

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL MOTOR J3
CRDI DE HYUNDAI TERRACAN GL EX”**

Autor:

Diego Nicolas Andrango Bonilla

Director: Ing. Marco V Noroña Msc.

Guayaquil, Abril 2017

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán Msc

CERTIFICA:

Que el trabajo **“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL MOTOR J3 CRDI DE HYUNDAI TERRACAN GL EX”** realizado por el estudiante: **Diego Nicolás Andrango Bonilla**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvara a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de (un) empastado y (un) disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Diego Nicolas Andrango Bonilla, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Abril del 2017


Ing. Marco Vinicio Noroña Merchán Msc

Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Diego Nicolas Andrango Bonilla

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: **“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL MOTOR J3 CRDI DE HYUNDAI TERRACAN GL EX”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Abril del 2017



Diego Nicolas Andrango Bonilla
C.I. 0927289314

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Nicolas Andrango Bonilla

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra **“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EL MOTOR J3 CRDI DE HYUNDAI TERRACAN GL EX”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Abril del 2017



Diego Nicolas Andrango Bonilla
C.I. 0927289314

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios pues es el guía de mis metas y supo darme fuerzas frente a muchas adversidades presentadas en el camino.

A mi mama María del Carmen por su apoyo incondicional y la comprensión brindada en este camino tan difícil de la vida, gracias a sus enseñanzas y experiencias me ayudaron a guiarme por el camino correcto, mi querida madre.

A mi hermana y amigos de manera especial por recorrer este camino conmigo pues me han ayudado a ser más humano.

Muchas gracias a aquellos seres queridos que han formado parte de mi vida y que siempre guardare en mi alma.

AGRADECIMIENTO

Mi más profundo agradecimiento a la Universidad Internacional del Ecuador facultad de Mecánica Automotriz por permitirme estudiar la carrera, así de igual manera a sus docentes por el conocimiento brindado y el apoyo en el transcurso de mi etapa universitaria.

Agradezco a todos mis compañeros de clase que a lo largo de mi carrera universitaria me brindaron su apoyo moral para culminar mi carrera y significaron un aporte para mi formación académica y humana.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRAC.....	xiii
CAPITULO I.....	14
ANTECEDENTES.....	14
1.1. Definición del problema.....	14
1.2. Objetivo de la investigación.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivo específico.....	15
1.3. Alcance.....	15
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	15
1.5. Marco metodológico.....	16
1.5.1. Método de investigación.....	16
1.5.2. Tipo de investigación.....	16
1.6. Variables de la investigación.....	16
1.6.1. Variable independiente.....	16
1.6.2. Variable dependiente.....	16
CAPITULO II.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Funcionamiento del sistema Delphi.....	17
2.1.1. Sistema de alimentación.....	17
2.1.2. Bomba de transferencia.....	21
2.1.3. Bomba de alta presión.....	22
2.1.4. Funcionamiento de inyectores.....	25
2.1.5. Riel.....	27

2.1.6.	Sensor de presión de riel.....	29
2.1.7.	Filtro	30
CAPITULO III		34
ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.....		34
3.1.	Estructura del banco de prueba	34
3.1.1.	Características del banco de pruebas	34
3.2.	Planteamiento del banco de pruebas	34
3.2.1.	Cálculos	35
3.3.	Construcción de la estructura del banco de pruebas	36
3.3.1.	Materiales de la estructura del banco de pruebas	42
3.3.2.	Planos de la estructura del banco de pruebas	43
3.3.3.	Seguridad del banco de pruebas	44
3.4.	Propiedades para la elaboración de la estructura del banco de pruebas	45
CAPITULO IV		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
4.1.	Conclusiones	47
4.2	Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA.....		49
ANEXOS.....		50
PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.....		50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de alimentación Delphi.....	17
Figura 2: Sistema de alimentación.....	18
Figura 3: Circuito de baja y alta presión de combustible	19
Figura 4: Cañerías.....	20
Figura 5: Socket del inyector.....	21
Figura 6: Válvula reguladora de la bomba de transferencia	21
Figura 7: Bomba de alta presión.....	22
Figura 8: Cabezal de la bomba de alta presión	23
Figura 9: Válvula de aspiración.....	23
Figura 10: Válvula de descarga	24
Figura 11: Sin inyección de combustible	25
Figura 12: Descarga de combustible	25
Figura 13: Inyección de combustible.....	26
Figura 14: Fin de la inyección de combustible.....	26
Figura 15: Riel.....	28
Figura 16: Implantación del reductor	29
Figura 17: Sensor de presión del riel.....	29
Figura 18: Filtros de combustible	31
Figura 19: Parte del filtro de combustible	32
Figura 20: Elemento del filtro de combustible	32
Figura 21: Tubos rectangulares y plancha de acero	36
Figura 22: Estructura soldada	37
Figura 23: Plancha del panel de instrumentos	37
Figura 24: Instalación de ruedas.....	38
Figura 25: Estructura armada	38
Figura 26: Montaje del motor.....	39
Figura 27: Bases del motor.....	39
Figura 28: Cercado de seguridad	40
Figura 29: Panel de control.....	40
Figura 30: Puertas de panel de control	41
Figura 31: Plano superior de la estructura	43
Figura 32: Plano frontal de la estructura	44

Figura 33: Plano lateral de la estructura	44
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sensores y actuadores del módulo de control	27
Tabla 2: Características del sensor de presión.....	30
Tabla 3: Característica del filtro de combustible.....	31
Tabla 4: Eficiencia de los filtros de 2 y 5 micrones	33
Tabla 5: Propiedades de la soldadura MIG.	37
Tabla 6: Materiales de la estructura.....	42
Tabla 7: Materiales para el panel de instrumentos	43
Tabla 8: Costos.	45

RESUMEN

La tesis desarrollada presenta documentación técnica y práctica sobre la construcción de un banco de pruebas para el motor J3 con sistema de inyección Common Rail del Hyundai Terracan GL EX para el diagnóstico y las pruebas en el que la comunidad universitaria puede verificar su funcionamiento evaluado en el banco de pruebas y conocer las posibles averías que puedan presentar el motor por medio del análisis de los parámetros de funcionamiento de este tipo de motor CRDI.

Para la elaboración de la estructura del banco de pruebas se realizó cálculos estructurales para impedir que el banco de pruebas sufra algún tipo de deformación al momento de entrar en funcionamiento y también para poder elegir los materiales adecuados y resistentes, para la elaboración de la estructura los materiales elegidos están bajo la norma de calidad ASTM pues son materiales resistentes a sufrir algún tipo de deformación y corrosión además son materiales muy comunes en nuestro mercado.

La elaboración de la estructura del panel de instrumentos se utilizó una plancha metálica de 1/20 pulg ligera y delgada para una fácil maniobrabilidad e instalación.

En cuestión de seguridad para los usuarios del banco de pruebas se implementó un cerco de seguridad alrededor de toda estructura del banco de pruebas hecho de tubos de 25 mm de diámetro.

Para obtener una mejor maniobrabilidad del banco de pruebas se instalaron cuatro ruedas que permite el fácil movimiento del mismo según la disposición de los usuarios.

A través de este trabajo el docente puede implementar una guía de diagnóstico basada en los temas relacionados con el funcionamiento del motor J3 CRDI para que de esta manera se pueda evaluar el desarrollo de este tipo de motor dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil del año 2017.

ABSTRACT

The developed thesis presents the technical documentation and the practice on the construction of a test bench for the J3 engine with the common injection system the rail of the Hyundai Terracan GL EX for the diagnosis and the tests in which the university community can verify its Operation evaluated in the Test Bank and to know the possible damages that can present the motor by means of the analysis of the parameters of operation of this type of motor CRDI.

