Sistema Common Rail BT 50, 2011)

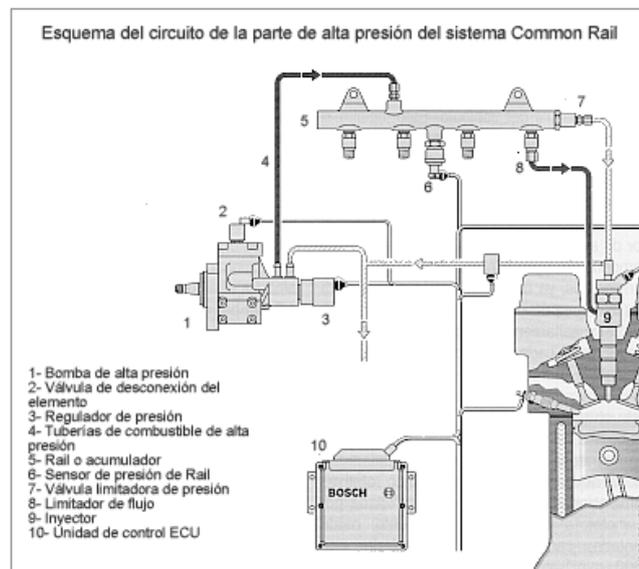
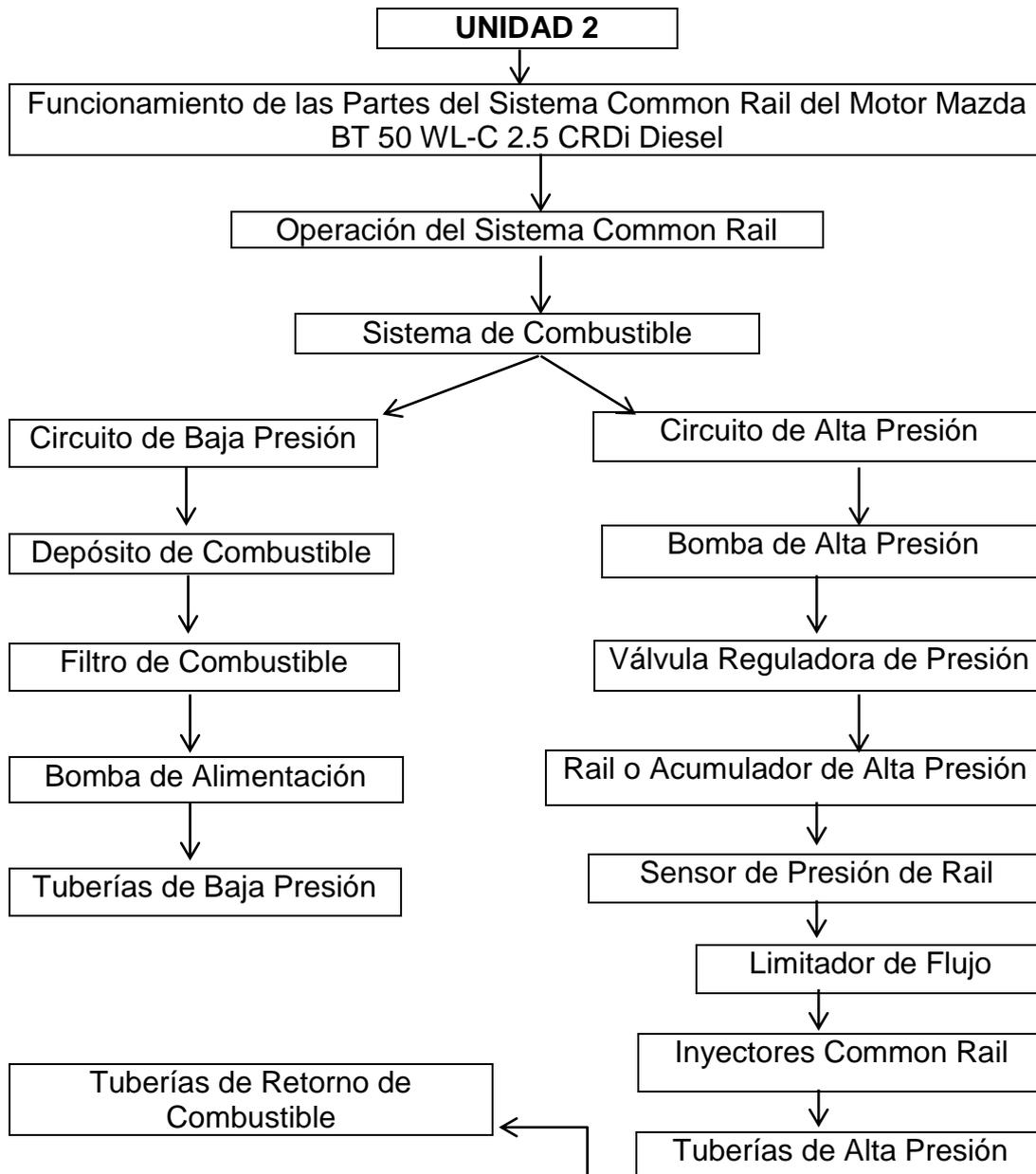


Figura. 39 Parte de Alta Presión

Fuente: (Mazda, Sistema Common Rail BT 50, 2011)

Esquema de la Unidad 2



Fuente: Autores

Unidad 2

FUNCIONAMIENTO DE LAS PARTES DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL



Figura. 40 Funcionamiento de las partes del Sistema Common Rail

Fuente: Autores

2.- OPERACIÓN DEL SISTEMA COMMON RAIL

2.1.- Sistema de Combustible

El sistema de combustible en una instalación de inyección con el sistema de inyección de acumulador (Common Rail) consta de la parte de baja presión para suministro a baja presión del combustible, de la parte alta presión para su suministro a alta presión y de una unidad de control electrónica.

2.2.- Circuito de Baja Presión

La parte en la que se encuentra la presión pone a disposición el combustible necesario para la parte de alta presión.

La parte de baja presión del sistema de combustible common rail, abarca:

- Tanque de Combustible con Filtro Previo.
- Filtro de Combustible o sedimentador.
- Bomba de Alimentación de Combustible.
- Tubería o Cañerías de combustible de Baja Presión.

2.2.1.- Depósito de Combustible

El depósito de combustible debe ser resistente 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 sí mismo a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares.

El gasoil no puede salir por la tapa de llenado o por los dispositivos de compensación de presión, incluso en posición inclinada, los depósitos de combustible deben estar separados del motor de tal forma que no sea de

esperar una inflamación en caso de accidente, los depósitos de combustible están fabricados de aleaciones de zinc y de plástico reforzado.

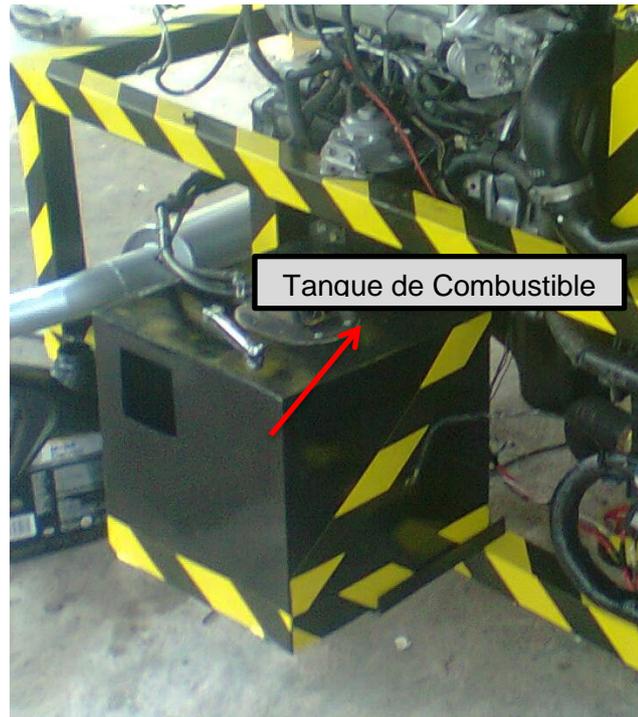


Figura. 41 Tanque de Combustible

Fuente: Autores

2.2.2.- Filtro de Combustible

El mal filtrado de combustible origina daños en los elementos de la bomba, válvulas de presión y en los inyectores. Este filtro de combustible limpia el gasoil delante de la bomba de alta presión e impide el desgaste prematuro de las piezas sensibles.

