



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN  
BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES  
DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI”**

DIEGO ANDRÉS SALINAS CARVAJAL  
JOSÉ DAVID VILLAVICENCIO RAMOS

Tesis presentada como requisito previo a la Obtención del  
grado de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

2013

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

NOSOTROS:        DIEGO ANDRÉS SALINAS CARVAJAL  
                         JOSÉ DAVID VILLAVICENCIO RAMOS

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondientes cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Diciembre del 2013.

-----  
Diego A. Salinas C.

C.I. 180399295-5

-----  
José D. Villavicencio R.

C.I. 171746329-1

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

Ing. Luis Mena (Director)

Ing. Stalin Mena (Codirector)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI” realizado por DIEGO ANDRÉS SALINAS CARVAJAL Y JOSÉ DAVID VILLAVICENCIO RAMOS, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: DIEGO ANDRÉS SALINAS CARVAJAL Y JOSÉ DAVID VILLAVICENCIO RAMOS, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Diciembre del 2013.

---

Ing. Luis Mena  
DIRECTOR

---

Ing. Stalin Mena  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

NOSOTROS:       DIEGO ANDRÉS SALINAS CARVAJAL  
                      JOSÉ DAVID VILLAVICENCIO RAMOS

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MECÁNICA DE UN BANCO PARA LA COMPROBACIÓN DE INYECTORES DIESEL: DENSO, DELPHI Y BOSCH DEL SISTEMA CRDI” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Diciembre del 2013.

-----  
Diego A. Salinas C

C.I. 180399295-5

-----  
José D. Villavicencio R.

C.I. 171746329-1

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme, darme la fortaleza y sabiduría para culminar satisfactoriamente mis estudios, por protegerme e iluminarme ante todas las adversidades de la vida.

A mis padres Vicente y Jeanette por apoyarme incondicionalmente en todos mis buenos y malos momentos, siempre impulsándome a seguir hacia adelante y alcanzar el éxito.

A toda mi familia por brindarme su apoyo en los momentos en que más los he necesitado, siempre velando por mi bienestar y un mejor futuro.

Diego Andrés Salinas Carvajal

## DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día.

A mi madre por todo el amor que me brinda, por ser la persona más cariñosa y comprensiva que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil.

A mi padre por el esfuerzo que hizo para educarnos y quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

A mis hermanas por el apoyo incondicional, sus palabras de ánimo y su cariño.

José David Villavicencio Ramos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme realizar el presente trabajo, por brindarme salud y la sabiduría necesaria para su culminación, así también agradezco a mis padres por apoyarme tanto moralmente como económicamente para que este trabajo de investigación sea posible.

Un agradecimiento especial a la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sus autoridades y profesores.

Al Ingeniero Luis Mena, Director de Tesis y al Ingeniero Stalin Mena, Codirector; quienes desinteresadamente nos apoyaron en el proceso del proyecto.

A todos y cada una de las personas y compañeros que estuvieron a mi lado durante el transcurso de todos mis estudios universitarios.

Diego Andrés Salinas Carvajal

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy gracias a mis Padres José y Noemí por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación. Por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanas por ser parte importante de mi vida. Gabriela, Fernanda y Alejandra por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mis amigos por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

José David Villavicencio Ramos.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	ii
CERTIFICADO.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT.....	xix
<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES.....</b>	<b>1</b>
1.1 INYECTORES.....	1
1.1 DISTRIBUCIÓN.....	2
1.2 PULVERIZACIÓN.....	2
1.3 PENETRACIÓN.....	2
1.4 CORTE DE LA INYECCIÓN.....	2
1.5 TEMPERATURA .....	2
1.2 TIPOS DE INYECTORES.....	3
1.2.1 INYECTORES MECÁNICOS.....	3
1.2.2 INYECTORES ELECTRÓNICOS .....	4
A. INYECTOR BOBINADO .....	4
B. INYECTOR PIEZO ELECTRÓNICO .....	10
1.3 CONJUNTO PORTA TOBERA.....	14
1.4 TOBERAS.....	16
1.4.1 PRINCIPALES TIPOS DE TOBERAS .....	17
1.4.2 DESIGNACIÓN DE UN TIPO DE INYECTOR.....	19

<b>CAPITULO 2</b> .....	20
CRDI .....	20
2.1 SISTEMA COMMON RAIL.....	20
2.1.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	21
2.1.2 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	22
A. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN: .....	22
B. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN .....	25
2.1.3 SENSORES PRINCIPALES .....	28
2.1.4 SENSORES SECUNDARIOS .....	28
2.1.5 ACTUADORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS .....	29
2.1.6 VENTAJAS DEL SISTEMA .....	29
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS CRDI .....	30
2.2.1 SISTEMA CRDI BOSCH .....	30
2.2.2 SISTEMA CRDI DENSO .....	31
2.2.3 SISTEMA CRDI DELPHI .....	32
<b>CAPITULO 3</b> .....	34
TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA .....	34
3.1 BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES A DIESEL ELECTRÓNICO .....	35
3.2 BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES A DIESEL MECÁNICOS .....	36
3.2.1 PROBADOR DE INYECTOR MANUAL (CAV) .....	36
3.2.2 HH560 – INYECTOR POPTTEST MK3.....	37
3.2.3 HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER .....	38
3.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	39
3.4 PRUEBAS MECÁNICAS .....	41
3.4.1 CONTROL DE ESTANQUEIDAD .....	41
3.4.2 CONTROL DE PULVERIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE CHORRO.....	42
3.4.3 CONTROL DE PRESIÓN .....	43
3.5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL BANCO DE PRUEBAS .....	43

3.5.1 MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.....	44
<b>CAPITULO 4</b> .....	54
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS .....	54
4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO .....	54
4.1.1 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	54
4.1.2 MANÓMETRO DE GLICERINA.....	54
4.1.3 MOTOR ELÉCTRICO.....	54
4.2 DISEÑO MECÁNICO.....	54
4.2.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE.....	56
4.2.2 DISEÑO DEL SOPORTE PARA LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN .....	59
4.2.3 DISEÑO DE LA BANCADA .....	62
4.2.4 DISEÑO DEL SOPORTE DEL RIEL DE INYECCIÓN....	65
4.2.5 DISEÑO DEL VOLANTE DE INERCIA.....	68
4.2.6 DISEÑO DEL PORTA PROBETAS .....	71
4.2.7 DISEÑO DEL SOPORTE DEL PORTA PROBETAS.....	74
4.2.8 DISEÑO DE LA BANDEJA PRINCIPAL .....	77
4.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO .....	80
4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA EL RIEL DE LOS INYECTORES .....	86
4.5 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA LA BOMBA DE INYECCIÓN .....	86
4.6 CONSTRUCCIÓN DE BANCADA .....	87
4.7 CONSTRUCCIÓN DEL VOLANTE DE INERCIA DEL BANCO DE PRUEBAS .....	88
4.8 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL PORTA PROBETAS .....	88
4.9 CONSTRUCCIÓN DEL PORTA PROBETAS.....	89
4.10 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE .....	90
4.11 PROCESO DE MONTAJE E INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.....	91

<b>CAPITULO 5</b> .....	95
MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL BANCO DE PRUEBAS CRDI.....	95
5.1 INTRODUCCIÓN .....	95
5.2 IDENTIFICACIÓN Y PARTES .....	95
5.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	96
5.4 MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	100
5.5 FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS.....	101
5.6 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO.....	102
5.6.1 COMPONENTES DEL MÓDULO.....	102
5.6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL COMPONENTES DEL MÓDULO.....	103
5.6.3 CONEXIÓN DEL MÓDULO Y LA FUENTE.....	104
5.6.4 OPERACIÓN DEL MÓDULO. ....	106
5.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	110
5.8 CONCLUSIONES .....	111
5.9 RECOMENDACIONES .....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	114
ANEXOS.....	115

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. 1 Inyectores .....	1
Figura 1. 2 Inyector Mecánico.....	3
Figura 1. 3 Estructura del Inyector Bobinado .....	4
Figura 1. 4 Inyector en reposo .....	7
Figura 1. 5 Inyector en el comienzo de la inyección .....	8
Figura 1. 6 Inyector Totalmente Abierto.....	9
Figura 1. 7 El Inyector Cierra (Final De Inyección) .....	10
Figura 1. 8 Partes del Inyector Piezoeléctrico.....	11
Figura 1. 9 Actuador Piezoeléctrico .....	12
Figura 1. 10 Inyector Piezoeléctrico.....	12
Figura 1. 11 Inyector en Funcionamiento.....	13
Figura 1. 12 Inyector en Reposo.....	14
Figura 1. 13 Conjunto Porta Tobera.....	16
Figura 1. 14 Toberas.....	17
Figura 1. 15 Inyector para Alta Performance .....	18
Figura 1. 16 Designación de Toberas Bosch .....	19
Figura 2. 1 Sistema CRDI.....	20
Figura 2. 2 Composición de un sistema common rail .....	21
Figura 2. 3 Circuito de Baja presión.....	22
Figura 2. 4 Electrobomba de combustible.....	24
Figura 2. 5 Partes del Filtro de Combustible.....	24
Figura 2. 6 Circuito de Alta Presión .....	25
Figura 2. 7 Bomba de Alta Presión .....	26
Figura 2. 8 Acumulador De Alta Presión.....	27
Figura 2. 9 Inyectores .....	27
Figura 2. 10 Inyector Bosch .....	31
Figura 2. 11 Inyector Denso.....	32
Figura 2. 12 Inyector Delphi.....	33
Figura 3. 1 Banco comprobador de inyectores diesel .....	34

Figura 3. 2 Comprobador de inyectores electrónicos.....	35
Figura 3. 3 Comprobador manual de inyectores .....	36
Figura 3. 4 HH560 Hartridge Diesel Boquilla Pop Tester .....	38
Figura 3. 5 Comprobador Hartridge Nozzle Testmaster .....	39
Figura 3. 6 Funcionamiento de banco de pruebas.....	40
Figura 3. 7 Banco de pruebas electrónico en funcionamiento .....	40
Figura 3. 8 Forma de chorro .....	42
Figura 3. 9 Modelo estructura soporte banco de pruebas.....	45
Figura 3. 10 Modelo en 3D de la bomba de inyección .....	45
Figura 3. 11 Modelo en 3D del volante de inercia.....	46
Figura 3. 12 Modelo en 3D del riel de inyección .....	46
Figura 3. 13 Modelo en 3D de la válvula aliviadora de presión.....	47
Figura 3. 14 Modelo en 3D del motor trifásico .....	47
Figura 3. 15 Modelo en 3D del soporte del porta probetas .....	48
Figura 3. 16 Modelo en 3D de la bancada .....	48
Figura 3. 17 Modelo en 3D del soporte del riel de inyección .....	49
Figura 3. 18 Modelo en 3D del soporte de la bomba de inyección .....	49
Figura 3. 19 Modelo en 3D del filtro de combustible .....	50
Figura 3. 20 Modelo en 3D de las cañerías .....	50
Figura 3. 21 Modelo en 3D del inyector BOSCH.....	51
Figura 3. 22 Modelo en 3D del inyector DELPHI .....	51
Figura 3. 23 Modelo en 3D del inyector DENSO.....	52
Figura 3. 24 Ensamble final del banco de pruebas .....	53
Figura 4. 1 Tensión de la estructura soporte.....	57
Figura 4. 2 Deformación resultante de la estructura .....	58
Figura 4. 3 Distribución del factor de seguridad de la estructura .....	59
Figura 4. 4 Tensión en el soporte de la bomba de alta presión .....	60
Figura 4. 5 Deformación en el soporte de la bomba de alta presión.....	61
Figura 4. 6 Distribución del factor de seguridad en el soporte de la bomba de alta presión .....	62

Figura 4. 7 Tensión en la bancada.....	63
Figura 4. 8 Deformación en la bancada .....	64
Figura 4. 9 Distribución del factor de seguridad en la bancada .....	65
Figura 4. 10 Tensión en el soporte del riel de inyección .....	66
Figura 4. 11 Deformación en el soporte del riel de inyección .....	67
Figura 4. 12 Distribución del factor de seguridad en el soporte del riel de inyección .....	68
Figura 4. 13 Tensión en el volante de inercia .....	69
Figura 4. 14 Deformación en el volante de inercia.....	70
Figura 4. 15 Distribución del factor de seguridad en el volante inercia ....	71
Figura 4. 16 Tensión en el porta probetas .....	72
Figura 4. 17 Deformación en el porta probetas.....	73
Figura 4. 18 Distribución del factor de seguridad en el porta probetas ....	74
Figura 4. 19 Tensión en el soporte del porta probetas.....	75
Figura 4. 20 Deformación en el soporte del porta probetas .....	76
Figura 4. 21 Distribución del factor de seguridad en el soporte del porta probetas.....	77
Figura 4. 22 Tensión en la bandeja principal .....	78
Figura 4. 23 Deformación en la bandeja principal.....	79
Figura 4. 24 Distribución del factor de seguridad en la bandeja principal.....	80
Figura 4. 25 Cortes de la Base Principal.....	81
Figura 4. 26 Base Principal .....	81
Figura 4. 27 Suelda de Perfiles.....	82
Figura 4. 28 Bases del Cubo Inferior .....	82
Figura 4. 29 Bases para cubo superior del Banco .....	83
Figura 4. 30 Bases del Cubo Inferior Completas .....	83
Figura 4. 31 Soldadura de los parantes del cubo inferior.....	84
Figura 4. 32 Cubo Inferior .....	84
Figura 4. 33 Soldadura del Cubo Superior.....	85
Figura 4. 34 Estructura completa y Pintada .....	85

Figura 4. 35 Soporte para el Riel .....	86
Figura 4. 36 Soporte de la Bomba de Inyección .....	87
Figura 4. 37 Bancada.....	87
Figura 4. 38 Volante de Inercia .....	88
Figura 4. 39 Soporte del Porta Probetas.....	89
Figura 4. 40 Porta probetas .....	90
Figura 4. 41 Tanque de Combustible.....	91
Figura 4. 42 Colocación de Planchas .....	91
Figura 4. 43 Cubierta lateral.....	92
Figura 4. 44 Centrado de la Bomba .....	93
Figura 4. 45 Instalación Soporte Porta probetas.....	93
Figura 4. 46 Banco Completo .....	94
Figura 5. 1 Partes del Banco de Pruebas .....	96
Figura 5. 2 Breaker del Variador .....	97
Figura 5. 3 Pantalla del variador de Frecuencia.....	97
Figura 5. 4 Filtro de Combustible .....	98
Figura 5. 5 Panel De Control.....	98
Figura 5. 6 Funcionamiento Porta Probetas .....	99
Figura 5. 7 Esquema general del comprobador CRDI .....	102
Figura 5. 8 Conexión fuente de alimentación.....	104
Figura 5. 9 Cables de 5 V y 12 V .....	105
Figura 5. 10 Cañería de alimentación del inyector.....	105
Figura 5. 11 Encendido fuente de energía .....	106
Figura 5. 12 Encendido LCD.....	106
Figura 5. 13 Menú de operación-Automático. ....	107
Figura 5. 14 Número de repeticiones.....	107
Figura 5. 15 Ciclo DUTY .....	108
Figura 5. 16 Porcentaje ciclo DUTY .....	108
Figura 5. 17 Opción aceptar .....	109
Figura 5. 18 RESET .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Características del Porta Toberas.....	15
Tabla 1. 2 Característica de las Toberas .....	18
Tabla 4. 1 Pesos de elementos.....	55
Tabla 4. 2 Propiedades del acero ASTM A36 .....	56
Tabla 5. 1 Ficha técnica .....	101

## RESUMEN

La idea esencial que rige el diseño CRDI es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el combustible. Los inyectores que se encuentran en este sistema son electrónicos.

Hoy en día la mayor cantidad de vehículos diesel vienen incorporados este sistema de inyección por lo que hemos visto la necesidad del desarrollo y construcción de un banco para la comprobación de inyectores diesel para el sistema CRDI.

En nuestro mercado nos encontramos con inyectores de marca Denso, Delphi y Bosch, por lo que este proyecto va enfocado al control y diagnóstico, para que su reparación sea la adecuada y que no ocasione ningún problema en el vehículo.

La estructura del banco de pruebas fue diseñada para garantizar la estabilidad y absorber las vibraciones que se presentan en el momento de iniciar las pruebas cuando el motor trifásico comienza a girar a altas rpm. Considerando un factor de seguridad adecuado para su uso.

## **ABSTRACT**

The essential idea CRDI governing the design is to achieve a much larger spray that obtained in previous injection pump systems , to optimize the process of spontaneous combustion of the mixture in the chamber is formed by injecting fuel. The nozzles that are in this system are electronic. Today as many diesel vehicles come built this injection system so we have seen the need for the development and construction of a bank checking system CRDI diesel injectors.

In our market we find brand injectors Denso, Delphi and Bosch, so this project is focused on the control and diagnosis to repair is appropriate and that does not cause any problems in the vehicle.

The test structure was designed to ensure stability and absorb the vibrations that occur when testing begins when the three-phase motor starts spinning at high rpm. Considering a safety factor suitable for use.

## CAPITULO 1

### PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES

#### 1.1 INYECTORES

Los Inyectores son los que recibe el combustible y cumplen la misión de pulverizar una pequeña cantidad en el conducto de aspiración, en la cámara de combustión o en algunos motores Diesel antiguos en una antecámara (inyección con pre cámara).

Al paso de los años los inyectores son más eficientes que pueden incluso realizar varias inyecciones por ciclo y presentan más de un agujero para mejorar la pulverización del combustible, lo que favorecería a un mejor quemado del combustible.

La fabricación de los inyectores es muy minuciosa ya que los elementos internos deben presentar ajustes muy precisos para que trabajen a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600 °C.



**Fuente:** Autores

**Figura 1. 1 Inyectores**

## **1.1 DISTRIBUCIÓN**

El combustible que ingresa en la cámara de combustión debe encontrarse lo más dividido posible en partículas pequeñas para facilitar la oxidación rápida de todo el caudal.

## **1.2 PULVERIZACIÓN**

El combustible pulverizado debe distribuirse por todo el volumen de la cámara para permitir la mejor homogeneización de la mezcla, la mejor y más rápida oxidación general.

## **1.3 PENETRACIÓN**

Es la distancia que el combustible alcanza al ingresar hacia la cámara por medio del chorro proporcionado por el inyector y este debe ser muy preciso.

## **1.4 CORTE DE LA INYECCIÓN**

El principio y el final de la inyección deben de ser muy precisos, con un inicio veloz y un corte de la inyección instantáneo. No deben existir goteos ni fugas.

## **1.5 TEMPERATURA**

La punta de la tobera del inyector tiene que mantenerse en una temperatura por debajo de los 200°C, por lo que en el interior del inyector con ayuda de la circulación de combustible proporcionaremos refrigeración para mantener la punta de la tobera a temperaturas convenientes.

Si pasamos los 220 °C el combustible se descompone formando lacas y coques que se depositan en las piezas de asiento del inyector, dañándolo y funcionando erróneamente dando como resultado malas combustiones.

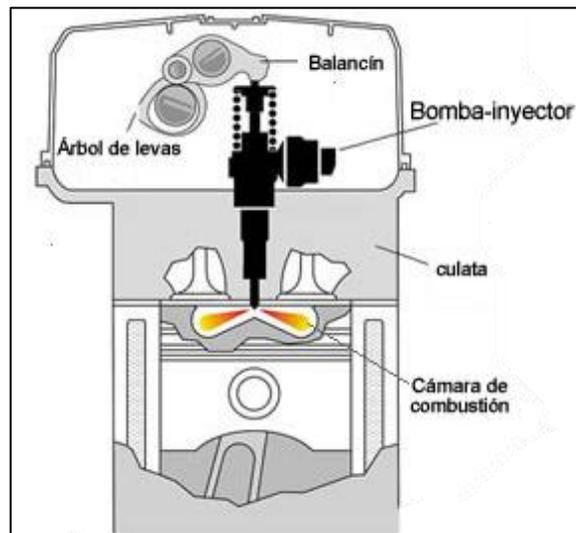
## 1.2 TIPOS DE INYECTORES

Existe gran variedad de inyectores, dependiendo estos del sistema de inyección y del tipo de cámara de combustión que utilice cada motor, aunque todos tienen similar principio de funcionamiento.

### 1.2.1 INYECTORES MECÁNICOS

El inyector mecánico funciona a través de un sistema de alimentación que controla el caudal y el momento de la inyección de forma mecánica. Se utilizó en los primeros motores de inyección de gasolina hasta que los desplazaron las inyecciones electrónicas. En los motores Diesel se emplea pero se está reemplazado rápidamente por los sistemas de inyección de conducto único o common rail.

Este tipo de inyectores a la vez se divide en los siguientes tipos que son:



**Fuente:**

[http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion\\_electronica\\_diesel1.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel1.htm)

**Figura 1. 2 Inyector Mecánico**

- Inyectores de orificios
- Inyectores de espiga o de tetón
- Tipo aguja con orificio auxiliar

## 1.2.2 INYECTORES ELECTRÓNICOS

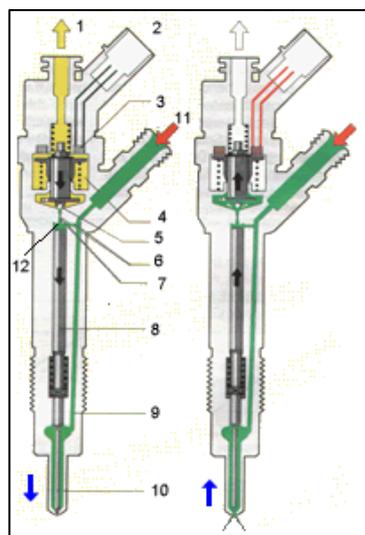
El inyector utilizado en los Sistemas Common Rail se activa de forma eléctrica, a diferencia de los sistemas que usan una bomba rotativa que inyecta el combustible en forma mecánica. Con esto se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible y la simplificación del sistema.

Existen dos tipos de inyectores electrónicos que son:

- Inyectores Bobinados
- Inyectores Piezoeléctricos

### A. INYECTOR BOBINADO

#### ESTRUCTURA



#### Esquema de un Inyector

- 1.- Retorno de combustible
- 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
- 12.- Cámara de control

Fuente: [http://www.aficionadosalamecanica.net/common\\_rail5.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail5.htm)

**Figura 1. 3 Estructura del Inyector Bobinado**

A continuación con ayuda de la Figura 1.3 vamos a explicar la estructura de un Inyector electrónico. El combustible a alta presión procedente del riel entra por "11" al interior del inyector para seguir por el canal de afluencia "9" hacia la aguja del inyector "10", así como a través del

estrangulador de entrada "6" hacia la cámara de control "12". La cámara de control "12" está unida con el retorno de combustible "1" a través del estrangulador de salida "7" y la electroválvula "3".

Cuando la electroválvula "3" no está activada el combustible que hay en la cámara de control "12" al no poder salir por el estrangulador de salida "7" presiona sobre el embolo de control "8" que a su vez aprieta la aguja del inyector "10" contra su asiento por lo que no deja salir combustible y como consecuencia no se produce la inyección.

Cuando la electroválvula esta activada entonces se abre y deja paso libre al combustible que hay en la cámara de control. El combustible deja de presionar sobre el embolo para irse por el estrangulador de salida hacia el retorno de combustible "1" a través de la electroválvula. La aguja del inyector al disminuir la fuerza del embolo que la apretaba contra el asiento del inyector, es empujada hacia arriba por el combustible que la rodea por lo que se produce la inyección.