For the development of the structure of the test bed, structural calculations were carried out to prevent the test bed from suffering any type of deformation when it was put into operation and also to be able to choose the appropriate and resistant materials for the construction of the structure. The chosen materials are under ASTM quality standard because they are resistant materials to undergo some type of deformation and corrosion in addition to the materials very common in our market.

The development of the instrument panel structure used a light and thin 1/20 pulg metal plate for easy installation and maneuverability.

A safety fence was implemented around the whole test bed structure made of 25 mm diameter pipes in order to ensure safety for users of the test bench.

To achieve a better maneuverability of the test bench is installed cuatro wheels that allow the easy movement of the same according to the agreement of the users.

Through this work the teacher can implement a diagnostic guide based on the issues related to the operation of the J3 CRDI engine so that in this way can be evaluated the development of this type of engine within the Faculty of Mechanical Automotive Engineering of the International University of Ecuador, extension Guayaquil of year 2017.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En el sector automotriz los sistemas inyección diésel CRDI se han ido implantando con mayor frecuencia debido a que este sistema de inyección funciona independiente del régimen del motor y ayuda a disminuir las emisiones contaminantes aprovechando el rendimiento del combustible en el vehículo, actualmente este sistema se aplica tanto en vehículos de turismo como industriales ligeros y pesados pues el sistema de inyección diésel CRDI permite ajustar con mucha precisión el avance y caudal de inyección de acuerdo a las necesidades del motor mejorando el consumo de combustible y de esta manera reduciendo en gran medida las emisiones contaminantes que es un gran problema mundial.

Debido a estas preferencias del mercado y la falta de este tipo de material didáctico se tomó la iniciativa de implementar un banco de pruebas para un motor J3 CRDI en el cual el personal académico y estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador podrán dar uso de manera práctica realizando distintas pruebas de diagnóstico mediante la lectura de parámetros de funcionamiento realizados en el motor de acuerdo a las necesidades del docente.

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.2.1. Objetivo general.

Elaborar un banco de pruebas para el motor J3 CRDI del Hyundai Terracan GL EX, que permita evaluar el desarrollo y funcionamiento de este tipo de motor dentro de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil, en el año 2017.

1.2.2. Objetivo específico.

1. Implementar un banco de pruebas de un motor CRDI en la Universidad Internacional del Ecuador.
2. Determinar parámetros para la elaboración del banco de pruebas para un motor CRDI.
3. Construir el banco de pruebas para el motor que se utilizará para el desarrollo del trabajo.

1.3. ALCANCE.

El propósito de este trabajo es presentar el funcionamiento del motor J3 CRDI en un banco de pruebas el cual va dirigido al personal académico para de esa manera tener profesionales altamente preparados y capacitados, mejorar el conocimiento de los estudiantes mediante el diagnóstico de las posibles averías que se pueda presentar en el motor J3 CRDI según las exigencias del mercado actual.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Debido a la falta de este tipo de material didáctico este trabajo tiene como objetivo principal facilitar el aprendizaje del sistema CRDI mediante la elaboración de un banco de pruebas para el motor J3 CRDI y poder revisar el funcionamiento de los sistemas del motor CRDI mediante la realización de pruebas de rendimiento, esto será útil para la comunidad estudiantil ayudando a adquirir mayor conocimiento sobre el sistema de inyección riel común.

Es de suma consideración el aprendizaje de este tipo de sistema de inyección pues la tecnología avanza en este tipo de sistemas ya que mejoran el rendimiento del motor, ahorran el costo del combustible ayudando también a disminuir las emisiones contaminantes.

1.5. MARCO METODOLÓGICO.

1.5.1. Método de investigación.

Este trabajo se desarrolla por medio de una investigación descriptiva y cualitativa recopilando datos técnicos del sistema de inyección CRDI de un motor J3 para ser aplicado en un banco de prueba, con esto se puede obtener información del funcionamiento del motor CRDI, pues este tipo de motores están teniendo una mayor demanda de reparación en el mercado automotor. De tal manera la construcción de este banco de pruebas sirve para conocer el sistema CRDI y esa manera obtener datos de funcionamiento del mismo con el equipo FSA determinara y evaluara su funcionamiento. Los estudiantes pueden manipular de forma practica el banco de pruebas solucionando problemas del motor mediante el diagnóstico de las posibles averías presentadas en el motor.

1.5.2. Tipo de investigación.

La investigación es realizada tanto descriptiva como cualitativa, pues de esta manera se procura explicar los parámetros de rendimiento del motor J3 CRDI en un banco de prueba en forma de porcentajes, en base a las exigencias mercado actual y del medio ambiente.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.6.1. Variable independiente.

- Dimensiones.
- Cálculos.

1.6.2. Variable dependiente.

- Sistema de alimentación Delphi.
- Construcción del banco de pruebas para motor J3 CRDI del Hyundai Terracan GL EX.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DELPHI.

El sistema Delphi es un cambio fundamental en el proceso de alimentación para motores modernos diésel de inyección directa, pues el sistema mejora la fiabilidad, rendimiento y ahorro de combustible.

Los pioneros en ser equipado con el sistema Delphi que muestra en la figura 1 fueron Ford, Jaguar, Renault, Peugeot Citroen, Mercedes-Benz, Nissan, SsangYong, Kia y Hyundai y actualmente los fabricantes de vehículos continúan utilizando el sistema Delphi aprovechando el mercado en crecimiento.



Figura 1: Sistema de alimentación Delphi

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

2.1.1. Sistema de alimentación.

Los motores J3 tienen un sistema de inyección electrónica directa de combustible Delphi que se muestra en la figura 2 en el cual el combustible es aspirado desde el tanque de combustible por una bomba de transferencia para luego ser enviado a una presión de 6 bar hacia la bomba de alta presión y esta a su vez lo envía al riel común hacia todos los inyectores a una presión de inyección de 1350 bar.

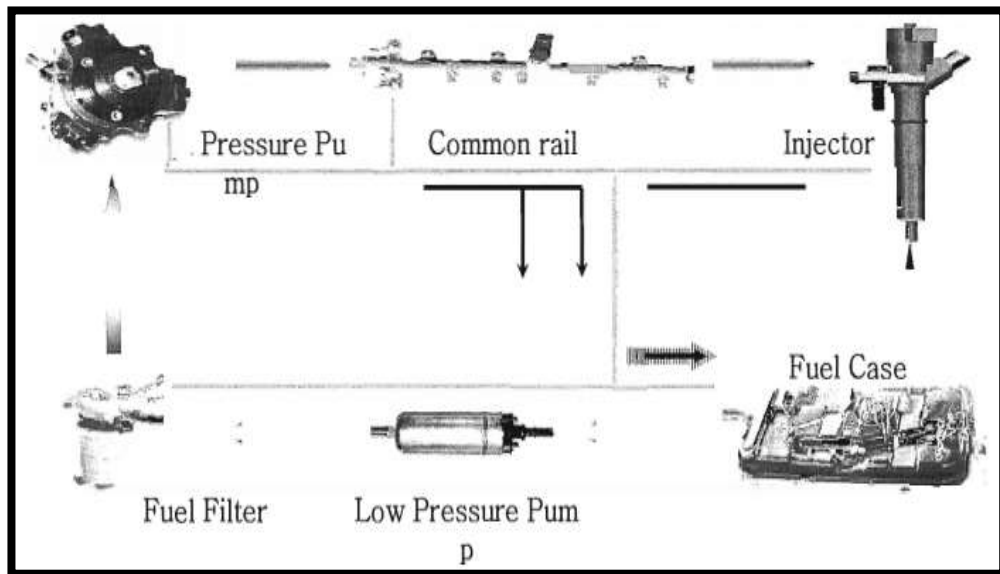


Figura 2: Sistema de alimentación

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

Los componentes más importantes de este sistema de inyección son:

- Tanque de combustible.
- Filtro de combustible.
- Bomba de Transferencia.
- Cañerías de combustible.
- Bomba de alta presión.
- Riel.
- Inyector.
- Módulo de control del motor.
- Sensores.