En los filtros de combustible con calentador electrónico el combustible es calentado a través de un módulo electrónico con eso evita la formación de cristales paranínicos en bajas temperaturas ambientales.

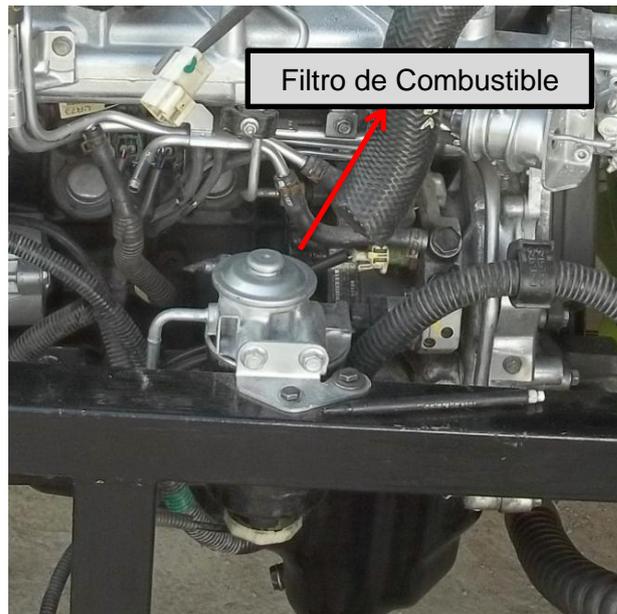


Figura. 42 Filtro de Combustible

Fuente: Autores

2.2.3.- Bomba de Alimentación de Combustible

Esta bomba se emplea para la alimentación a la bomba de alta presión del sistema Common Rail. La misma bomba de alimentación de este sistema viene conjuntamente en la bomba de alta presión y presenta un funcionamiento común con ella, o bien está fijada directamente al motor y tiene su accionamiento propio.

Las formas en que se acciona son de acoplamiento, rueda dentada o correa dentada. Los elementos que lo compone son dos ruedas dentadas

que giran en sentido opuesto o diferente dirección y que se engranan mutuamente, transportando el gasoil en los orificios entre los dientes, desde el lado de aspiración al lado de impulsión.

La bomba de combustible contiene la bomba de alta presión siempre alimentada en cualquier condición del vehículo, el suministro es aproximadamente proporcional al nº de revoluciones del motor. Por tal razón, el control del flujo, se realiza por la regulación de estrangulación en el lado de aspiración, o bien por una válvula de descarga en el lado de impulsión.

Girando los engranajes, el combustible es absorbido entre los lóbulos y a través de las cámaras es enviado para el lado de generación de presión, entonces penetra en la carcasa de la bomba de alta presión, la construcción de los lóbulos de engranajes evita el retorno del combustible.

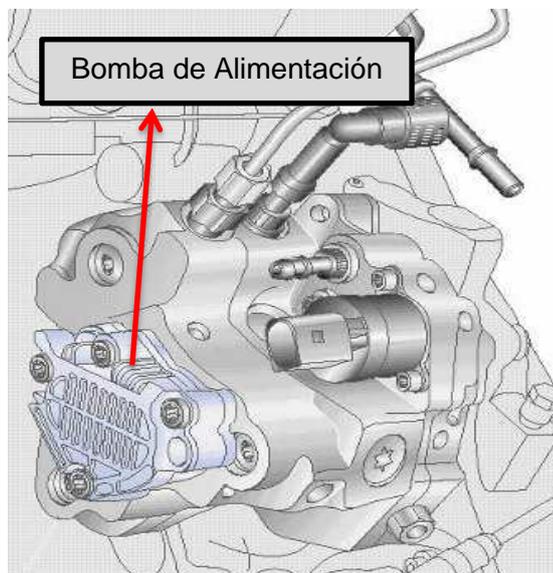


Figura. 43 Bomba de Alimentación de Combustible

Fuente: (Bosch, 2007)

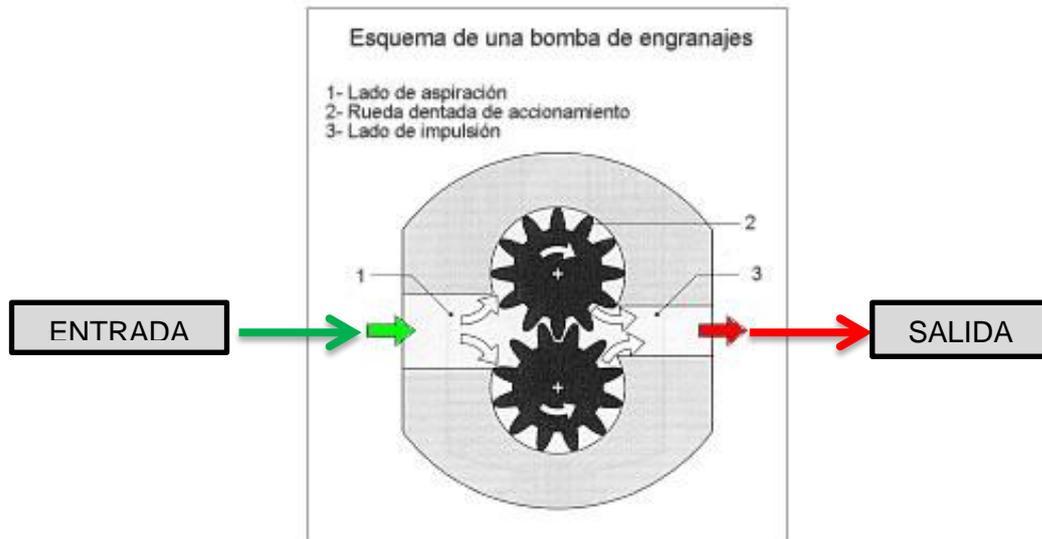


Figura. 44 Esquema de la Bomba de Engranajes

Fuente: (Bosch, 2007)

2.2.4.- Tubería de combustible de Baja Presión

En la zona de baja presión pueden emplearse aplicarse tubos de acero, como las tuberías flexibles con armadura de malla de acero, que sean difícilmente inflamables.

Las cañerías tienen que estar dispuestas de tal forma que se impiden los daños mecánicos y que el gasoil 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.

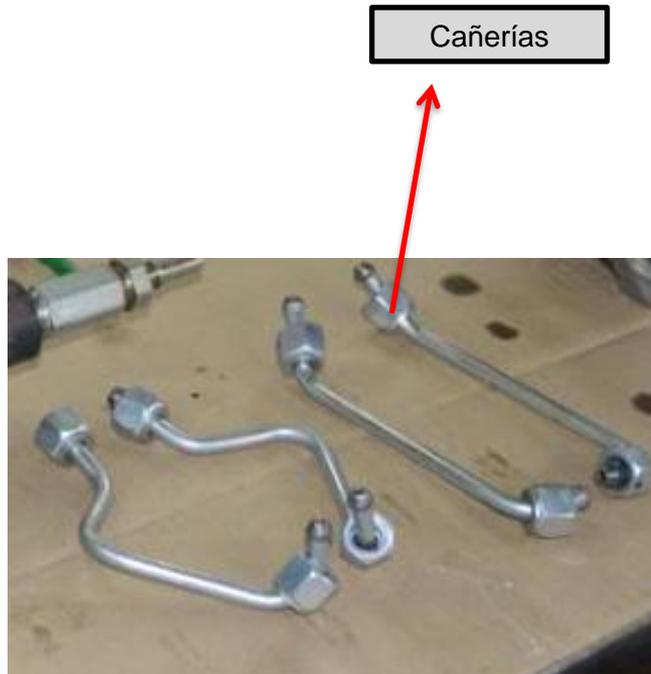


Figura. 45 Cañerías

Fuente: Autores

2.3.- Circuito de Alta presión

La alta presión tiene lugar, además de efectuar de alta presión, tiene la función de la dosificación y distribución del gasoil.

La alta presión del sistema common rail, abarca:

- Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión.
- Rail como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail,
- válvula Reguladora de la presión y limitador de flujo.
- Inyectores.
- Tuberías de combustible de alta presión.
- Tuberías de retorno de combustible.