Como se ve la electroválvula no actúa directamente en la inyección sino que se sirve de un servomecanismo hidráulico encargado de generar la suficiente fuerza para mantener cerrada la válvula del inyector mediante la presión que se ejerce sobre la aguja que la mantiene pegada a su asiento.

El caudal de combustible utilizado para las labores de control dentro del inyector retorna al depósito de combustible a través del estrangulador de salida, la electroválvula y el retorno de combustible "1". Además del caudal de control existen caudales de fuga en el alojamiento de la aguja del inyector y del embolo. Estos caudales de control y de fugas se conducen otra vez al depósito de combustible, a través del retorno de combustible "1" con una tubería colectiva a la que están acoplados todos los inyectores y también la válvula reguladora de presión.

## **A.1. OPERACIÓN DEL INYECTOR BOBINADO**

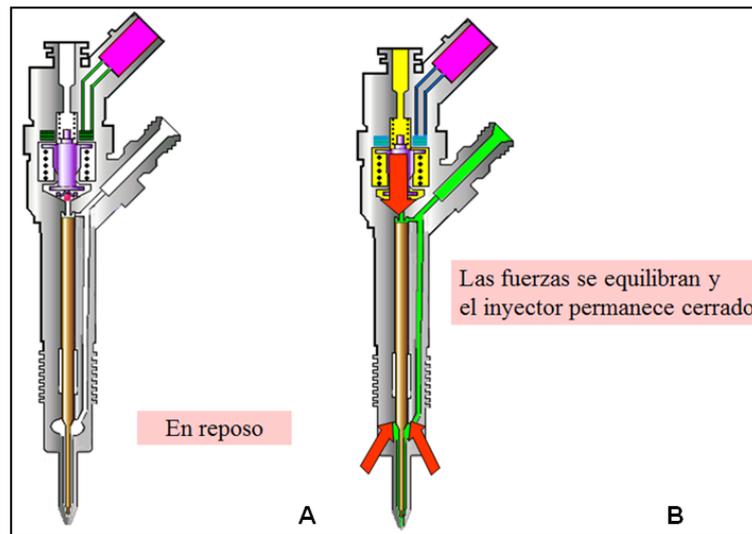
Las Operaciones del inyector las detallaremos en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y la bomba de alta presión funcionando.

- 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.

- **INYECTOR CERRADO (CON ALTA PRESIÓN PRESENTE).**

La electroválvula no está activada (estado de reposo), por lo tanto se encuentra cerrado el estrangulamiento de salida que hace que la presión del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera, por lo que la aguja del inyector permanece apretado sobre su asiento por el muelle del inyector, pero sobre todo la aguja se mantiene cerrada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera (que son iguales) actúan sobre áreas distintas (dibujo B de la figura 1.4). La primera actúa sobre el émbolo de control y la segunda sobre la diferencia de diámetros de la aguja, que es un área menor y por tanto la fuerza que empuja a la aguja contra el asiento es mayor que la fuerza en sentido contrario, que tendería a abrirla.

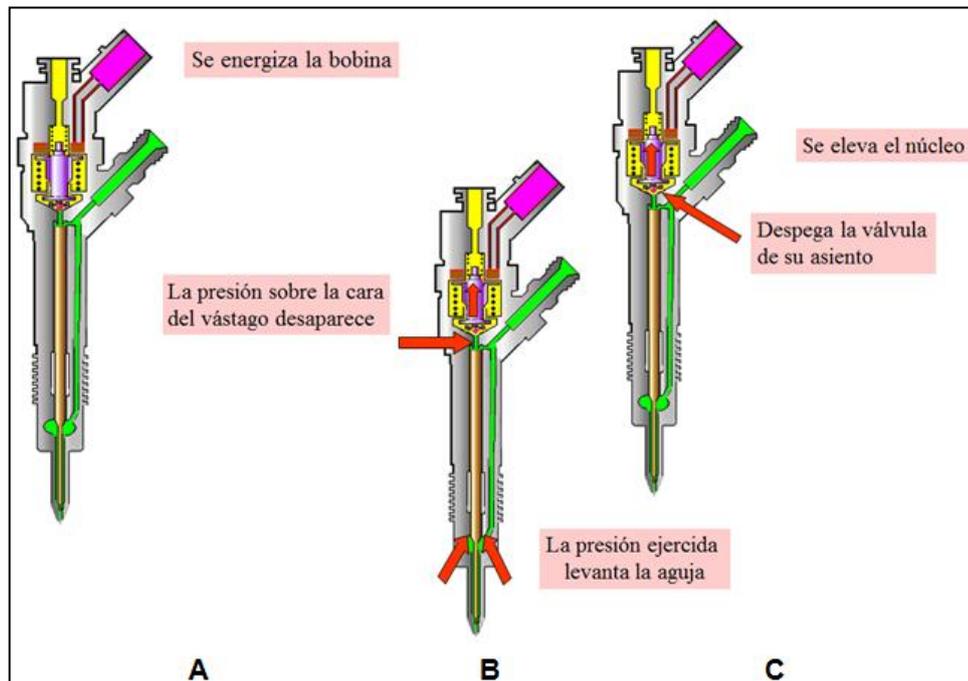


Fuente: <http://www.slideshare.net/AdanHernandez5/common-rail-17644225>

**Figura 1. 4 Inyector en reposo**

- **EL INYECTOR ABRE (COMIENZO DE INYECCIÓN).**

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula (dibujo A de la figura 1.5). La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida (dibujo B de la figura 1.5). Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima, y volver al depósito de combustible a través de las tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la presión en la cámara de control de válvula. Esto conduce a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión existente en la cámara de la tobera. La presión disminuida en la cámara de control de la válvula conduce a una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector (dibujo C de la figura 1.5). Comienza ahora la inyección.

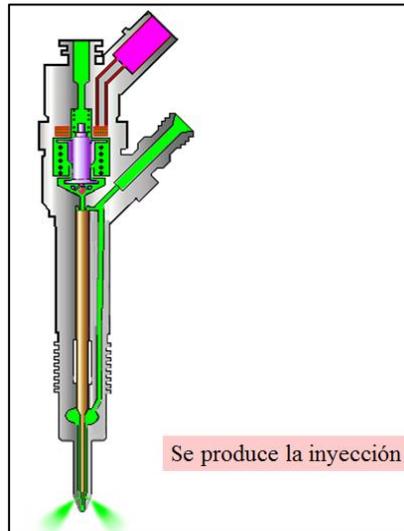


**Fuente:** <http://www.slideshare.net/AdanHernandez5/common-rail-17644225>

**Figura 1. 5 Inyector en el comienzo de la inyección**

- **INYECTOR TOTALMENTE ABIERTO.**

El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. Como se muestra en la fig. 1.6. La tobera del inyector está ahora totalmente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el Rail. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la fase de apertura.



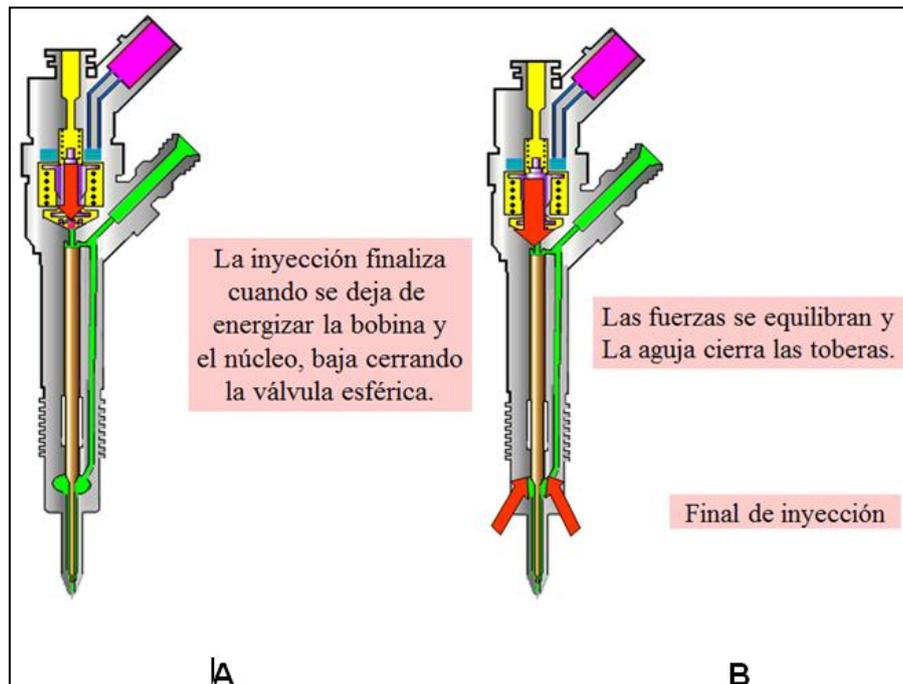
**Fuente:** <http://www.slideshare.net/AdanHernandez5/common-rail-17644225>

**Figura 1. 6 Inyector Totalmente Abierto**

- **EL INYECTOR CIERRA (FINAL DE INYECCIÓN).**

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida (dibujo A de la figura 1.7).

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el Rail, a través del estrangulador de entrada. Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el embolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su asiento la aguja del inyector (dibujo B de la figura 1.7).



Fuente: <http://www.slideshare.net/AdanHernandez5/common-rail-17644225>

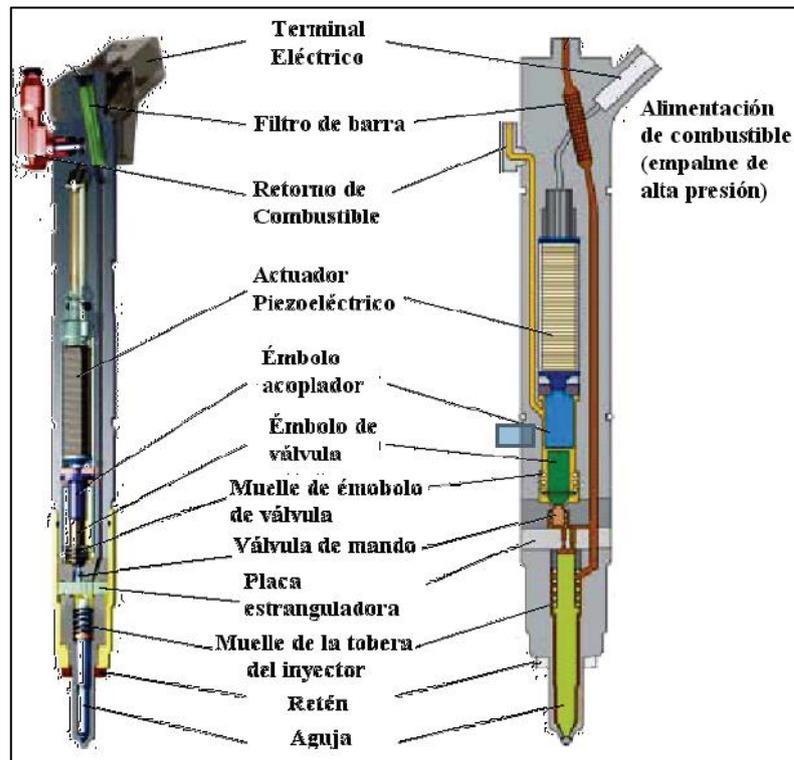
**Figura 1. 7 El Inyector Cierra (Final De Inyección)**

## B. INYECTOR PIEZO ELECTRÓNICO

Un elemento piezoeléctrico es aquel al cual si se le aplica una deformación genera una tensión eléctrica. Inversamente, cuando se le aplica tensión puede manifestar una deformación mecánica.

Los inyectores de tipo piezoeléctrico tienen grandes ventajas respecto a los convencionales:

- Tiempos de conmutación muy pequeños
- Posibilidad de inyecciones múltiples en lapsos muy cortos
- Gran exactitud de dosificación



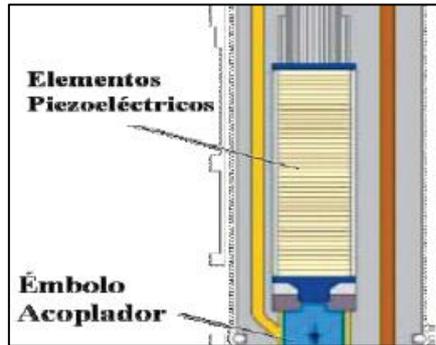
**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

**Figura 1. 8 Partes del Inyector Piezoeléctrico**

### **B.1 ACTUADOR PIEZOELÉCTRICO**

Está constituido por una gran cantidad de elementos piezoeléctricos, para poder conseguir un recorrido de suficiente magnitud para la gestión del inyector.

Al aplicarse la tensión el actuador piezoeléctrico se dilata hasta 0.03mm con una tensión de excitación de 110 – 148 voltios.

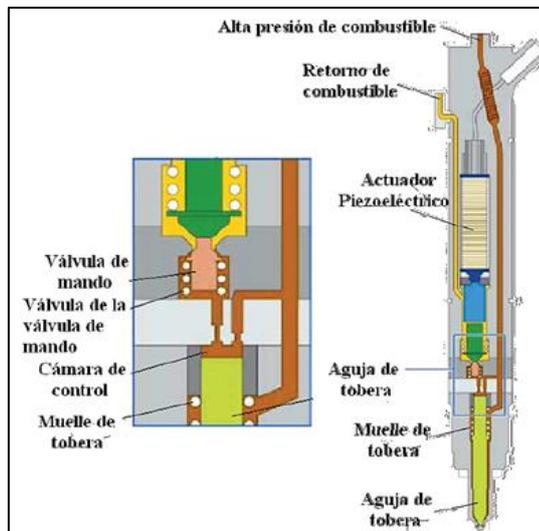


**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

**Figura 1. 9 Actuador Piezoeléctrico**

## B.2 INYECTOR EN REPOSO

El actuador no está excitado por lo que el inyector se encuentra cerrado. La válvula de mando es oprimida contra su asiento por la alta presión del combustible y por la fuerza del muelle; de esa forma queda separada la parte de alta presión con respecto a la parte de retorno de combustible.



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

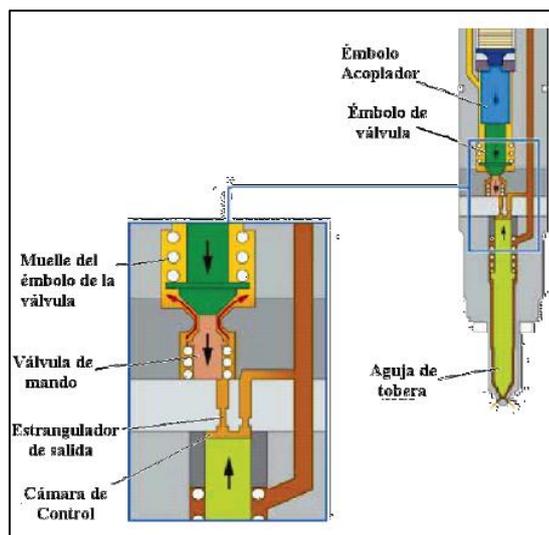
**Figura 1. 10 Inyector Piezoeléctrico**

La aguja de la tobera es cerrada por la alta presión del combustible en la cámara de control que se encuentra por encima de la aguja.

### B.3 COMIENZO DE LA INYECCIÓN

La unidad de control es la encargada de iniciar el comienzo de la inyección, para ello se excita el actuador piezoeléctrico.

El actuador piezoeléctrico se dilata y transmite el movimiento de dilatación sobre el émbolo acoplador. El descenso del émbolo genera una presión hidráulica en el módulo acoplador, la cual actúa a través del émbolo de válvula sobre la válvula de mando (figura 1.11).



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

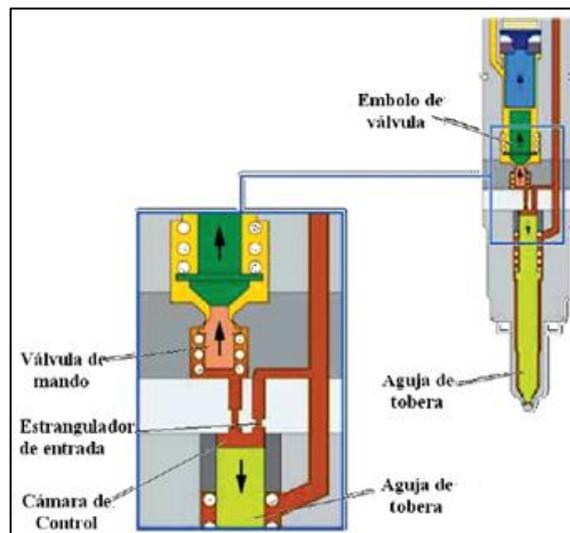
**Figura 1. 11 Inyector en Funcionamiento**

La válvula de mando abre obedeciendo a la fuerza hidráulica del módulo acoplador y abre así el paso del combustible a alta presión hacia la zona de retorno de combustible, el combustible en la cámara de control fluye a través del estrangulador de salida hacia el retorno. Esto hace que la presión del combustible caiga instantáneamente en la zona superior de la aguja, la aguja despega de su asiento y la inyección comienza.

## B.4 FIN DE LA INYECCIÓN

La operación de inyección finaliza en cuanto la unidad de control deja de excitar el actuador piezoeléctrico. Ambos émbolos del módulo acoplador se desplazan hacia arriba y la válvula de mando es oprimida contra su asiento (figura 1.12). Con esto se cierra el paso de la alta presión de combustible hacia el retorno.

A través del estrangulador de alimentación fluye combustible hacia la cámara de control por encima de la aguja de la tobera; la presión de combustible en la cámara de control, aumenta de nuevo a la magnitud que tiene en el acumulador de alta presión, y cierra la aguja de la tobera. La operación de la inyección queda terminada y el inyector se encuentra nuevamente en posición de reposo.



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/87480008/351-Sistema-de-inyeccion-Common-rail-motor-3-0-TDI-vw>

**Figura 1. 12 Inyector en Reposo**

## 1.3 CONJUNTO PORTA TOBERA

Los porta inyectores son dispositivos que alojan los inyectores o toberas en los motores diesel. Cada cilindro de motor necesita un porta inyector

que conduzca el combustible diesel de la cañería hasta la tobera, permitiendo la inyección.

**Tabla 1. 1 Características del Porta Toberas**

<b>Conjunto Porta Tobera</b>		
<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Beneficios</b>
Producidos en acero especial	Mejor “acomodamiento” de la tobera	Funcionamiento seguro
Mecanización controlada por computadora	Uniformidad en la producción	Mayor durabilidad
Sellado total de los componentes	Mayor sellado interno	No gotea, ahorro de combustible

**Fuente:**

[http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Diesel/Sistemas\\_de\\_Inyeccion\\_Diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Sistemas_de_Inyeccion_Diesel.pdf)



**Fuente:**

[http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Diesel/Sistemas\\_de\\_Inyeccion\\_Diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Sistemas_de_Inyeccion_Diesel.pdf)

**Figura 1. 13 Conjunto Porta Tobera**

## **1.4 TOBERAS**

Las toberas o inyectores son componentes de extrema precisión, responsables de pulverizar finamente el combustible en la cámara de combustión del motor.

Cuanto mejor es la pulverización, mayor será el rendimiento del motor, en consecuencia se obtiene más economía de combustible con menor emisión de gases contaminantes.

Los motores diesel están equipados con toberas que deben inyectar combustible bajo presiones y temperaturas elevadas, todo para que se obtenga la mayor potencia posible.



**Fuente:** <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyectores.html>

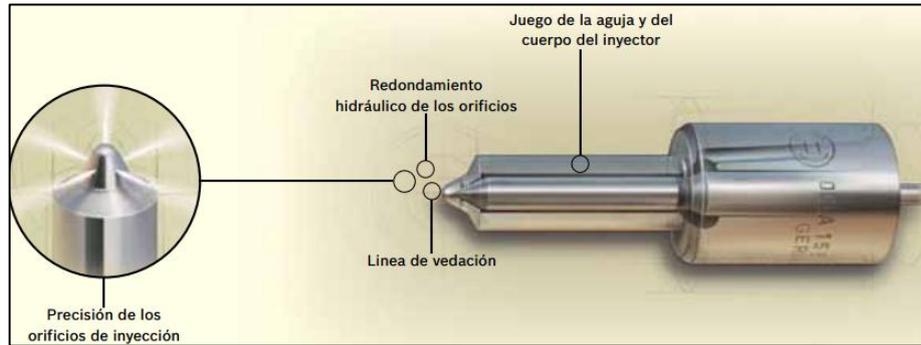
**Figura 1. 14 Toberas**

#### **1.4.1 PRINCIPALES TIPOS DE TOBERAS**

**Toberas de espiga.-** Son para motores de inyección indirecta, donde el combustible es inyectado a la pre cámara o cámara de turbulencia, haciendo una mezcla con el aire antes de entrar a la cámara de combustión.

**Toberas de espiga de estrangulación.-** donde el control del caudal depende directamente de la carrera de la aguja. Al comienzo la inyección es poca (únicamente un pequeño anillo alrededor de la aguja de inyección) y al final aumenta (cuando libera totalmente el orificio de inyección)

**Toberas de Orificios.-** pueden tener entre 4 hasta 8 agujeros y son utilizados en motores con cámara de inyección directa. En estas toberas una vez que se supera la presión de apertura, la aguja del inyector libera de golpe los orificios de inyección.



**Fuente:**

[http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Diesel/Sistemas\\_de\\_Inyeccion\\_Diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Sistemas_de_Inyeccion_Diesel.pdf)

**Figura 1. 15 Inyector para Alta Performance**

**Tabla 1. 2 Característica de las Toberas**

Tobera		
Características	Ventajas	Beneficios
Precisión de los orificios de inyección	Pulverización perfecta	Combustión completa
Sellado total en la línea interna de contacto	Mayor sellado interno	No gotea, ahorro de combustible
Holgura de la aguja y del cuerpo del inyector	Garantiza el funcionamiento perfecto para máxima eficiencia del combustible	Ahorro en el consumo de combustible y menor emisión de contaminantes

**Fuente:**

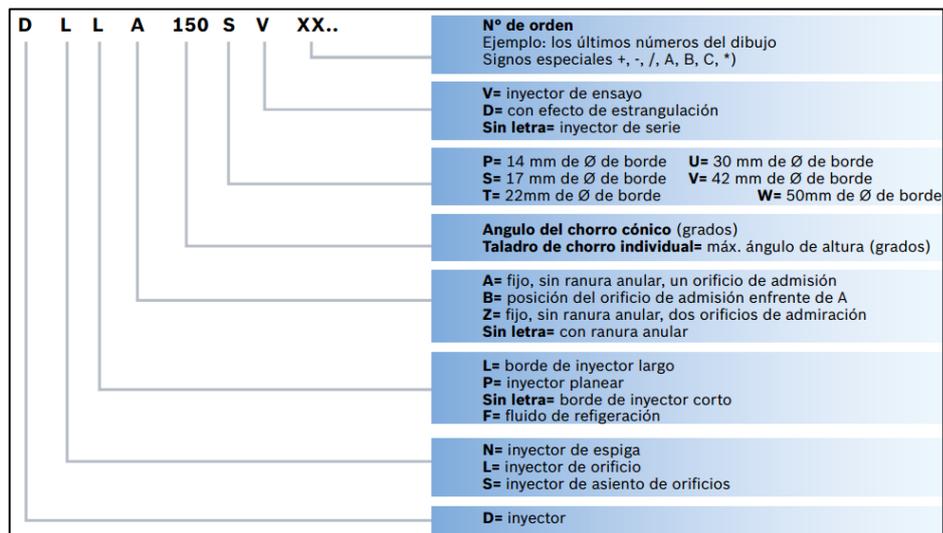
[http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Diesel/Sistemas\\_de\\_Inyeccion\\_Diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Sistemas_de_Inyeccion_Diesel.pdf)

## 1.4.2 DESIGNACIÓN DE UN TIPO DE INYECTOR

Para designar un inyector Bosch se ha adaptado al respectivo tipo de motor, esto significa óptima combustión, pocas sustancias contaminantes y plena potencia del motor. Se deben tomar en cuenta algunos parámetros para su funcionamiento:

- Los inyectores se rigen exactamente por las tolerancias acordadas con los fabricantes de motores, la presión garantiza una máxima fiabilidad.
- Solo la aplicación de un correcto inyector garantiza un perfecto funcionamiento del motor, con consumo, potencia y comportamiento de gases de escape óptimos. Montaje sólo según indicación de aplicación.
- Las rigurosas directivas de fabricación y prueba rigen también para los primeros equipos y los de recambio.