El sistema de inyección Delphi permite controlar el avance de la distribución de acuerdo a las necesidades del conductor permitiendo el control de la inyección en cada cilindro, los rangos de la presión de inyección pueden variar de acuerdo a las exigencias de funcionamiento del motor.

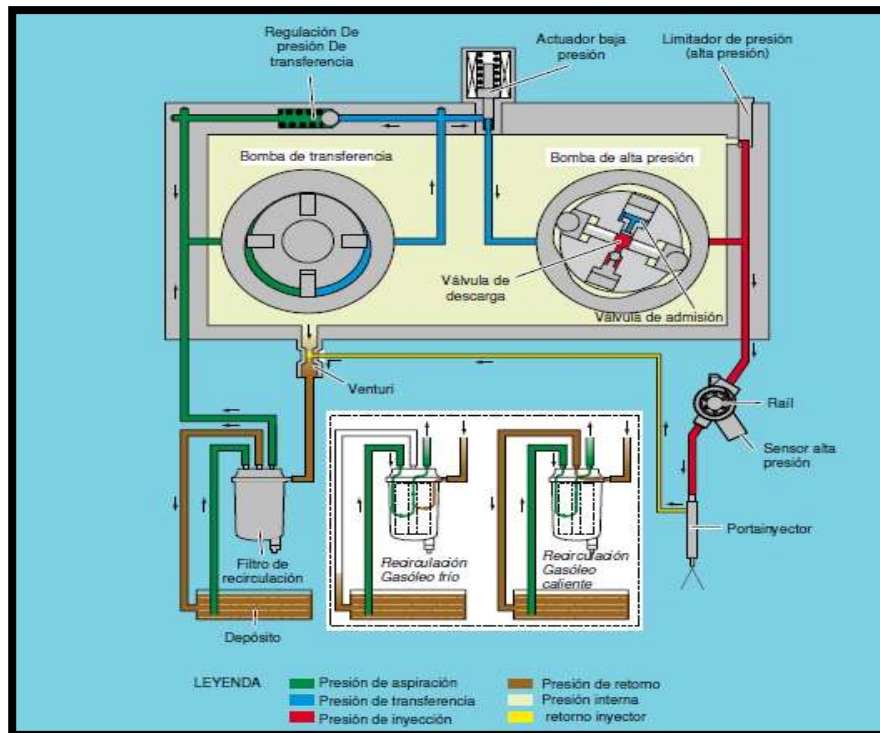


Figura 3: Circuito de baja y alta presión de combustible

Fuente: Common rail - Delphi

Este sistema de inyección permite un mejor control del avance de la distribución y del flujo cuando el motor está a ralentí baja carga o alta carga, lo cual ayuda a que la presión de inyección se pueda modificar de acuerdo a las necesidades de funcionamiento del motor logrando así que se obtenga una mejor inyección y un mejor ajuste de la cantidad de combustible inyectado a los cilindros.

Cuando el régimen es elevado la turbulencia es importante pues se puede inyectar el combustible a muy elevadas presiones.

Con poca carga la turbulencia y el llenado es menor.

En la figura 3 se muestra el circuito de baja presión el combustible el cual succiona del depósito pasando a través del filtro de recirculación dirigiéndose a la bomba de transferencia una vez que la bomba de transferencia recibe el combustible este lo envía hacia el actuador de baja presión para vencer la presión del resorte hacia la bomba de alta presión a un presión aproximada de 6 bar.

En caso que exista algún exceso de presión en el circuito de baja presión entra en funcionamiento la válvula de regulación de presión de transferencia la cual envía el exceso de combustible nuevamente a la entrada de la bomba de transferencia.

En el circuito de alta presión el combustible es enviado hacia el riel a través de las cañerías metálicas de alta presión de combustible mostrado en figura 4 a una presión aproximada de 1400 bar permitiendo de esa manera obtener una mejor pulverización del combustible en los inyectores, el exceso de combustible es controlado por el limitador de alta presión el cual mantiene el sistema presurizado a presiones optimas de funcionamiento. En el inyector tenemos otra línea de retorno de combustible la cual sirve para eliminar el exceso de presión en el inyector.

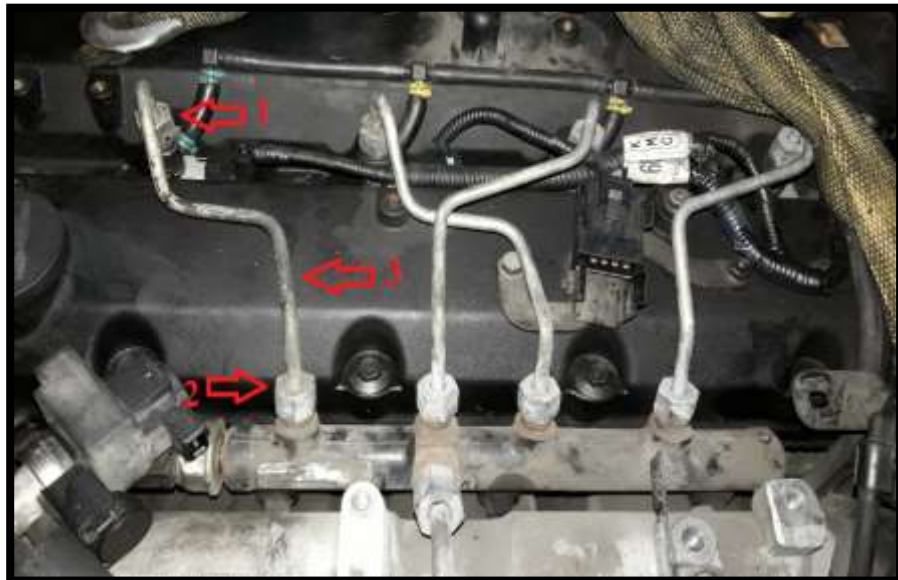


Figura 4: Cañerías

Fuente: Diego Andrango, 2017

Partes de las cañerías:

1. Unión de entrada de combustible.
2. Cuerpo de la cañería.
3. Unión de salida de combustible.

Estos inyectores son conectados por medio de unos socket mostrados en la figura 5 y controlados por medio de un módulo de control electrónico el cual permite que el combustible ingrese al cilindro en el instante preciso y la cantidad solicitada.



Figura 5: Socket del inyector

Fuente: Diego Andrango

2.1.2. Bomba de transferencia.

Aspira el combustible desde el tanque de combustible pasando a través del filtro de combustible enviando el combustible a la bomba de alta presión, la presión de la bomba de transferencia incrementa en función de la rpm del motor pues la bomba de transferencia es movida por medio de un eje de la bomba de alta presión, la bomba de transferencia tiene una válvula de reguladora de presión mecánica mostrada en la figura 6 que está formada por un pistón y un muelle que limita el paso del combustible permitiendo mantener la presión a un valor aproximado de 6 bar.