2.3.1.- Bomba de Alta Presión

Los Motores de la marca Mazda BT-50 WL-C diesel ocupan la bomba de alta presión (CP3S3) con tres elementos de bombeo de combustible los mismo que se encuentran separados entre sí, La bomba de alta presión se encuentra entre la baja presión y la alta presión. Esta bomba tiene que poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todas las necesidades de servicio y durante toda la vida útil del vehículo.

Además contiene el mantenimiento de una reserva de gasoil necesaria para un eficiente arranque rápido y un incremento rápido de la presión en la Rail.

Esta bomba genera frecuentemente la presión del sistema para la alta presión (Rail). En relación con sistemas de inyección pasados, ya no es necesario que el gasoil tenga que ponerse a disposición "altamente comprimido" especialmente para cada proceso de inyección en particular.

Así como también tiene función de generar presión necesaria para la pulverización del combustible, la alta presión es generada por tres elementos que están en un ángulo de 120° entre sí, la bomba de alta presión tiene una brida y es accionada a través del engranaje. En la bomba de alta presión, también puede estar conectada a la bomba de engranaje y la válvula reguladora de presión de combustible.

Esta funciona conjuntamente con el motor mediante un piñón, cadena o correa dentada, con 3000 rpm como máximo, esta se lubrica con combustible.

En el motor de 2 litros, tiene una presión de 1350 bar en el Rail, la bomba de alta presión requiere una potencia de 3.8 kW (con un rendimiento

mecánico de casi 90%). La demanda mayor de potencia tiene sus causas por los flujos que escapan y del control en el inyector y en el retorno de combustible a través del regulador de presión.

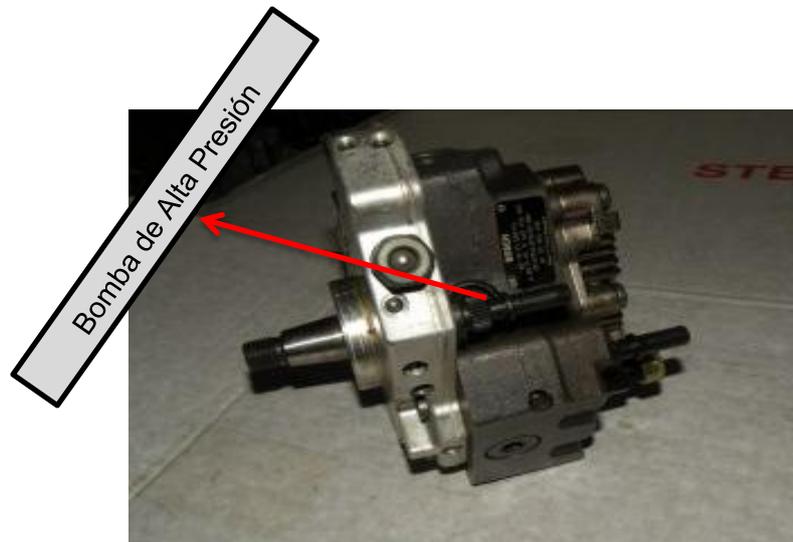


Figura. 46 Bomba Common Rail

Fuente: Autores

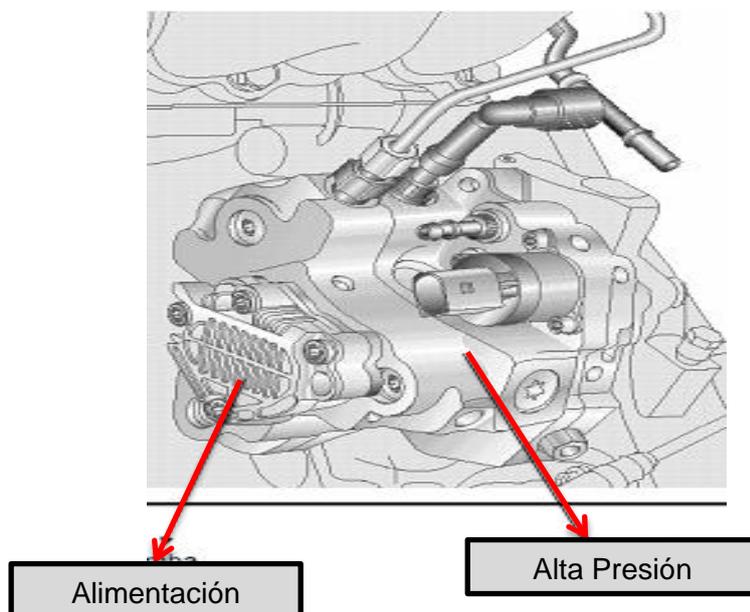


Figura. 47 Esquema de la Bomba

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.1.1.- Funcionamiento

El funcionamiento de la bomba de alta presión tiene un excéntrico, el cual es movido por el eje del motor y este moviendo acciona los tres elementos de bombeo.

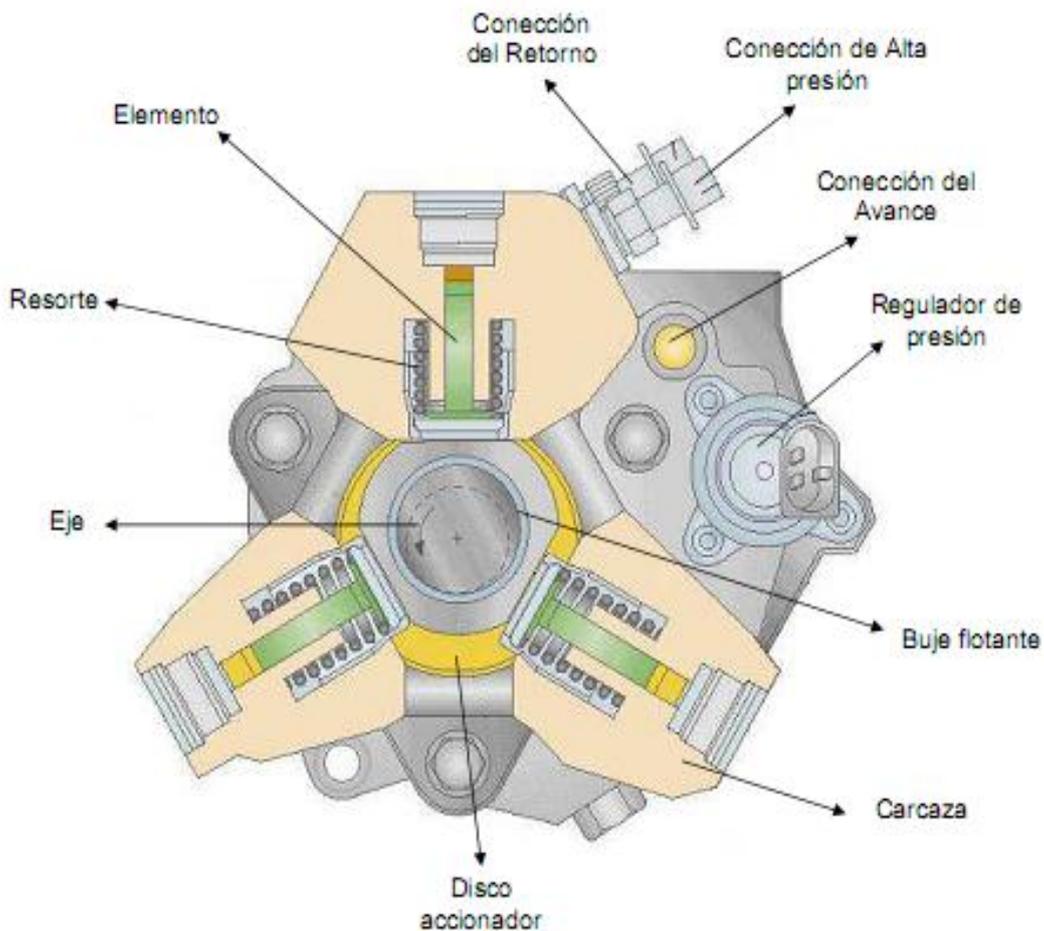


Figura. 48 Esquema de la Bomba de Alta Presión

Fuente: (Bosch, 2007)

La bomba de alimentación transporta el combustible a través de un sedimentador con separador de agua. La bomba entrega el gasoil a través del taladro de estrangulación de la válvula de seguridad, hacia el circuito de refrigeración y lubricación de la bomba de alta presión, la leva excéntrica los tres pistones de bomba se mueven de forma ascendente y

descendente, Cuando la presión de suministro de gasoil sobrepasa la presión de apertura de la válvula de seguridad la bomba previa puede impulsar el gasoil a través de la válvula de entrada de la bomba de alta presión.