Además hay que tomar en cuenta la designación de cada una de sus letras con su significado, y se tiene:



Fuente:

[http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF\\_es/Diesel/Sistemas\\_de\\_Inyecion\\_Diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Sistemas_de_Inyecion_Diesel.pdf)

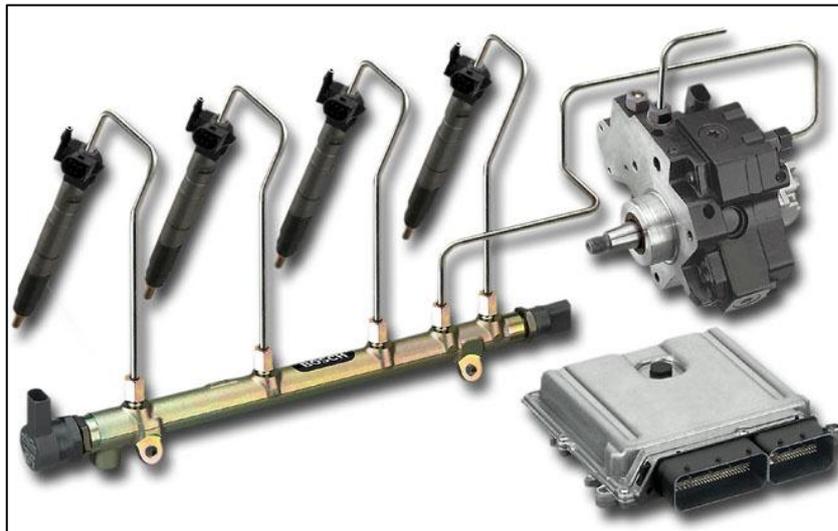
**Figura 1. 16 Designación de Toberas Bosch**

## CAPITULO 2

### CRDI

#### 2.1 SISTEMA COMMON RAIL

Sistema de conducto común (common rail) en el que una bomba suministra diesel a muy alta presión a un conducto común o acumulador donde están unidos todos los inyectores. En el momento preciso una central electrónica dará la orden para que los inyectores se abran suministrando combustible a los cilindros. Esta tecnología es muy parecida a la utilizada en los motores de inyección de gasolina con la diferencia de que la presión en el conducto común o acumulador es mucho mayor en los motores diesel (1300 Bares) que en los motores a gasolina (6 Bares máximo).

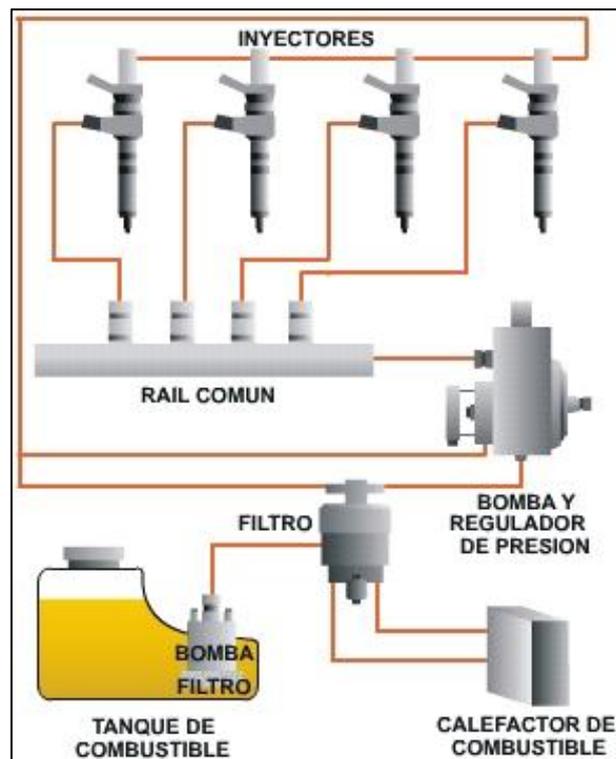


**Fuente:** [http://www.diesel-art.com/manuales/Curso\\_Inyectores\\_CRS-Diesel\\_Art\\_Peru.pdf](http://www.diesel-art.com/manuales/Curso_Inyectores_CRS-Diesel_Art_Peru.pdf)

**Figura 2. 1 Sistema CRDI**

### 2.1.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El combustible almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia y enviado a un conducto común a todos los inyectores. Una segunda bomba de alta presión inyecta el combustible a entre 1500 y 1600 bares al cilindro.



Fuente:

[http://wiki.ustea.org/index.php/Sistemas\\_de\\_alimentaci%C3%B3n\\_Diesel](http://wiki.ustea.org/index.php/Sistemas_de_alimentaci%C3%B3n_Diesel)

**Figura 2. 2 Composición de un sistema common rail**

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión o accionada por el mecanismo de distribución. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar

hasta 5 pre inyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

### 2.1.2 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Dentro de la composición de un sistema CRDI identificamos generalmente dos circuitos fundamentales que son: Circuito de baja presión y Circuito de alta presión.

#### A. CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN:

Se compone de:

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



**Fuente:** <http://railcommon.blogspot.com/2008/08/el-sistema-common-rail.html>

**Figura 2. 3 Circuito de Baja presión**

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

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

- **Depósito de combustible**

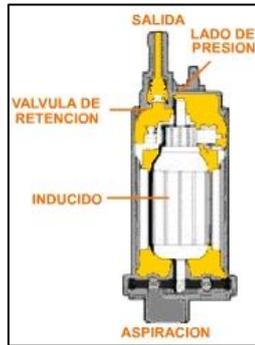
Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobre presión. La sobrepresión producida debe escapar por si misma a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares. El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada.

- **Tuberías de combustible en la parte de baja presión.**

Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles, con armadura de malla de acero, que sean difícilmente inflamables. Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su funcionamiento en caso de una deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares.

- **Bomba previa**

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

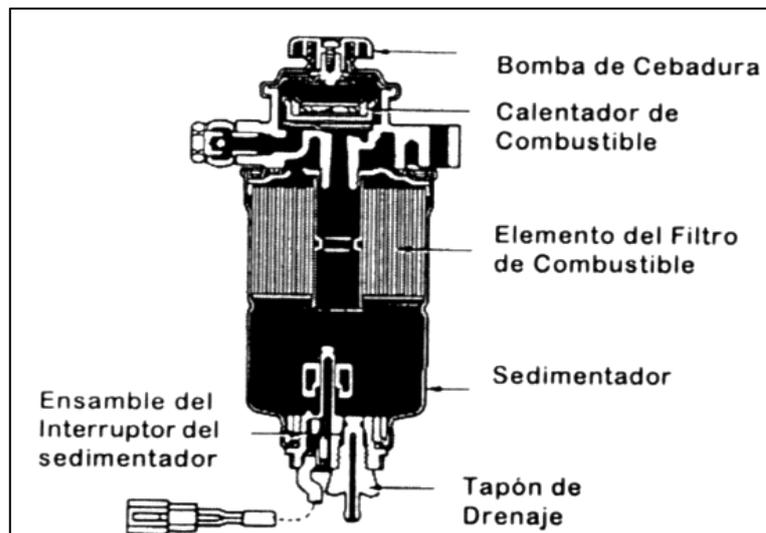


**Fuente:** <http://amigosdelmotor.com/la-bomba-de-combustible-el-corazon-del-vehiculo/>

**Figura 2. 4 Electroboomba de combustible**

- **Filtro de combustible**

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



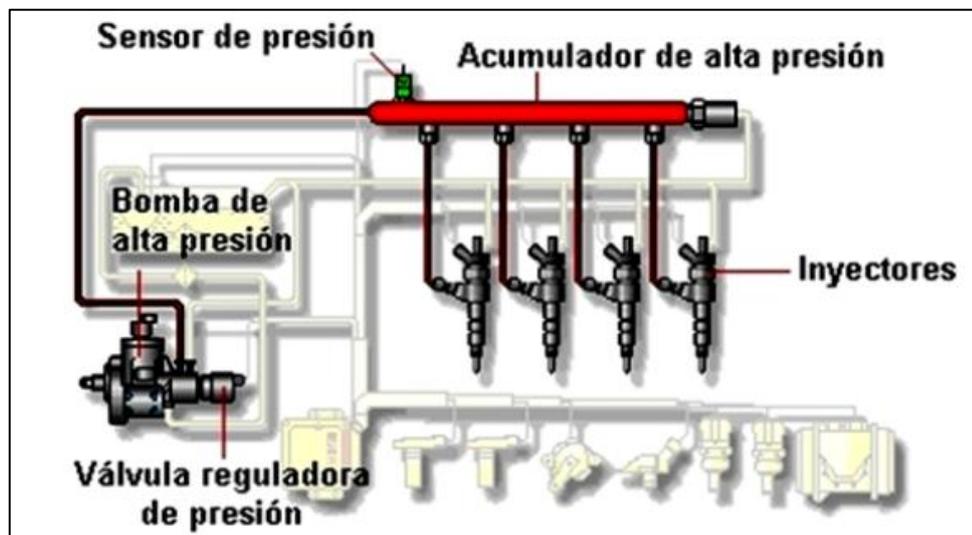
**Fuente:** <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-25.html>

**Figura 2. 5 Partes del Filtro de Combustible**

## B. CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN

Se compone de:

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



**Fuente:** <http://railcommon.blogspot.com/2008/08/el-sistema-common-rail.html>

**Figura 2. 6 Circuito de Alta Presión**

- **Bomba de alta presión**

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



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 7 Bomba de Alta Presión**

- **Acumulador de alta presión (Rail)**

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

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

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



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 8 Acumulador De Alta Presión**

- **Inyectores**

El comienzo de inyección y el caudal de inyección se ajustan con el inyector activado eléctricamente. Las toberas de estos inyectores abren cuando se libera el flujo de combustible a través de una electroválvula controlada. Las toberas inyectan el combustible directamente en las cámaras de combustión del motor.

El combustible excedente, retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectiva en el cual desembocan también los conductos de retorno de la válvula reguladora de presión y de la parte de baja presión, así como del caudal de lubricación de la bomba de alta presión.



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 9 Inyectores**

- **Tuberías de combustible en la parte de alta presión**

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

### **2.1.3 SENSORES PRINCIPALES**

- Sensor de régimen o CKP para sincronizar los inyectores a los ciclos del motor
- Sensor de fase o CMP para distinguir entre los cilindros gemelos (ej. El 2 y el 3) cuál de ellos están en fase de compresión y cual en escape para inyectar en el cilindro que corresponde.
- Sensor de pedal de acelerador, para detectar la carga requerida por el conductor y según la pendiente.
- Sensor de presión del Riel o RPS, para detectar la presión en cada instante.

### **2.1.4 SENSORES SECUNDARIOS**

- Sensor de temperatura del motor o ECT para compensar en el arranque en frío.
- Sensor de temperatura del combustible para compensar con diesel caliente.
- Caudalímetro másico de aire o MAF para controlar el funcionamiento del EGR o Recirculación de gases de escape.
- Sensor de presión de admisión del colector o MAP, para detectar la sobrealimentación del Turbo.

## **2.1.5 ACTUADORES PRINCIPALES Y SECUNDARIOS**

Actuadores Principales:

- Inyectores hidráulicos de mandos electromagnéticos o piezoeléctricos.
- Regulador de presión del riel.
- Regulador de caudal de entrada a la bomba de alta presión.

Actuadores Secundarios:

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

## **2.1.6 VENTAJAS DEL SISTEMA**

La principal ventaja de este sistema es que la presión con que trabaja es casi independiente del régimen (velocidad del motor) y de su carga; es decir, aunque el conductor no acelere a fondo y el motor gire despacio, es posible inyectar el combustible a una presión muy alta y casi constante durante todo el proceso de inyección.

La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores electrónicos, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad las emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un mecanismo mecánico que rijá cuándo se debe inyectar el combustible se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura

dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diesel.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS CRDI**

El sistema de inyección de acumulador "Common Rail" ofrece una flexibilidad destacadamente mayor para la adaptación del sistema de inyección al funcionamiento motor, en comparación con los sistemas propulsados por levas (bombas rotativas). Esto es debido a que están separadas la generación de presión y la inyección.

La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El combustible para la inyección está a disposición en el acumulador de combustible de alta presión "Rail". El conductor preestablece el caudal de inyección, la unidad de control electrónica (UCE) calcula a partir de campos característicos programados, el momento de inyección y la presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) realiza las funciones en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula controlada.

### **2.2.1 SISTEMA CRDI BOSCH**

Según las versiones utiliza bomba de transferencia eléctrica (CP1). En otros casos la transferencia es mecánica e incorporada a la bomba de Alta Presión. (CP2 y CP3).

La Bomba de alta presión es de 3 lóbulos a 120 grados. Siempre utiliza Válvula IPR (en la bomba de AP. o en el Rail). El sensor de presión de combustible está montado en la rampa.

Utiliza inyectores bobinados. Resistencia del inyector: 0,5-0,8 Ohm.

Los inyectores trabajan con una tensión de acometida de 70-80 V y una corriente de 20-12A.

La ECU controla el lado alto y el lado bajo por lo que hay pulsos en los 2 cables del inyector.

La presión de inyección es de: 220 bares (mín.) a 1350 bares (máx.).  
Regulada a lazo cerrado (ICP-IPR).



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 10 Inyector Bosch**

### **2.2.2 SISTEMA CRDI DENSO**

Utiliza una bomba de AP de 2 elementos radiales sin anillo de levas. Los elementos son accionados por un eje con excéntrica.

La bomba incorpora una Válvula de Control de Succión (SCV) y un sensor de temperatura del combustible.

Utiliza inyectores de tipo bobinados.

Los inyectores tienen una resistencia de 0,8 a 1 Ohm.

Tiene PCM e IDM. El PCM controla al IDM y este acciona a los inyectores.

La bomba regula la presión del rail de 20MPa a 180MPa.

El sistema realiza pre inyección e inyección principal hasta las 3000RPM.

Los tiempos de inyección son de 0,4 ms a 1,5 ms.



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 11 Inyector Denso**

### **2.2.3 SISTEMA CRDI DELPHI**

Utiliza una bomba de AP de 2 elementos radiales con Anillo de leva.

Tiene transferencia mecánica incorporada a la bomba de AP.

En algunas versiones el acumulador de presión o riel es de tipo Esférico.

La bomba tiene incorporados un sensor de temperatura del diesel y una Válvula de Control de Succión (SCV). No tiene IPR.

El control de la presión de inyección se realiza mediante los mismos inyectores, los cuales además de inyectar el diesel son actuados para regular presión.

Trabaja con una presión de 250 bares (mín.) a 1600 bares (máx.).

Los inyectores son tipo lápiz, muy finos y de tipo bobinados, encontrándose la bobina arrollada en el interior el cuerpo de inyector.

Diámetro = 17 mm

La resistencia de los inyectores es de 0,2 Ohm aprox. Lo que les da una muy rápida respuesta de operación permitiendo inyecciones múltiples.

Los inyectores trabajan con pulsos de 12V y tienen Lado Alto y Lado Bajo. Una corriente de apertura de 12A y una corriente de mantenimiento de 6A.



**Fuente:** Autores

**Figura 2. 12 Inyector Delphi**

## CAPITULO 3

### TIPOS DE BANCOS DE PRUEBA

Existen varios tipos de comprobadores de inyectores que se utilizan de acuerdo a las diferentes condiciones de operación que se requieran. Se clasifican de la siguiente manera:



**Fuente:** [http://es.made-in-china.com/co\\_nantaichina/product\\_12PSB-Diesel-Injection-Pump-Test-Bench\\_hyyyyueey.html](http://es.made-in-china.com/co_nantaichina/product_12PSB-Diesel-Injection-Pump-Test-Bench_hyyyyueey.html)

**Figura 3. 1 Banco comprobador de inyectores diesel**

### **3.1 BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES A DIESEL ELECTRÓNICO**

Esta sofisticada máquina permite comprobar los sistemas de inyección de combustible diesel, con la tecnología de inyectores de unidad electrónica y riel común.

El control automático de la presión proporciona aún más beneficios; permite realizar pruebas automáticas y desatendidas de las bombas de riel común.



**Fuente:**

<http://www.autoscan.cl/pagina/index.php/productos/tecnomotor/43-tm-507-diesel-injector-test.html>

**Figura 3. 2 Comprobador de inyectores electrónicos**

Estos comprobadores de inyectores realiza la limpieza mediante ultrasonido y su tecnología es controlada por microordenador.

Este equipo puede simular las diferentes condiciones de trabajo de los motores para realizar operaciones de evaluación y de limpieza.

## 3.2 BANCO COMPROBADOR DE INYECTORES A DIESEL MECÁNICOS

Para que los inyectores desempeñen correctamente su función deben probarse y regularse en un equipo probador de inyector apropiado, entre estos tenemos algunos tipos:

### 3.2.1 PROBADOR DE INYECTOR MANUAL (CAV)

Es un instrumento especial para la prueba de la operación del motor diesel.



**Fuente:** <http://spanish.alibaba.com/p-detail/PS400A-diesel-inyector-Probador-del-inyector-300000457327.html>

**Figura 3. 3 Comprobador manual de inyectores**

Es conveniente para las pruebas de funcionamiento siguientes:

- Prensas de inyección preliminares de inyector
- Sonido del vibrador de la válvula de aguja
- Forma de rociadura
- Función del lacre de los pares de acoplamiento del cuerpo de la válvula y del inyector de aguja

### **3.2.2 HH560 – INJECTOR POPTTEST MK3**

El 3 Poptest es un compacto, portátil probador del inyector con la capacidad de manejar una amplia gama de inyectores automáticos. Todos los componentes son fácilmente accesibles en él, de una sola pieza extraíble, cubierta de poliéster con fibra de vidrio duradero. Se ofrece acceso independiente y rápido al depósito de suministro de aceite integrado en el que también se encuentra el plug-in de filtro.

Montado en un formato fácil de leer, pero la posición protegida, el indicador de presión está graduado de 0 a 400 bar y 0 a 5500 lb/pulg<sup>2</sup> o de 0 a 410 kg / cm<sup>2</sup>.

También se prevén créditos para la calibración del volumen atrapado exacta. Una cámara de recogida de aspersion independiente está disponible como una opción.



**Fuente:** <http://www.fuelinjection.net/hartridge/hh560.html>

**Figura 3. 4 HH560 Hartridge Diesel Boquilla Pop Tester**

Características:

- Comprueba todos los inyectores de tipo automotor.
- Compacto y portátil.
- Filtro del depósito de aceite Integral.
- Equipado con regulador de volumen.
- Se suministra con conectores adecuados para la mayoría de tipos de inyectores.

### **3.2.3 HARTRIDGE NOZZLE TESTMASTER**

Incorpora un ex-tractor neumático de vapores y una cámara iluminada de rocío. Tiene un tanque de combustible de 7 litros y un filtro de combustible incorporado en la base del aparato



**Fuente:** <http://www.btlrus.com/hh601.htm>

**Figura 3. 5 Comprobador Hartridge Nozzle Testmaster**

### **3.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS**

Podemos decir que todos estos bancos de pruebas tienen el mismo propósito y su funcionamiento es muy similar.

El funcionamiento de un banco de este tipo es muy sencillo, posee un depósito de combustible de donde este puede ser bombeado por medio de una bomba o palanca según sea el diseño, a una presión muy elevada. Un manómetro indica la presión a que se manda el golpe de la bomba o palanca, además posee un codo de adaptación para la unión a él del inyector que se va a someter a la prueba.



**Fuente:** <http://www.rufre.com/Noticia.aspx/es/5/>

### **Figura 3. 6 Funcionamiento de banco de pruebas**

Por último, tiene una válvula de cierre, la cual puede desconectar el manómetro del resto del dispositivo. El chorro que producirá el inyector irá a parar a un recipiente de recogida y reposo (probetas).

Sabemos también que la presión generada por la bomba de inyección o palanca dependiendo el tipo de banco, es enorme y el combustible sale pulverizado, por aquello hay que tener mucha precaución antes de realizar cualquier tipo de prueba.



**Fuente:** Autores

### **Figura 3. 7 Banco de pruebas electrónico en funcionamiento**

Esto resultara muy peligroso si el chorro da en las manos del operario debido a su presión y a lo fino de sus partículas, el cual es capaz de penetrar a través de los poros de la piel y causar infecciones.

### **3.4 PRUEBAS MECÁNICAS**

Estas pruebas se realizan necesariamente con la ayuda de una bomba de inyección que genere la presión necesaria. Las pruebas son las siguientes:

- **Control de estanqueidad**
- **Control de pulverización y dirección de chorro**
- **Control de presión**

#### **3.4.1 CONTROL DE ESTANQUEIDAD**

Esta prueba consiste en ver hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente por debajo de su presión de funcionamiento.

Cuando el valor de presión es de entre 20 a 15 bar. Menor que el valor de presión de funcionamiento, se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta. Ello será señal de una perfecta estanqueidad.

Si, por el contrario, el inyector, al llegar a la presión mínima indicada, se humedece o comienza a gotear se tendrá que proceder a un ligero rectificado de la aguja en su asiento por un procedimiento muy parecido al utilizado en el trabajo de esmerilado de válvulas.

### 3.4.2 CONTROL DE PULVERIZACIÓN Y DIRECCIÓN DE CHORRO

Montado el inyector sobre el comprobador de manera que vierta el chorro sobre la cámara, o un recipiente, se accionara la bomba hasta conseguir la inyección de combustible en un chorro continuo. Se observara el chorro de combustible vertido y la dispersión del mismo, que debe formar un cono incidiendo en la bandeja. Irregularidades en la forma o disposición del chorro implican el desmontaje del inyector y la limpieza del mismo con las herramientas apropiadas, cuidando de no rayar las superficies.



**Fuente:** <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-inyectores.htm>

**Figura 3. 8 Forma de chorro**

Para que el inyector pulverice correctamente el combustible, es preciso que su aguja oscile hacia atrás y hacia adelante a una frecuencia muy elevada en la fase de inyección. Esta vibración emite un ruido muy suave, que puede percibirse accionando la bomba con una cadencia de uno o dos bombeos por segundo. Este zumbido desaparece cuando la cadencia es más rápida, siendo sustituido por un silbido que puede percibirse a partir de cuatro o seis bombeos por segundo. Hasta la aparición del silbido, la pulverización que se obtiene está a veces incorrectamente repartida o deshilachada. Cuando la cadencia de bombeo sea rápida, el

chorro habrá de ser neto, finamente pulverizado y formado un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector.

### **3.4.3 CONTROL DE PRESIÓN**

Accionando la bomba con una cadencia aproximada de 60 emboladas por minuto, se observará la lectura máxima alcanzada en el manómetro, que corresponde a la presión de tarado del inyector, la cual debe ser la estipulada por el fabricante. Si la presión de apertura es superior a la prescrita, es síntoma de que la aguja del inyector esta "pegada", o a una obstrucción parcial de la tobera, o bien a una precarga incorrecta del muelle de presión.