Las características principales de la bomba de transferencia son:

1. Presión de 6 bar.
2. Caudal a baja carga 90 l/h a 300 rev/min bomba.
3. Caudal a carga alta 650 l/h a 2500 rev/min bomba.
4. Capacidad de aspiración 65 mbar a 100 rev/min bomba.

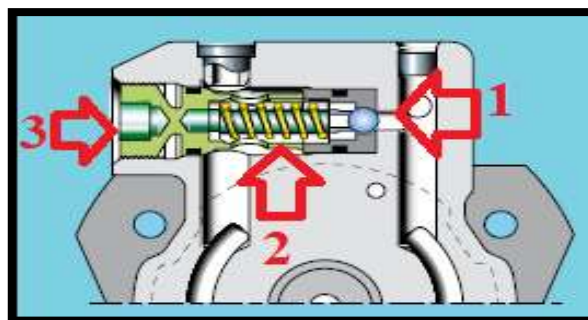


Figura 6: Válvula reguladora de la bomba de transferencia

Fuente: Manual Common rail Delphi

Partes de la válvula reguladora de la bomba de transferencia:

1. Rulimán.
2. Resorte.
3. Pistón fijo.

2.1.3. Bomba de alta presión.

El combustible es aspirado desde el tanque de combustible por medio de la bomba de transferencia para luego ser enviada a una presión constante hacia los émbolos de alta presión de la bomba mostrada en la figura 7 a una presión aproximada de 6 bar con ayuda válvula reguladora, entonces el combustible es dirigido hacia los elementos de bombeo a través de la válvula de derivación que permite controlar la cantidad de combustible que va a los elementos de bombeo. Los pistones del cabezal hidráulico pretenden comprimir el combustible lo cual provoca que este sea enviado hacia el riel común.

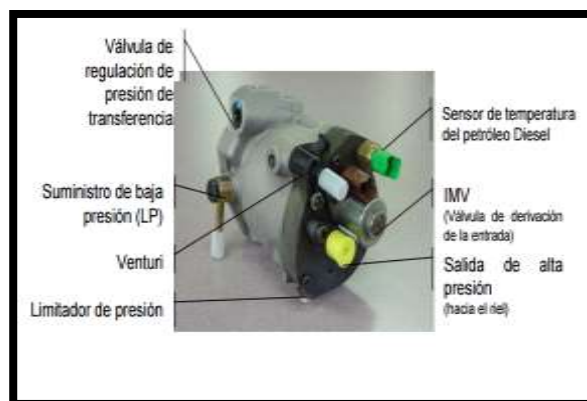


Figura 7: Bomba de alta presión

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

En la fase de llenado los rodillos se mantienen en contacto con las levas por los resortes se muestra en la figura 8, la presión de la bomba de transferencia es suficiente para abrir la válvula de admisión de esa manera los dos émbolos se llenan de combustible.



Figura 8: Cabezal de la bomba de alta presión

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

En el cabezal de la bomba de alta presión los rodillos opuestos son empujados hacia dentro por las levas y la presión se incrementa rápidamente en el espacio de compresión de los émbolos cuando la presión aumenta cierra la válvula de aspiración y se abre la válvula de descarga en ese momento el combustible es enviado al riel.

El mismo combustible que circula dentro de la bomba de alta presión sirve para lubricar y refrigerar los componentes internos de la bomba para asegurar un buen funcionamiento el caudal mínimo de la bomba debe ser 50 litros/hora.

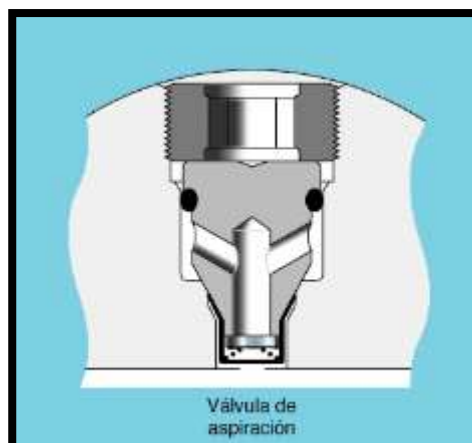


Figura 9: Válvula de aspiración

Fuente: Manual riel common Delphi

En la válvula de aspiración mostrada en la figura 9 la presión de la bomba de transferencia empuja la válvula para que el combustible ingrese a los elementos de bombeo

cuando las levas entran en contacto con los rodillos de los émbolos la presión aumenta en los émbolos de los elementos de bombeo lo cual provoca que la válvula se vuelva a cerrar.

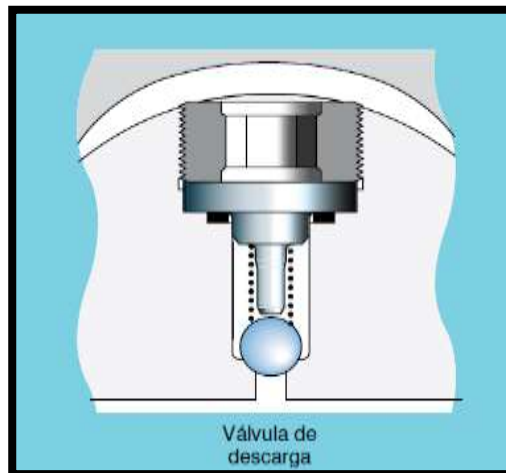


Figura 10: Válvula de descarga

Fuente: Manual riel common Delphi

En la válvula de descarga mostrada en la figura 10 la bola de la válvula está bajo la presión del riel asegurando la estanqueidad del combustible en los elementos de bombeo al momento que los émbolos son sometidos por las levas estos elevan la presión rápidamente en ese momento la presión de los elementos de bombeo es superior a la presión del riel lo cual provoca que el combustible de los émbolos sea expulsado hacia el riel.

El riel es un múltiple de distribución que acumula el combustible y lo envía hacia los inyectores por medio de tuberías, este riel común tiene un sensor de presión incorporado el cual envía el valor de la presión en el riel al módulo de control electrónico, el riel puede soportar una presión máxima funcionamiento de 1600 bar.

Características de la bomba de alta presión.

- El mismo combustible lubricación y refrigera de la bomba de alta presión.
- Es accionada por cadena.
- Distribuidor tipo pistón
- Envía el combustible a un máximo de 1400 bar.
- Caudal mínimo para buen funcionamiento de la bomba es de 50 litros/hora.

2.1.4. Funcionamiento de inyectores.

El inyector es uno de los componentes principales del sistema de inyección pues sirve para introducir la cantidad exacta de combustible a los cilindros de forma pulverizada.

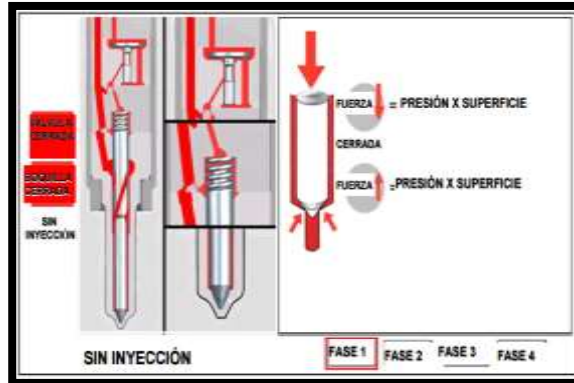


Figura 11: Sin inyección de combustible

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

El solenoide de la válvula de control todavía no está energizado por ende la válvula de control y la boquilla se mantienen cerradas, la presión en el riel y la cámara de control son las mismas aproximadamente 1400 bar.