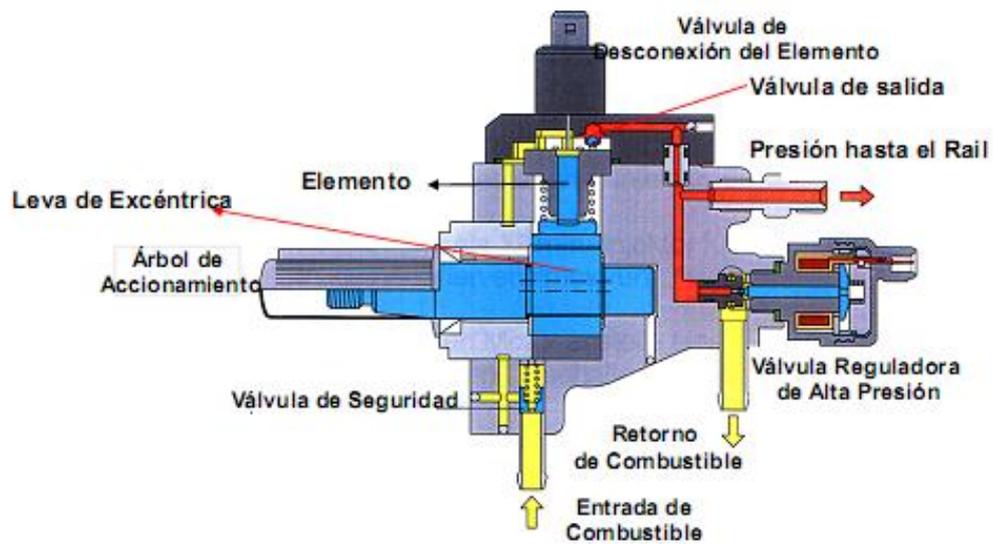


Figura. 49 Corte lateral de la Bomba de alta presión

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.1.2.- Succión

El movimiento hacia abajo del pistón este genera un incremento en el volumen de la cámara de compresión, la presión del gasoil se pasa dentro de la cámara de compresión. Entonces el combustible fluye de la bomba de engranaje a través de la válvula de admisión para la cámara de compresión.

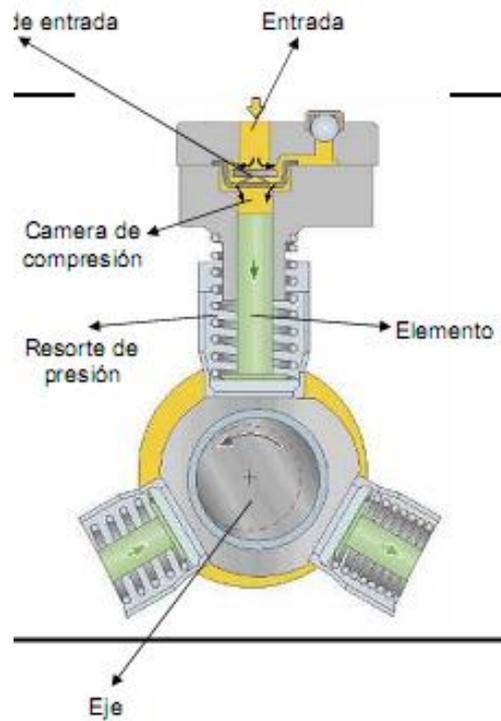


Figura. 50 Succión de Combustible

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.1.3.- Bombeo

Con el movimiento ascenso del pistón – bomba, la presión aumenta en la cámara de compresión, el disco del elemento es comprimido hacia arriba y la válvula de entrada es cerrada, con el movimiento ascendente del pistón – bomba se genera todavía más presión. Así que la presión del gasoil en la cámara de compresión excede en la cámara de presión, la válvula se abre y el gasoil es liberado para el circuito de alta presión.

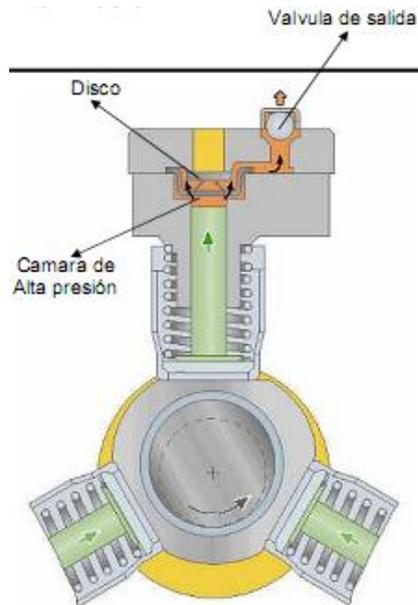


Figura. 51 Bombeo de Combustible
Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.1.4.- Potencia de suministro

Como la bomba de alta presión está diseñada para grandes cantidades de flujo de entrega, al ralentí y carga parcial, esto produce un exceso de combustible presionado. Este gasoil transportado el exceso al depósito de combustible mediante la válvula reguladora de presión. Ya que el combustible presionado se descomprime al momento de llegar al depósito, esto hace que se pierde la energía aportada para la compresión. También este puede calentar el combustible, con ello llegamos a la disminución del grado de rendimiento total. Una solución parcial es efectiva mediante adaptación de la potencia de suministro a la demanda de combustible, mediante la desconexión de un elemento bomba (pistón).

2.3.1.5.- Desconexión de elemento:

Al momento de desconexión del pistón de bomba (émbolo) se produce la reducción del flujo de gasoil transportado al acumulador de alta presión. Con lo cual tendremos abierta seguidamente la válvula de aspiración. Al momento que se enciende la electroválvula de desconexión del elemento, un inducido presiona continuamente la válvula de aspiración manteniéndola abierta. De tal forma, que el gasoil aspirado no puede ser presionado en la entrega de suministro, el combustible aspirado regresa una vez más al canal de baja presión. Esto resulta a la desconexión de un pistón de bomba en caso de una demanda de potencia disminuida, la bomba de alta presión ya no transporta regularmente el gasoil, sino que pausa en el suministro.

2.3.2.- Válvula Reguladora de Presión

Esta válvula reguladora de presión de gasoil está junto a la bomba de alta presión. La misma tiene la misión de ajustar y mantener la presión en el "Rail", dependiendo del estado de carga del motor.

- Cuando exista una presión alta en el Rail, esta válvula reguladora de la presión abre para que una parte del combustible regrese al tanque, desde el Rail mediante una tubería colectora.
- Al existir una presión baja en el Rail, la válvula reguladora de presión cierra produciendo una igualdad en el lado de alta presión con el lado de alta presión.

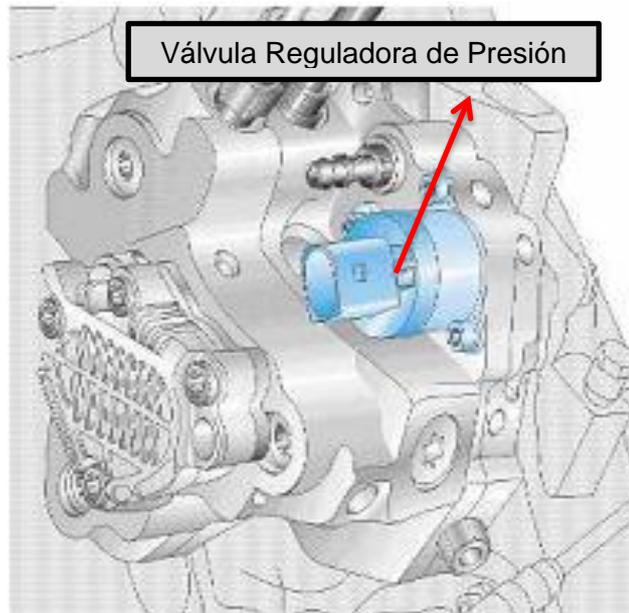


Figura. 52 Válvula Reguladora de Presión

Fuente: (Bosch, 2007)