Si la presión es inferior a la prescrita, lo cual suele suceder cuando el inyector ha funcionado más de 50.000 km, ello suele ser debido a falta de tensión del muelle de presión o rotura del mismo. En cualquier caso, deberá procederse al desmontaje y limpieza del inyector y al tarado del mismo a la presión correcta.

### **3.5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL BANCO DE PRUEBAS**

En resumen, este banco de pruebas simula a una bomba de inyección de accionamiento eléctrico - electrónico, que se utilizará con el fin de comprobar la presión de abertura de los inyectores y para verificar la calidad y la forma de pulverización del flujo de inyección.

Por lo tanto, para establecer los principales requerimientos para el diseño de un banco de ese tipo, es imprescindible recurrir a información de diversas fuentes.

Una de estas fuentes la constituyen los catálogos y métodos de ensayos de bancos similares existentes (Anexo A y B). Con base en estos y tomando en cuenta los aspectos citados en el capítulo anterior, a

continuación se establecen las características funcionales y partes principales del banco de pruebas.

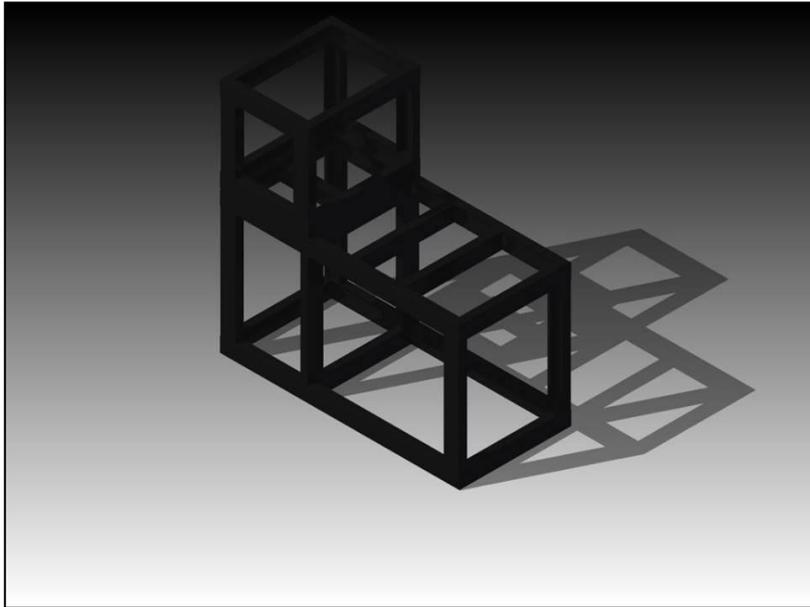
- Presión máxima de inyección = 206 MPa (30000 psi)
- Capacidad del depósito de combustible = 22 galones (83 litros)
- Tubería de inyección para alta presión = cañería de acero (D=6mm,d=2,4mm)

### **3.5.1 MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS**

En esta sección del capítulo mostraremos el resultado del diseño más adecuado de los componentes del banco de pruebas, para cumplir con los requerimientos de funcionalidad y seguridad exigidos para este tipo de banco.

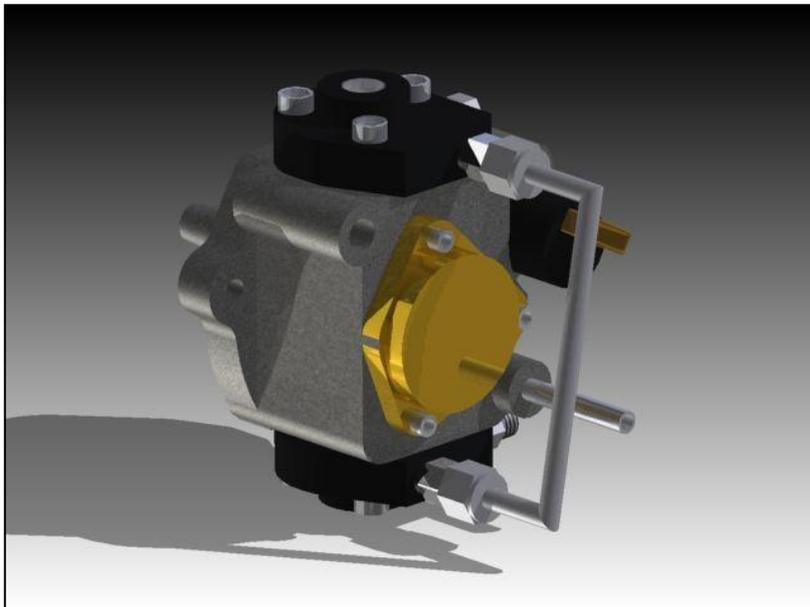
Para esto se partió de un diseño preliminar, el mismo que, con la ayuda de Autodesk Inventor 2012, se fue mejorando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo el cual describimos a continuación y que garantiza un adecuado y seguro funcionamiento del mismo.

Mediante el software **Autodesk Inventor 2012** y con la aplicación de sus diferentes comandos de sólidos disponibles en el mismo, se modelo en 3D todas las piezas que componen el banco de pruebas de inyectores (la información se encuentra detallados, vistas y sus dimensiones en los planos de cada una de las piezas) para posteriormente realizar su ensamblaje, análisis y simulación.



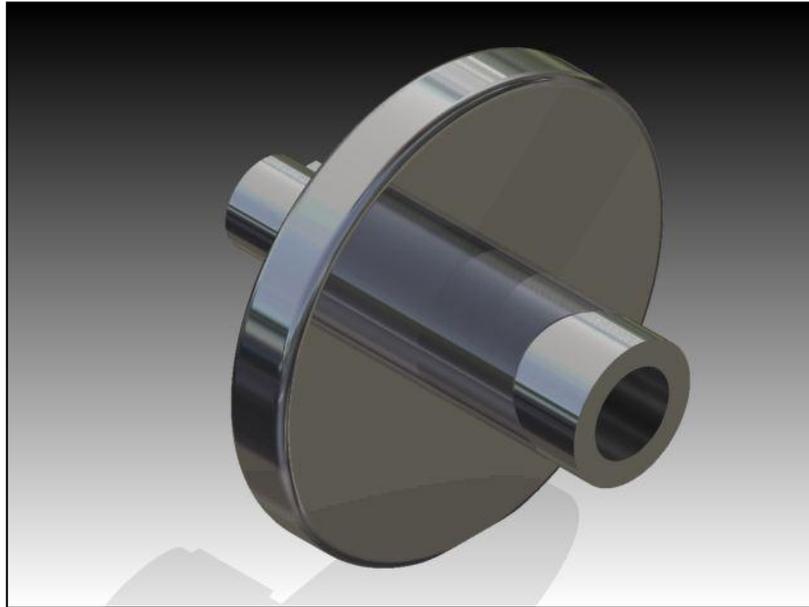
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 9 Modelo estructura soporte banco de pruebas**



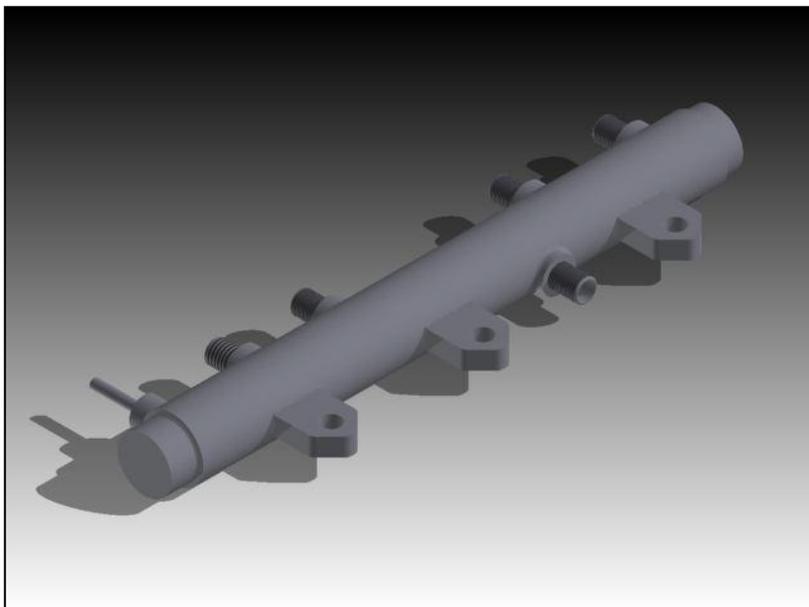
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 10 Modelo en 3D de la bomba de inyección**



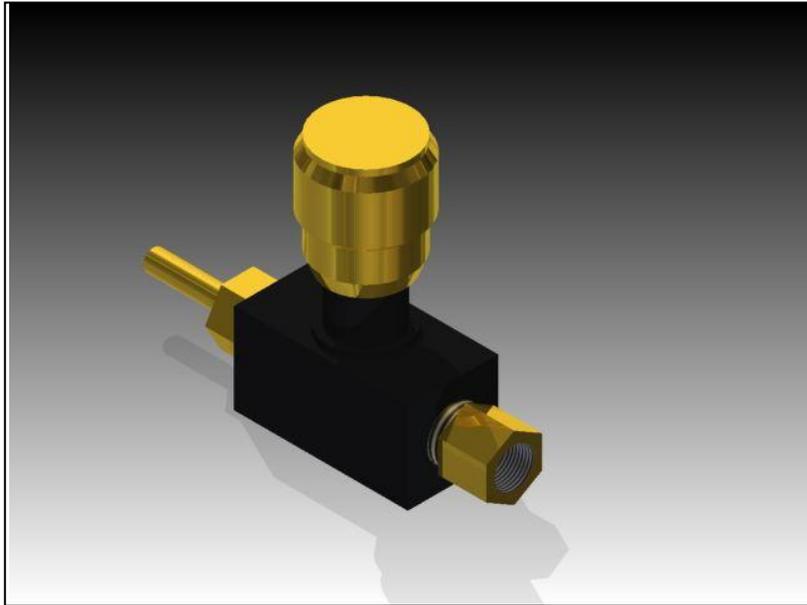
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 11 Modelo en 3D del volante de inercia**



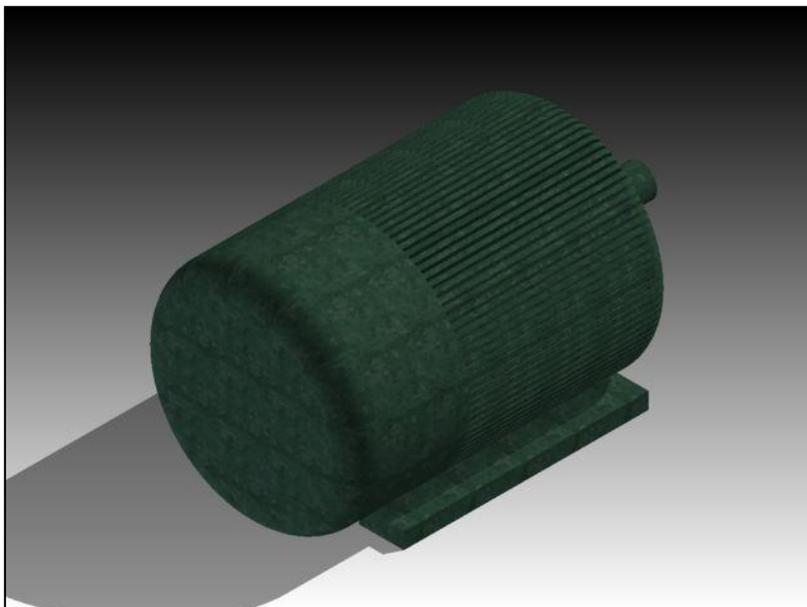
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 12 Modelo en 3D del riel de inyección**



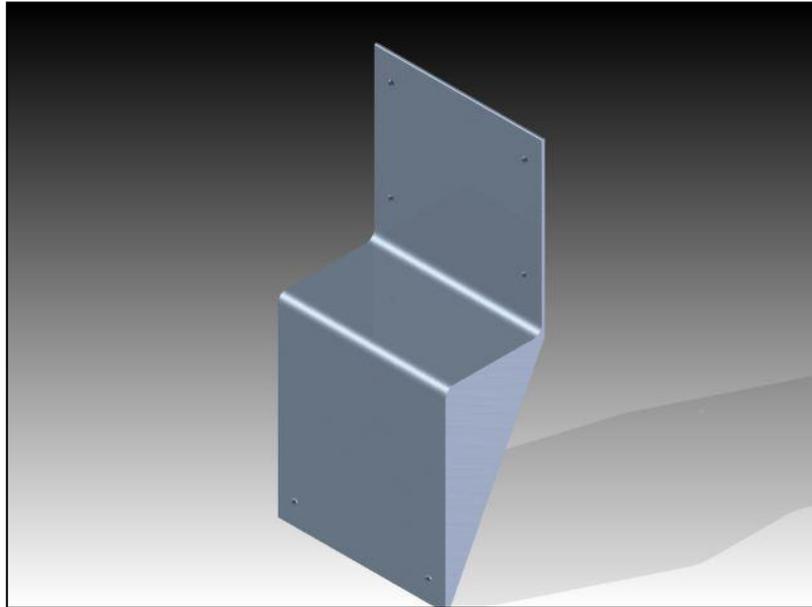
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 13 Modelo en 3D de la válvula aliviadora de presión**



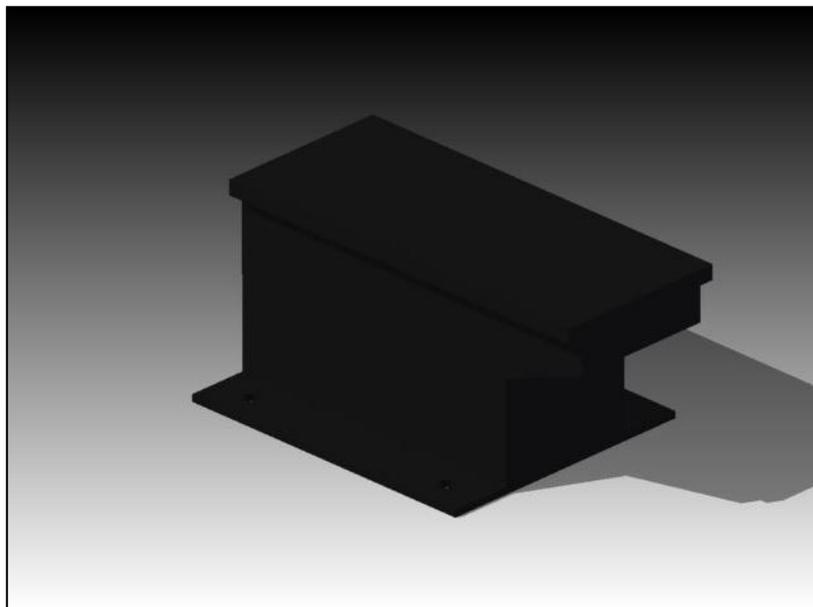
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 14 Modelo en 3D del motor trifásico**



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 15 Modelo en 3D del soporte del porta probetas**



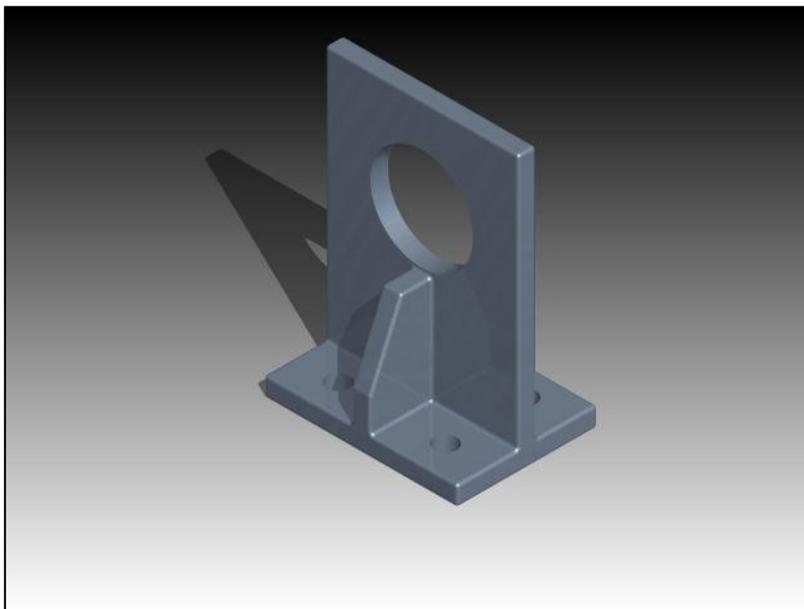
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 16 Modelo en 3D de la bancada**



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 17 Modelo en 3D del soporte del riel de inyección**



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 18 Modelo en 3D del soporte de la bomba de inyección**



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 19 Modelo en 3D del filtro de combustible**



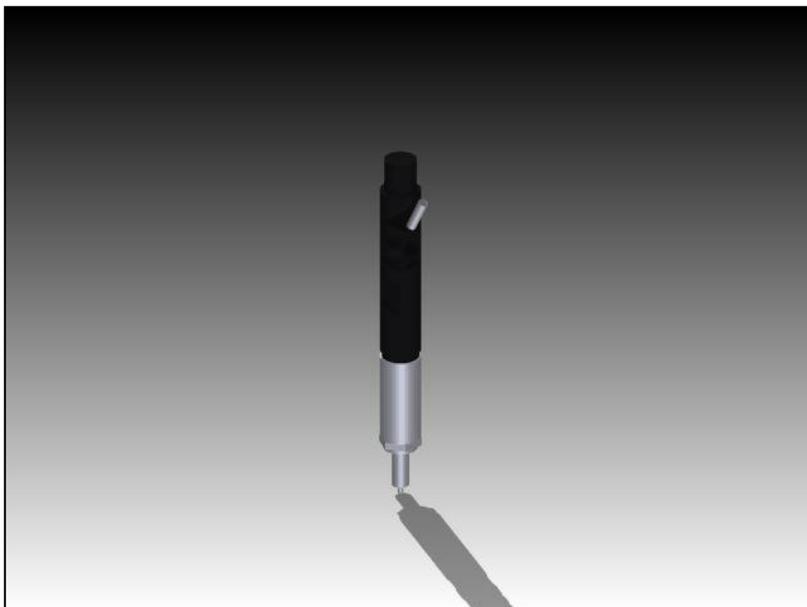
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 20 Modelo en 3D de las cañerías**



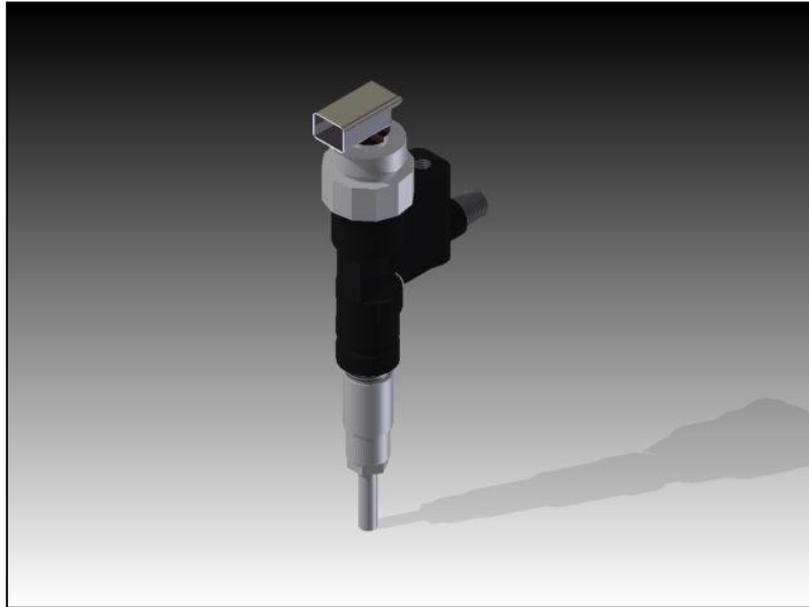
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 21 Modelo en 3D del inyector BOSCH**



**Fuente:** Autores - Inventor

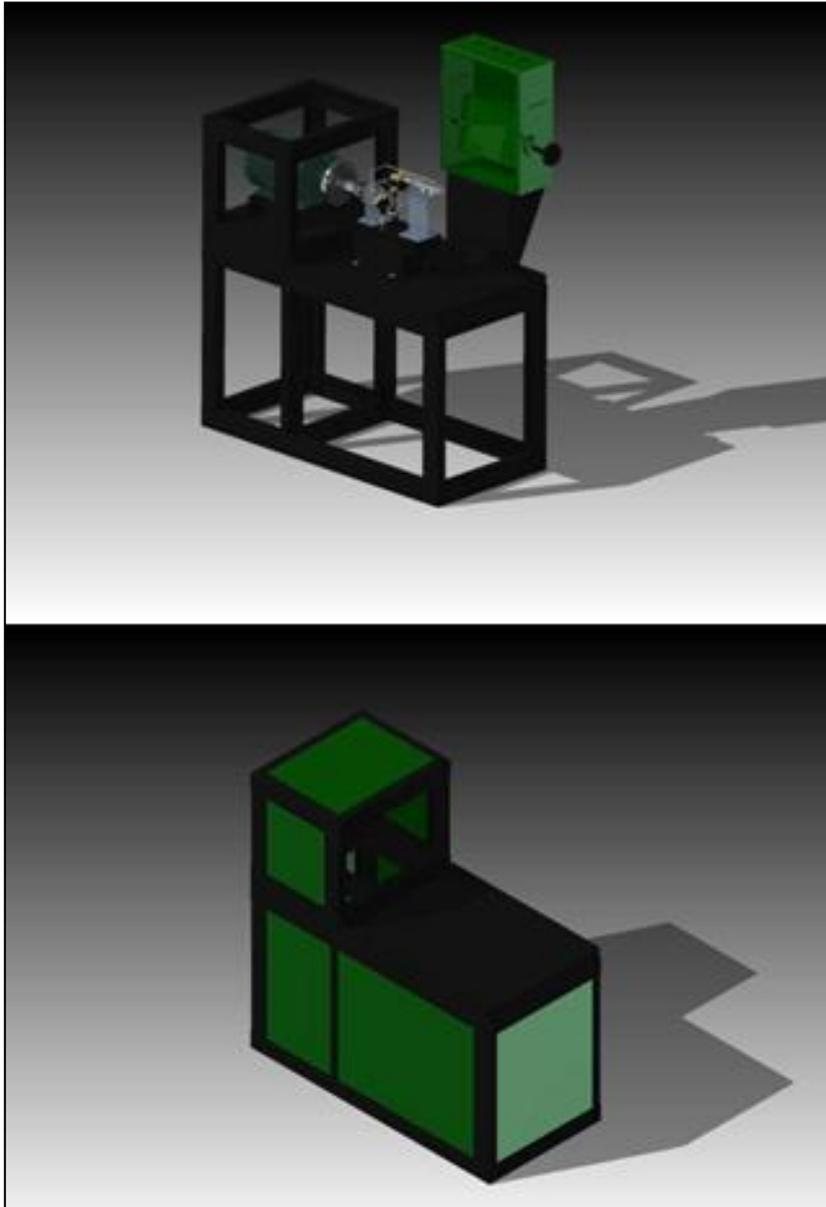
**Figura 3. 22 Modelo en 3D del inyector DELPHI**



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 3. 23 Modelo en 3D del inyector DENSO**

Con la ayuda de las relaciones de posición se procede a ensamblar el banco de pruebas en Inventor, como se indica en la figura 3.25 y de esta forma simular y analizar su correcto funcionamiento.