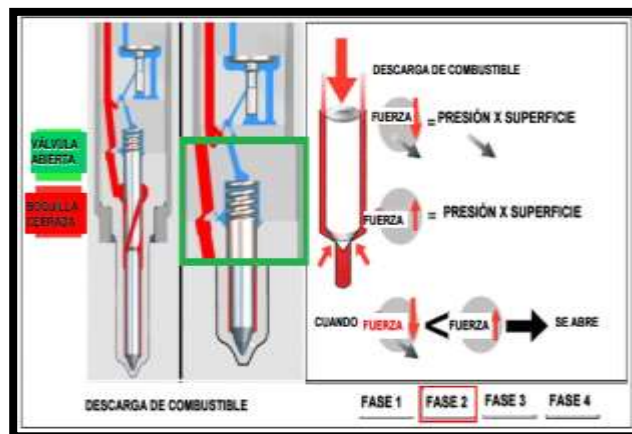


Figura 12: Descarga de combustible

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

El módulo de control energiza el solenoide de la válvula de control lo cual permite que la presión del combustible en la cámara de control de la aguja baje mientras que la presión de combustible en la boquilla permanece igual que en la del riel lo cual permite que la aguja de la boquilla se empiece hacia arriba.

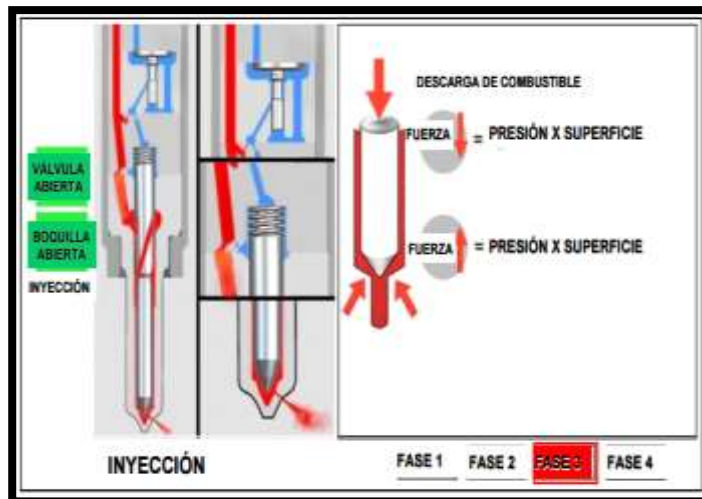


Figura 13: Inyección de combustible

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

La aguja se mueve totalmente hacia arriba y comienza la etapa de inyección, el módulo de control electrónico controla la cantidad y monitoriza el tiempo que permanece energizada la válvula de control.

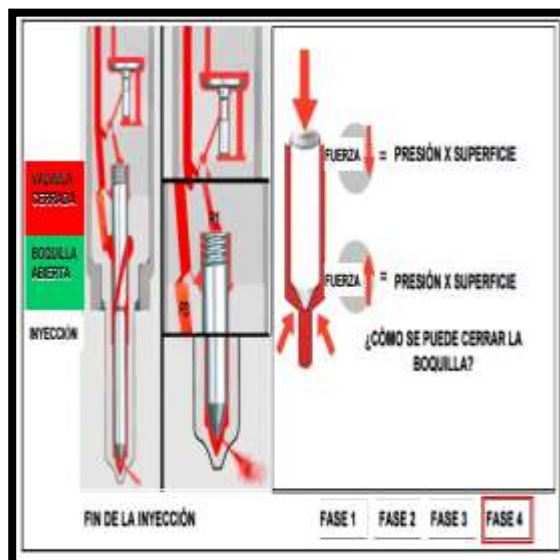


Figura 14: Fin de la inyección de combustible

Fuente: Manual de entrenamiento Delphi

El solenoide de la válvula de control es desenergizado por el módulo de control electrónico provocando que la válvula de control regrese a su asiento debido a la fuerza del resorte esto causa que la presión entre la cámara de la aguja aumente y la presión en el asiento de la boquilla disminuya ocasionando que la aguja se cierre.

Características del inyector:

- Permitir inyecciones múltiples.
- Inyectar cantidades de combustible más pequeñas.
- Inyectar presiones de combustible cada vez más elevadas pudiendo alcanzar hasta 1800 bar.
- Entregar el combustible de manera heterogenia

Todo este proceso de funcionamiento es controlado por el módulo de control electrónico analizando parámetros como el tiempo de inyección de los inyectores y la presión en el riel, este también lleva el control de sensores y actuadores del motor.

El control de la presión esta contralado por dos módulos:

1. El primer módulo determina el valor de la demanda de presión en el riel de acuerdo al funcionamiento del motor.
2. El segundo módulo es el que se encarga de pilotear el IMV para que la presión se eleve hasta su alcance establecido.

Tabla 1: Sensores y actuadores del módulo de control

ECM	
Entrada	Salida
Sensor de flujo de aire	Inyector
Sensor de pedal de acelerador	Control del ventilador
Sensor CKP	Calentador de aire
Sensor CMP	Válvula EGR
Sensor IAT	Lampara check engine
Sensor ECT	Relé principal
Sensor de velocidad del vehículo	Válvula de derivación de entrada
Sensor de presión del riel	
Sensor de detonación	
Sensor de temperatura del combustible	

Fuente: Diego Andrango, 2017

2.1.5. Riel.

Es un acumulador de presión mostrado en la figura 15 se encarga de recibir el combustible bajo presión de la bomba de alta presión y distribuirla a los inyectores va ubicado después de la bomba de alta presión.

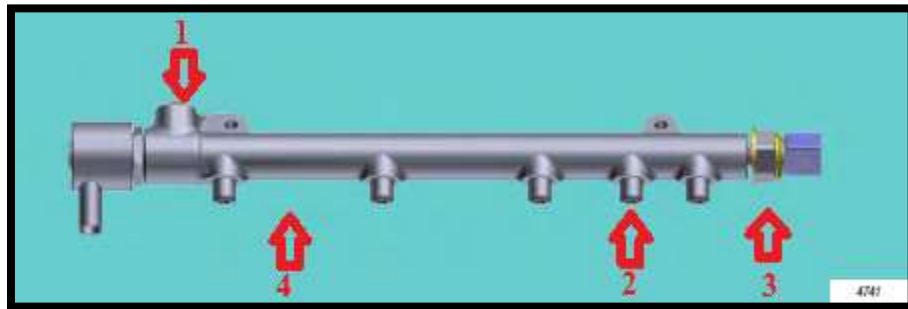


Figura 15: Riel

Fuente: Manual Rail Common Delphi

El riel está constituido por las siguientes partes:

1. Orificio de entrada de combustible.
2. Orificio de salida de combustible.
3. Sensor de presión.
4. Cuerpo.

En los orificios de salida tiene una implantación del chorro reductor mostrado en la figura 16 que sirve para controlar de manera más precisa el control de la inyección de combustible limitando así las oscilaciones de presión en el riel provocado por las inyecciones y las variaciones de presión provocados por la bomba de alta presión.