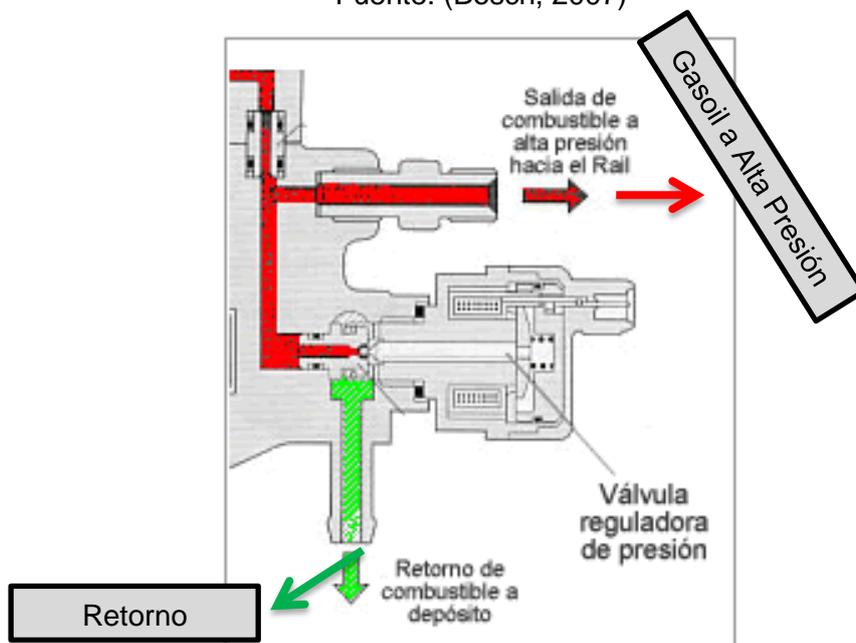


Figura. 53 Funcionamiento de la Válvula Reguladora de Presión

Fuente: (Virtual, 2005)

2.3.2.1.-Estructura

Esta válvula de regulación de presión contiene una brida de sujeción para poder fijarse a la bomba de alta presión o al Rail. El inducido presuriza

una válvula de bola así el asiento para desconectar la conexión entre el lado de alta presión y la zona de baja presión; para ello consta con un muelle que presiona al inducido hacia abajo, y por otro lado, tiene un electroimán que produce una fuerza sobre el inducido.

2.3.2.2.- Válvula reguladora de presión no activada:

La presión alta que contiene en la Rail o en la entrega o salida de la bomba de alta presión, la válvula reguladora de presión está conectada a la alta presión. Ya que contiene un electroimán sin corriente este no ejerce ninguna fuerza, la fuerza de la alta presión es mayor a la fuerza elástica, de tal forma que abre la válvula reguladora de presión y permanece abierta según el flujo de suministro. El muelle establece una presión de aprox. 100 bares.

2.3.2.3.- Válvula reguladora de presión activada:

Si debe aumentarse la presión en el sistema de alta presión, la válvula reguladora de presión se activa esta válvula tiene la función de mantener la presión en la rail conjuntamente con la válvula reguladora de presión de la bomba esto se consigue mediante la unidad de control electrónico, esta se activa las veces necesarias para mantener una distribución homogénea dentro la riel a cada una de los cilindros y así poder tener una combustión más eficiente y a la vez reduce la contaminación , por lo que entrega la cantidad solo necesaria para la combustión , esto se consigue mediante intervalos de impulsos con una frecuencia de 1 kHz.

Tabla 4

Presiones Aproximadas De la Bomba Common Rail

No	RPM	Presiones / Bares	No	RPM	Presiones/Bares
1	700	250 bar	11	2900	1035 bar
2	900	321 bar	12	3100	1107 bar
3	1100	392 bar	13	3300	1178 bar
4	1300	464 bar	14	3500	1250 bar
5	1500	535 bar	15	3700	1321 bar
6	1700	607 bar	16	3900	1392 bar
7	1900	678 bar	17	4000	1428 bar
8	2100	750 bar	18	4500	1607 bar
9	2300	821 bar	19	4700	1678 bar
10	2500	892 bar	20	5000	1785 bar
	2700	964 bar			

Fuente: Autores

NOTA: Valores típicos de presión son 250 bares a ralenti, hasta 2000 bar a plena carga (no necesariamente a revoluciones máximas), además cuando es sobrepasa las 4000 rpm el sistema se sobrealimenta.

2.3.3.- Rail o Acumulador de Alta Presión

El acumulador de presión de gasoil es un tubo o un conducto fabricado de acero forjado, él tiene la función de almacenar combustible exigido para la inyección para todos los cilindros sobre alta presión, además de eso, el equaliza las variaciones de presión generadas a través de la bomba de alta presión y por el proceso de inyección, a través de su gran volumen.

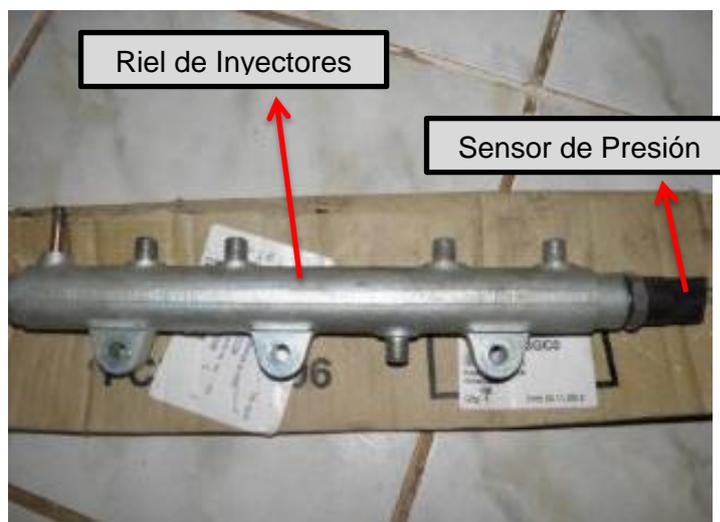


Figura. 54 Riel de Inyectores

Fuente: Autores

El riel o acumulador de presión se encuentra con la conexión para la bomba de alta presión, las conexiones para las toberas de los inyectores, retorno para el tanque de combustible, la válvula reguladora de presión y el sensor de presión de combustible.

2.3.3.1.- Funcionamiento

El acumulador o tubo de presión del gasoil está permanentemente en alta presión, si el gasoil es inyectado del acumulador de presión la presión permanece constante debido al gran volumen del acumulador.

2.3.3.2.- Sensor de presión de Rail

Este sensor es el encargado debe medir la presión en el Rail con exactitud en un tiempo muy corto y enviar una señal de tensión a la unidad de control, en función de la presiones existentes.

2.3.3.3.- Válvula Reguladora de Presión

La válvula reguladora de presión es un elemento o un componente que tiene un funcionamiento de forma puramente mecánico, ella es ensamblada en el acumulador de presión por una rosca.

2.3.3.4.- Funcionamiento

Cuando la presión de combustible excede el máximo en bar, la válvula del acumulador se abre así el combustible retorna al tubo acumulador de presión y la presión baja.

2.3.3.5.- Limitador de Flujo

El limitador de flujo es el encargado de evitar inyecciones permanentes en un inyector. Para cumplir esta misión, este limitador de flujo cierra el flujo de gasoil al inyector afectado.

El limitador de flujo está compuesto de un cuerpo con una rosca exterior para introducirlo al Rail y con una rosca interior para enroscarlo en las cañerías de alimentación de los inyectores.

También contiene un taladro, que tiene una comunicación hidráulica hacia el Rail o hacia las cañerías de alimentación de los inyectores.

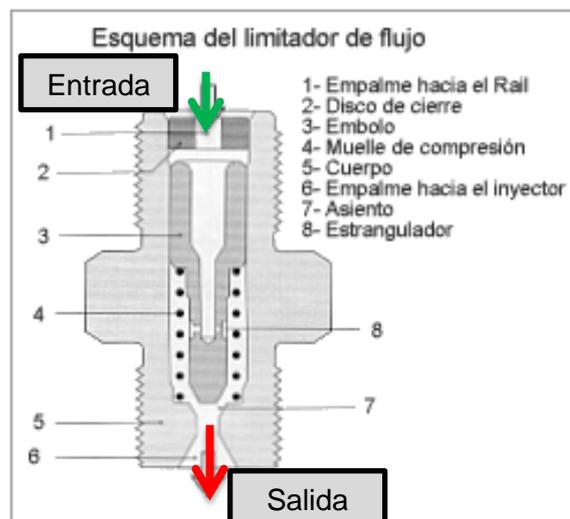


Figura. 55 Esquema del Limitador de Flujo

Fuente: (Braun, 2006)

2.3.4.- Inyectores Common Rail

Los inyectores en los sistemas Common-rail viene o se activan de forma eléctrica a relación de los que se utilizaban en sistemas con bomba rotativa que inyectan de forma mecánica. Con esto se conseguirá más exactitud al instante de inyectar el gasoil, los inyectores common rail son apropiados para el montaje en motores diesel.



Figura. 56 Inyectores Common Rail

Fuente: Autores

2.3.4.1.-Estructura

El inyector se divide en tres partes funcionales:

- El inyector de orificios.
- El servosistema hidráulico.
- La electroválvula.

El gasoil a alta presión que viene del rail entra a las toberas del inyector para seguir por un canal a la aguja del inyector, así como también a la cámara de control. La cámara de control está conjuntamente con el retorno de gasoil mediante el estrangulador de salida y la electroválvula.

La electroválvula no actúa de forma directa con la inyección, esto genera suficiente fuerza para mantener cerrada la válvula del inyector mediante la presión sobre la aguja que la mantiene en su asiento. El flujo de combustible requerido para el trabajo de control en el interior del inyector retorna al tanque de combustible mediante el estrangulador de salida, la electroválvula y la cañería de combustible.

Los flujos de control y las fugas regresan otra vez al tanque de combustible, mediante de una tubería colectiva la que están unidos todos los inyectores y también la válvula reguladora de presión.

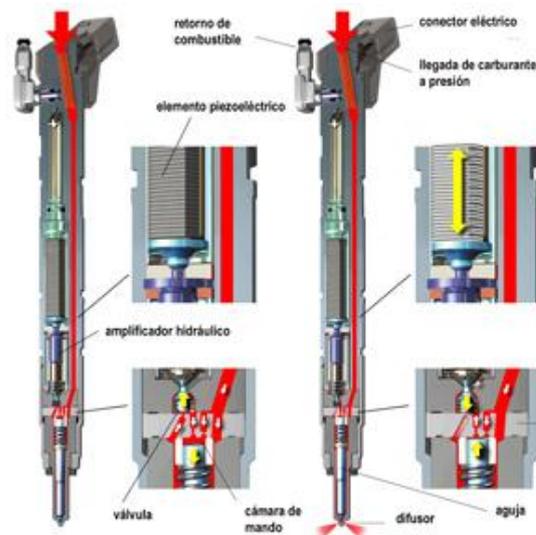


Figura. 57 Esquema de los Inyectores Common Rail

Fuente: (Varios, 2013)

2.3.4.2.- Funcionamiento

El funcionamiento del inyector puede realizarse en cuatro procesos de funcionamiento, con el motor en movimiento y la bomba de alta presión accionada.

- El Inyector cerrado o en reposo (con alta presión presente).
- El inyector abre (comienzo de inyección)

- Inyector totalmente abierto.
- El inyector cierra (final de inyección).

2.3.4.3.- Inyector Cerrado o en posición de reposo

La electroválvula que contiene este inyector en este proceso la electroválvula no está activada (se encuentra en reposo) y por tal motivo la presión del combustible es igual en la parte superior así como como en el asiento de la aguja le volumen de cámara de la tobera de la aguja del inyector permanece empujando la aguja por medio el muelle del inyector, lo que hace que la aguja se mantenga cerrada, el muelle ayuda con una fuerza muy pequeña.

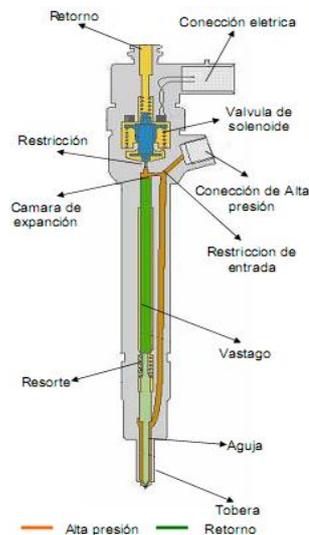


Figura. 58 Inyector en Posición de Reposo

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.4.4.- El inyector abre (inicio de inyección)

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es puesta en funcionamiento con la llamada corriente de iniciación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula al momento de que esta recibe esa señal deja abrir el estrangulador y así el gasoil que se encuentra en la cámara superior comienza a salir por el desequilibrio de las fuerzas y la aguja comienza a elevarse poco a poco permitiendo que el combustible comience a salir poco a poco hacia el cilindro.

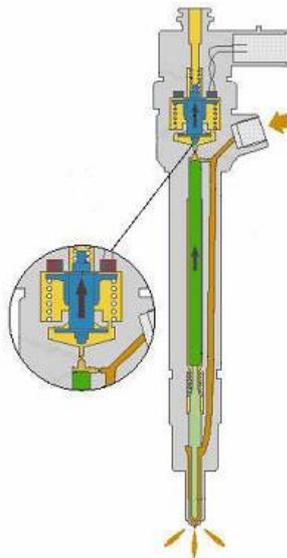


Figura. 59 Inyector Inicio de la Inyección

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.4.5.- Inyector totalmente abierto. (Inyectando)

El émbolo de accionamiento llega a su límite superior y allí se queda con una cantidad de gasoil que hace de efecto resorte. Este volumen hace un flujo de gasoil que se queda entre el estrangulador de entrada y la de salida. La tobera del inyector se encuentra totalmente abierta y el gasoil

es inyectado en la combustión con una presión que aproximadamente a la presión en el Rail. La repartición de fuerzas en el inyector es parecida a la existente durante la fase de apertura.

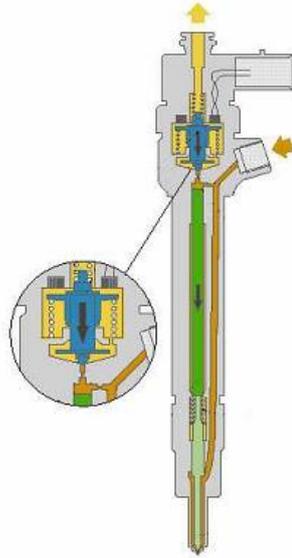


Figura. 60 Inyector Inyectando Combustible

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.4.6.- Pre Inyección e Inyección principal

Para realizar la inyección, la bobina magnética del inyector realiza un trabajo con una frecuencia de inyección de 100 Hz o sea de 80 voltios con 20 amperios, la encargada de la generación de esos valores son los capacitores que están adentro de la unidad de mando.

La pre inyección se la realiza con un pequeño caudal de combustible inyectado en la cámara ,mediante esto se logra elevar la temperatura progresivamente dentro de la cámara para estar a punto al momento de la inyección principal.

La inyección principal es la encargada de introducir una cantidad de combustible suficiente dentro de la cámara del cilindro para producir el trabajo del motor y quema del aire que se encuentra en la cámara de combustión.

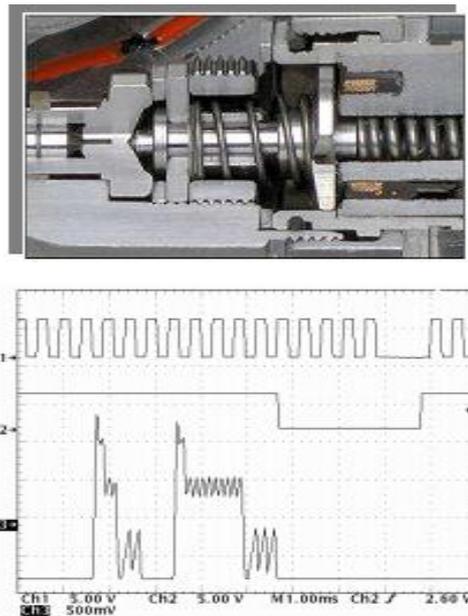


Figura. 61 Inyección Principal

Fuente: (Bosch, 2007)

2.3.5.- Tuberías de Combustible de alta presión

Las tuberías o cañerías de la alta presión deben estar dispuestas a soportar presiones máximas del sistema y a su vez también soportar oscilaciones de presión, por este motivo, las tuberías cañerías están formadas de tubos de acero, con un diámetro exterior 6 mm y un diámetro interior de 2,4 mm.

Las variaciones de las distancias entre el riel y los inyectores están compensadas mediante curvaturas más o menos pronunciadas en el

correspondiente tendido de las tuberías de inyección, lo cual debe ser lo más corta posible.

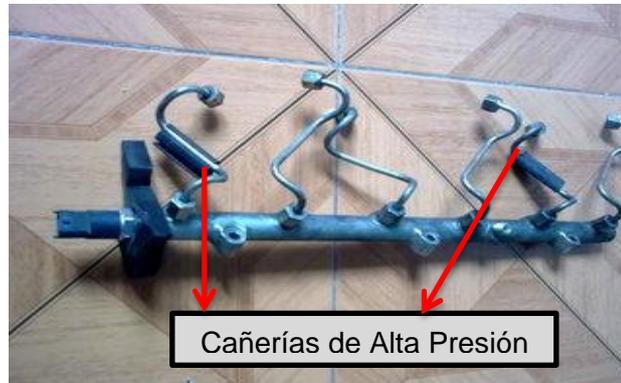


Figura. 62 Cañerías de alta presión

Fuente: (Varios, 2013)

2.3.6.- Tubería de Retorno de combustible

Las líneas de retorno de combustible tienen la función de recolectar el combustible sobrante desde los inyectores, del rail y de la bomba, y desde el cabezal del filtro, esta línea de drenaje permite que el sobrante de combustible vuelva al tanque.

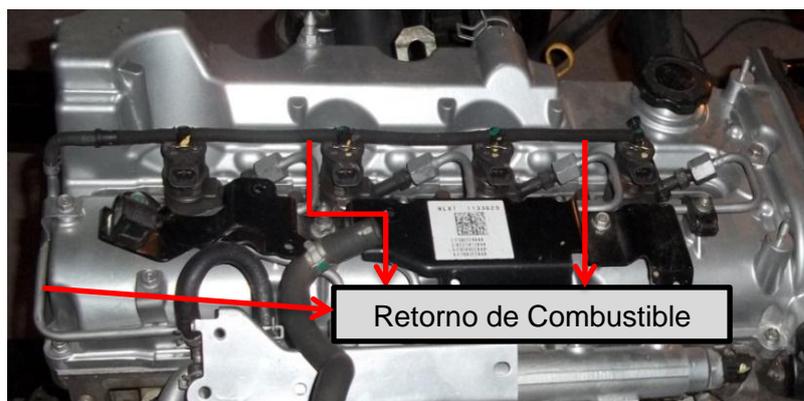


Figura. 63 Cañerías de Retorno de Combustión

Fuente: Autores

Tabla 5

POSIBLES AVERIAS Y SOLUCIONES DEL SISTEMA COMMON RAIL

SÍNTOMA	POSIBLE AVERÍA	SOLUCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de potencia - Aceleración Pobre 	<ul style="list-style-type: none"> - Filtro de combustible y aire obstruido - Medidor de masa de aire - Electroválvula de regulación de turbo - Turbocompresor - Sensor MAP - Sensor CKP - Tuberías de vacío sueltas o fisuradas -Inyectores defectuosos - Bomba de Presión -Filtro de aire obstruido - Relé de calentadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el circuito de combustible - Revisar el filtro y los conducto de admisión - Verificar el catalizador - Verificar - Medidor de masa de aire - Sensor de Poción del cigüeñal - Válvula dosificadora - Inyectores - Revisar la bomba de alta presión que funcione correctamente
<ul style="list-style-type: none"> - Humo negro al ralentí 	<ul style="list-style-type: none"> - Bujías de calentamiento - Inyectores defectuosos - Sensor de presión de la rampa de inyección 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar el Filtro - Verificar el relé de calentamiento - Verificar las bujías - Verificar los Inyectores - Verificar el sensor de la riel

Fuente: Autores

2.4.- Recomendaciones y Manteniendo del Sistema Common Rail

- 1.- No debemos soltar las líneas de alta presión con el motor prendido (por ejemplo cuando encuentre un cilindro que no funcione).
- 2.- La presión alta solo podemos revisar midiendo la lectura del voltaje del sensor de presión del riel.
- 3.- El funcionamiento del inyector dentro del cilindro se puede revisar al desconectando el conector eléctrico uno por uno.

2.4.1.- Mantenimiento de los Inyectores

- 1.- Debemos desconectar el borne de la batería.
- 2.- Limpiar con una brocha los alrededores del inyector.
- 3.- Limpiar con aire comprimido el sector donde se va a trabajar.
- 4.- Luego zafamos la tubería de alta presión en el riel y del inyector.
- 5.- Apretar hacia adentro la abrazadera del riel de la línea de retorne y tirar hacia afuera la manguera.
- 6.- Antes de volver a instalar el inyector, limpiar las cámaras internas de la culata y la superficie de sellado.

a) Colocar una escobilla

b) Sopetear con aire comprimido la superficie de llenado

2.4.2.- Proceso de Instalación

- 1.- Insertar una nueva rodela de cobre de estanquidad.
- 2.- Insertar el inyector (no tocar la punta del inyector).

3...- Ajuste las cañerías de combustible apretando las tuercas racor.

4.- Instalar la línea de alta presión.

5.- Unir la línea de retorno, nunca calzar sin abrazadera.

6.- Unir los conectores eléctricos.

7.- Conectar terminal negativo de la batería.

Además para hacer la extracción de la bomba se debe utilizar herramientas especificadas en los manuales de taller, ya que esta al ser muy delicada por sus componentes que la conforman un pequeño daño nos tocaría cambiar todo el conjunto o es decir una bomba nueva.

También debemos cambiar el filtro de combustible cada cierto tiempo que el fabricante nos indique, en caso que se llegase a dañar y no comience a filtrar el gasoil esto puede producir daños en la bomba de alta presión como en los inyectores.

6.7.- IMPACTOS

6.7.1.- Impacto Social

Con la elaboración de este proyecto los estudiantes de la carrera tendrán la oportunidad de acceder al módulo para reforzar e incrementar sus conocimientos teóricos-prácticos.

Con la existencia de este módulo, se estimula el mejoramiento de la calidad de enseñanza tanto de los Ingenieros docentes y estudiantes por cuanto se incrementara el interés de aprendizaje.

6.7.2.- Impacto Educativo

En el ámbito educativo tendrá un impacto positivo por cuanto los estudiantes tendrán a su alcance e información a través de este módulo que generara mayor conocimiento y la oportunidad de aplicarlos en vehículos con motores diesel common rail.

6.7.3.- Impacto Tecnológico

En el campo tecnológico la aplicación del sistema common rail es de gran eficacia para los motores diesel, por el cual reduce el consumo de combustible manteniendo una eficiencia en su motor y a la vez reduciendo emisiones contaminantes el cual permita mantener un ambiente más limpio.

6.8.- DIFUSIÓN

Objetivo:

La socialización de la “Elaboración de un Módulo Didáctico del Sistema Common Rail del Motor Mazda BT 50 WL-C CRDi Diesel” tuvo como objetivo el dar a conocer las innovaciones tecnológicas en los motores Diesel, y a su vez explicar su funcionamiento, como también ver en qué forma este tipo de sistemas ayudan hoy en día con el medio ambiente, esto se lo realizo con los estudiantes de decimo semestre de la carrera.

En esta socialización con los alumnos se trató los siguientes temas:

- Sistema Common Rail
- Unidad de Control Electrónico
- Alimentación de Combustible
- Bomba de Alimentación y Alta Presión
- Riel o Acumulador
- Inyectores



Figura. 64 Socialización

Fuente: Autores

6.9.- BIBLIOGRAFÍA

1. - Arpem. (2013). arpem.com. Obtenido de arpem.com:
http://www.arpen.com/tecnica/common_rail
- 2.- Bosch. (2001). Control Electronico para Motores Diesel . Santiago de Chile .
- 3.- Bosch. (2005). Manual Tecnica del Automovil. Buenos Aires.
- 4.- Bosch. (2005). Sistema de Inyeccion Diesel. Buenos Aires .
- 5.- Bosch. (2007). "Sistema Common Rail" Diesel. Buenos Aires .
- 6.- Bosch. (2007). Tecnología CRDi. Argentina.
- 7.- Bosch. (2010). Motores Diesel Common Rail. Buenos Aires.
- 8.- Braun, R. (2006). Motores Diesel: Tecnologias para el Futuro. Santiago, Chile .
- 9.- emagister. (2010). Curso del Sistema Common Rail Diesel. Obtenido de Curso del Sistema Common Rail Diesel:
<http://www.emagister.com/cursos de commonrail>
- 10.- emagister, S. (2010). Curso del Sistema Common Rail Diesel. Obtenido de Curso del Sistema Common Rail Diesel:
<http://www.emagister.com/cursos de commonrail>
- 11.- Hermogenes, G. (2001). Sistemas de Inyeccion .
- 12.- Martinez, G. (2012). Manual Practico del Automovil.
- 13.- Mazda. (2011). Sistema Common Rail. Mexico .
- 14.- Mazda. (2011). Sistema Common Rail BT 50. Santiago de Chile .

- 15.-** Mecanica, A. (s.f.). www.Automecanica.com. Obtenido de www.Automecanica.com:
http://www.automecanica.com/motorescommonrail_diesel
- 16.-** Mecanica, T. (s.f.). www.todomecanica.com. Obtenido de www.todomecanica.com:
http://www.todomecanica.com/commonrail_diesel
- 17.-** Perez, M. A. (2007). *Tecnologia de los Motores*.
- 18.-** Popular, M. (s.f.). www.mecanicapoupular.com. Obtenido de www.mecanicapoupular.com:
http://www.mecanicappular.com/sistecommonrail_diesel
- 19.-** Slideshare. (2013). [Slideshare.net](http://www.slideshare.net). Obtenido de [Slideshare.net](http://www.slideshare.net):
http://www.slideshare.net/celinpadilla/common_rail
- 20.-** Toyota. (2001). *Sistema Common Rail*.
- 21.-** Toyota. (2005). *Manual de la Toyota Hilux*. Buenos Aires.
- 22.-** Varios, H. d. (2013). [wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Obtenido de [wikipedia.com](http://www.wikipedia.com):
[http://www.wikipedia.com/sistema common rail](http://www.wikipedia.com/sistema%20common%20rail)
- 23.-** Virtual, M. (2005). www.mecanicavirtual.org.com. Obtenido de www.mecanicavirtual.org.com:
http://www.iespana.es/mecanicavirtual/common_rail1
- 24.-** Virtual, M. (2013). *Mecanica Virtual*. Obtenido de Mecanica Virtual:
<http://automocionefa.files.wordpress.com/2012/06/curso-de-gestion-electronica-diesel2.pdf>
- 25.-** Virtual, M. (s.f.). www.mecanicavirtual.com. Obtenido de www.mecanicavirtual.com:
<http://www.mecanicavirtual.com/sistemasdiselcommonrail>

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de Coherencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL
¿De qué manera los docentes de la carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz manejan la enseñanza del sistema common rail diesel del motor Mazda BT 50 Diesel hacia los estudiantes?	“Elaboración de un módulo didáctico para la enseñanza, del funcionamiento del sistema Common rail de un motor Mazda BT 50 diesel”
SUB PROBLEMA- INTERROGANTES	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
¿Qué tipo de información bibliográfica existe acerca del sistema Common rail del motor Mazda BT 50 diesel?	- Investigación bibliográfica acerca del funcionamiento del sistema Common rail de un motor Mazda BT 50 diesel.
¿Qué finalidad se busca al elaborar el modulo didáctico para la enseñanza del sistema common rail diesel del motor Mazda BT 50?	- Presentar motor Mazda BT 50 diesel el cual quedara en los talleres de la carrera de Ing. Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.
¿Cómo se elabora un módulo de enseñanza didáctico?	- Elaborar un módulo didáctico acerca del funcionamiento del sistema common rail del Motor Mazda BT 50 diesel y socializarlo con los estudiantes de la carrera.
¿Con que finalidad se realiza la socialización del módulo con los estudiantes de la carrera?	

ANEXO 2

FOTOS DEL SISTEMA COMMON RAIL



Figura. 65 Motor Common Rail

Fuente: Autores

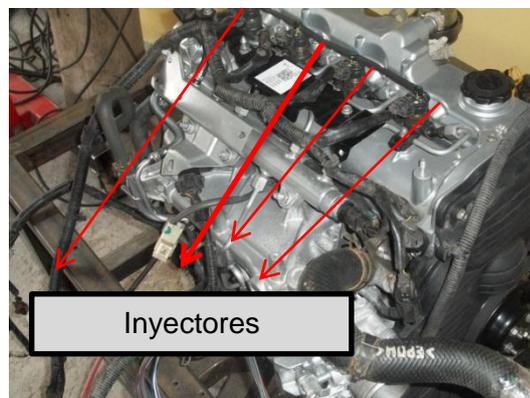


Figura. 66 Sistema Common Rail

Fuente: Autores

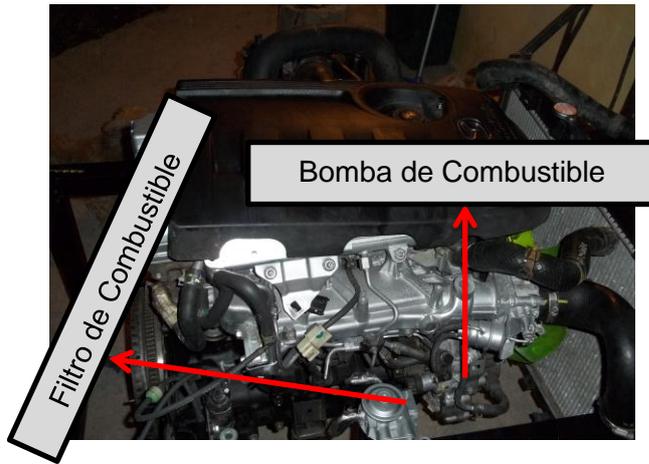


Figura. 67 Motor Common Rail Vista Superior

Fuente: Autores



Figura. 68 Motor Mazda

Fuente: Autores



Figura. 69 Maqueta del Motor Mazda BT50

Fuente: Autores



Figura. 70 Socialización

Fuente: Autores



Figura. 71 Socialización

Fuente: Autores



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	100343377-6	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Aguirre Ayala Víctor Bladimir	
DIRECCIÓN:	Ejido de Caranqui - Ibarra		
EMAIL:	bladimir_aguirre@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062651627	TELÉFONO MÓVIL:	0980260323

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL"
AUTOR (ES):	Aguirre Ayala Víctor Bladimir Ortiz Hernández Byron Román
FECHA: AAAAMMDD	2013-07-16
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Edgar Mena

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Aguirre Ayala Víctor Bladimir**, con cédula de identidad Nro. 100343377-6, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de Julio de 2013

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Aguirre Ayala Víctor Bladimir
C.C.: 100343377-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Aguirre Ayala Víctor Bladimir**, con cédula de identidad Nro. 100343377-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 16 días del mes de Julio de 2013

(Firma)


Nombre: Aguirre Ayala Víctor Bladimir
Cédula: 100343377-6



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100344526-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ortiz Hernández Byron Román		
DIRECCIÓN:	Atuntaqui Calle Sucre y Velasco		
EMAIL:	byron-ortiz1@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0988931385

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL"
AUTOR (ES):	Aguirre Ayala Víctor Bladimir Ortiz Hernández Byron Román
FECHA: AAAAMMDD	2013-07-16
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingenieros en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Edgar Mena

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Ortiz Hernández Byron Román**, con cédula de identidad Nro. 100344526-7, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 16 días del mes de Julio de 2013

EL AUTOR:



(Firma).....
Nombre: Ortiz Hernández Byron Román
C.C.: 100344526-7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Ortiz Hernández Byron Román**, con cédula de identidad Nro. 100344526-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: "ELABORACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DEL SISTEMA COMMON RAIL DEL MOTOR MAZDA BT 50 WL-C 2.5 CRDi DIESEL", que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Automotriz, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 16 días del mes de Julio de 2013

(Firma)
Nombre: Ortiz Hernández Byron Román
Cédula: 100344526-7