**Fuente:** Autores-Inventor

**Figura 3. 24** Ensamble final del banco de pruebas

## **CAPITULO 4**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

#### **4.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

En este capítulo señalaremos las características y particularidades de cada elemento que forma el banco de pruebas.

##### **4.1.1 VARIADOR DE FRECUENCIA**

Este variador tiene la capacidad de controlar la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) de 7.5 HP por medio de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

##### **4.1.2 MANÓMETRO DE GLICERINA**

El manómetro de este sistema debe poseer la capacidad suficiente para soportar la presión existe en el acumulador de presión (riel) por lo su rango es poco usado en la industria y difícil de conseguir, este elemento soporta 30000 PSI de presión.

##### **4.1.3 MOTOR ELÉCTRICO**

El motor tiene la capacidad de hacer funcionar a la bomba de inyección y simular la función de un motor de combustión interna (MCI) para esto el motor eléctrico tiene una potencia de 7.5 HP necesario en este tipo de banco.

#### **4.2 DISEÑO MECÁNICO**

Para conocer y aprender el funcionamiento mecánico del sistema se construyó un banco didáctico, donde los estudiantes harán sus prácticas.

A continuación se realizaran simulaciones en el software para saber si la construcción de cada elemento es factible.

**Tabla 4. 1 Pesos de elementos**

<b>ELEMENTO</b>	<b>PESO (Kg)</b>	<b>PESO (Lb)</b>
ESTRUCTURA	102,13	224,686
BANCADA	19,51	42,922
SOPORTE DEL RIEL DE INYECCIÓN	4,67	10,274
SOPORTE DE LA BOMBA DE INYECCIÓN	2,28	5,016
PORTA PROBETAS	15,78	34,72
SOPORTE PORTA PROBETAS	2,14	4,71
VOLANTE DE INERCIA	6,72	14,78
TANQUE DE COMBUSTIBLE	7,44	16,37
MATRIMONIO	2,57	5,65
MANGUERAS	5,25	11,55
BOMBA DE INYECCIÓN	10,32	22,70
RIEL DE INYECCIÓN	5,21	11,46
VARIADOR DE FRECUENCIA	5,72	12,58
MANÓMETRO	2,16	4,75
MOTOR TRIFÁSICO (7,5hp)	45,37	99,81
OTROS	17,38	38,24
<b>TOTAL</b>	<b>254,65</b>	<b>560,24</b>

**Fuente:** autores

Antes de realizar las simulaciones debemos tomar en cuenta las diferentes cargas que actuaran en cada uno de los elementos.

#### 4.2.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

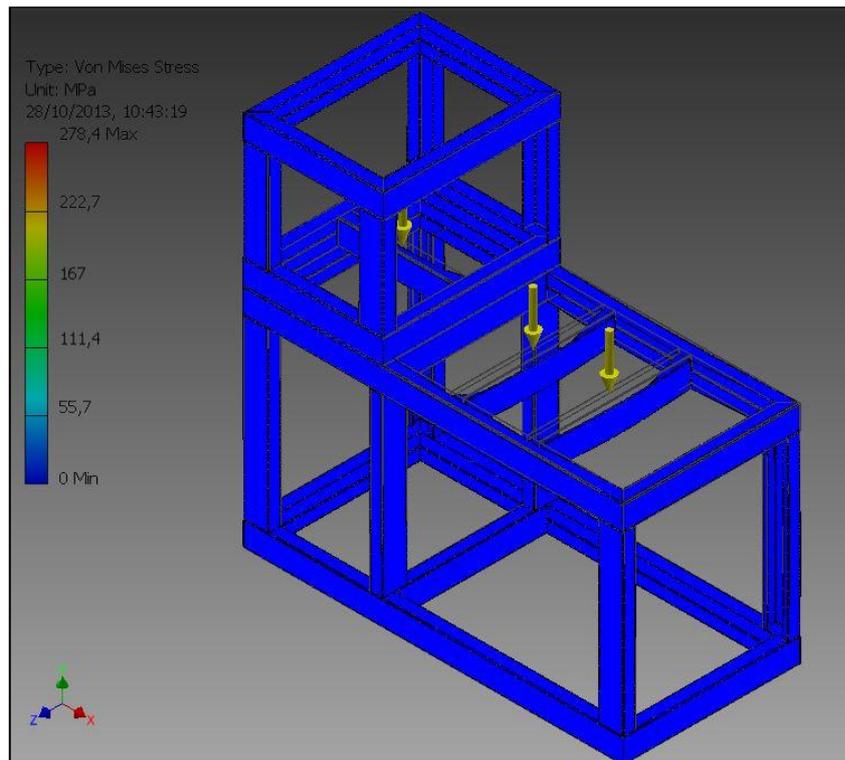
Esta estructura será construida con perfiles de acero ASTM A36, el cual soportara todos los elementos del banco de pruebas y es el indicado para este tipo de bancos.

**Tabla 4. 2 Propiedades del acero ASTM A36**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Densidad	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Límite de fluencia	32-36 (250-280)	Ksi (MPa)
Resistencia a la tensión	58 – 80(400-550)	Ksi(MPa)
Modulo de elasticidad	29 000	Ksi
% de elongación mínimo	20 (8")	%
Punto de fusión	1538	°C

**Fuente:** Ciencia de materiales, Selección y Diseño, de Pat L. Mangonon

Ya modelada la estructura procedemos a colocar las cargas correspondientes que son todos los pesos de cada elemento más el propio peso, allí procedemos a la simulación correspondiente en el software y obtenemos los siguientes resultados:



**Fuente:** Autores - Inventor

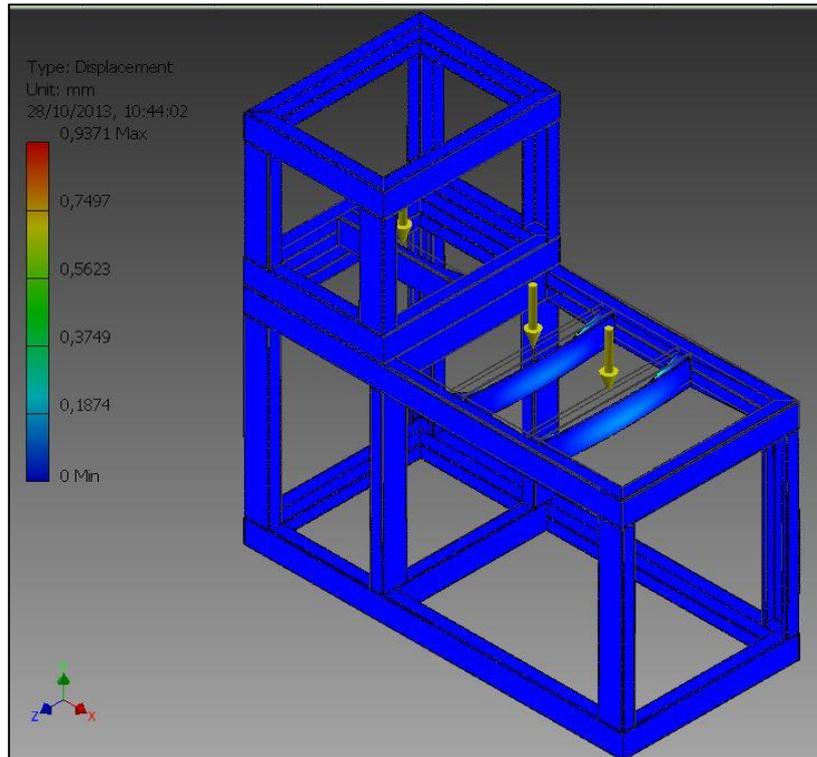
**Figura 4. 1 Tensión de la estructura soporte**

En la figura 4.1 se puede observar la tensión de Von Mises que soporta la estructura en los puntos de contacto obteniendo los valores siguientes:

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 278,4 MPa**

En la siguiente figura podremos observar el desplazamiento que tendrá la estructura en los puntos de contacto marcados ya que esta se encuentra sometida a diferentes cargas.



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 2 Deformación resultante de la estructura**

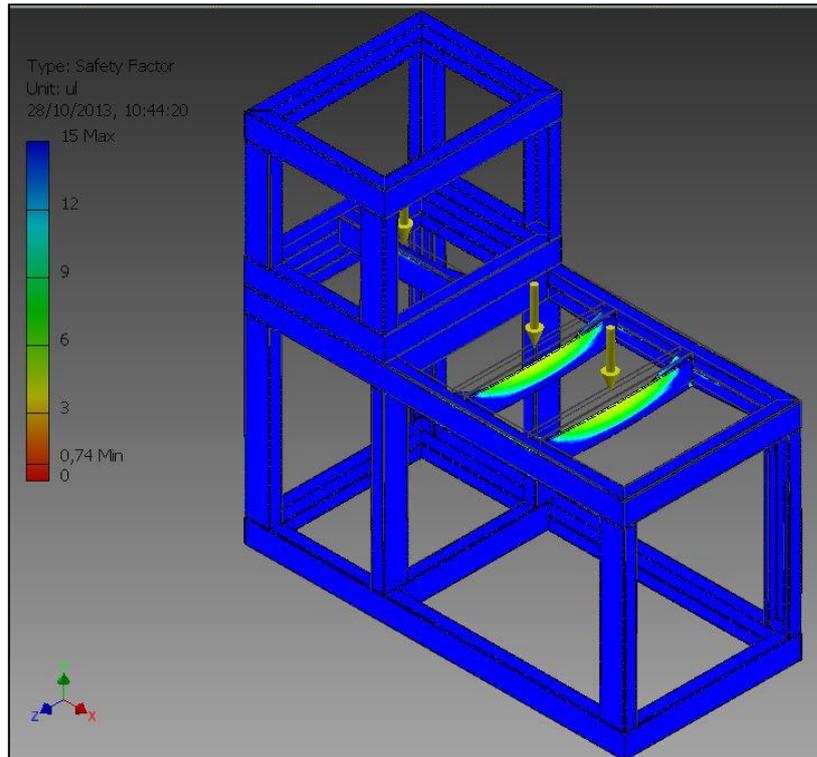
Obtuvimos los siguientes valores:

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,9371 mm**

Como observamos el desplazamiento será mínimo lo que no producirá ningún efecto negativo en el comportamiento del sistema.

Por último tenemos la figura que determina el factor de seguridad en la estructura obteniendo lo siguiente:



**Fuente:** Autores - Inventor

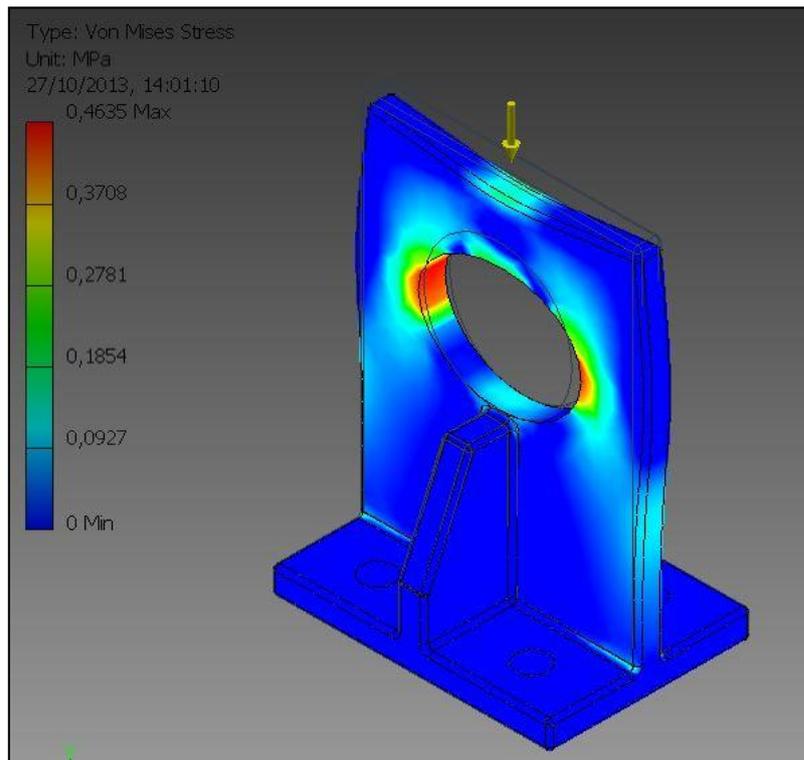
**Figura 4. 3 Distribución del factor de seguridad de la estructura**

El factor de seguridad máximo nos dio 15 lo cual indica que el diseño de la estructura es factible y podrá soportar las cargas que soporta.

#### **4.2.2 DISEÑO DEL SOPORTE PARA LA BOMBA DE ALTA PRESIÓN**

Este soporte al igual que la estructura se realizó con plancha de acero ASTM A36, el cual es el que cumple con características indicadas para este tipo de trabajo.

Con la pieza ya en el software procedemos a la simulación pertinente obteniendo así los siguientes datos:



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 4 Tensión en el soporte de la bomba de alta presión**

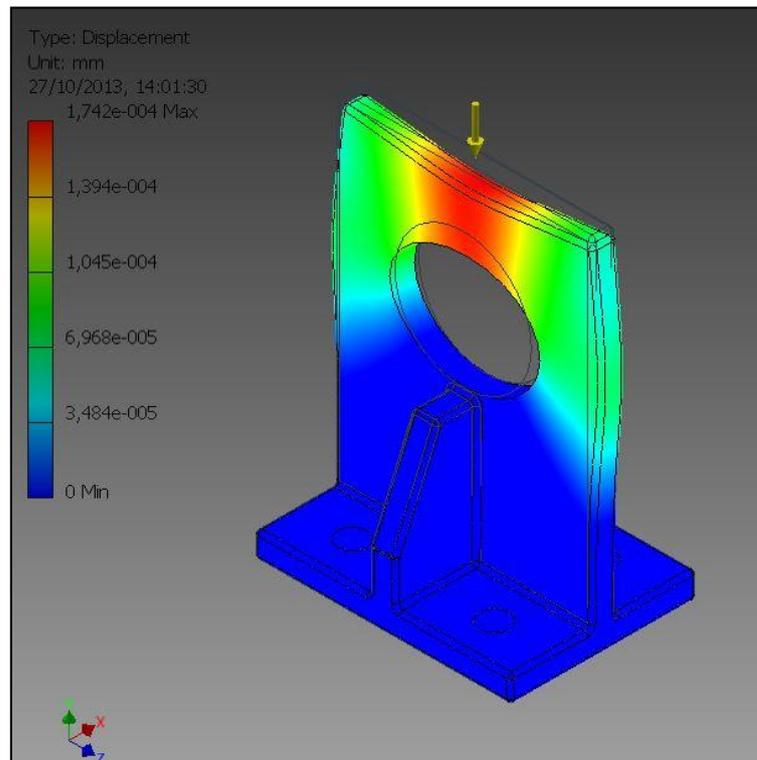
En la figura podemos observar el comportamiento del elemento luego de la simulación y nos da los valores:

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 0,4635 MPa**

Estos resultados nos indican que el elemento podrá soportar con facilidad las cargas ya que el límite de fluencia es superior que la del resultado.

Para los resultados de deformación tenemos la siguiente figura:



**Fuente:** Autores - Inventor

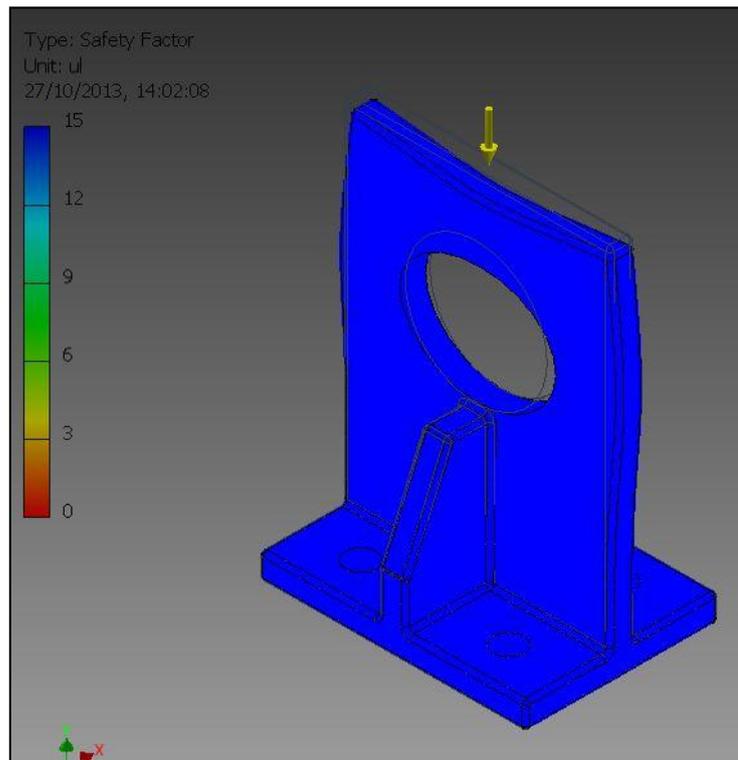
**Figura 4. 5 Deformación en el soporte de la bomba de alta presión**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,000174mm**

En este caso el desplazamiento del material será excesivamente bajo por lo que el diseño es correcto.

Y como paso final vemos los resultados que nos da en el factor de seguridad:



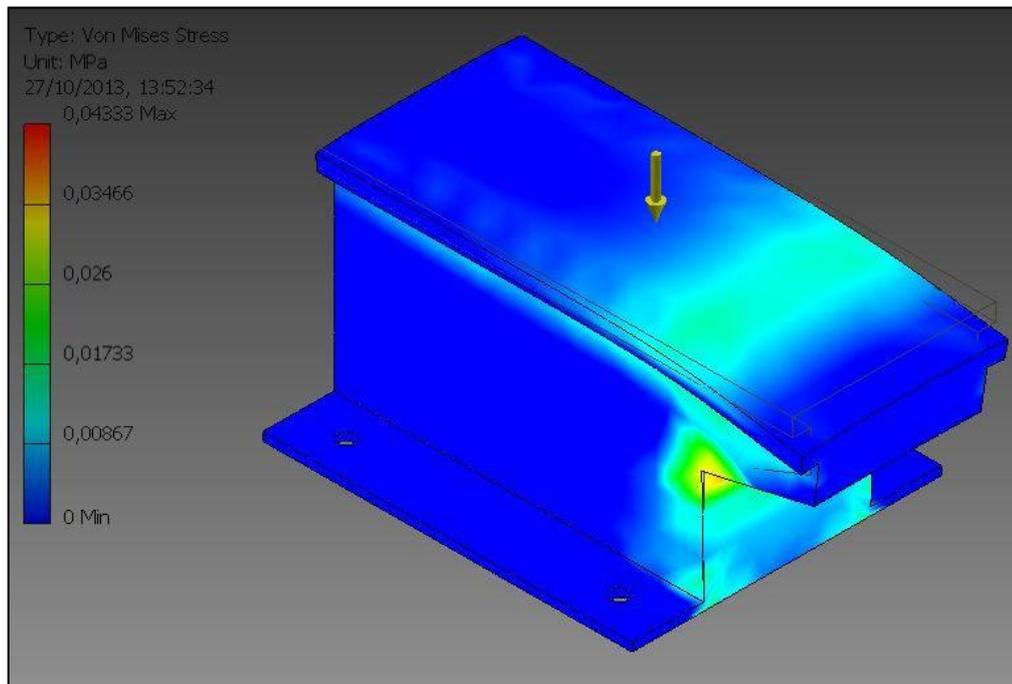
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 6 Distribución del factor de seguridad en el soporte de la bomba de alta presión**

Nos dio un factor de seguridad máximo de 15 el cual nos indica que el diseño es muy aceptable y soportara la carga a la que está sometido.

### **4.2.3 DISEÑO DE LA BANCADA**

Este elemento se realizó con plancha de acero ASTM A36 como los anteriores por sus buenas características, a continuación podemos observar la simulación del elemento:



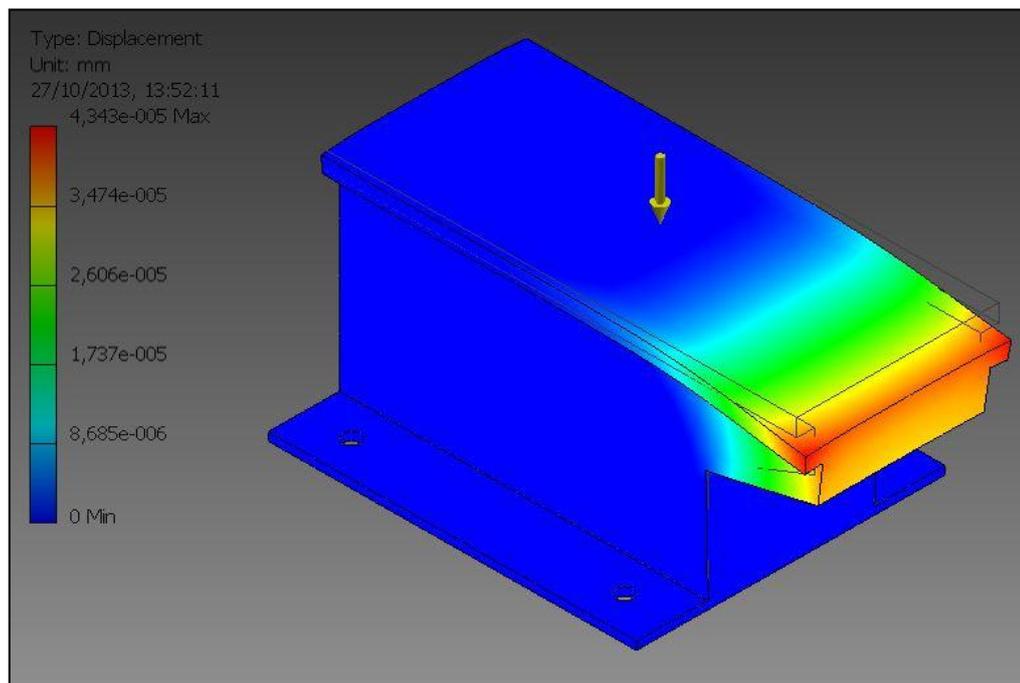
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 7 Tensión en la bancada**

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 0,0433 MPa**

Según los resultados el diseño es correcto y soportara las cargas destinadas a este elemento ya que el límite de fluencia del material es muy superior al resultado obtenido en la simulación.



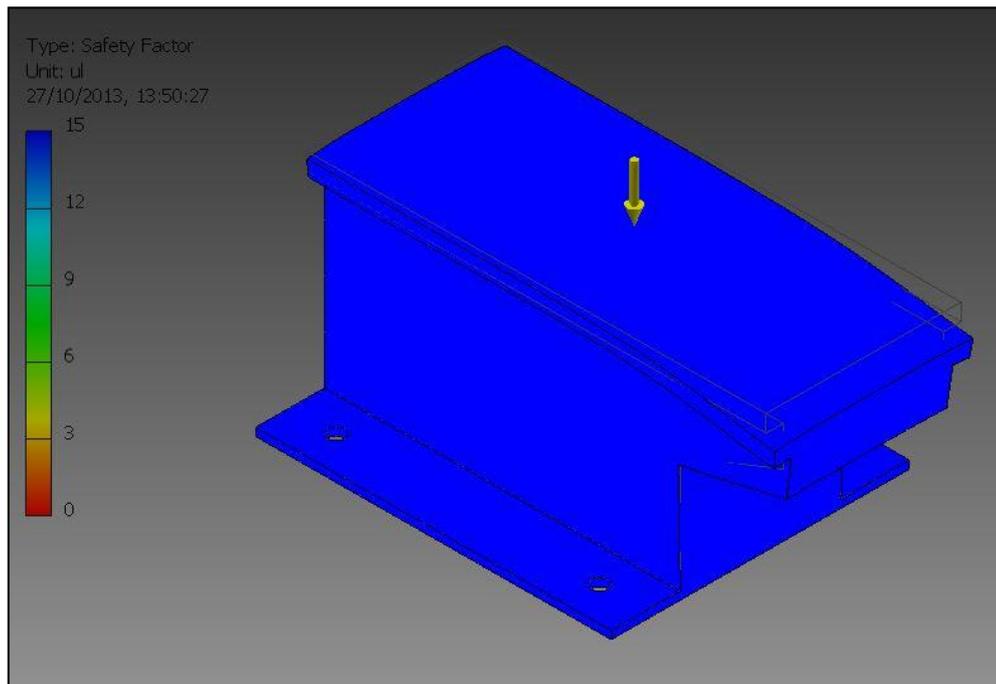
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 8 Deformación en la bancada**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 4,34e-005 mm**

El desplazamiento del material debido a las cargas soportadas será mínimo por lo que el diseño es correcto.



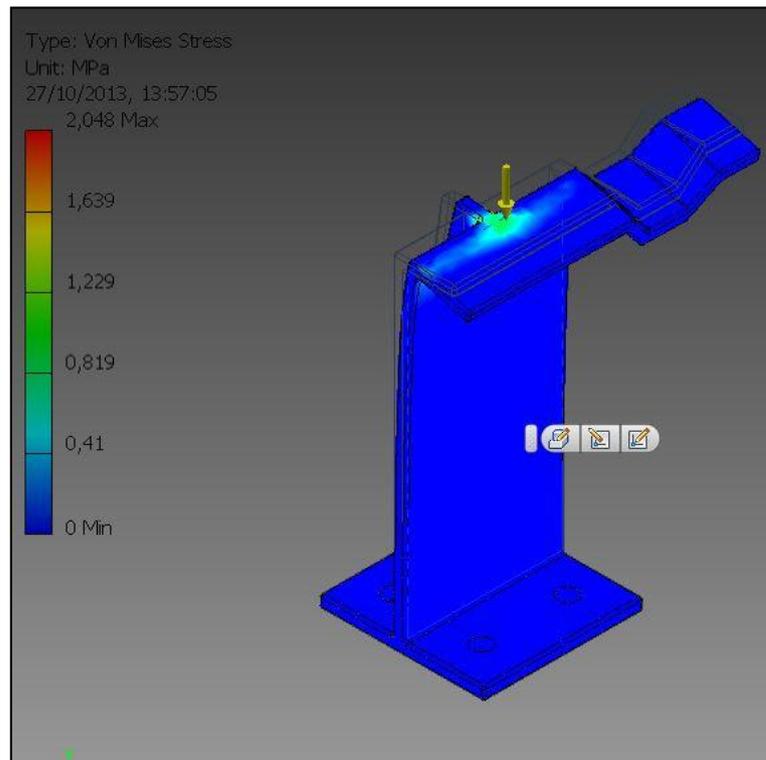
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 9 Distribución del factor de seguridad en la bancada**

Según el grafico nos da un factor de seguridad de 15 por lo que el diseño es factible y podemos construir la pieza.

#### **4.2.4 DISEÑO DEL SOPORTE DEL RIEL DE INYECCIÓN**

Esta pieza se realizó con acero ASTM A36 y a continuación mostramos la simulación y los valores obtenidos:



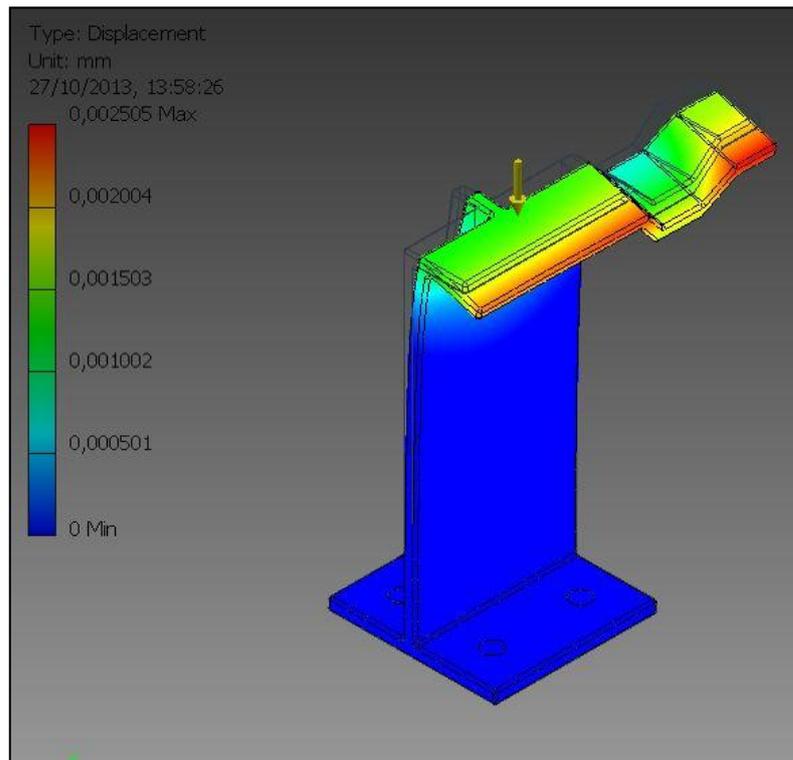
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 10 Tensión en el soporte del riel de inyección**

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 2,048 MPa**

El soporte se encuentra bien diseñado ya que los resultados de la simulación nos indican que la tensión que soportara el elemento está muy por debajo del valor que soporta el material de dicho elemento.



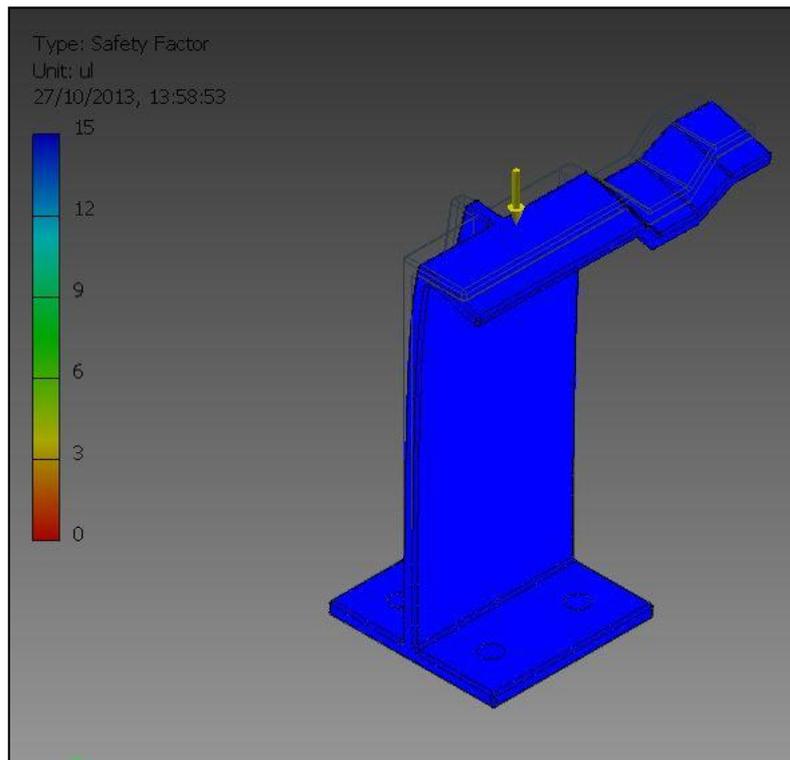
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 11 Deformación en el soporte del riel de inyección**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,0025mm**

El desplazamiento que tendrá el elemento es muy pequeño por lo que soportara sin dificultad sus cargas.



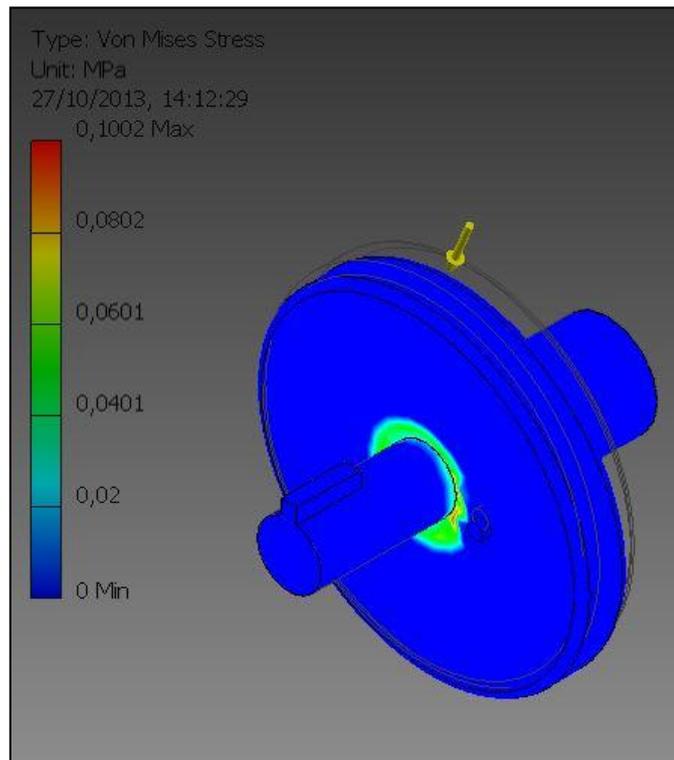
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 12 Distribución del factor de seguridad en el soporte del riel de inyección**

El diseño de la pieza es correcto ya que nos da un valor de factor de seguridad de 15 lo que es seguro para su construcción.

#### **4.2.5 DISEÑO DEL VOLANTE DE INERCIA**

Este elemento igual que los anteriores se construyeron con plancha de acero ASTM A36 en la figura observamos los resultados de su análisis.



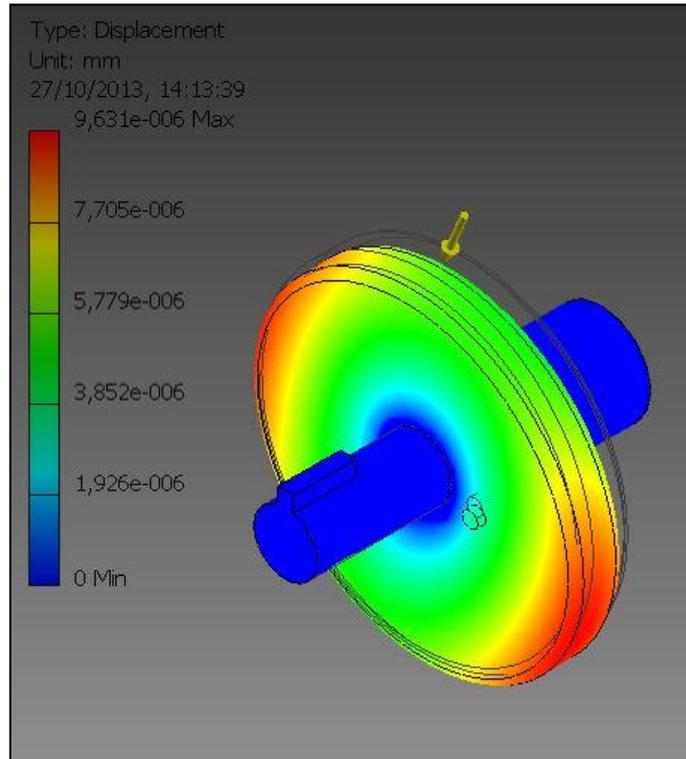
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 13 Tensión en el volante de inercia**

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 0,100 MPa**

En la imagen observamos los puntos donde existirá mayor tensión pese a esto el material soportara con facilidad sus cargas.



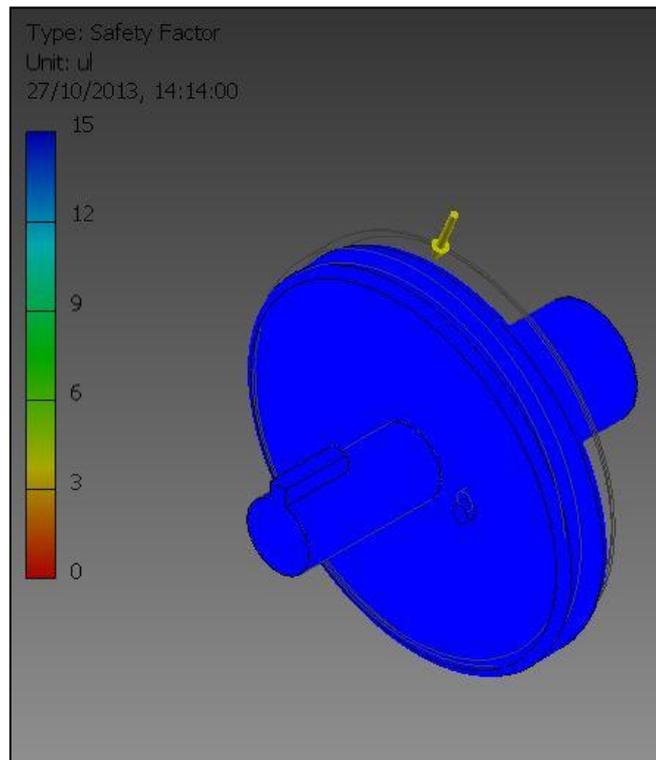
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 14 Deformación en el volante de inercia**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,0000096mm**

El desplazamiento del material será excesivamente pequeño por lo que es factible construirlo.



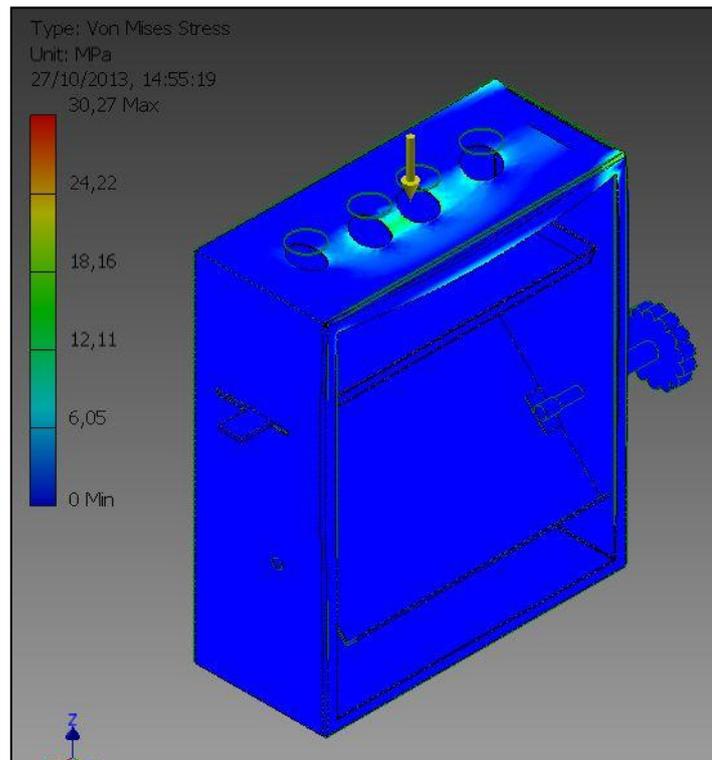
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 15 Distribución del factor de seguridad en el volante de inercia**

El factor de seguridad es 15 lo que indica que el diseño es correcto y soportara las cargas determinadas para este elemento.

#### **4.2.6 DISEÑO DEL PORTA PROBETAS**

El porta probetas se diseñó en acero ASTM A36 aquí se muestra su análisis según las cargas que este soporta.



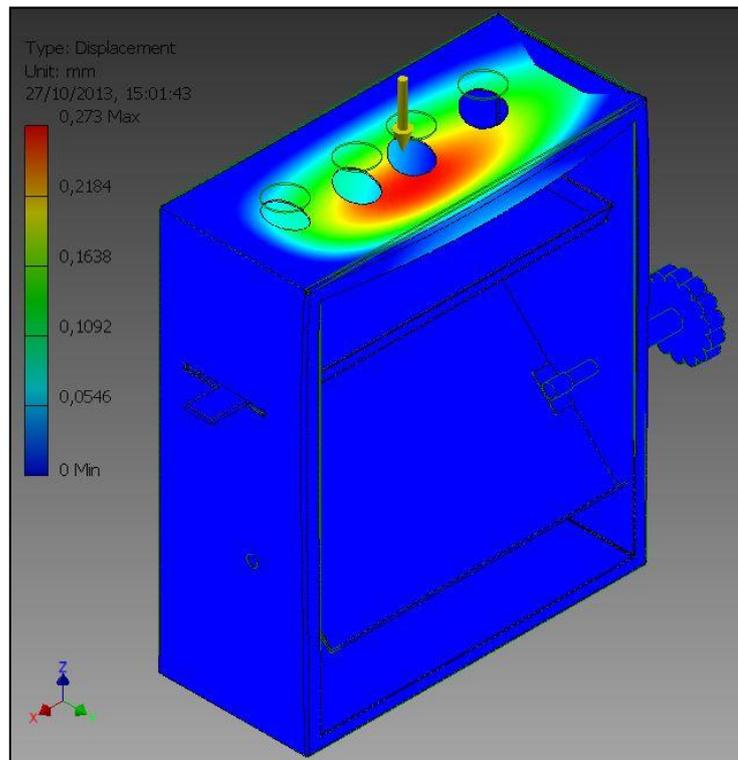
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 16 Tensión en el porta probetas**

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 30,27 MPa**

La tensión a la que está expuesto el elemento es la más alta de todas, pero muy inferior al límite de fluencia del material por lo que puede soportar cargas aún mayores a las aplicadas.



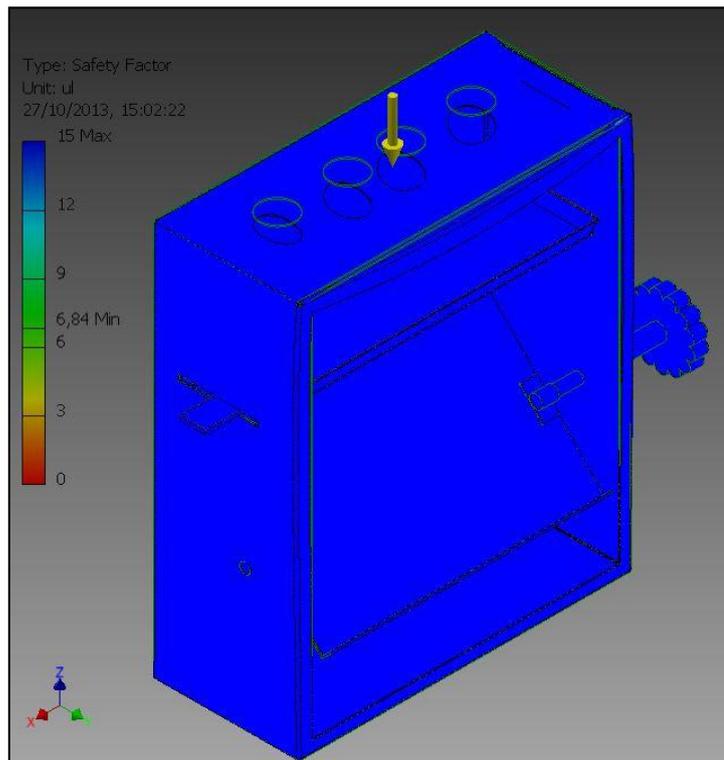
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 17 Deformación en el porta probetas**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,273mm**

La deformación del elemento es muy pequeña por lo que no será visible y es factible su construcción según este diseño.



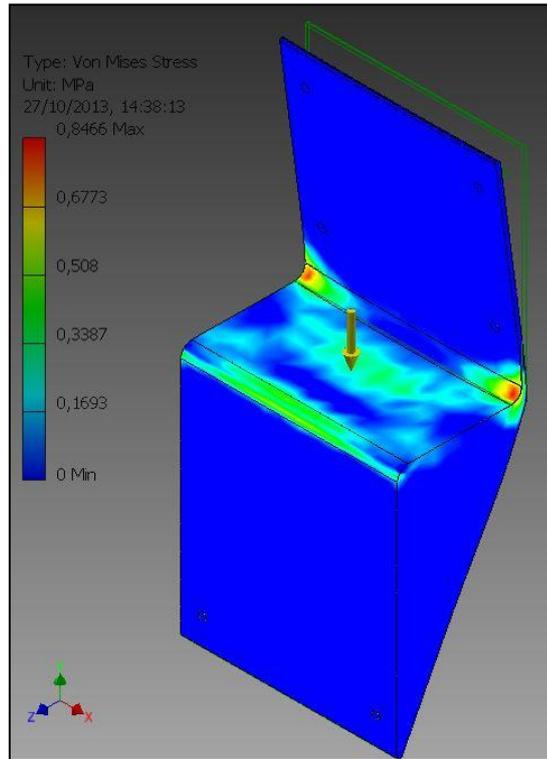
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 18 Distribución del factor de seguridad en el porta probetas**

El factor de seguridad es muy bueno 15 por lo que puede construirse y no sufrirá daños.

#### **4.2.7 DISEÑO DEL SOPORTE DEL PORTA PROBETAS**

Para soportar al porta probetas este elemento se diseñó con acero ASTM A36 y a continuación veremos la simulación y los resultados obtenidos.



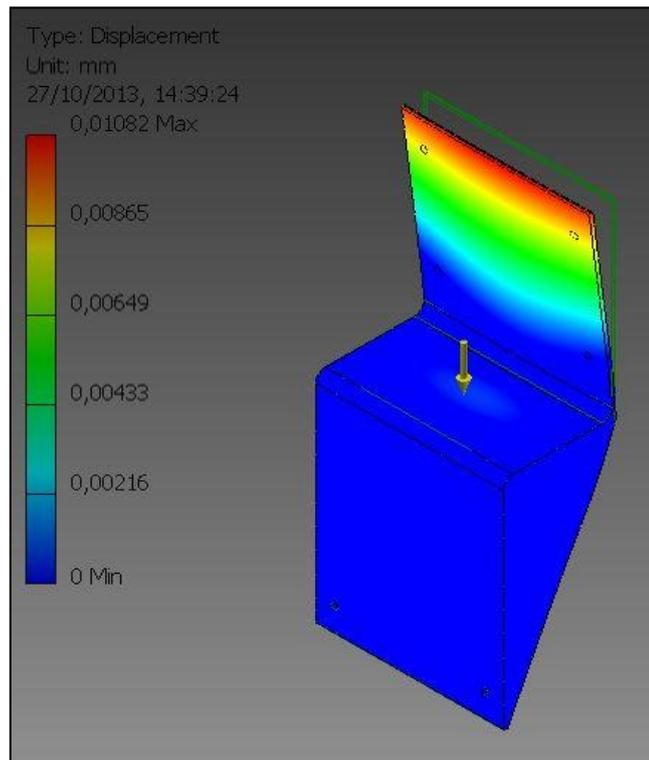
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 19 Tensión en el soporte del porta probetas**

**Tensión mínima = 0 MPa**

**Tensión máxima = 0,846 MPa**

La tensión resultante de la simulación es muy inferior a la que el material resiste por lo que puede soportar con facilidad las cargas determinadas a este elemento.



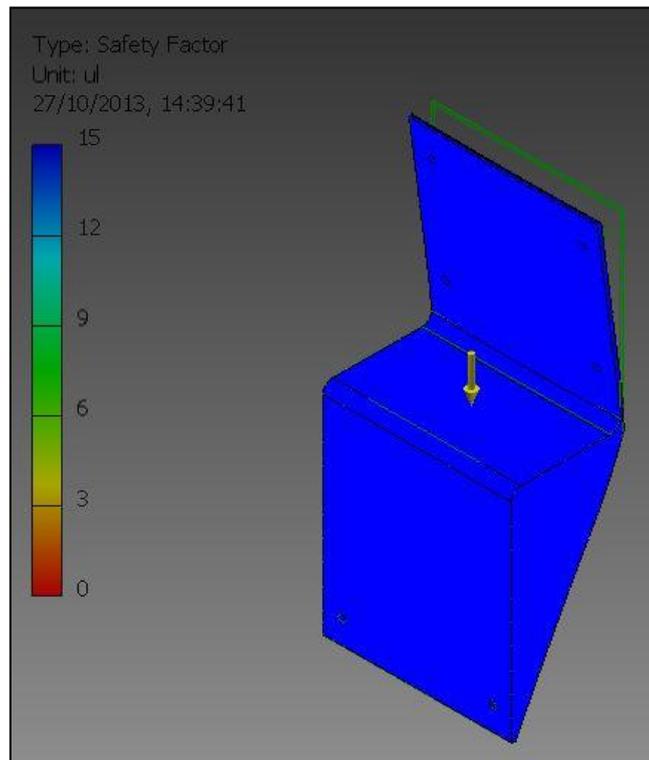
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 20 Deformación en el soporte del porta probetas**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 0,0108mm**

La deformación de este elemento es mínima y no es perceptible para la vista humana por lo que es factible construirlo.



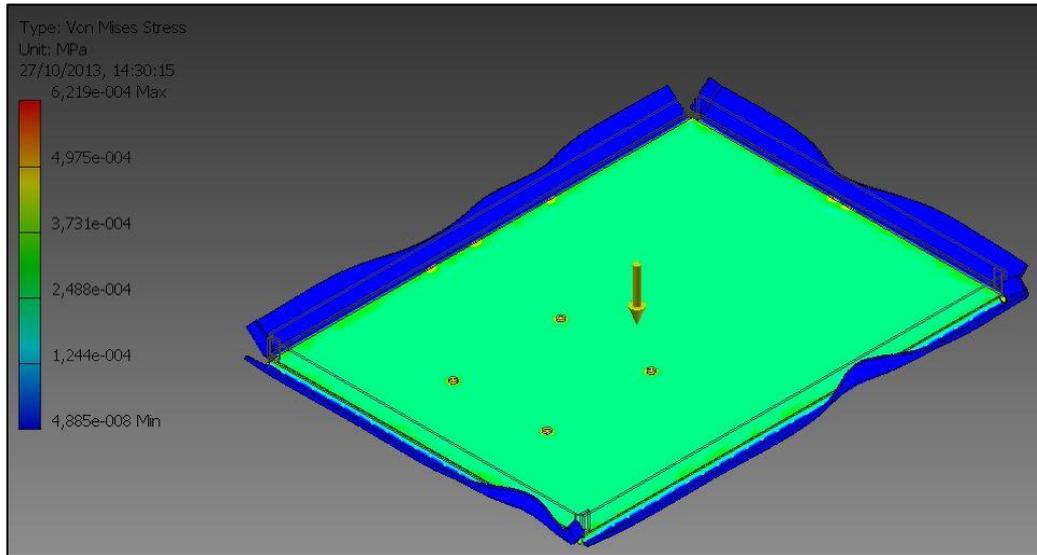
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 21 Distribución del factor de seguridad en el soporte del porta probetas**

El factor de seguridad máximo es 15 lo que indica que su diseño es el apropiado y puede construirse.

#### **4.2.8 DISEÑO DE LA BANDEJA PRINCIPAL**

Este elemento soportara grandes cargas como la bancada, la bomba, riel y sus soportes por lo que se realizó de acero ASTM A36 y según su análisis obtuvimos los resultados siguientes:



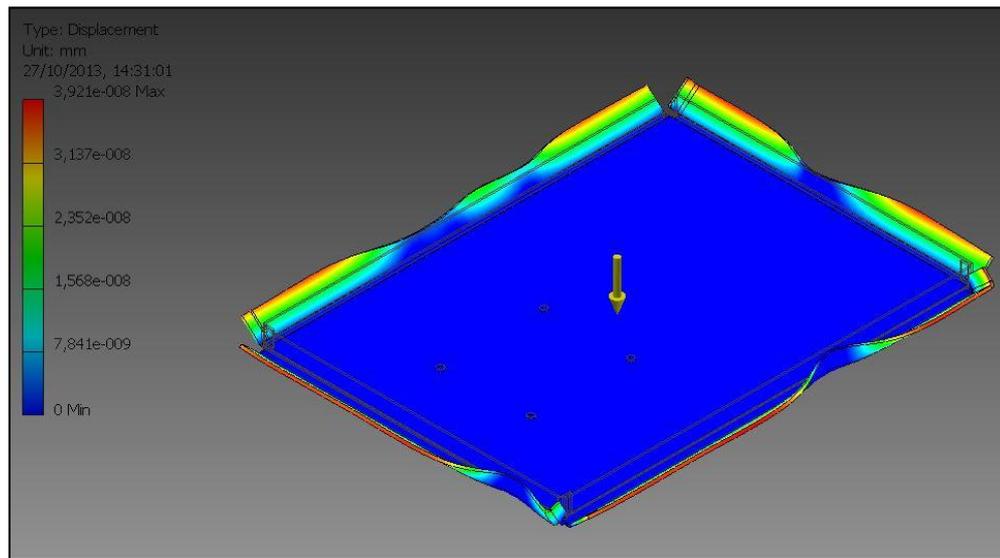
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 22 Tensión en la bandeja principal**

**Tensión mínima = 4,885e-008 MPa**

**Tensión máxima = 6,219e-004 MPa**

La tensión a la que se encuentra sometido este elemento no afectará al funcionamiento del sistema ya que el límite de fluencia del material es muy superior.



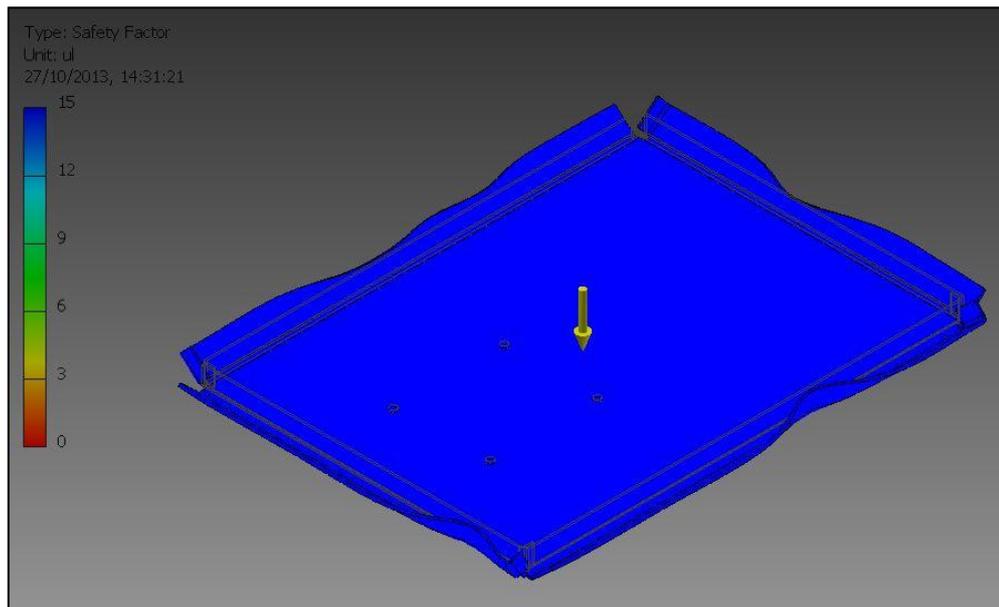
**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 23 Deformación en la bandeja principal**

**Deformación mínima = 0mm**

**Deformación máxima = 3,93e-008 mm**

La deformación será mínima debido a las características del material y soportara las cargas sin dificultad.



**Fuente:** Autores - Inventor

**Figura 4. 24 Distribución del factor de seguridad en la bandeja principal**

Este elemento es el que sufrirá mayores esfuerzos en el banco pero según la simulación y el factor de seguridad resultante máximo su diseño es correcto y podrá soportar las cargas.

### **4.3 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO**

En esta sección hablaremos específicamente de la construcción de la estructura del banco de pruebas de inyectores CRDI, sus medidas se encuentran en los planos con sus especificaciones, sin embargo describiremos brevemente el proceso de corte y medidas de los materiales utilizados.

Una vez escogidos todos los materiales y después de conocer todas sus características procedemos al corte de los mismos.

Primero se procedió a cortar el perfil en U de 100x50mm y 3mm de espesor que nos servirán como soporte de nuestro banco, el tipo de acero estructural ASTM A36, siendo un metal soldable. La longitud de corte es de 1500mm (4) por 700mm (4) como se lo ve en la figura.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 25 Cortes de la Base Principal**



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 26 Base Principal**

Ya cortados los perfiles se procedió a soldarlos verificando las medidas exactas de los planos colocándolos en un ángulo recto, el tipo de suelda utilizado fue SMAW, el tipo de electrodo usado es el E6011 AGA se soldó con un amperaje no mayor de 150 amperios como se muestra en la figura.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 27 Suelda de Perfiles**

Realizamos 2 bases de este tipo para el cubo inferior del banco como se observa.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 28 Bases del Cubo Inferior**

Del mismo modo procedemos a cortar el perfil en un con medidas de 60mm (4) por 70mm (4) y procedemos a soldarlas estos cortes servirán para el cubo superior de la estructura.



**Fuente:** Autores

#### **Figura 4. 29 Bases para cubo superior del Banco**

A continuación, procedemos a soldar los ángulos requeridos en el cubo inferior de la estructura como podemos ver estos de material de correa G.



**Fuente:** Autores

#### **Figura 4. 30 Bases del Cubo Inferior Completas**

Como siguiente paso se realizó el corte de los apoyos de la estructura (verticales), son de correa G 100x50x15mm de 3mm de espesor y sus características son las mismas, especificadas anteriormente con el mismo tipo de material y el mismo proceso de soldadura como se muestra en la figura.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 31 Soldadura de los parantes del cubo inferior**

Terminado esto, procedemos a soldar la parte superior del cubo para completarlo como se observa.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 32 Cubo Inferior**

Posteriormente realizamos lo mismo con el cubo superior de la estructura, colocándolo según el diseño y procediendo a soldarlo.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 33 Soldadura del Cubo Superior**

Ya con la estructura terminada, decidimos darle una capa de pintura anticorrosiva para evitar su corrosión mientras construimos las piezas faltantes del banco.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 34 Estructura completa y Pintada**

#### **4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA EL RIEL DE LOS INYECTORES**

La base para el riel la construimos de plancha de acero ASTM A36 con espesor de 10mm.

Cortamos los pedazos según las medidas de diseño y luego procedimos a soldarlo para tener un solo elemento como se observa.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 35 Soporte para el Riel**

#### **4.5 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA LA BOMBA DE INYECCIÓN**

Según las medidas puestas en los planos, procedimos a cortar la plancha de acero ASTM A36 de 10mm de espesor, similar a la antes construida.

Este elemento nos ayudara a soportar la bomba de inyección y enlazarla con el volante el cual dará el movimiento



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 36 Soporte de la Bomba de Inyección**

#### **4.6 CONSTRUCCIÓN DE BANCADA**

Este elemento se construyó con plancha de acero ASTM A36 de 10mm de espesor, el cual soportara a la bomba de inyección y riel de inyectores con sus respectivos soportes.

Está alineado correctamente con el volante para la correcta transmisión de movimiento hacia la bomba de inyección.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 37 Bancada**

#### **4.7 CONSTRUCCIÓN DEL VOLANTE DE INERCIA DEL BANCO DE PRUEBAS**

Este elemento es de mucha importancia ya que servirá para comunicar el movimiento desde el motor trifásico hacia la bomba de inyección, simulando el volante de inercia de un motor real.

El material es acero ASTM A36 de 60mm de espesor, en el torno logramos conseguir su forma circular a partir de una plancha de este material, luego puliéndola logramos su acabado como se observa.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 38 Volante de Inercia**

#### **4.8 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL PORTA PROBETAS**

El Soporte del porta probetas como su nombre lo dice va a sujetar el peso del porta probetas y se va a ubicar en la parte posterior del banco de pruebas.

Fue construido con una plancha de Acero ASTM A36 de 9 mm de espesor, que fue doblada de acuerdo a los planos y reforzada en las partes laterales donde va asentado el porta probetas. Este soporte va emperrado al banco y presenta en la parte superior cuatro perforaciones para sujetar el porta probetas.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 39 Soporte del Porta Probetas**

#### **4.9 CONSTRUCCIÓN DEL PORTA PROBETAS**

El porta probetas está construido con plancha de Acero ASTM A36 de 6mm de espesor. Elaboramos una caja de acuerdo a los planos y en la parte superior hacemos cuatro perforaciones para colocar los decantadores de diesel que sirven para eliminar la espuma que se produce al inyectar. Con el mismo material construimos el mecanismo de volteo de las probetas que es nada menos que la plancha de acero ASTM 36 de 6mm doblada en forma de “L”, sujeta por ejes y para su maniobrabilidad adaptamos una perilla.

Para el mecanismo de corte de combustible utilizamos una barra de acero ASTM 36 de 9mm que atraviesa la caja para impedir el paso de combustible hacia las probetas.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 40 Porta probetas**

#### **4.10 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE**

Para la fabricación del tanque de combustible utilizamos un tanque de aceite convencional y lo cortamos a una altura de 30 cm. En la parte interna soldamos un latón que nos sirve para separar el diesel limpio del sucio, además colocamos unas agarraderas laterales para facilitar la movilidad del tanque.

Para tapar el tanque utilizamos una bandeja metálica que coincidía con el diámetro del tanque de aceite, lo cortamos y con bisagras sujetamos a una barra que se soldó en la parte superior del latón. Realizamos perforaciones en la tapa para el ingreso de mangueras hacia el tanque.

Por último pintamos para evitar la corrosión en el tanque.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 41 Tanque de Combustible**

#### **4.11 PROCESO DE MONTAJE E INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

En primer reforzamos la estructura en la parte interna ya que en este lugar colocaremos planchas de tol de acero ASTM 36 y sobre esta se encontrara el motor y la bancada.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 42 Colocación de Planchas**

Instalamos el motor trifásico por medio de pernos y colocamos el volante de inercia a presión. Forramos con latón de dos líneas la parte externa del banco de pruebas, estos presentan unos leves dobleces en forma de cruz para mejor rigidez y evitar el pandeo.



**Fuente:** Autores

#### **Figura 4. 43 Cubierta lateral**

Precedemos a instalar la bancada por medio de 4 pernos en la parte central del banco tomando en cuenta los espacios para central la bomba con el volante de inercia. Sobre esta colocamos el soporte de la bomba y centrar la bomba con ayuda de un acople mecánico no articulado denominado matrimonio. De ahí colocamos el riel con su respectivo soporte.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 44 Centrado de la Bomba**

Luego empernamos el soporte del porta probetas a la estructura del banco.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 45 Instalación Soporte Porta probetas**

Antes de colocar el porta probetas pintamos de color negro la estructura y verde las planchas de latón para dar un mejor acabado. Fue necesaria la utilización de un primer para pintar sobre el latón.

Con la pintura seca empernamos el porta probetas, colocamos las probeta, manómetro, válvula de alivio e instalamos las mangueras y cañerías.



**Fuente:** Autores

**Figura 4. 46 Banco Completo**

## **CAPITULO 5**

### **MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL BANCO DE PRUEBAS CRDI**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

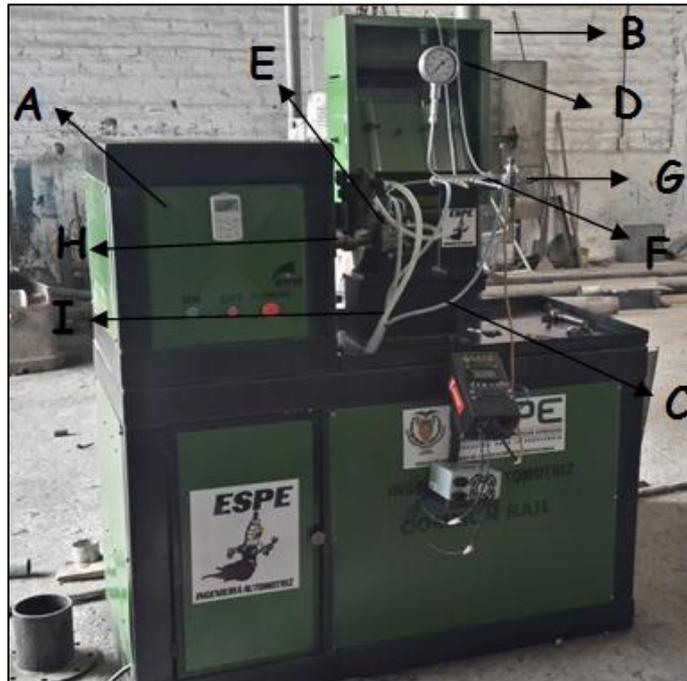
Este banco de pruebas, es un equipamiento utilizado para pruebas en dispositivos del sistema de inyección diesel, más específicamente en sistemas Common Rail y es específico para inyectores de estas marcas:

- Bosch
- Denso
- Delphi

Prueba un inyector a la vez Inductivos o Piezoeléctricos, verificando sus condiciones eléctricas y mecánicas. Para las condiciones mecánicas, es realizada la prueba de estanqueidad y prueba de flujo en cada inyector, midiéndose el caudal de inyección y de retorno.

#### **5.2 IDENTIFICACIÓN Y PARTES**

- A. Panel de control
- B. Porta Probetas
- C. Bancada
- D. Manómetro
- E. Bomba de alta presión
- F. Acumulador de Presión
- G. Válvula aliviadora de Presión
- H. Volante de Inercia
- I. Cañerías



Fuente: Autores

Figura 5. 1 Partes del Banco de Pruebas

### 5.3 FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

1. Conectar el enchufe del banco de pruebas a una toma corriente de 220 v.
2. Revisar el estado y nivel del combustible, en su respectivo depósito.
3. Levantar el breaker del variador de frecuencia.
4. Abrir completamente la válvula de alivio de presión que se encuentra sobre el acumulador de presión.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 2 Breaker del Variador**

5. Seleccionar el sentido de giro del motor en la pantalla del variador, en este caso anti horario.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 3 Pantalla del variador de Frecuencia**

- Realizar el cebado manual en el filtro de combustible ubicado en la parte superior del banco para eliminar burbujas de aire que puedan alterar las medidas de las pruebas realizadas.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 4 Filtro de Combustible**

- Conectar el inyector a probar e instalar los acoples y mangueras en la tobera.
- Oprimir el botón de encendido en el Panel de Control



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 5 Panel De Control**

**Nota:** En caso de una sobrepresión incontrolable en el acumulador de presión oprimir el botón de Emergencia.

9. Girar en sentido horario el potenciómetro para incrementar las rpm en el variador de frecuencia hasta obtener las rpm necesarias para las diferentes pruebas a realizarse.
10. Cerrar poco a poco la válvula de alivio de presión hasta obtener la presión en el manómetro que necesitemos para las diferentes pruebas a realizarse.
11. Para medir y vaciar las probetas utilizamos la manija en la parte derecha del porta probetas, alzando el seguro y girándolo hacia la derecha para que el combustible utilizado se almacene nuevamente en el tanque de combustible.



**Fuente:** Autores

### **Figura 5. 6 Funcionamiento Porta Probetas**

Para evitar que el combustible siga fluyendo hacia las probetas procedemos a obstruir el paso manualmente con ayuda del cuenta golpes

12. Una vez culminadas las pruebas, oprimir el botón de apagado y bajar el breaker del variador de avance.

## **5.4 MANTENIMIENTO PERIÓDICO**

Como todo equipo, una limpieza y mantenimiento periódico es necesaria para conservar la integridad de su equipo y de sus accesorios.

Algunos ítems que necesita de cuidados.

### **A. Limpieza del Porta Probetas.**

Mantenga el porta probetas siempre limpio para evitar obstrucciones en el drenaje. Para eso, algunos cuidados son necesarios:

- Utilice un paño absorbente, sin agua, para limpiar el porta probetas después del uso o al término del trabajo.
- No deje llaves, conectores u adaptadores dentro de la máquina.
- Antes de colocar un inyector, límpielo para retirar residuos como tierra y carbón.

### **B. Fluido del estanque y filtro**

El fluido del tanque de combustible, pasa por un filtro, tiene una vida útil de aproximadamente 500 horas de uso.

### **C. Reposición de pequeña parte del fluido**

Durante las pruebas, parte del fluido se va perdiendo. Una parte se pierde dentro de los componentes probados, otra por pérdidas o por cualquier otro motivo.

## 5.5 FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS

**Tabla 5. 1 Ficha técnica**

<b>Informaciones técnicas</b>			
<b>Motor:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Trifásico 220V / 23,2 A</li> <li>· Potencia 7,5 HP</li> </ul>			
<b>Bomba de alta presión:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Denso HP3</li> <li>· Mecánica</li> </ul>			
<b>Capacidad del estanque de fluido: 22 GALONES</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Filtro de Combustible: GM MWM diesel 93349123</li> </ul>			
<b>Unidades de Medidas Utilizadas</b>			
	<b>Rango</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resolución</b>
<b>Presión</b>	0 – 30000 V	psi	1 psi
<b>Caudal</b>	0 – 100 ml / # inyecciones	ml / # inyecciones	0,1 ml / # inyecciones
<b>Tensión</b>	0 – 5 V	V	0.01 V
<b>Volumen</b>	0 -100 ml	MI	0,1 ml

**Fuente:** Autores

## 5.6 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO

La alimentación del módulo se la realiza con la fuente de poder de 110V C.A.

La fabricación del módulo para inyectores CRDI, está constituida por material plástico, el cual no debe estar dispuesto a la luz solar, también hay que considerar que es un elemento electrónico el cual debe estar fuera del alcance de líquidos, y finalmente tiene que estar bien sujeto a una superficie plana ya que se trabaja con grandes presiones el cual exige esfuerzos los cuales podrían arrojar al suelo y dañarlo.

### 5.6.1 COMPONENTES DEL MÓDULO.



Fuente: Autores

Figura 5. 7 Esquema general del comprobador CRDI

1. LCD
2. Pulsadores de selección
3. Pulsadores repeticiones
4. Pulsador OK
5. Interruptor ON-OFF de 5V
6. Interruptor ON – OFF 12V
7. Carcasa del módulo
8. Pulsador Reset
9. LE'D indicadores

#### **5.6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL COMPONENTES DEL MÓDULO.**

- A. LCD:** Es la pantalla en la cual vamos a observar las distintas opciones que posee el módulo; tiene una conexión multiplexada con comunicación CAN de 12 pines.
- B. PULSADOR DE SELECCIÓN:** Permite subir o bajar el cursor en las opciones de la pantalla principal del módulo.
- C. PULSADOR DE REPETICIONES:** Permite aumentar o disminuir el número de repeticiones o el porcentaje DUTY del módulo, según sea el requerimiento.
- D. PULSADOR OK:** Permite aceptar las configuraciones preestablecidas por el operador.
- E. INTERRUPTOR ON – OFF 5 V:** Permite el paso de una corriente de 5 V para el encendido o apagado de la placa de mando.

- F. INTERRUPTOR ON – OFF 12 V:** Permite el paso de una corriente de 12 V para el encendido o apagado de la placa de potencia y para el inyector.
- G. CARCASA DEL MÓDULO:** Es el habitáculo en el contiene las placas y controladores del módulo, está fabricada de plástico para evitar corto circuitos y señales parasitas.
- H. PULSADOR RESET:** Permite re iniciar la configuración para una nueva prueba.
- I. LED Indicador:** Nos da a conocer visualmente el trabajo que realiza el inyector.

### 5.6.3 CONEXIÓN DEL MÓDULO Y LA FUENTE.

Las conexiones a realizar son fáciles pero esto no quiere decir que ce debe tomar las debidas precauciones a continuación se detalla:

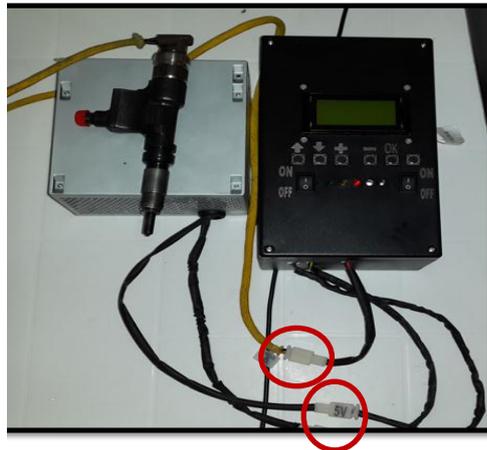
- 5.6.1 Conectar la fuente de alimentación a un interruptor que tenga 100 voltios de C. A.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 8 Conexión fuente de alimentación**

5.6.2 Una vez conectada la fuente de alimentación, tomamos los cables de 5 V y 12 V respectivamente y conectamos a sus respectivos pares, el de 5 V encenderá el LCD del módulo, el de 12 V encenderá el inyector y el cable del inyector enviara los pulsos cuando sea configurado.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 9 Cables de 5 V y 12 V**

5.6.3 Una vez conectado los cables de alimentación se conecta la cañería por donde ingresar el combustible, el retorno se conecta una cañería que va directa al tanque de combustible.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 10 Cañería de alimentación del inyector**

#### 5.6.4 OPERACIÓN DEL MÓDULO.

1. Encender la fuente de alimentación ON - OFF y verificar si el ventilador gira.



Fuente: Autores

Figura 5. 11 Encendido fuente de energía

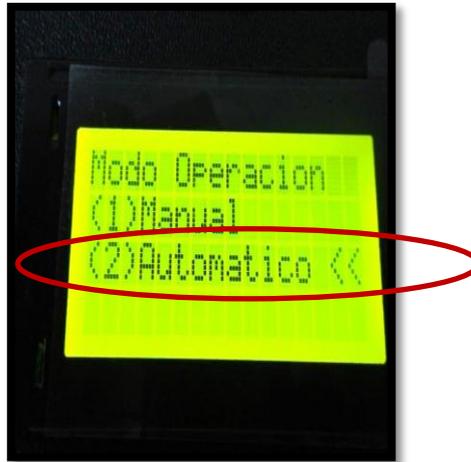
2. Pulsamos el interruptor ON – OFF de encendido del LCD



Fuente: Autores

Figura 5. 12 Encendido LCD

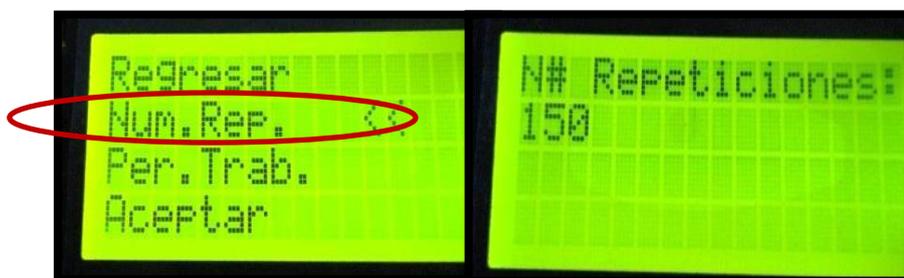
- Una vez encendida la pantalla elegimos el modo de operación "AUTOMÁTICO" con los pulsadores de selección y el pulsador OK aceptamos la configuración de la operación.



Fuente: Autores

**Figura 5. 13 Menú de operación-Automático.**

- Al aceptar el modo de operación se desplegara otra pantalla en la cual nos pedirá configurar el número de pulsos y el periodo de trabajo, aquí seleccionamos la opción Núm. Rep. Para dar el número de repeticiones que se inyectara, utilizamos el pulsador más (+) según el requerimiento (ejemplo: N# Repeticiones 150) y al finalizar para guardar la configuración presionamos conjuntamente los pulsadores OK (OK) y Flecha para arriba (↑).



Fuente: Autores

**Figura 5. 14 Número de repeticiones**

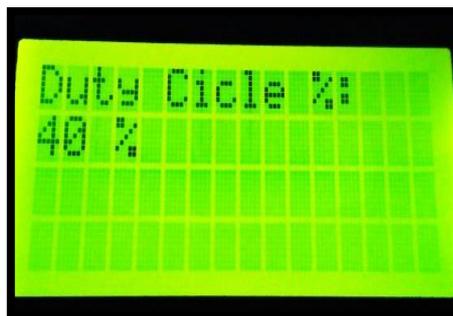
- Una vez guardado la configuración de las repeticiones elegimos Per. Trab. que significa que vamos a escoger el CICLO DUTY con el cual va a funcionar el inyector y damos OK y aumentamos o disminuimos el % del ciclo DUTY, el módulo tiene de 0 a 100% de CICLO DUTY; y guardamos la configuración de la forma anterior presionando los pulsadores OK y (↑)



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 15 Ciclo DUTY**

- Ingresado el porcentaje de CICLO DUTY guardamos la configuración en este caso trabajaremos con un CICLO DUTY de 40%, este porcentaje se puede variar con los pulsadores de repeticiones.



**Fuente:** Autores

**Figura 5. 16 Porcentaje ciclo DUTY**

7. Una vez configurado las repeticiones y el CICLO DUTY de nuestra prueba nos dirigimos a ACEPTAR para que empiece a trabajar el módulo; cabe recalcar que tiene que estar encendido el interruptor ON – OFF de 12 V.



Fuente: Autores

Figura 5. 17 Opción aceptar

8. Se puede apreciar al mismo tiempo que inyecta, como los LE'D se encienden indicando el pulso que envía el módulo al inyector; al finalizar todo el proceso con el pulsador RESET presionamos para borra los datos guardados para que esté listo a una nueva prueba.



Fuente: Autores

Figura 5. 18 RESET

## **5.7 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

- Mandil
- Guantes
- Gafas de seguridad
- Casco
- Tapones
- Zapatos de seguridad

## 5.8 CONCLUSIONES:

- Es necesario la implementación de un variador de avance para el control de velocidad del motor trifásico dependiendo de la necesidad del caudal de combustible, ya que sin este el motor giraría sin control y a su máximo giro lo que podría ocasionar daño en los componentes.
- El centrado de la bomba de alta presión con el volante de inercia del motor trifásico debe ser preciso para evitar vibraciones y esfuerzos de torsión en el conjunto motriz al momento de giro.
- La válvula de alivio de presión en el riel controla que no exista una sobrepresión generada por la bomba de alta presión y así mantener constante la presión en el riel. Por lo que es indispensable su implementación.
- Para visualizar la presión existente en el acumulador de presión (riel) instalamos un manómetro de glicerina de 300000 psi. La glicerina absorbe las vibraciones que se pueden presentar en el proceso de medición.
- El volante de inercia en el banco nos ayudó manteniendo el giro constante y proporcionado del motor trifásico, además de acumular energía cinética para transmitir el movimiento con menor esfuerzo.
- El acero ASTM 36 utilizado en la construcción de la estructura de nuestro banco brinda las mejores características tal como la resistencia, tensión, dureza, etc. Lo que nos ayuda a soportar los pesos de los componentes de un sistema CRDI, los esfuerzos

producidos al momento de que el banco se encuentre en funcionamiento y así evitar su deformación.

- La selección de nuestra bomba fue la acertada para el diseño estructural de nuestro banco ya que nuestra bomba absorbe directamente el combustible del tanque y nos evita la instalación de un sistema adicional que contempla otro motor trifásico y una bomba de baja que presión que alimente a la de alta presión. Esto nos evitó un peso y un gasto innecesario.
- La aplicación del software AutoDesk Inventor nos brindó la posibilidad de simular el esfuerzo y deformación que tendría nuestro diseño y la factibilidad de construir el mismo, dándonos como resultado un factor de seguridad óptimo para su construcción.
- El sistema hidráulico debe ser capaz de mantener un caudal a presión y volumen constante libre de aire, como cualquier otro sistema diesel lo purgamos de tal manera que no afecte los resultados en las pruebas realizadas.

## **5.9 RECOMENDACIONES:**

- Tener mucho cuidado que no ingrese suciedad al instalar la bomba de alta presión ya que se podría remorder piezas porque las tolerancias en estas son milimétricas.
- Cambiar el filtro de combustible a las 500 horas de trabajo.
- En caso de no utilizar con frecuencia el banco de pruebas revisar el depósito de combustible, específicamente el estado del diesel para evitar daños en los elementos del sistema si es posible reemplazarlo por uno nuevo y agregar aditivos detergentes para la bomba de alta presión.
- Revisar que las mangueras usadas en el banco sean aptas para soportar las propiedades químicas del combustible.
- Las cañerías de alta presión no deben tener un dobléz superior a 90 grados ya que corremos el riesgo que se obstruya el paso del combustible y provocar la ruptura de las mismas.
- Revisar que no exista fugas de combustible en ninguna conexión del sistema ya que esto afectaría a la presión del mismo y afectaría en los resultados de las pruebas realizadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS

- BOSH Robert., "Sistema de inyección Diesel por acumulador Common Rail", 3ª edición alemana, 2005, Pag. 24 a 52
- Alonso J.M., TÉCNICAS DEL AUTOMÓVIL, "Sistemas de Inyección de combustible en los Motores Diesel", Edit. Paraninfo, 2001, Capítulo 14
- BOSCH Robert., "Manual de la técnica del automóvil", 4ª edición española, 2005, Capítulo 3-4
- DAGEL, J. "Motores Diesel y sistema de inyección", tomo 3, Limusa S.A, 1995, Capítulo 5-6
- SHIGLEY, J. "Diseño e Ingeniería Mecánica", 5ª edición, McGraw-Hill, México, 1996

### PAGINAS INTERNET

- Hartridge. "HH560 - Inyector Poptest Mk3", Disponible en: <http://www.fuelinjection.net/hartridge/injection.htm>
- Alarcon Solís C., "El Sistema de Inyección Diesel CRDI BOSCH", 2008, Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf>
- Guamán Raúl., "Sistema CRDi", 2012, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/90191012/CRDI>
- BOSCH Robert., "Sistemas de Inyección Electrónica", [http://www.autorex.com.pe/automotriz/sistema\\_inyeccion/pdf/Sistemas\\_de\\_inyeccion\\_electronica.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0](http://www.autorex.com.pe/automotriz/sistema_inyeccion/pdf/Sistemas_de_inyeccion_electronica.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0)

## **ANEXOS**

**ANEXOS A**  
**ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES**

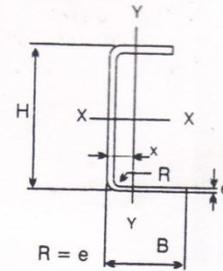
## PESO Y DIMENSIONES DEL PERFIL ESTRUCTURAL EN "C"

### 6. PERFILES ESTRUCTURALES

#### 6.1 CANALES

##### ESPECIFICACIONES GENERALES:

- \* LARGO NORMAL : 6 mts. Otros largos previa consulta
- \* TERMINACION : Negro o galvanizado
- \* CALIDADES NORMALES : A-36, ASTM-570, JIS G 3101  
otras calidades a pedido
- \* OTRAS DIMENSIONES : A pedido previa consulta.



DIMENSIONES			PESO	PROPIEDADES										
H	B	e	P	AREA	EJES X-X			EJES Y-Y				FLEXION		
				A	I	W	i	I	W	i	x	ia	it	
mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>5</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	cm	
50	25	2	1,47	1,87	7,06	2,83	1,94	1,13	0,63	0,78	0,72	1,00	--	
		3	2,12	2,70	9,70	3,88	1,89	1,57	0,91	0,76	0,77	1,01	--	
60	30	2	1,78	2,27	12,80	4,30	2,37	2,04	0,93	0,88	0,82	1,19	--	
		3	2,60	3,31	18,20	6,10	2,34	2,92	1,36	0,85	0,86	1,20	--	
70	35	2	2,10	2,68	20,50	6,80	2,77	3,50	1,36	1,13	0,95	1,39	--	
		3	3,07	3,97	29,50	9,80	2,75	4,73	1,88	1,08	0,98	1,40	--	
80	40	2	2,41	3,07	30,80	7,71	3,17	4,89	1,68	1,26	1,09	1,59	--	
		3	3,54	4,50	43,90	11,00	3,12	7,01	2,45	1,25	1,14	1,60	--	
		4	4,61	5,87	55,40	13,90	3,07	8,92	3,17	1,23	1,19	1,60	--	
		5	5,63	7,18	65,50	16,40	3,02	10,60	3,84	1,22	1,24	1,61	0,25	
		6	6,61	8,42	74,20	18,60	2,97	12,10	4,47	1,20	1,28	1,62	0,30	
		100	50	2	3,04	3,87	61,50	12,30	3,99	9,72	2,66	1,59	1,34	1,99
		3	4,48	5,70	88,50	17,70	3,91	14,10	3,90	1,57	1,39	1,99	--	
		4	5,87	7,47	113,00	22,60	3,89	18,10	5,07	1,56	1,44	2,00	--	
		5	7,20	9,18	135,00	27,10	3,84	21,80	6,19	1,54	1,48	2,01	0,25	
		6	8,49	10,80	155,00	31,00	3,79	25,10	7,25	1,52	1,53	2,01	0,30	
100	75	2	3,82	4,87	85,50	17,10	4,19	29,40	5,71	2,46	2,35	2,93	--	
		3	5,66	7,20	124,00	24,70	4,14	42,90	8,42	2,44	2,40	2,94	--	
		4	7,44	9,47	159,00	31,80	4,10	55,60	11,00	2,42	2,45	2,96	--	
		5	9,17	11,70	192,00	38,30	4,05	67,70	13,60	2,41	2,50	2,97	0,38	
		6	10,80	13,80	222,00	44,30	4,00	79,00	16,00	2,39	2,56	2,99	0,45	
		125	50	2	3,43	4,37	103,00	16,50	4,86	10,40	2,74	1,54	1,20	1,98
3	5,07			6,45	149,00	23,90	4,81	15,10	4,02	1,53	1,24	1,99	--	
4	6,65			8,47	192,00	30,70	4,76	19,40	5,24	1,51	1,29	1,99	--	
5	8,19			10,40	231,00	36,90	4,71	23,40	6,40	1,50	1,34	1,99	0,20	
6	9,67			12,30	267,00	42,70	4,65	27,10	7,50	1,48	1,38	1,99	0,24	
75	2			4,21	5,37	141,00	22,60	5,12	31,70	5,91	2,43	2,14	2,96	--
3	6,24		7,95	205,00	32,80	5,08	46,40	8,73	2,41	2,19	2,97	--		
4	8,22		10,50	265,00	42,40	5,03	60,40	11,50	2,40	2,24	2,98	--		
5	10,10		12,90	321,00	51,30	4,98	73,40	14,10	2,38	2,29	2,99	0,30		
6	12,00		15,30	373,00	59,7	4,93	85,90	16,60	3,37	2,34	3,00	0,36		
150	50		2	3,82	4,87	138,00	21,10	5,71	10,90	2,80	1,50	1,09	1,97	--
			3	5,66	7,20	230,00	30,70	5,65	15,90	4,11	1,49	1,13	1,97	--
		4	7,44	9,47	297,00	39,60	5,60	20,50	5,36	1,47	1,17	1,97	--	
		5	9,17	11,70	359,00	47,90	5,55	24,80	6,55	1,46	1,22	1,97	0,17	
		6	10,80	13,80	417,00	55,60	5,49	28,70	7,68	1,44	1,26	1,97	0,20	

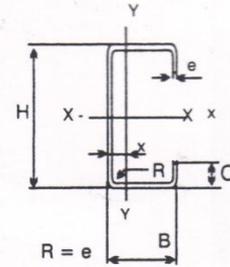
# PESO Y DIMENSIONES DEL PERFIL ESTRUCTURAL TIPO CORREA EN "G"

## 6. PERFILES ESTRUCTURALES

### 6.2 CORREAS

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

- \* LARGO NORMAL : 6 mts. Otros largos previa consulta
- \* TERMINACION : Negro o galvanizado
- \* CALIDADES NORMALES : A-36, ASTM-570, JIS G-3101, otras calidades a pedido
- \* OTRAS DIMENSIONES : A pedido previa consulta.



DIMENSIONES				PESO P	PROPIEDADES									
H	B	C	e		AREA	EJES X-X				EJES Y-Y				FLEXION ia
						A	I	W	i	I	W	i	x	
mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	cm	
60	30	10	2	1,99	2,54	14,88	4,96	2,42	5,28	2,74	1,44	1,07	1,41	
			3	2,83	3,61	20,90	6,96	2,40	7,26	3,77	1,41	1,08	1,39	
70	35	15	2	2,46	3,13	24,71	7,06	2,80	8,62	3,99	1,66	1,34	1,70	
			3	3,54	4,51	35,09	10,02	2,78	11,99	5,95	1,63	1,48	1,67	
80	40	15	2	2,78	3,54	35,2	8,81	3,16	8,1	3,18	1,51	1,46	1,91	
			3	4,01	5,11	49,0	12,3	3,10	10,8	4,27	1,46	1,46	1,88	
			4	5,14	6,55	60,4	15,1	3,04	12,9	5,05	1,40	1,45	1,85	
100	50	15	2	3,40	4,27	67,5	13,5	3,98	14,5	4,41	1,84	1,71	2,32	
			3	4,95	6,31	97,8	19,6	3,94	20,5	6,25	1,80	1,72	2,29	
			4	6,40	8,15	122,0	24,5	3,88	24,9	7,55	1,75	1,71	2,25	
	75	15	2	4,19	5,34	93,2	18,6	4,18	40,2	8,55	2,75	2,79	3,28	
			3	6,13	7,81	133,0	26,6	4,13	56,4	12,00	2,69	2,78	3,26	
			4	7,97	10,10	169,0	33,8	4,08	70,1	14,90	2,63	2,77	3,23	
125	50	15	2	3,80	4,84	116,0	18,6	4,91	16,2	4,70	1,83	1,58	2,33	
			3	5,54	7,06	165,0	26,5	4,84	22,2	6,43	1,77	1,55	2,29	
			4	7,18	9,15	209,0	33,4	4,78	26,9	7,78	1,71	1,54	2,24	
	75	15	2	4,53	5,84	154,0	24,7	5,14	43,6	8,82	2,73	2,56	3,32	
			3	6,72	8,56	221,0	35,4	5,08	61,2	12,4	2,67	2,55	3,29	
			4	8,75	11,10	282,0	45,1	5,03	76,2	15,40	2,61	2,54	3,25	
150	50	15	2	4,19	5,34	179,0	23,8	5,79	17,1	4,78	1,79	1,42	2,32	
			3	6,13	7,81	255,0	34,0	5,72	23,5	6,56	1,73	1,42	2,28	
			4	7,97	10,10	323,0	43,1	5,65	28,5	7,95	1,68	1,41	2,23	
	75	15	2	4,92	6,27	230,0	30,6	6,05	45,2	8,79	2,69	2,35	3,33	
			3	7,31	9,31	336,0	44,8	6,01	65,1	12,7	2,65	2,36	3,30	
			4	9,54	12,10	430,0	57,3	5,95	81,2	15,80	2,59	2,35	3,26	
175	50	15	2	4,58	5,84	258,0	29,4	6,64	17,9	4,85	1,75	1,31	2,31	
			3	6,72	8,56	369,0	42,2	6,57	24,6	6,66	1,70	1,31	2,26	
			4	8,75	11,10	470,0	53,7	6,49	29,8	8,07	1,64	1,30	2,21	
	75	15	2	5,37	6,84	333,0	38,0	6,97	48,7	9,20	2,67	2,20	3,35	
			3	7,90	10,10	480,0	54,9	6,91	68,5	12,90	2,61	2,19	3,31	
			4	10,30	13,10	616,0	70,4	6,85	85,4	16,10	2,55	2,18	3,26	
200	50	15	2	4,99	6,34	355,0	35,5	7,48	18,6	4,91	1,71	1,21	2,29	
			3	7,31	9,31	510,0	51,0	7,40	25,5	6,74	1,66	1,21	2,24	
			4	9,54	12,10	651,0	65,1	7,32	31,0	8,18	1,60	1,21	2,18	

## PESO Y ESPESOR DE PLANCHAS DE ACERO

### 8. PLANCHAS Y FLEJES DE ACERO

- LAMINADO EN FRIO : Calidad SAE 1010
- LAMINADO EN CALIENTE : Calidades SAE 1010 y A37-24 ES, A-36
- GALVANIZADO : Calidad ASTM A-528
- ALUMINIZADO : Calidad ZINC-ALUMN 43-55

TABLA DE PESOS APROXIMADOS			
ESPESOR	PLANCHAS (Kg)		FLEJES
	1.22 X 2.44 mts	1.00 X 2.00 mts	Kg/m <sup>2</sup>
0.40	9,35	6,28	3,14
0.45	10,52	7,07	3,53
0.50	11,68	7,85	3,93
0.55	12,85	8,64	4,32
0.60	14,02	9,42	4,71
0.70	16,36	10,99	5,50
0.75	17,53	11,78	5,89
0.80	18,69	12,56	6,28
0.90	21,03	14,13	7,07
1.00	23,37	15,70	7,85
1.10	25,70	17,27	8,64
1.20	28,04	18,84	9,42
1.40	32,72	21,98	10,99
1.50	35,05	23,55	11,78
1.60	37,39	25,12	12,56
1.80	42,06	28,26	14,13
1.90	44,40	29,83	14,92
2.00	46,74	31,40	15,70
2.20	51,41	34,54	17,27
2.50	58,42	39,25	19,63
2.65	61,92	41,61	20,80
2.80	65,43	43,96	21,98
3.00	70,10	47,10	23,55
3.20	74,78	50,24	25,12
3.50	81,79	54,95	27,48
4.00	93,47	62,80	31,40
4.50	105,16	70,65	35,33
5.00	116,84	78,50	39,25
6.00	140,21	94,20	47,10
8.00	186,94	125,60	---
10.00	233,68	157,00	---

Las dimensiones de las planchas y flejes pueden ser modificadas, previa consulta a fábrica.  
 Ancho Mínimo: 40 mm.  
 Ancho Máximo: 1220 m.m.

**ANEXOS B**  
**PLANOS**

**ANEXOS C**

**ARTICULO**

**Latacunga, Diciembre 2013**

**AUTORES**

---

**Diego Andrés Salinas Carvajal**

---

**José David Villavicencio Ramos**

---

**Ing. Juan Castro**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

---

**Dr. Freddy Jaramillo**

**SECRETARIO ACADÉMICO**

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**