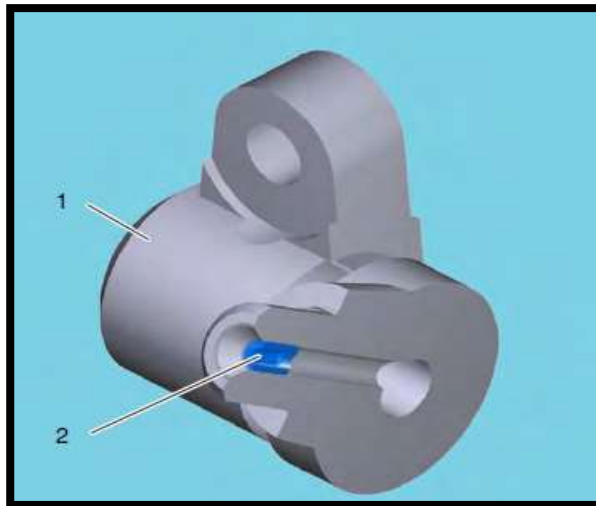


Figura 16: Implantación del reductor

Fuente: Manual Rail Common Delphi

Constitución de la implantación del reductor:

1. Riel.
2. Orificio hacia el inyector.

2.1.6. Sensor de presión del riel.

El sensor de presión mostrado en la figura 17 está formado de membranas metálicas que se altera bajo los efectos de la presión del combustible en la que se deposita un elemento piezo-resistivo y tiene una resistencia que puede variar en función de la membrana.

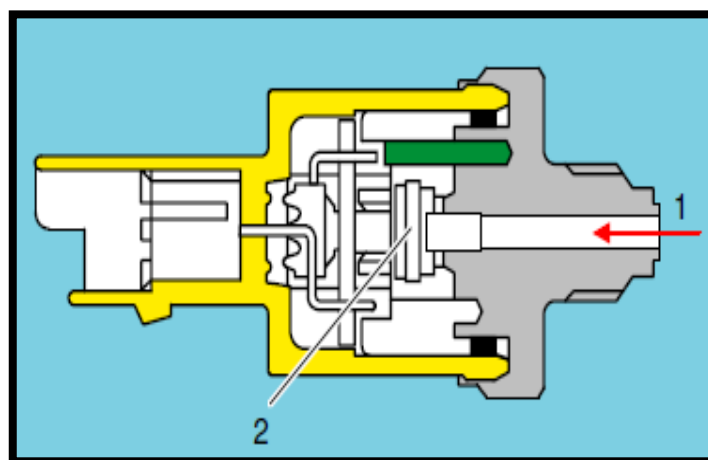


Figura 17: Sensor de presión del riel

Fuente: Manual rail common Delphi

Partes del sensor de presión:

1. Orificio de entrada de combustible de alta presión.
2. Membrana metálica.

El sensor va instalado en el riel junto a un anillo de hierro que sirve para asegurar la estanqueidad de las altas presiones de combustible.

Tabla 2: Características del sensor de presión

CARACTERÍSTICAS		
Precisión	+/- 1% entre 0 y 1000 bar para una T° gasóleo entre 20 y 100°C	
	+/- 1,6% entre 1000 y 1800 bar para una T° gasóleo entre 20 y 100°C	
Presión máxima de operación sin alterarse	2200 bar	
Presión máxima alteración	2500 bar	
Cuerpo	Cuerpo Mecanizado	Cuerpo mecano soldado

Fuente: Diego Andrango, 2017

2.1.7. Filtro.

La función del filtro de combustible mostrado en la figura 18 es de proteger el sistema común riel de impurezas del combustible para evitar contaminación en el sistema de combustible. Esto se logra separando y almacenando las impurezas y agua presentes en el combustible.



Figura 18: Filtros de combustible

Fuente: Diego Andrango, 2017

Tabla 3: Característica del filtro de combustible

CARACTERISTICA		
REGIMEN	DEPRESION	PRESION
Consumo vehículo	12l/100km	12l/100km
Caudal medio	130l/h	180l/h
Caudal máximo	160l/h	230l/h
Condiciones críticas	Depresión máx.: 700mb	Presión máx. entrada filtro: 400mb

Fuente: Diego Andrango, 2017

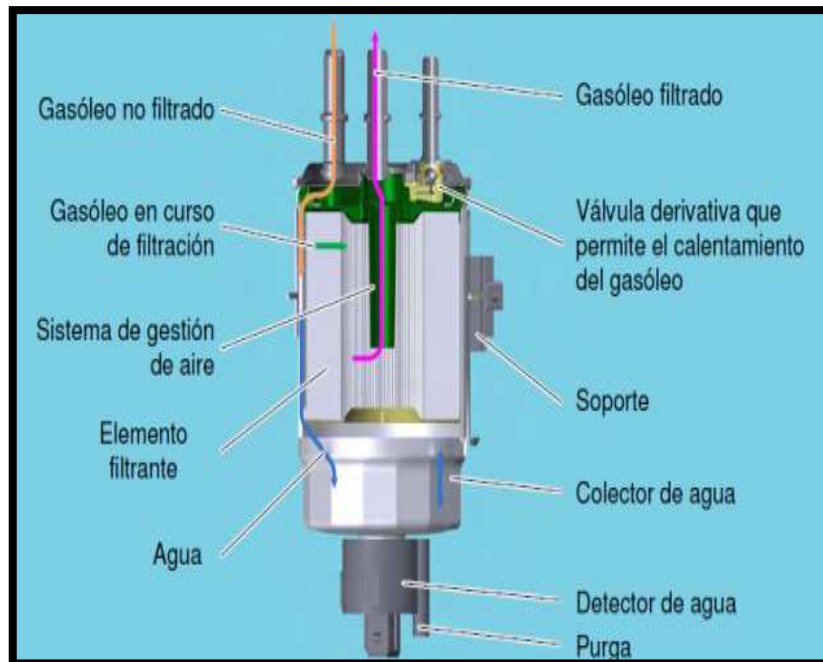


Figura 19: Parte del filtro de combustible

Fuente: Manual rail common Delphi

La estructura de estos elementos filtrantes mostrados en la figura 19 son de dos tipos los enrollados y plegados.

Los filtros de estructura enrollado tienen elementos dispuestos en rodillo, el combustible cruza el tubo y penetra la fibra porosa actualmente esa tecnología no se usa debido a que su vida de duración es limitada por la forma del filtrado.

Los filtros de estructura plegado la disposición del papel filtrante es en espiras mejorando la capacidad del filtrado el combustible pasa a través del papel filtrante y las partículas contaminantes son atrapadas y almacenadas por el papel.

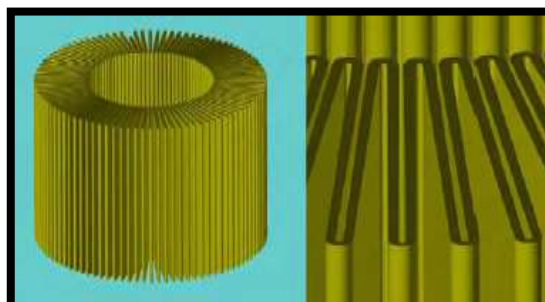


Figura 20: Elemento del filtro de combustible

Fuente: Manual riel common Delphi

La restricción de este papel filtrante es de 5 micrones denominado filtro estándar también existe los filtros de alta eficiencia que son de 2 micrones. Estos micrones ayudan a filtrar impurezas y agua que hay en el combustible por medio de polímeros presentes en el elemento filtrante.

Se recomienda utilizar filtro con las siguientes características:

1. Separador de agua con colector para combustibles de buena calidad.
2. Separador de agua con colector y sensor de agua para combustibles de calidad media.
3. Separador de agua independiente con colector y sensor de agua para combustibles de baja calidad.

Tabla 4: Eficiencia de los filtros de 2 y 5 micrones

FILTROS	
2 MICRONES	5 MICRONES
95% del agua retenida caudal de 130 l/h el 2% de agua en el combustible	80% del agua retenida caudal de 80 l/h el 2% de agua en el combustible

Fuente: Diego Andrango, 2017

CAPÍTULO III

ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1. ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBA.

3.1.1. Características del banco de pruebas.

El banco de pruebas del sistema de inyección diésel CRDI está construido a los requisitos de seguridad de funcionamiento del motor particularmente del espacio físico, teniendo similitud a las disposiciones reales del vehículo y prestando total accesibilidad a los componentes del motor en especial al sistema de inyección con el cual el personal académico podrá realizar evaluaciones, pruebas, desmontaje y montaje.

El banco de pruebas tiene la principal característica de soportar todo el peso del motor y accesorios tales como batería, sistema de alimentación, sistema de refrigeración, sistema de admisión y escape, cableado y tablero de instrumentos.

Adicionalmente el banco de pruebas es un equipo de fácil operación de funcionamiento para probar el funcionamiento del sistema de inyección CRDI

3.2. PLANTEAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.

La construcción del banco cumple con los requisitos de funcionamiento y seguridad para la aplicación del sistema CRDI en un banco de pruebas esto se puede lograr mediante el uso de cálculos estructurales para el correcto funcionamiento del motor y poder seleccionar los materiales adecuados a utilizarse si que el mismo sufra algún tipo de deformación.

3.2.1. Cálculos.

La estructura metálica del banco de pruebas CRDI se construye de acuerdo a la disposición de funcionamiento de los componentes del motor.

Se realizaron cálculos para seleccionar los adecuados materiales a utilizarse para que de esa manera el banco didáctico no sea comprometido a deformaciones y para ello se va utilizar material de acero estructural.

Primero se calcula el peso que va soportar la estructura metálica con la siguiente ecuación:

Dónde:

W= Peso

M= Masa (276Kg)

G= Gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

$$W = m \times g$$

$$W = (276\text{Kg}) (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$W = 2707.56 \text{ N}$$

Segundo se realiza el cálculo del factor de seguridad que es el cual se le adiciona un peso adicional en este caso es del 5%

Dónde:

$$\phi = 0.05$$

$$F = W \times \phi$$

$$F = (2707.56) (0.05)$$

$$F = 135.378\text{N}$$

$$W_T = 2842.93\text{N}$$

Después de encontrar el factor de seguridad se escogió los materiales de calidad ASTM los cuales son los más comunes en el mercado nacional y detallaran de mejor manera en la tabla 6 y 7.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.

El banco de pruebas para el motor J3 Hyundai con sistema de inyección CRDI tiene como finalidad servir como material didáctico para los estudiantes en el cual pueden comprobar el funcionamiento del sistema de inyección CRDI del motor J3 en un ambiente seguro permitiendo al estudiante analizar y aprender de manera practica el comportamiento de este sistema.

La base de la estructura es metálica se utilizó tubos rectangulares de 50x50x3 mm de acero mostrados en la figura 21 este material cumple con los esfuerzos a los que va estar sometido en banco de pruebas. Encima de la estructura del banco de pruebas se instaló una plancha de acero de 1/8” para soporte del panel de instrumentos y bases del motor.



Figura 21: Tubos rectangulares y plancha de acero

Fuente: Diego Andrango, 2017

Para la unión de la estructura se utilizó soldadura MIG por sus propiedades aportadas mostrada en la tabla 5 para un mayor refuerzo de sujeción pues la estructura mostrados en la figura 22 debe soportar el peso del motor y para cortar los tubos se utilizó discos de corte de acero 178x1,6x22,2 mm.

Tabla 5: Propiedades de la soldadura MIG.

Soldadura MIG
Arco de fácil visibilidad para el soldador
Es de fácil descomposición del material
Alto rendimiento
De fácil manipulación para el usuario

Fuente: Diego Andrango, 2017



Figura 22: Estructura soldada

Fuente: Diego Andrango, 2017

Para el panel de instrumentos mostrados en la figura 23 se utilizó una plancha de acero de 1/20” para poder dar forma fácilmente.



Figura 23: Plancha del panel de instrumentos

Fuente: Diego Andrango, 2017

En la estructura del banco de pruebas se instalaron ruedas mostrado en la figura 24 para un fácil desplazamiento pues la estructura debe soportar todo el peso del motor.



Figura 24: Instalación de ruedas

Fuente: Diego Andrango, 2017

En la figura 25 podemos observar todos los componentes de la estructura instalados haciendo un solo conjunto.



Figura 25: Estructura armada

Fuente: Diego Andrango, 2017

Instalación del motor sobre las bases de la estructura del banco de pruebas mostrado en la figura 26 y 27.



Figura 26: Montaje del motor

Fuente: Diego Andrango, 2017



Figura 27: Bases del motor

Fuente: Diego Andrango, 2017

En la figura 28 muestra la fase de instalación de las guardas de seguridad para los usuarios se utilizó tubos galvanizados.



Figura 28: Cercado de seguridad

Fuente: Diego Andrango, 2017

Instalación del panel de control del banco de pruebas mostrado en la figura 29 y 30.



Figura 29: Panel de control

Fuente: Diego Andrango, 2017



Figura 30: Puertas de panel de control

Fuente: Diego Andrango, 2017

En la figura 31 Se puede observar el banco de pruebas pintado.



Figura 31: Banco de pruebas pintado

Fuente: Diego Andrango, 2017

3.3.1. Materiales de la estructura del banco de pruebas.

Los materiales utilizados para la construcción del banco de pruebas fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades de funcionamiento del motor diésel.

A continuación se detalla los materiales utilizados para la construcción del banco de pruebas que la mayoría son bajo las normas de calidad ASTM.

Tabla 6: Materiales de la estructura

MATERIALES DE LA ESTRUCTURA				
CANTIDAD	MATERIALES	MEDIDA	DIAMETRO	OBSERVACIONES
3	TUBOS REDONDOS	6mt	25mm	Utilizado el cercado del banco de pruebas.
1	PLANCHA	1/8"	-	Utilizado para cubierta de la base de la estructura.
2	TUBOS RECTANGULARES	6mt	-	Utilizado para la base del panel de instrumentos.
1	TUBO RECTANGULAR	1mt	-	Utilizado para la base del panel de instrumentos.
4	RUEDAS	-	-	Utilizado para que la estructura sea móvil.
3	BASES DE MOTOR	-	-	Utilizado para absorber golpes y vibraciones.
2	PAQUETE DE SUELDAS	6011	-	Utilizado para la unión de todos los soportes de la estructura.
4	DISCOS DE CORTE	178x1,6mm	22.2mm	Utilizado para cortar los tubos

Fuente: Diego Andrango, 2017

En la tabla 7 se detalla las cantidades, materiales que se utilizados para la elaboración del panel de instrumentos.

Tabla 7: Materiales para el panel de instrumentos

MATERIALES DEL PANEL DE INSTRUMENTOS		
CANTIDAD	MATERIALES	OBSERVACIONES
1	PLANCHA 1/20"	Utilizado para la construcción del panel de instrumentos.
6	VISAGRAS	Utilizadas para puertas del panel de instrumentos.
2	CHAPAS DE PUERTAS	Utilizadas para asegurar las puertas.
2	MANIJAS	Instaladas en las puertas.
16	PERNOS	Utilizado para la unión de la estructura con el motor
16	ANILOS	
16	TUERCAS	

Fuente: Diego Andrango, 2017

3.3.2. Planos de la estructura del banco de pruebas.

Los planos de la estructura se elaboran de acuerdo a las dimensiones del motor y la seguridad de los usuarios del banco pruebas los cuales se detallan en las figuras 31, 32 y 33.

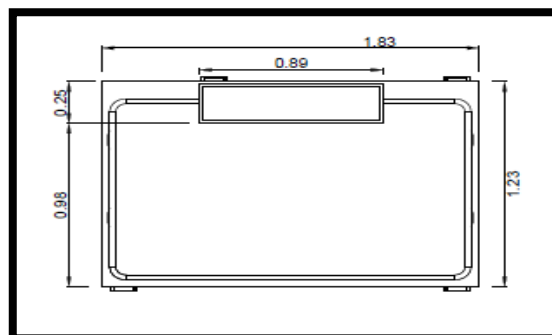


Figura 32: Plano superior de la estructura

Fuente: Diego Andrango, 2017

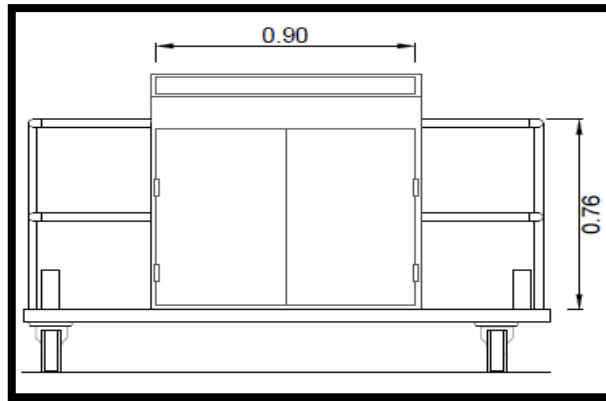


Figura 33: Plano frontal de la estructura

Fuente: Diego Andrango, 2017

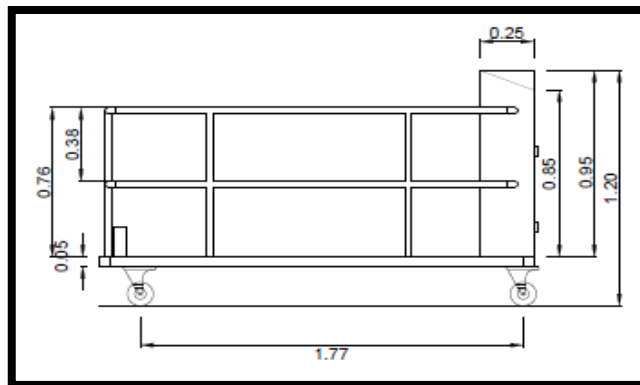


Figura 34: Plano lateral de la estructura

Fuente: Diego Andrango, 2017

Todas las vistas se identifican de mejor manera en los anexos.

3.3.3. Seguridad del banco de pruebas.

El uso del banco didáctico la seguridad es muy importante debido a que el estudiante estará en constante manipulación durante el correcto funcionamiento del motor.

Los mayores riesgos para los usuarios del banco de pruebas es el de atrapamiento ya que el motor al estar funcionamiento puede atrapar alguna la ropa o alguna parte del cuerpo del usuario, para que este tipo de inconvenientes no acurran se implementó un cercado hecha de tubos alrededor de la maqueta.

3.4. PROPIEDADES PARA LA ELABORACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS.

Durabilidad: La estructura es resistente al funcionamiento del sistema de inyección CRDI del motor J3 pues puede funcionar sin alterarse de alguna manera esto se logró mediante la aplicación de cálculos estructurales.

Costo: Es económico pues se utilizó materiales de fácil disponibilidad en el mercado nacional.

Tabla 8: Costos.

COSTOS		
CANTIDAD	MATERIALES	VALOR
3	TUBOS REDONDOS GALVANIZADOS	\$75
1	PLANCHA 1/20"	\$30
3	TUBOS RECTANGULARES	\$85
4	RUEDAS	\$160
3	BASES DE MOTOR	\$120
3	PAQUETE DE SUELDAS	\$50
4	DISCOS DE CORTE	\$20
1	PLANCHA 1/8"	\$60
6	VISAGRAS	\$5
2	CHAPAS DE PUERTAS	\$15
2	MANIJAS	\$5
16	PERNOS	\$5
16	ANILOS	\$2
16	TUERCAS	\$2
PINTURA		\$200
MANO DE OBRA		\$500
TOTAL		\$1.334

Fuente Diego Andrango, 2017

Estable: Debido a las bases de la estructura no tenemos problemas de vuelco.

Corrosión: La estructura soporta la corrosión por la humedad del ambiente debido a que está protegida con pintura anticorrosiva para materiales ferrosos que permite proteger la superficie metálica expuesta a humedad, esta pintura forma una barrera de protección aislando el oxígeno y otros elementos que provocan reacción sobre el metal. El uso de esta pintura asegura propiedades físicas del material sin sufrir cambios en la apariencia de la estructura ni en su capacidad de resistencia.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

El banco de pruebas está construido con materiales de calidad como el ASTM que aporta durabilidad y seguridad a los usuarios y debido a la ubicación de los componentes, el banco de pruebas permite el acceso adecuado facilitando la manipulación del mismo en caso de ser utilizado en prácticas del taller.

El presente trabajo es de gran ayuda para elaboración de las practicas pues presenta la información suficiente sobre el sistema de inyección CRDI implementado en un banco de pruebas que permitirá a los estudiantes y personal académico relacionarse de manera real con el funcionamiento de los componentes que constituyen el sistema de inyección CRDI.

- Mediante la estructura que soporta el motor se garantiza el funcionamiento del mismo en diferentes regímenes del motor.
- La información presentada permitirá al lector familiarizarse con el sistema de inyección CRDI.
- El banco de pruebas está construido para una fácil maniobrabilidad y comodidad de los usuarios.
- Los estudiantes podrán aprender el funcionamiento real de este tipo de sistema de inyección.
- Los materiales de óptima comodidad garantizan gran durabilidad y resistencia a las inclemencias del tiempo.

4.2 RECOMENDACIONES.

Se recomienda seguir las reglas de seguridad antes de manipular el banco de pruebas, pues el sistema puede alcanzar altas presiones y temperatura durante el funcionamiento del motor. El no tomar en cuenta estas recomendaciones puede ocasionar graves lesiones a los usuarios del banco de pruebas.

- Antes de manipular el banco de pruebas verificar los niveles de fluidos de aceite y refrigerante para así evitar daños de recalentamiento y falta de lubricación en el motor.
- Se debe evitar la manipulación de las cañerías de alta presión del banco de pruebas.
- En caso de desmontar una cañería de combustible del riel se debe cambiar por una nueva, las cañerías no se pueden reutilizar.
- No manipular el sistema de combustible mientras el motor esté en funcionamiento y aun después de apagado.
- Se aconseja desconectar los terminales de la batería antes de manipular de alguna manera el motor.
- Se deben utilizar tapones de protección para evitar contaminación en las cañerías y conexiones del sistema de combustible.
- Es recomendable manipular el sistema de combustible después de 20 minutos para que la presión del sistema disminuya.

BIBLIOGRAFÍA

Lin Jin-jih (2011) Manual mantenimiento inyección directa comun riel motor a diésel en Hyundai Tucson

Roberto Hernandez Sampieri (2006) Metodología de la investigación

Arias, F. (2008). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Texto, C.A.

Grupo Bosch. (2000). *Manual práctico del automóvil - reparación, mantenimiento y prácticas*. Madrid: Grupo cultural.

Delphi (2007) Manual common rail Delphi principio de funcionamiento

Delphi (2011) Common Rail

ANEXOS

PLANO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS