



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**Facultad de Ingeniería Automotriz**

**TRABAJO PARA TITULACIÓN DE INGENIERO EN MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ**

**“Construcción e implementación de un simulador de pruebas para  
inyectores con control electrónico diesel common rail”**

**Autor**

**Carlos Miguel Sempértegui Ramírez**

**Director: Ing. Juan Carlos Rubio**

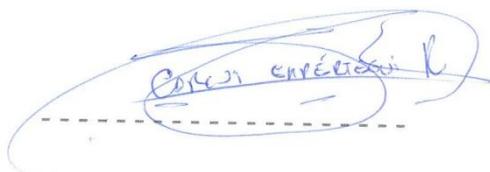
**Quito, Julio 2013**



## CERTIFICACIÓN

Yo, Carlos Miguel Sempértegui Ramírez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido por ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

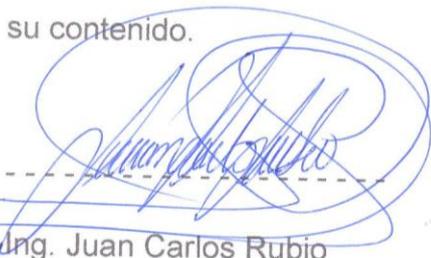


Carlos Sempértegui

CI: 1103292858

Yo, Juan Carlos Rubio certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

su contenido.



Ing. Juan Carlos Rubio

Director

## **AGRADECIMIENTO**

Con el mayor respeto y admiración quiero agradecer primero y antes que nada, a Dios, por estar conmigo en cada circunstancia y paso que doy, por guiar mi camino y fortalecer mi espíritu y mi mente por haber consolidado en todo este tiempo aquellas personas cercanas a mí que han sabido ser mi soporte y mi aliento durante todo mi periodo académico.

Quiero agradecer a mi familia por el esfuerzo y sacrificio que realizaron día a día para en conjunto con ellos lograr esta meta, a mis padres Washington y Carmen, por su entrega total y sincera al bienestar de sus hijos porque a pesar de no estar presentes en la ciudad de Quito, se que gestionan mi bienestar desde mi ciudad Catamayo provincia de Loja, a mis hermanas Jenny Johanna y Rossana, con quienes compartí y viví durante todo el proceso de estudios a ellas les debo sus noches de sueño y mis triunfos, también quiero agradecer a Denisse por su total apoyo e infinito amor en cada paso que doy, a mi sobrino Mateo Patricio que ha su corta edad se ha robado el corazón de la familia, a todas las personas que me han ayudado con su apoyo y alegría ya que me brindan la fuerza necesaria para salir adelante frente a cualquier obstáculo en mi vida.

Un agradecimiento muy especial a la familia Pérez Contento, por abrirme las puertas de su Taller, y brindarme todo su apoyo incondicional en este proyecto entre ellos un reconocimiento especial a Gustavo.

A la empresa CONAUTO C.A. por su aporte a la investigación que se realizó en este proyecto, al Ing. Luis Carrión por su asesoramiento y ayuda en el proceso.

A todo el cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, a ellos por ser parte de mi formación académica y haber compartido conmigo sus conocimientos para alcanzar mi objetivo, y especialmente al Sr. Ing. Juan Carlos Rubio, quien con su conocimiento y su ayuda aportó de manera considerable en la realización de este proyecto.

Carlos Sempértegui.

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta Tesis a toda mi familia:

Con mucho amor mis padres Washington y Carmen, por ser la fuerza y motor en mi vida, por su cariño su respeto y comprensión en los buenos y malos momentos, a mi madre que me ha demostrado como encarar las adversidades que se presentan en la vida, a ella que durante todo este tiempo ha luchado constantemente con su enfermedad, a mi padre por su sabios concejos y por su lucha diaria que realiza por el bienestar de sus hijos, a él mi respeto y cariño ya que día a día me esmero por igualar sus logros y tener sus virtudes, a ellos que han dado todo lo que soy como persona, mis valores y mis principios.

Para mis hermanas Jenny Johanna y Rossana quienes con su cariño y amor apoyaron en diversas formas para que yo pueda seguir trabajando en mis metas y objetivos que me he propuesto alcanzar, a mi sobrino Mateo porque junto a él compartí momentos de mucho amor y cariño sincero.

A mi novia Denisse por su compañía y apoyo constante durante todo mi periodo académico, por ser mi apoyo incondicional y un pilar fundamental en mi vida, por comprenderme y seguirme por los caminos duros y felices que nos ha puesto la vida.

A todos y cada uno de mis amigos y compañeros con quienes compartí estos años académicos, con ellos que disfrutamos de esta linda etapa llamada juventud.

Carlos Sempértegui.

## RESUMEN

En un banco de pruebas para inyectores a gasolina que se encuentra obsoleto, en el cual se va a realizar una implementación de un simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.

Parte importante de este proceso es el reducir los altos costos de inversión que se necesita para obtener un banco de pruebas diesel common rail y mediante los procesos que realizados en el proyecto fomentar a los talleres del país a realizar este tipo de investigación obteniendo resultados tangibles en la simulación de un proceso de pruebas comprobatorias del estado en el que se encuentran los inyectores de un vehículo, parte fundamental en el proceso de diagnostico y mantenimiento y funcionamiento del mismo.

En esta estructura se va a realizar modificaciones y adaptaciones de elementos necesarios para el correcto funcionamiento del simulador debido a la gran diferencia de presiones con las que trabajamos en un sistema diesel.

El sistema será controlado y manipulado digitalmente y será de uso didáctico y fácil de accionar gracias a la colaboración de las pantallas digitales y las respectivas programaciones realizadas en el proceso, este simulador se encuentra en condiciones de realizar pruebas de diagnostico en la inyección y retorno de los actuadores.

## SUMMARY

It is a test bed for gasoline nozzles which is obsolete, in which one; we will perform an implementation of a simulator for testing injectors with electronic control common rail system.

An important part of this process is reduce the high costs of investment needed to get a test bed diesel common rail system and through processes we do in the project's workshops encourage our country to perform this type of research getting tangible results and we can know about in which state are the injectors of the vehicle, because this is the key in the process of diagnosis and maintenance.

In this structure we will make changes and adaptations of elements necessary for the correct operation of the simulator due to the large pressure difference that we work on a diesel system.

The system will be controlled and manipulated digitally and will be of educational use and easy to operate thanks to the collaboration of digital displays and the respective settings made in the process, the simulator is able to perform diagnostic tests on the injection and return actuators.

## ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1 .....	18
1.1 MOTORES DIESEL .....	18
1.2 SISTEMA COMMON RAIL.....	20
1.2.1 Sistema de Baja presión .....	21
1.2.1.1 Bomba de transferencia.....	21
1.2.2 Sistema de Alta presión .....	22
1.2.2.1 Bomba de alta presión.....	22
1.2.2.2 Bomba de alimentación .....	26
1.2.2.3 Válvula Reguladora .....	27
1.2.2.4 SCV: Válvula de control de succión.....	27
1.2.2.5 Riel o Rampa de inyectores.....	28
1.2.3 Sistema de entrega de combustible (Inyectores) .....	33
1.2.4 Sistema electrónico.....	37
1.2.4.1 Sensores .....	37
1.2.4.1.1 Sensor de posición del cigüeñal.....	37
1.2.4.1.2 Sensor de posición del acelerador .....	37
1.2.5 ECU del motor .....	39
1.2.5.1 EDU.....	39
CAPITULO 2 .....	40
PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	40
2.1 SELECCIÓN DE MATERIALES.....	40
2.2 ELEMENTOS A UTILIZAR.....	42
2.2.1 Estructura .....	42
2.2.2 Motor eléctrico. ....	45
2.2.3 Variador de frecuencia.....	46
2.2.4 Acoplamiento semiflexible (acople del motor con la bomba) .....	47
2.2.5 Bomba de alta presión .....	49
2.2.6 Base del motor eléctrico y bomba.....	50
2.2.7 Tanque de combustible.....	52
2.2.8 Riel Denso .....	54

2.2.9	Cañería Alta presión .....	55
2.2.10	Filtro de Combustible Toyota .....	56
2.2.11	Acoples rápido baja presión.....	57
2.2.12	Transformador .....	58
2.2.13	Puente rectificador.....	59
2.2.14	Capacitores.....	60
2.2.15	Pantalla.....	61
2.2.16	Plancha de policarbonato .....	63
2.3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL .....	64
2.3.1	Base de motor, motor y bomba.....	64
2.3.2	Análisis torsional al momento del encendido del motor .....	68
2.3.3	Análisis de fatiga base motor.....	72
2.3.4	Tanque.....	75
2.3.5	Análisis torsional sobre el tanque al momento de encendido del motor. .....	80
2.3.6	Análisis de fatiga del tanque .....	83
2.3.7	Estructura .....	86
CAPITULO 3 .....		95
DISEÑO ELECTRÓNICO Y COMPONENTES.....		95
3.1	PLACA .....	95
3.2	MICROCONTROLADOR.....	96
3.3	MOSFET DE POTENCIA .....	99
3.4	RELÉ.....	101
3.5	DIODO .....	102
3.6	OPTOACOPLADOR .....	103
3.7	RESISTENCIAS.....	104
CAPITULO 4. ....		106
4.1	PRUEBA DEL INYECTOR EN RALENTÍ.....	108
4.2	PRUEBA DEL INYECTOR EN MEDIO RANGO.....	114
4.3	PRUEBA DE ABANICO.....	120
CONCLUSIONES.....		128

RECOMENDACIONES .....	129
BIBLIOGRAFÍA .....	130
ANEXOS .....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución bombas. ....	20
Figura 1.2 Bomba denso HP3. ....	24
Figura 1.3 Despiece bomba HP3. ....	25
Figura 1.4 Bomba de alimentación. ....	26
Figura 1.5 Válvula reguladora. ....	27
Figura 1.6 Rampa de inyectores. ....	29
Figura 1.7 Limitador de presión. ....	30
Figura 1.8 Sensor de presión de rampa. ....	30
Figura 1.9 Amortiguador de flujo. ....	31
Figura 1.10 Funcionamiento de la válvula de descarga. ....	32
Figura 1.11 Inyector Bosch. ....	34
Figura 1.12 Descripción del inyector. ....	35
Figura 1.13 Modelo de cinco inyecciones. ....	36
Figura 1.14 Sensor de generador a efecto hall. ....	38
Figura 1.15 Sensor de tipo contacto. ....	39
Figura 2.1 Parte frontal de la estructura. ....	43
Figura 2.2 Parte posterior de la estructura. ....	44
Figura 2.3 Probetas de medición. ....	44
Figura 2.4 Motor eléctrico. ....	45
Figura 2.5 Variador de frecuencia LS. ....	46
Figura 2.6 Placa del variador de frecuencia. ....	46
Figura 2.7 Acoplamiento semiflexible. ....	48
Figura 2.8 Bomba alta presión HP3. ....	49
Figura 2.9 Corte de la placa metálica. ....	50
Figura 2.10. Base del motor y bomba. ....	51
Figura 2.11 Funcionamiento de base del motor y bomba. ....	51
Figura 2.12 Tanque de combustible. ....	53
Figura 2.13 Riel Denso. ....	55
Figura 2.14 Cañería alta presión. ....	56
Figura 2.15 Filtro de combustible diesel. ....	57

Figura 2.16 Acople rápido baja presión.....	58
Figura 2.17 El transformador.....	59
Figura 2.18 Puente rectificador. ....	60
Figura 2.19 Capacitor.....	61
Figura 2.20 Pantalla TouchWin TH765. ....	61
Figura 2.21 Plancha de policarbonato.....	63
Figura 2.22 Ensamble de base de motor, motor y bomba.....	65
Figura 2.23 Análisis de tensiones.....	66
Figura 2.24 Análisis de desplazamiento.....	67
Figura 2.25 deformaciones unitarias (ESTRN).....	68
Figura 2.26 Tensión al momento del encendido del motor.....	69
Figura 2.27 Desplazamiento al momento del encendido del motor.....	70
Figura 2.28 Factor de seguridad al momento del encendido del motor.....	71
Figura 2.29 Porcentaje de daño al momento del encendido del motor. ....	72
Figura 2.30 Vida total de ciclos. ....	73
Figura 2.31 Factor de carga. ....	74
Figura 2.32 Ensamble de base de motor, motor y bomba.....	76
Figura 2.33 Análisis de tensiones tanque.....	77
Figura 2.34 Análisis de desplazamientos tanque. ....	78
Figura 2.35 Factor de seguridad del tanque.....	79
Figura 2.36 Tensión del tanque momento encendido motor. ....	80
Figura 2.37 Desplazamiento del tanque momento encendido motor. ....	81
Figura 2.38 Factor de seguridad del tanque.....	82
Figura 2.39 Porcentaje de daño del tanque. ....	83
Figura 2.40 Vida total de ciclos del tanque.....	84
Figura 2.41 Factor de carga del tanque. ....	85
Figura 2.42 Ensamble de estructura. ....	86
Figura 2.43 Análisis de tenciones en la estructura 34kg. ....	88
Figura 2.44 Desplazamientos en la estructura 34kg. ....	89
Figura 2.45 Ensamble total de la estructura 74kg. ....	90
Figura 2.46 Análisis de tenciones en la estructura 75kg. ....	91
Figura 2.47 Desplazamientos en la estructura 75kg. ....	92
Figura 2.48 Factor de seguridad en la estructura 75kg. ....	93

Figura 3.1 Placa. ....	95
Figura 3.4 Microcontrolador PIC 18F4550.....	96
Figura 3.5 Diagrama de distribución de pines PIC 18F4550 .....	98
Figura 3.6 Mosfet de potencia. ....	100
Figura 3.7 Relé.....	102
Figura 3.8 Diodo.....	102
Figura 3.9 Optoacoplador.....	103
Figura 3.10 Colores de resistencia.....	105
Figura 4.1 Ajuste cañería con inyector. ....	108
Figura 4.2 Inserción del acople rápido de bajas. ....	109
Figura 4.3 Conexión de la cañería de retorno. ....	109
Figura 4.4 Conector de señal. ....	110
Figura 4.5 Conector industrial. ....	110
Figura 4.6 Paro de emergencia. ....	111
Figura 4.7 Switch de encendido. ....	111
Figura 4.8 Pantalla de inicio. ....	112
Figura 4.9 Selección de menú.....	112
Figura 4.10 Valores preestablecidos. ....	113
Figura 4.11 Selección de inyector a simular.....	113
Figura 4.12 Icono "GO". ....	114
Figura 4.13 Ajuste cañería con inyector 2. ....	114
Figura 4.14 Inserción del acople rápido de bajas 2. ....	115
Figura 4.15 Conexión de la cañería de retorno 2. ....	115
Figura 4.16 Conector de señal 2. ....	116
Figura 4.17 Conector industrial 2. ....	116
Figura 4.18 Paro de emergencia 2. ....	117
Figura 4.19 Switch de encendido 2. ....	117
Figura 4.20 Pantalla de inicio. 2 .....	118
Figura 4.21 Selección de menú 2.....	118
Figura 4.22 Valores preestablecidos 2. ....	119
Figura 4.23 Selección de inyector a simular 2.....	119
Figura 4.24 Icono "GO". ....	120
Figura 4.25 Ajuste cañería con inyector 3. ....	120

Figura 4.26	Conexión de la cañería de retorno 3. ....	121
Figura 4.27	Conector de señal 3. ....	121
Figura 4.28	Conector industrial 3. ....	122
Figura 4.29	Paro de emergencia 3. ....	123
Figura 4.30	Switch de encendido 3. ....	123
Figura 4.31	Pantalla de inicio 3. ....	124
Figura 4.32	Selección de menú 3. ....	124
Figura 4.33	Menú de Roció. ....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Función de las piezas y componentes de la bomba HP3.....	24
Tabla 2.1 Requisitos generales del funcionamiento del componente.....	40
Tabla 2.2 Tabla de selección de sistemas diesel common rail.....	41
Tabla 2.3 Características del motor siemens. ....	45
Tabla 2.4 Características variador de frecuencia LS SV022iG5A-2.....	47
Tabla 2.5 Acero AISI 1020 .....	50
Tabla 2.6 Acero Inoxidable 430.....	53
Tabla 2.7 Características y especificaciones de esta pantalla TouchWin TH765	62
Tabla 2.8 Materiales utilizados. ....	64
Tabla 2.9 Peso componentes base de motor, motor y bomba .....	65
Tabla 2.10 Peso componentes tanque y base motor .....	75
Tabla 2.11 Peso componentes estructura.....	87
Tabla 3.1. Características generales PIC 18F4550.....	97
Tabla 3.2 Disposición de pines.....	99
Tabla 3.3 Características mosfet de potencia IRFP264N.....	101
Tabla 3.4 Características del optoacoplador 4N33.....	104
Tabla 4.1 Pruebas banco Bosch EPS708 .....	106

## **CAPITULO 1**

### **1.1 MOTORES DIESEL**

El motor diesel es un motor de combustión interna, dando lugar a la combustión dentro del motor al igual que el motor a gasolina, sin embargo existe una gran diferencia entre el sistema de inyección del combustible hacia el motor como de la manera que se produce la combustión dentro del mismo, “El motor Diesel, llamado también motor de ignición por compresión recibe su nombre por el doctor Rudolf Diesel quien patento un motor del tipo de ignición por compresión en Alemania en 1883”. (Ed. May, Motores Diesel, 1990, p.1).

Al igual que un motor convencional el motor diesel consta de un equipo auxiliar para su funcionamiento y desempeño, el cual necesita de un sistema de arranque, lubricación, enfriamiento, admisión y escape de aire para de esta manera acoplarse y lograr un funcionamiento correcto y tradicional de un motor de combustión interna de cuatro tiempo con la diferencia en este caso de la ignición por compresión.

En el motor de combustión interna a gasolina de cuatro tiempos el combustible llega a los cilindros como una mezcla de aire y combustible y la inflamación de esta mezcla hace combustión por la intervención de una chispa eléctrica en las bujías, siendo muy diferente lo que ocurre en los motores diesel debido a que el combustible ingresa a los cilindros a manera de chorro de rocío atomizado por las altas presiones que se maneja en este tipo de motores, y la

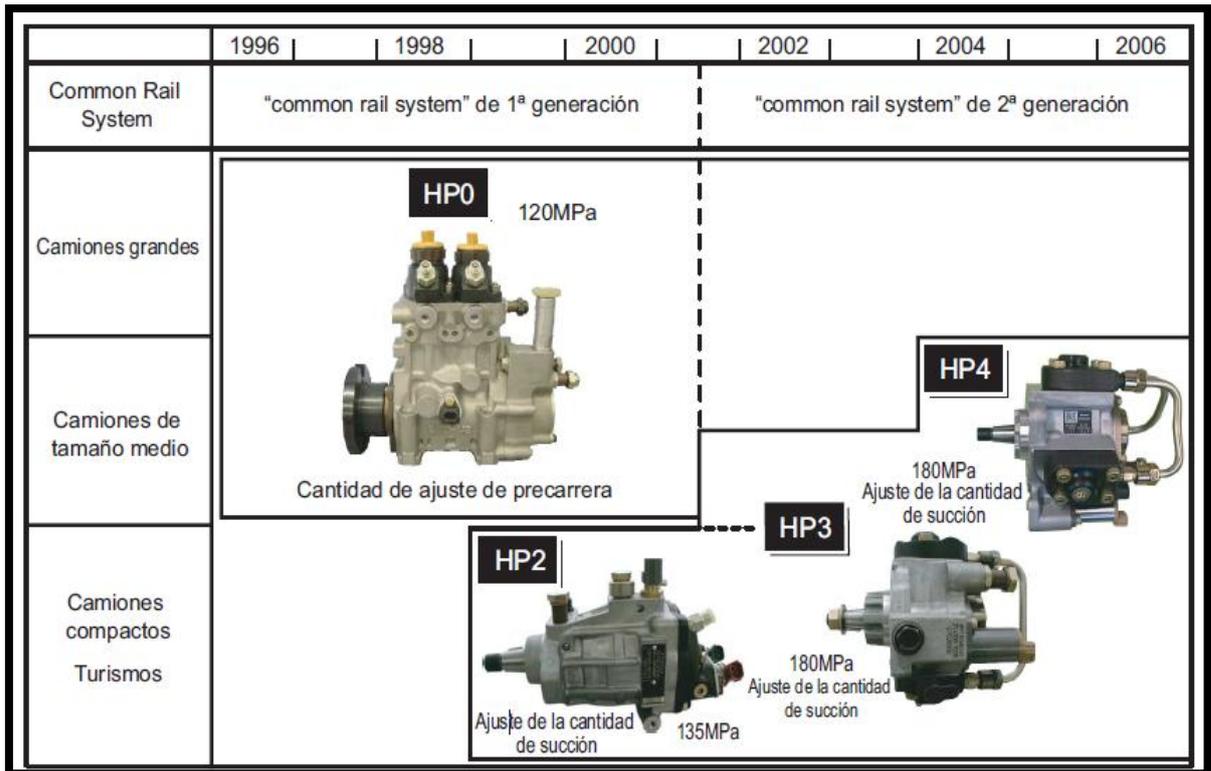
ignición es producida por la gran cantidad de aire que ocupa el cilindro el cual se encuentra a una temperatura elevada debido a la presión que se maneja dentro del mismo.

Dentro de la evolución que ha existido en estos motores, nos encontramos con el mejoramiento en el sistema de inyección en el cual el más conocido e implementado es el sistema de inyección common rail, el cual debido al accionamiento de una serie de accesorios a este sistema se logra optimizar tanto el desempeño del motor, el consumo del combustible y disminuye el ruido conocido y característico de estos motores, éste sistema consta de una variedad de instrumentos dentro los cuales los más importantes o relevantes son la bomba de alta presión y la existencia de un riel común para la inyección del combustible a través de los inyectores hacia el cilindro.

Los tipos y cambios que se han presentado en los sistemas Diesel controlados electrónicamente (ECD) nos encontramos en el fabricante Denso con las series ECD-V (V3, V4 y V5), que estas implementan el control electrónico mediante bombas distributivas de tipo VE, que constan de una bomba de suministro, rampa e inyectores.

En el año de 1995 apareció para camiones el primer “common rail system”, luego con el tiempo y las pruebas necesarias se fue implementado en vehículos de pasajeros y para el año de 1999 se lanzó un “common rail system” que utilizaba la bomba de suministro HP2. Continuando con la historia en el año 2001 el sistema fue dando los frutos necesarios y cada vez mejorando los componentes del mismo se pone a disposición una bomba de suministro más ligera y compacta

y con un mejor rendimiento a su predecesora, es así que en este año comienza la utilización de la bomba HP3. En 2004 se lanzó la HP4 de tres cilindros, basada en la HP3. En la figura (1.1) se observa la evolución de las bombas a lo largo de los años.



**Figura 1.1** Evolución bombas.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 4.

## 1.2 SISTEMA COMMON RAIL.

En el sistema common rail se utiliza una cámara de acumulación llamada rampa en la cual se almacena el combustible a presión, ya que los inyectores contienen válvulas magnéticas y estas son controladas electrónicamente, son las encargadas de inyectar dicho combustible en el interior de los cilindros del motor.

El sistema de inyección en el motor es totalmente controlado por la ECU del motor y esta se encarga de regular con un alto grado de precisión el calado de inyección la relación y la presión necesaria, debido a esta precisión es posible realizar múltiples inyecciones de combustible en una sola carrera del pistón.

Manual de servicios, Denso, (2004) nos dice:

Con ello se garantiza una presión de inyección estable en todo momento, incluso con un régimen del motor bajo, y se disminuye drásticamente la cantidad de humo negro que emiten normalmente los motores diesel en el arranque y en la aceleración. Como consecuencia, las emisiones de gases de escape son menores y más limpias, a la vez que se consigue un mejor rendimiento (p.3).

Como elementos principales dentro del sistema common rail podemos acotar la existencia de cuatro tipos: los sensores, ECU del motor, EDU y los actuadores.

## **1.2.1 Sistema de Baja presión**

### **1.2.1.1 Bomba de transferencia**

Esta bomba es aquella encargada de enviar un primer bombeo llamada también de transferencia porque su función es transferir el combustible desde el depósito hacia la bomba principal a una presión aproximada de 6 bares.

La tecnología empleada en este tipo de bombas es conocida como bomba de paletas, la depresión generada por la rotación de la bomba

de transferencia es suficiente para que la bomba se encargue de aspirar el combustible a través del filtro.

Una válvula de regulación nos permite mantener dentro de la bomba la presión de transferencia a un valor casi constante de 6 bares y un caudal 90l/h a 300 rev/min bomba y de 650l/h a 2500 rev/min bomba.

## **1.2.2 Sistema de Alta presión**

### **1.2.2.1 Bomba de alta presión**

Esta bomba es aquella que se encarga de generar la presión adecuada mediante una bomba de tres émbolos radiales decalados entre sí a 120°, haciendo tres carreras de alimentación por vuelta nos dan como resultado unos bajos pares punta y una carga uniforme para el accionamiento de la bomba. Se necesita de 17Nm para el accionamiento necesario de su par máximo generando una presión de 1350 bares, este par obtenido es unas 9 veces inferior que el requerido por una bomba distribuidora convencional.

La bomba de suministro de alta presión que se va a utilizar en el simulador de pruebas es la bomba **DENSO** de tipo **HP3**.

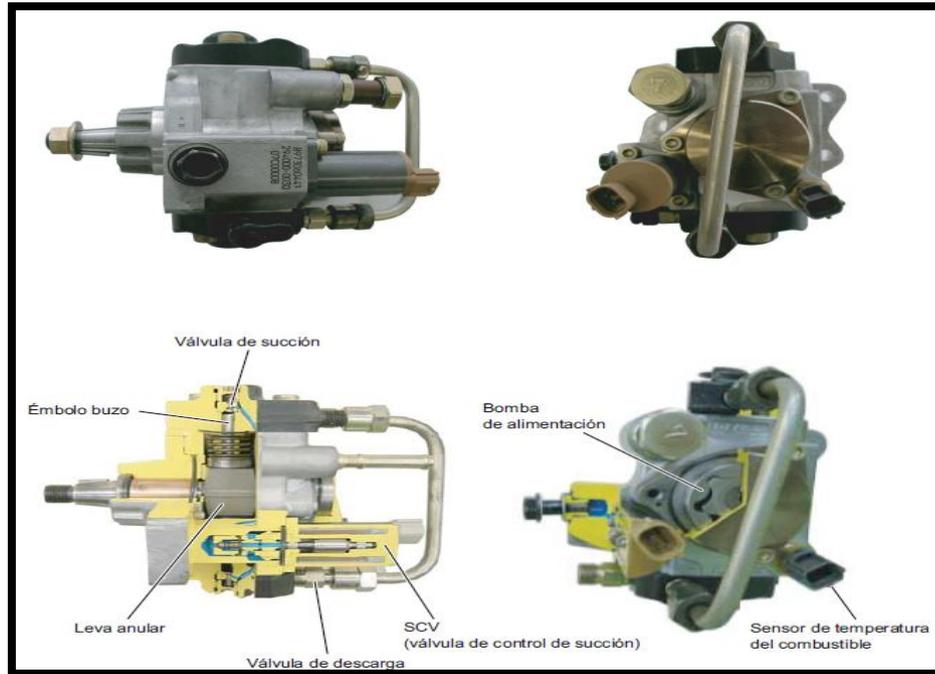
La bomba de suministro **HP3** se compone principalmente de dos sistemas de mecanismo de bombeo, una válvula de control de succión (SCV), una unidad de bomba compuesta por una leva excéntrica, leva

anular, dos émbolos buzo y el sensor de temperatura del combustible; todos estos componentes conforman la HP3. Esta trabaja y se activa con la mitad de la rotación del motor.

El mecanismo de bombeo en la HP3 se compone en una leva interior y un émbolo buzo que esta forma una configuración en tándem en la cual estos sistemas se disponen en forma axial, lo que hace a la bomba HP3 compacta y reduce el par máximo.

La válvula de control de succión (SCV) ayuda a contralar el volumen de succión de combustible que se descarga en la rampa; en la figura (1.2) se encuentra a la bomba denso HP3. Esta válvula también sirve “Para controlar el volumen de descargas con el volumen de succión, se eliminan las operaciones de bombeo excesivo, reduciendo así la carga de actuación y evitando el aumento de la temperatura de combustible”. (Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p.18).

Esta bomba HP3 posee un sistema diesel de reducción de NOx y partículas con sus siglas DPNR, en el cual se encuentra un amortiguador de flujo con la función de cortar automáticamente el paso de combustible si existiese una fuga en el paso de la válvula de adición de combustible en el interior del DPNR. En la figura (1.3) encontramos el despiece de la bomba HP3.



**Figura 1.2** Bomba denso HP3.

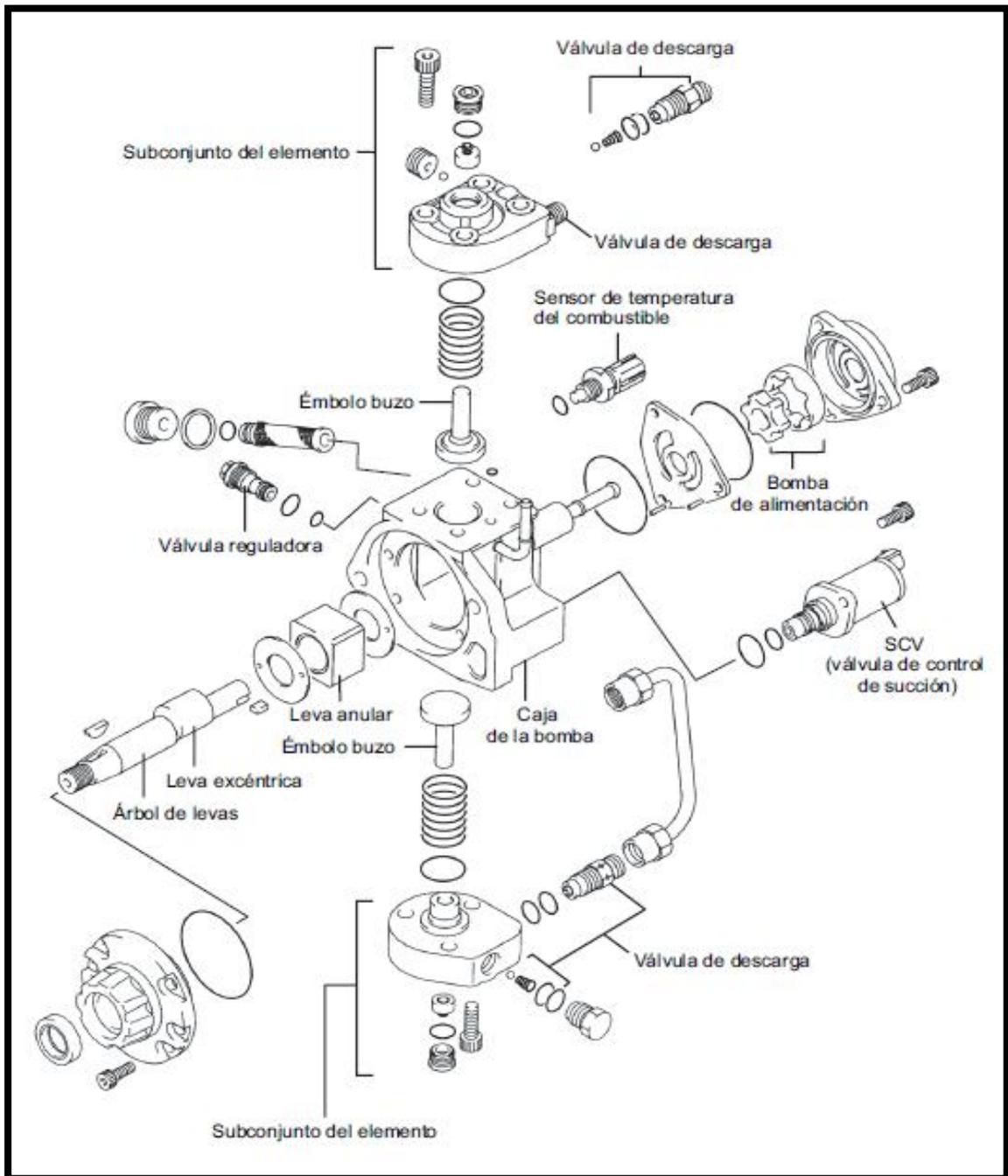
**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 26.

**Tabla 1.1** Función de las piezas y componentes de la bomba HP3.

c. Funciones de las piezas componentes		
Piezas componentes		Funciones
Bomba de alimentación		Aspira el combustible desde el depósito y se lo suministra al émbolo buzo.
Válvula reguladora		Regula la presión del combustible en la bomba de suministro.
SCV (válvula de control de succión)		Controla el volumen de combustible que se suministra a los émbolos buzo.
Unidad de bomba	Leva excéntrica	Activa la leva anular.
	Leva anular	Activa el émbolo buzo.
	Émbolo buzo	Se mueve en vaivén para aspirar y comprimir el combustible.
Válvula de succión		Evita el flujo inverso de combustible comprimido hacia la SCV.
Válvula de descarga		Evita el flujo inverso desde la rampa del combustible que se bombea desde el émbolo buzo.
Sensor de temperatura del combustible		Detecta la temperatura del combustible.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 28.

En la tabla (1.1) se observa las funciones de las piezas y componentes de la bomba HP3.



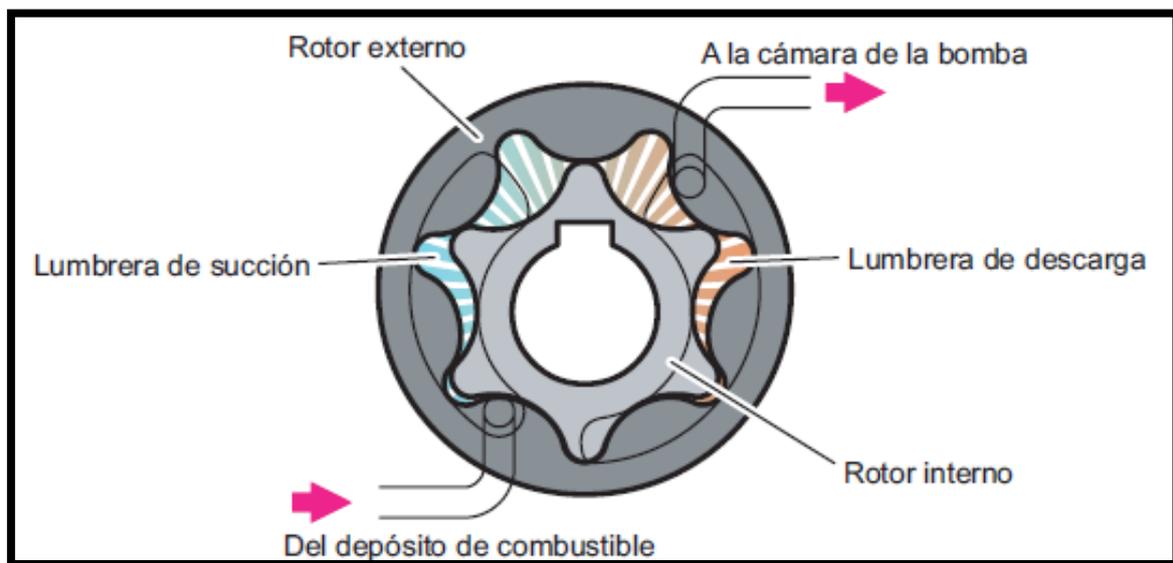
**Figura 1.3** Despiece bomba HP3.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 27.

### 1.2.2.2 Bomba de alimentación

Esta es una bomba de tipo trocoide que se encuentra integrada en la bomba y se encarga de aspirar el combustible existente en el depósito y lo suministra a los dos émbolos buzo a través de la válvula de control de succión SCV y del filtro de combustible.

El eje impulsor empieza a girar activado por los rotores tanto externo como interno de la bomba de alimentación. Esta bomba de alimentación succiona combustible dentro de la lumbrera de succión y realiza el bombeo del mismo fuera de la lumbrera de descarga, todo esto se produce por el espacio que constantemente aumenta y disminuye por el movimiento de los rotores internos y externos. En la figura (1.4) se encuentra un corte de la bomba de alimentación.

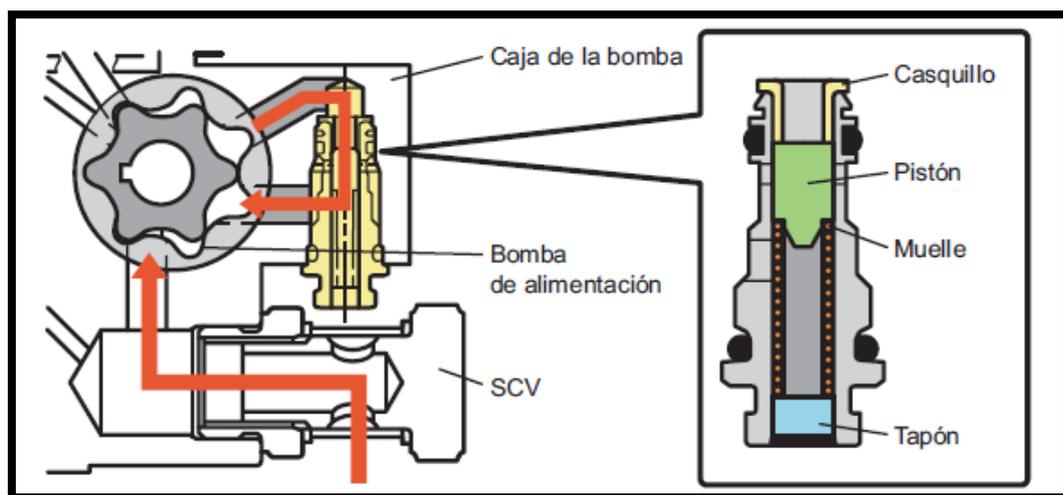


**Figura 1.4** Bomba de alimentación.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 28.

### 1.2.2.3 Válvula Reguladora

Como su nombre lo indica su propósito es controlar y regular la presión de alimentación que envía combustible al mecanismo de bombeo. Dentro del sistema cuando aumenta el movimiento rotativo de la bomba y la presión de suministro presenta un exceso de presión que se encuentra fijada en la válvula reguladora, esta válvula se abre venciendo la fuerza del muelle y permitiendo así el retorno del combustible al tanque de succión o almacenamiento. En la figura (1.5) se observa la posición y función de la válvula reguladora.



**Figura 1.5** Válvula reguladora.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 29.

### 1.2.2.4 SCV: Válvula de control de succión

La válvula de control de succión que está implementada en la bomba HP3 requiere de una válvula electromagnética de tipo solenoide lineal para mediante esta controlar el tiempo durante el cual la ECU del motor

aplicara corriente hacia la SCV, mediante este proceso controlamos la cantidad de flujo de combustible hacia el émbolo buzo de alta presión.

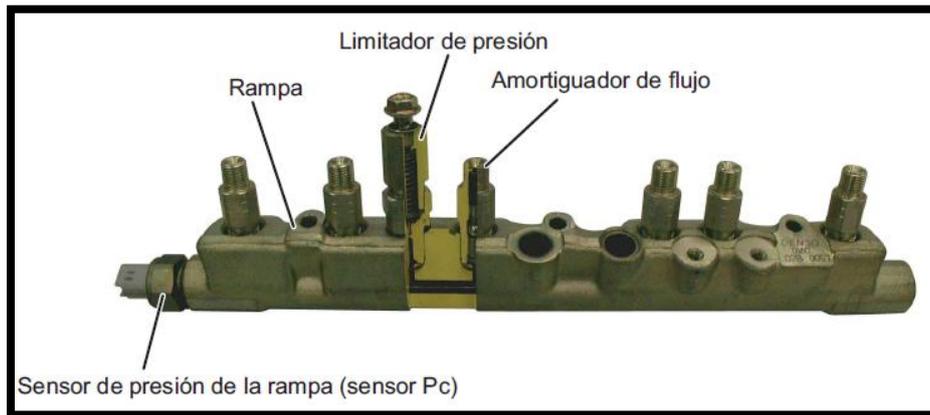
Cabe recalcar que el volumen de flujo del combustible varía en constancia con el trabajo del inducido y este se controla en función del tamaño de apertura del conducto de combustible existente en el cilindro.

#### **1.2.2.5 Riel o Rampa de inyectores**

La rampa o riel es la encargada de la distribución a presión del combustible proporcionado por la bomba de suministro, este, tiene que ser entregado a cada inyector equitativamente. La rampa difiere mucho en su modelo y diseño según el fabricante de cada vehículo pero su función y comportamiento no varía. En la figura (1.6) se observa la rampa.

Los componentes principales de esta rampa son el **limitador de presión**, el **sensor de presión** y en algunos modelos existe también un **amortiguador de flujo** y la **válvula de descarga de presión**.

De estos componentes se estudiará los principales componentes para poder diferenciar sus características y funciones dentro de la rampa de inyectores.

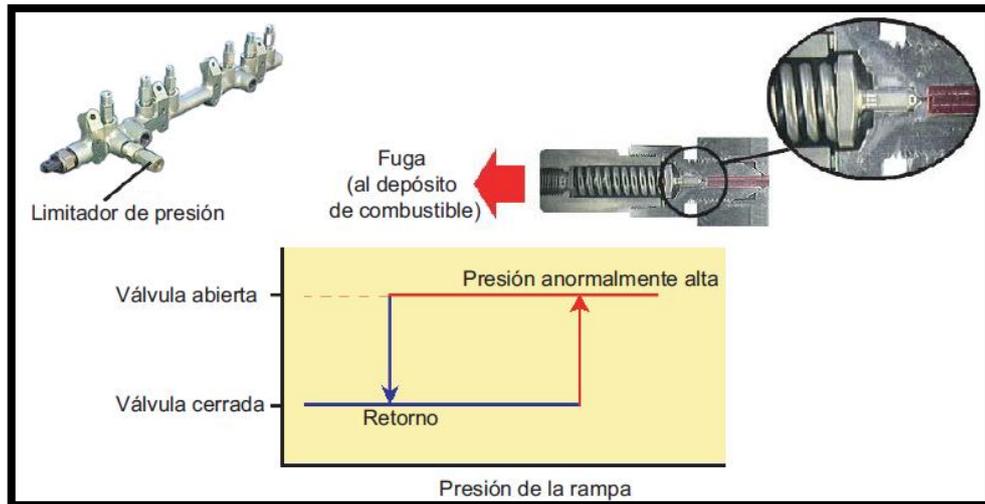


**Figura 1.6** Rampa de inyectores.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 43.

La función principal del **limitador de presión** dentro de la rampa es evitar la acumulación excesiva de combustible dentro de la misma ayudando aliviar el incremento anormal de presión, en la figura (1.7) se encuentra al limitador de presión.

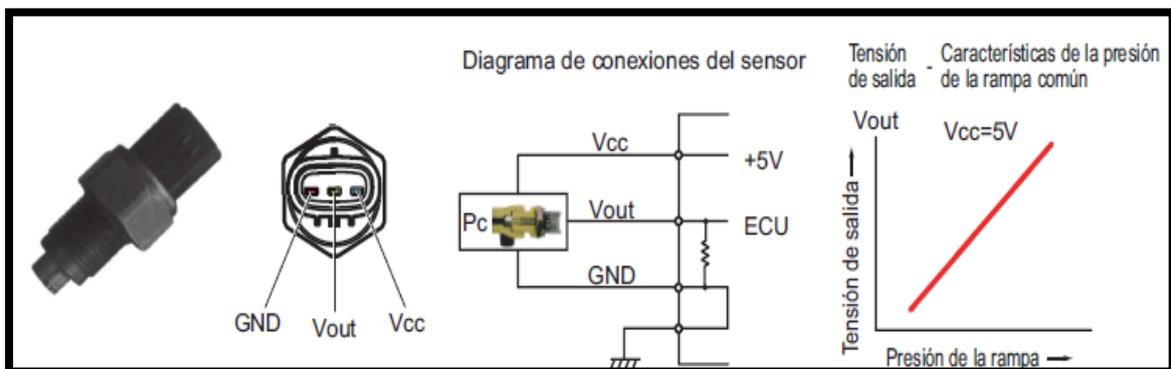
Ya que “Las presiones que activan este sistema dependen mucho del modelo de vehículo y aproximadamente va desde los 140-230MPa para la apertura de la válvula y aproximadamente 30-50MPa para el cierre de la misma”. (Manual de servicios, Denso, 2004, p. 44) Con estos parámetros se obtiene una referencia tanto de la apertura como el cierre del limitador de presión y esta puede variar dependiendo del fabricante y las presiones con las que se trabaje.



**Figura 1.7** Limitador de presión.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 44.

En este sistema existe también un **sensor de presión** interna que es el encargado de detectar la presión existente de combustible dentro de la ramba y envía esta información a la ECU del motor, en la figura (1.8) se observa al sensor de presión de ramba. Este “es un sensor semiconductor que utiliza el efecto piezoeléctrico de la resistencia eléctrica que varía cuando se aplica presión al elemento de silicona” (Manual de servicios, Denso, 2004, p. 44).

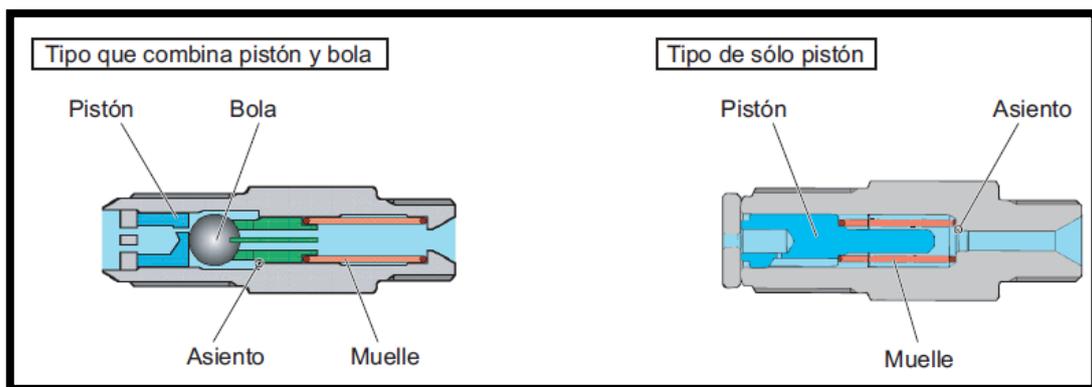


**Figura 1.8** Sensor de presión de ramba.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 44.

El **amortiguador de flujo** tiene por finalidad reducir las pulsaciones de la presión de combustible en la rampa y se encarga de proporcionar el combustible a una presión estabilizada a los inyectores.

Si el combustible fluye en exceso hacia afuera, éste cierra automáticamente el flujo de combustible para evitar el exceso y es muy común ver este tipo de sistema en los vehículos grandes. Tenemos actualmente en el mercado dos tipos de amortiguadores de flujo, del tipo que combina pistón y bola y del tipo de solo pistón. En la figura (1.9) se encuentra al amortiguador de flujo.

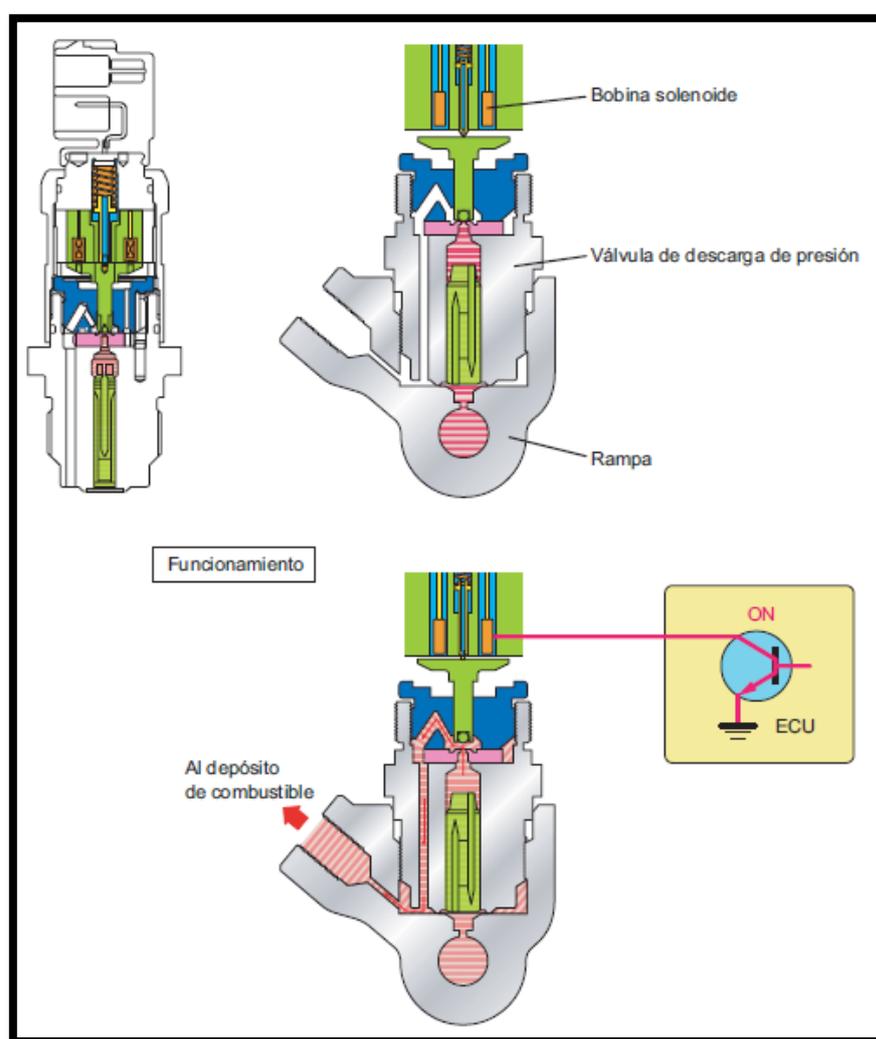


**Figura 1.9** Amortiguador de flujo.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 45.

La válvula de descarga de presión se encarga de controlar la presión existente dentro de la rampa. Cuando la presión interna excede la presión de inyección requerida, o cuando la ECU del motor detecta que la presión del combustible de la rampa excede el valor meta, se excita la bobina

solenoides de la válvula de descarga de presión. En la figura (1.10) se encuentra el funcionamiento de la válvula de descarga. Esta válvula “se abre así el paso de la válvula de descarga presión, permitiendo que el combustible vuelva de nuevo a su depósito y reduciendo la presión del combustible de la rampa hasta la presión deseada” (Manual de servicios, Denso, 2004, p. 49).



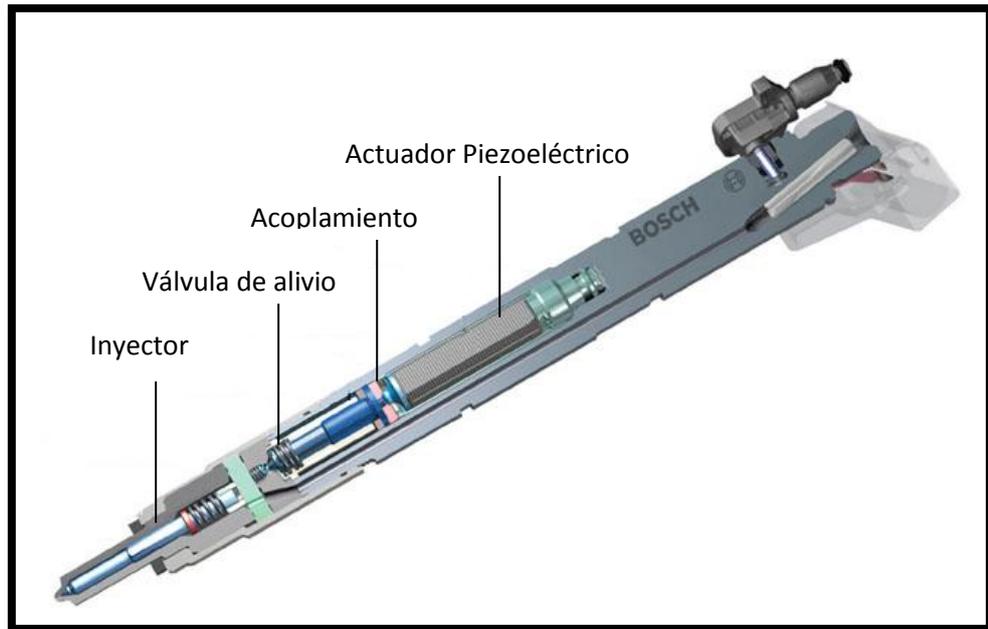
**Figura 1.10** Funcionamiento de la válvula de descarga.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 46.

### 1.2.3 Sistema de entrega de combustible (Inyectores)

Los inyectores dentro del sistema de un motor a Diesel son la conexión directa entre el sistema de inyección y el motor. Sus principales funciones son la dosificación de la inyección mediante la presión existente dentro de la rampa, preparar el combustible, conformar el desarrollo de la inyección y estanqueizar la cámara de combustión. Todo esto sucede y se complementa mediante la intervención de la ECU mediante sus señales obtenemos un volumen, relación y modelo de inyección óptimos para el motor, su funcionamiento y desempeño. En el proyecto que se realiza en el simulador se trabajará específicamente con dos tipos de marcas de inyectores existentes en el mercado que son **Bosch** y **Denso**.

Los inyectores **bosch** son los más recientes en este tipo de inyectores para su tercera generación en el sistema de riel común ya que este trabaja con un actuador de tipo electroválvula, en la figura (1.11) se observa al inyector Bosch. Este inyector se caracteriza por la eliminación de la parte mecánica entre el actuador y la aguja del inyector y se realiza un control hidráulico de parte del actuador hacia la aguja del inyector. De esta forma evitamos las fricciones y deformaciones elásticas de los elementos de unión.



**Figura 1.11** Inyector Bosch.

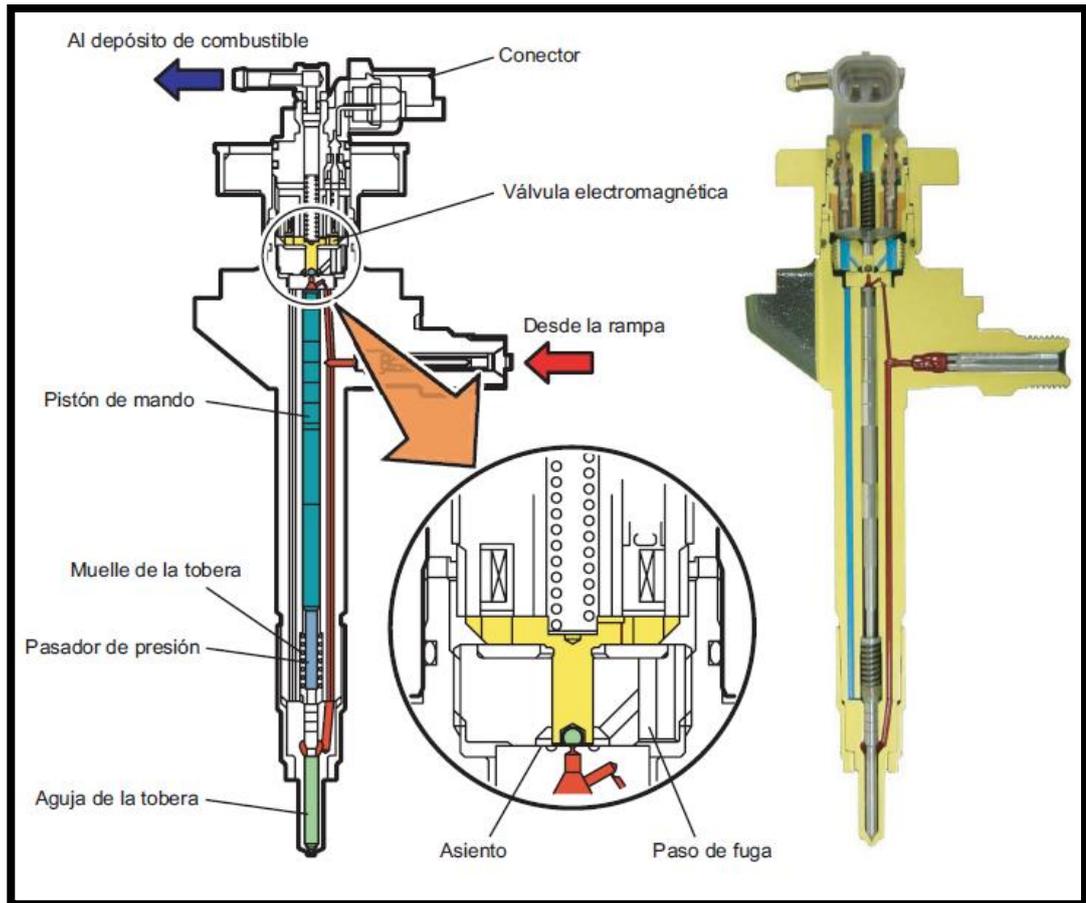
**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Bosch Corporation, 2006, p 28.

Con estos cambios en los procesos de inyección debido a que la aguja pasa a ser más ligera y se reduce drásticamente la cantidad de fuga del actuador llegamos a considerar las siguientes ventajas:

- Se reduce su peso casi a la mitad
- Y nos ayuda a disminuir el consumo de combustible
- Reduce considerablemente el ruido del motor

Otra de las ventajas es que “se puede llevar a cabo varias inyecciones por ciclo de inyección, por ejemplo dos inyecciones previas, una inyección principal y dos inyecciones posteriores y disminuir las emisiones hasta en un 20%” (Robert Bosch GmbH, Manual de la vida técnica del automóvil, 2005, p. 707).

Con todas estas mejoras considerables que presenta este sistema también se puede decir que con la reducción de los caudales de fugas se pone en consideración utilizar bombas de alta presión de un tamaño pequeño en relación a sus predecesoras; dentro de los vehículos para reducir peso y costos del mismo.



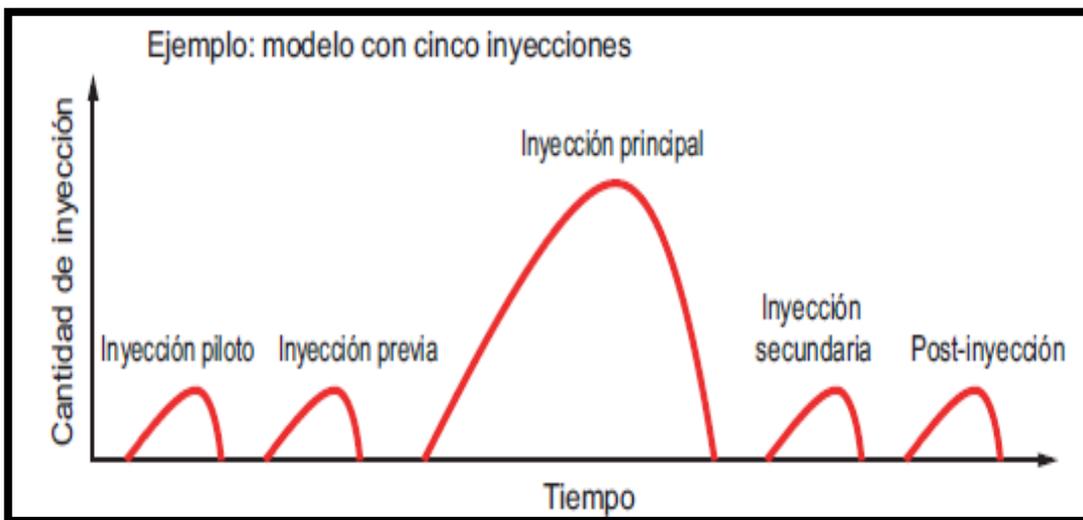
**Figura 1.12** Descripción del inyector.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 50.

En el caso del sistema **Denso** el tipo de inyector que utiliza tiene una tecnología similar y de iguales características en su funcionamiento implementando sistemas actuales a sus inyectores para asegurar una presión alta, mejorando la fuerza de la presión, el rendimiento del sellado y la resistencia

del desgaste de la presión. También existe una amplia mejora en el funcionamiento a un régimen alto, haciendo posible las inyecciones múltiples y precisas. En la figura (1.12) se observa la descripción del inyector.

Al referirnos a inyecciones múltiples nos indica que “la inyección múltiple significa que la inyección principal se realiza mediante un número de inyecciones de combustible entre uno y cinco sin que cambie la cantidad de inyección, con el fin de reducir las emisiones de gases de escape y el ruido”. (Manual de servicios, Denso, 2004, p.50) En la figura (1.13) se encuentra el modelo de cinco inyecciones.



**Figura 1.13** Modelo de cinco inyecciones.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 50.

## 1.2.4 Sistema electrónico

### 1.2.4.1 Sensores

Son aquellos dispositivos que están en la capacidad de detectar magnitudes tanto químicas como físicas llamadas también variables de instrumentación, y convertirlas en variables eléctricas o señales. Los sensores son aquellos encargados de enviar este tipo de señales a la ECU del motor.

#### 1.2.4.1.1 Sensor de posición del cigüeñal

El sensor de posición del cigüeñal está instalado cerca del engranaje de distribución del cigüeñal o del volante de inercia. La unidad del sensor es de tipo MPU (captor magnético). Cuando el engranaje generador de impulsos del régimen del motor instalado en el cigüeñal pasa la sección del sensor, el campo magnético de la bobina dentro del sensor cambia, generando tensión de corriente alterna. Con “esta tensión de CA es detectada por la ECU del motor como la señal de detección. El número de impulsos por generador de impulsos del régimen del motor depende de las especificaciones del vehículo en el que está montado el sensor”. (Manual de servicios, Denso, 2004, p. 58)

#### 1.2.4.1.2 Sensor de posición del acelerador

El sensor de posición del acelerador es el encargado de convertir la apertura del acelerador en una señal eléctrica y la envía hacia la ECU del motor. Existen dos tipos de sensor de posición del acelerador el de **tipo generador a efecto hall** y el de **tipo contacto**.

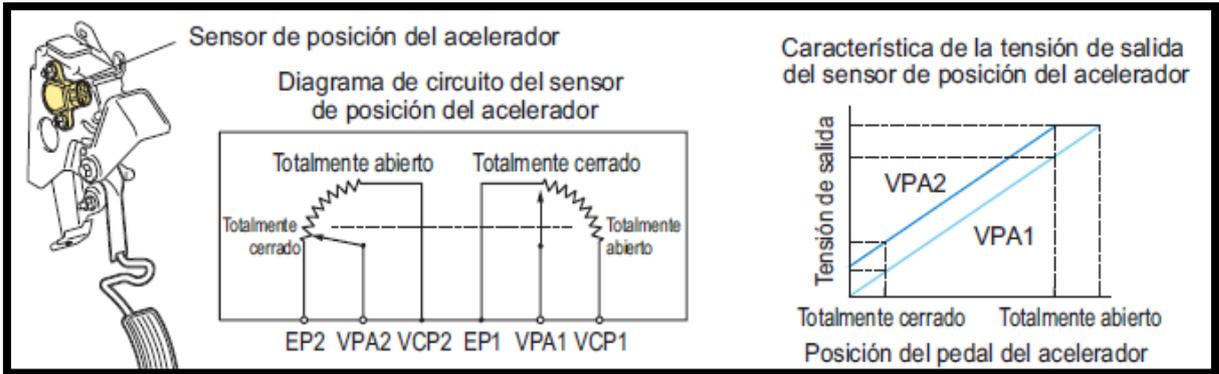
El sensor de **tipo generador a efecto hall** es utilizado para generar tensión del cambio de dirección del campo magnético ya que este tiene instalado un imán y éste rota en conexión con el pedal del acelerador, en la figura (1.14) se encuentra el sensor de generador a efecto hall. Con esto “la rotación de este eje cambia el campo magnético del generador del efecto hall. La tensión generada mediante este cambio del campo magnético se amplifica mediante un amplificador y se aplica a la ECU del motor”. (Manual de servicios, Denso, 2004, p.59)



**Figura 1.14** Sensor de generador a efecto hall.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 59.

El sensor de **tipo contacto** en la figura (1.15); es aquel que utiliza una resistencia variable de tipo contacto y “como la palanca se mueve en conexión con el pedal del acelerador, el valor de la resistencia del sensor varía con la apertura del pedal del acelerador. Por lo tanto, la tensión que pasa por el sensor cambia, y esta tensión se aplica a la ECU del motor como señal de apertura del acelerador. (Manual de servicios, Denso, 2004, p.59)



**Figura 1.15** Sensor de tipo contacto.

**Fuente:** Manual de servicio y funcionamiento, Denso Corporation, 2004, p. 59.

### 1.2.5 ECU del motor

La ECU es aquella que recibe las señales de los sensores y mediante estos determina constantemente el estado del motor, la ECU se encarga de calcular la cantidad y el calado de inyecciones adecuadas para un funcionamiento óptimo del motor y envía las señales apropiadas a los actuadores. La ECU tiene también como función un diagnóstico para el registro de averías en el sistema.

#### 1.2.5.1 EDU

La EDU es la encargada de posibilitar el funcionamiento de los inyectores a altas velocidades. Esta posee un dispositivo generador de alta tensión (convertidor DC/DC) y con este recurso suministra alta tensión a los inyectores para activarlos a alta velocidad.

## CAPITULO 2

### PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 2.1 SELECCIÓN DE MATERIALES

Para llegar a determinar los materiales a utilizar en el simulador es necesario especificar el material con el cual se fabricará determinado componente individual del simulador. En el proceso de selección de un material se debe tomar en cuenta los requisitos y funciones a las que se va a someter dicho componente.

Se debe tener claro la o las funciones que va realizar el componente, la forma o diseño del mismo y el material con el cual se realizará su fabricación. Dentro de otros requisitos generales de funcionamiento se pueden incluir:

Según Robert L. Mott, (2006) nos dice:

**Tabla 2.1** Requisitos generales del funcionamiento del componente

La naturaleza de las fuerzas aplicadas al componente.
Los tipos y magnitudes de los esfuerzos creados por las fuerzas aplicadas.
La deformación admisible del componente en sus puntos críticos.
La conexión con otros componentes del producto.
El ambiente en el que debe funcionar el componente.
El tamaño físico y el peso del componente.
Factores estéticos que se esperan del componente y del producto en general.
Las metas de costos del producto en su totalidad.
Anticipar los procesos de manufactura disponible.

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, 2006, p.78.

Teniendo en cuenta los factores antes mencionados se procede a la selección de los materiales, aunque en el proyecto existió la colaboración de diferentes empresas las cuales aportaron con descuentos en ciertos productos y en otros con la donación de materiales para la realización en la construcción e implementación del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.

Entre las partes fundamentales para el simulador esta la necesidad de seleccionar el sistema de bombeo, el riel y las cañerías que se utilizarán para la implementación. Se debe tomar en cuenta el costo, disponibilidad, marca y estado de las piezas; a continuación en la tabla (2.2) se observa el proceso de selección.

**Tabla 2.2** Tabla de selección de sistemas diesel common rail.

	<b>DENSO</b>	<b>BOSCH</b>	<b>DELPHI</b>
<b>COSTO \$</b>	1000	3200	3500
<b>DISPONIBILIDAD</b>	2 meses	1 mes	Stock
<b>SISTEMA</b>	Completo	Partes	Completo
<b>ESTADO</b>	Usado	Nuevo	Nuevo

**Fuente:** Carlos Sempértegui

Al observar la tabla (2.2) y sus valores, se determinó tanto por costo y disponibilidad de sus piezas que la opción que más se ajusta a un presupuesto económico para el proyecto es utilizar el sistema DENSO.

Todo esto previo a una verificación del estado en el cual se encuentran las partes del sistema DENSO, entre las cuales se encuentra la bomba de alta

presión HP3, la rampa de inyectores y sus respectivas cañerías de alta presión correspondientes al sistema.

## **2.2 ELEMENTOS A UTILIZAR**

Dentro del proyecto se determinó utilizar los siguientes elementos que serán mencionados a continuación con sus respectivas características esenciales para el funcionamiento correcto en la implementación del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.

### **2.2.1 Estructura**

La estructura que se va utilizar en el proyecto se encuentra obsoleta, en la figura (2.1) se observar la parte frontal; esta estructura le pertenece a un limpiador de inyectores a gasolina que en la mayoría de los talleres del país poseen entre 2 o más de estos bancos y por lo general se encuentran sin uso por su antigüedad, por sistema o por averías de los mismos. La idea de implementar a este banco las partes a diesel es reutilizar esta maquinaria y sus partes para darles un mejor desempeño y un nuevo uso, también con este proceso de implementación en bancos ayuda a reducir los costos tanto para el proyecto como para el taller.



**Figura 2.1** Parte frontal de la estructura.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Este limpiador de inyectores a gasolina de marca LAUNCH modelo CNC801A y su número de serie 6100049600 es en el cual se realizara la implementación, para en este lograr simular las pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail. En la figura (2.2) se observar la parte posterior de la estructura.



**Figura 2.2** Parte posterior de la estructura.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

Parte fundamental de la estructura de este limpiador de inyectores es que posee 8 probetas de medición, que se observan en la figura (2.3), en las cuales se utilizará 4 probetas para la cuantificación de combustible que se obtenga de los inyectores y sus 4 probetas restantes para los retornos de los inyectores.



**Figura 2.3** Probetas de medición.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

### 2.2.2 Motor eléctrico.

El motor utilizado en el simulador es un motor trifásico el cual será controlado mediante un variador de frecuencia, este motor nos da un torque máximo de 3HP suficiente para alcanzar el objetivo necesario de movimiento en la bomba de alta presión. En la figura (2.4) encontramos al motor eléctrico.



**Figura 2.4** Motor eléctrico.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Con el motor trifásico se obtiene ahorro de energía mayor torque, en la tabla (2.3) se observa las características del motor.

**Tabla 2.3** Características del motor siemens.

Potencia	3HP
Temperatura de trabajo	-15/40 C
Max RPM	1726 rpm
Alimentación	220 YY / 9.8 A
Amperaje	440 Y V / 4.9 A
Peso	18.2 Kg
Motor	Trifásico
Eficiencia	83%

**Fuente:** Catálogo de funcionamiento, Siemens.

### .2.3 Variador de frecuencia

Dentro del proyecto hubo la necesidad de adquirir un variador de frecuencia para poder controlar la velocidad rotacional del motor de corriente alterna. Parte importante del uso del variador es controlar las revoluciones y giro del motor sin que este influya en la pérdida de presión de la bomba HP3, y así poder mantener una presión estable dentro del sistema de riel común y las cañerías. En la figura (2.5) se observa el variador de frecuencia LS.



**Figura 2.5** Variador de frecuencia LS.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Este variador trabaja con 220V y a su vez saca un control para el motor trifásico que acciona la bomba de alta presión HP3. En la figura (2.6) se encuentra la placa del variador.



**Figura 2.6**Placa del variador de frecuencia.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Dentro de las características principales y las funciones que realiza este variador de frecuencia se encuentra en la tabla (2.4) descrita a continuación.

**Tabla 2.4** Características variador de frecuencia LS SV022iG5A-2

Alimentación	200-230v AC (-10%, -15%) Trifásica
Potencia	3HP
Capacidad de Sobrecarga	150% por 60 segundos 200% por 30 segundos
Método de control configurable	Bombas, cargas de alto torque
Frecuencia entrada	50 – 60Hz, +/- 5%
Frecuencia salida	0 – 400Hz (portadora de 1 -15kHz)
Temperatura trabajo	-10 C a 50 C
Interfaz de usuario	Panel frontal con controles de arranque/ parada y potenciómetro digital
Entradas digitales (NPN ó PNP)	8
Entradas analógicas configurable (-10 a +10v DC, 0 a 20mA)	2
Salidas digitales (1 relé, 1 colector abierto)	2
Salida analógica multifunción 0-10vDC	1
Salidas de alimentación de 24v DC	1
Comunicación	Puerto RS485
Protocolo ModBus RTU integrado	Si
Variables de monitoreo	RPM del motor

**Fuente:** Manual variador de frecuencia LS SV022iG5A-2

#### 2.2.4 Acoplamiento semiflexible (acople del motor con la bomba)

Dentro de la importancia o problemática en la unión de los arboles giratorios se toman en este proyecto soluciones simples y directamente proporcionales a su trascendencia, en este caso la solución para la unión entre estos árboles giratorios fue la adquisición de un acople semiflexible

por su calidad y duración. En la figura (2.7) se observa el acoplamiento utilizado.



**Figura 2.7** Acoplamiento semiflexible

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Los acoplamientos son dispositivos que facilitan la transmisión de un par determinado entre dos partes, la una que es la encargada de general el movimiento y la otra que sigue el movimiento.

Otra de las funciones principales y por la cual este acople flexible se adapta a lo requerido por el proyecto es que aparte de acoplar los arboles giratorios compensa los des alineamientos y absorbe los movimientos axiales entre estos dos piezas.

### 2.2.5 Bomba de alta presión

La bomba de suministro HP3 se compone principalmente de dos sistemas de mecanismo de bombeo, una válvula de control de succión (SCV), una unidad de bomba compuesta por una leva excéntrica, leva anular, dos émbolos buzo y el sensor de temperatura del combustible; todos estos componentes conforman la HP3. Esta trabaja y se activa con la mitad de la rotación del motor.



**Figura 2.8** Bomba alta presión HP3.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

La bomba de alta presión HP3 de marca Denso fue escogido mediante un proceso de selección en los cuales se tomó en consideración el costo, la disponibilidad y estado del mismo; en la tabla (2.2) se encuentra especificada la selección.

### 2.2.6 Base del motor eléctrico y bomba.

Para poder asegurar la bomba de alta presión y su respectivo motor eléctrico dentro de la estructura se realiza el diseño y construcción de una base hecha en acero. En la figura (2.9) se observa el corte de la placa metálica y en la figura (2.10) se encuentra el soporte de la base motor.



**Figura 2.9** Corte de la placa metálica.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

La base del motor y la bomba está conformada por el material conocido como Acero y tiene un espesor de 3mm, en la tabla (2.5) se puede observar sus características y propiedades por las cuales se tomó en consideración este material.

**Tabla 2.5** Acero AISI 1020

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo de elasticidad en X	200000	N/mm <sup>2</sup>
Coficiente de posición en XY	0.29	N/D
Módulo cortante en XY	77000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad de la masa	7900	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción en X	420.51	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión en X		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	351.57	N/mm <sup>2</sup>
Coficiente de expansión térmica en X	1.5e-005	/K
Conductividad térmica en X	47	W/(m-K)
Calor específica	420	J/(kg-K)

**Fuente:** Carlos Sempértegui.



**Figura 2.10.** Base del motor y bomba.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

A continuación en la figura (2.11) se observa la disposición que se le da a la base del motor y bomba; y el uso adecuado donde se realiza el montaje de los implementos antes mencionados.



**Figura 2.11** Funcionamiento de base del motor y bomba.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

Para la unión de estas dos partes que conforman la estructura de la bomba se utilizó una soldadura MIG, la cual tiene como característica el proceso de soldadura por arco, por el uso de un electrodo consumible bajo un gas inerte protector, para la soldadura de acero que se va realizar en la base del motor se tiene que aplicar con cantidades inferiores al 5% de mezcla con oxígeno ya que el argón puro produce mordeduras y cordones irregulares. El arco es producido mediante un electrodo conformado por un hilo continuo y las piezas a unir.

Entre las grandes ventajas que representa este tipo de soldadura se encuentra básicamente con la obtención de cordones resistentes, gran acabado y buena apariencia y su soldadura tiene un espesor que va desde los 0.7 a 6mm sin reparación de bordes y en la estructura base motor utilizamos un acero de 3mm de espesor con lo cual esta suelda tipo MIG es precisa para este trabajo.

### **2.2.7 Tanque de combustible**

En este proyecto existía la necesidad de diseñar un tanque de combustible sellado. Su material de composición es el acero inoxidable 430 de 1mm de espesor, se tomó en consideración debido a su alta resistencia a la corrosión que presenta las aleaciones de este grupo de material y su poder de disipación de calor, esto porque el diesel cuando trabaja en el sistema common rail por sus altas presiones que se generan, se produce un aumento de temperatura en el momento que el combustible retorna al tanque; de esta manera con el acero inoxidable ayudamos a disipar ese calor en el tanque. En la figura (2.12) se observa el tanque de combustible.



**Figura 2.12** Tanque de combustible.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

El tanque de combustible está conformado por el material conocido como Acero inoxidable 430 y tiene un espesor de 1mm, en la tabla (2.6) se puede observar sus características y propiedades por las cuales se tomó en consideración este material.

**Tabla 2.6** Acero Inoxidable 430

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Módulo de elástico	200000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de posición	0.28	N/D
Módulo cortante	77000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad	7800	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	413.61	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión en X		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	172.34	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1.1e-005	/K
Conductividad térmica	18	W/(m-K)
Calor específica	460	J/(kg-K)

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Para la unión de las partes que conforman el tanque de combustible se utilizó una soldadura TIG, la cual se caracteriza por el uso de un electrodo permanente de tungsteno que en su mayoría es aleado con torio o zirconio en un porcentaje no mayor al 2%; el tungsteno posee una alta resistencia a la temperatura ya que funde a los 3410°C, la suelda TIG siempre se encuentra acompañada de un gas para su funcionamiento y desempeño, en la mayoría de los casos son el argón y el helio, o la mezcla de los dos; esto son necesarios para la protección del arco en la soldadura deseada.

Entre las grandes ventajas que representa este tipo de soldadura se encuentra básicamente con la obtención de cordones resistentes, dúctiles y es menos sensible a la corrosión parte importante para la durabilidad del tanque de combustible, otra características del uso de esta suelda es su gran acabado que tiene una forma muy estética.

La suelda TIG es ampliamente utilizada y recomendada para trabajos en acero inoxidable, el cual se utiliza en la fabricación del tanque de combustible por lo cual es fundamental el uso de este tipo de suelda por su alta calidad, precisión y las óptimas resistencias mecánicas de la articulación soldada

### **2.2.8 Riel Denso**

Por motivos de simular las pruebas de mejor manera se decidió implementar al banco un riel o rampa utilizado en los vehículos, este es

procedente de una Toyota hilux 2011 la cual se encuentra en el mercado, figura (2.13).



**Figura 2.13** Riel Denso.

**Fuente:** Carlos Sempértégui.

El riel Denso fue escogido mediante un proceso de selección de material en los cuales se tomó en consideración el costo, disponibilidad y estado del mismo; en la tabla (2.2) se encuentra especificada la selección.

### **2.2.9 Cañería Alta presión**

En los motores diesel el combustible de alta presión que es impulsado por la bomba, es conducido por una tubería especial compuesta de acero; figura (2.14). Esta tubería realiza la conexión entre el conducto de la bomba de alta presión con el riel y los inyectores.

Estas cañerías de alta presión son de acero trefilado, de buena calidad para poder resistir las presiones que varía de 500 a 9000 PSI.



**Figura 2.14** Cañería alta presión.

**Fuente:** <http://i01.i.aliimg.com/img>

### **2.2.10 Filtro de Combustible Toyota**

La función principal de un filtro de combustible es la de proteger al sistema de inyección de los vehículos y en este caso sería al sistema de inyección del simulador. Los filtros son los encargados de eliminar o evitar su paso a las diferentes impurezas presentes en el combustible que pueden proceder de diferentes fuentes; como por ejemplo:

- Partículas procedentes en el combustible.
- Impurezas y oxidación procedentes del tanque de combustible.
- Condensación de agua en el depósito debido a las variaciones de temperatura.

Estos contaminantes diversos pueden obstruir el sistema de inyección, alterando el funcionamiento y desempeño del mismo acortando la vida útil del sistema. En la figura (2.15) se observa el filtro de combustible diesel.



**Figura 2.15** Filtro de combustible diesel.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

### **2.2.11 Acoples rápido baja presión**

El acople rápido de baja presión es aquel que recibe el impacto de la pulverización del combustible diesel causado por el inyector, dentro de este acople se inyecta el combustible que será guiado por medio de mangueras hacia las pipetas de medición. En la figura (2.16) se observa el acople rápido de baja presión.



**Figura 2.16** Acople rápido baja presión.

**Fuente:** Carlos Sempéregui.

### **2.2.12 Transformador**

El transformador es un dispositivo eléctrico que ayuda a mantener la potencia, el transformador permite disminuir o aumentar la tensión de un circuito eléctrico de corriente alterna, en el caso de un transformador ideal la potencia obtenida es la misma tanto de entrada como de salida, aunque realmente siempre se presenta un pequeño porcentaje de pérdida esto puede ser causado por su diseño, tamaño u otros factores.

En el caso del transformador utilizado en el simulador su tensión de entrada es de 110v y por medio del fenómeno de la inducción electromagnética su tensión de salida es de 80v, ya que son estos 80v los requeridos en nuestro simulador para la activación de las electroválvulas

que contralan a los inyectores diesel common rail. En la figura (2.17) se muestra el transformador.



**Figura 2.17** El transformador.

**Fuente:**<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/Transformer.>

### 2.2.13 Puente rectificador.

El puente rectificador es un circuito eléctrico que se encarga de la conversión de corriente alterna a corriente continua, en este caso en el simulador transformamos la corriente de 80v alterna entregada por el transformador a corriente continua.

El puente rectificador consta de 4 diodos comunes dando una señal compuesta por partes positivas y negativas, éste se encargan de convertir la señal única y exclusivamente en positiva. En la figura (2.18) se muestra el puente rectificador utilizado en el simulador.



**Figura 2.18** Puente rectificador.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

## **.2.14 Capacitores**

El capacitor o condensador es un dispositivo pasivo capaz de almacenar energía, esta energía eléctrica puede recibirla durante un periodo de carga y la misma energía la cede durante el periodo de descarga.

En el simulador se utiliza 2 capacitores de 5000 uF los cuales se encuentran conectados en paralelo. En la figura (2.19) se observa el capacitor.



**Figura 2.19** Capacitor.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

### 2.2.15 Pantalla

Por motivos de diseño y accesibilidad al simulador, se hizo la adquisición de una Pantalla TouchWin TH765 que se observa en la figura (2.20); esta es un dispositivo que ayuda en la comunicación de todos los elementos electrónicos utilizados en el simulador y desde la pantalla se podrá realizar todos los comandos necesarios para el manejo del mismo.



**Figura 2.20** Pantalla TouchWin TH765.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Entre las principales características y especificaciones de esta pantalla TouchWin TH765 se encuentran las siguientes en la tabla (2.7).

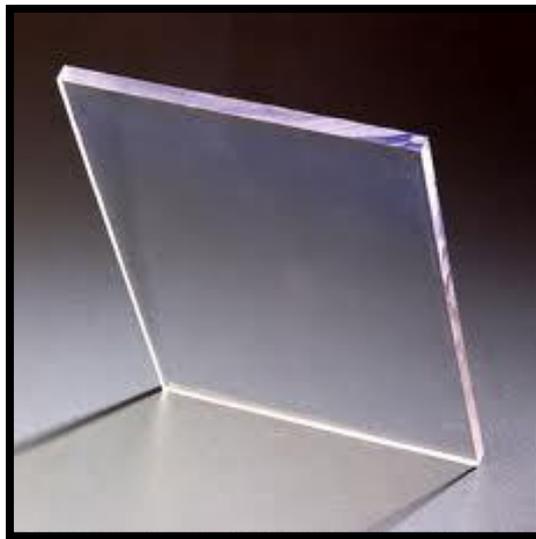
**Tabla 2.7** Características y especificaciones de esta pantalla TouchWin TH765

Voltaje de entrada	Dc20-dc28v
El consumo de corriente	250ma
Momentánea de energía apagado de subsidio	Menos de 10ms
Soportar la tensión	Ac1000v-10ma 1 minuto ( de la señal y el tiempo )
Aislado de la impedancia	Dc500v - unos 10 metros $\omega$ ; ( de la señal y el tiempo )
Com1	Apoyo rs-232/rs-485
Com2	Apoyo rs-232/rs422/rs485
Usb1	Usb-a ( accord con usb2.0 )
Usb2	Usb-a ( accord con usb2.0 )
Usb3	Usb-b ( accord con usb2.0 )
La operación de la temperatura	50
Reserva de la temperatura	- 20 – 60
Medio ambiente temperatura	20-85% ( sin condensación )
Soportar la oscilación	10-25hz ( x, de y, z de cada dirección 30 minutos 2g )
Anti – atascos	El ruido de tensión: 1000vp-p, pulso 1us, 1 minuto
Aire que lo rodea	No hay gas corrosivo
La construcción de protección	ip65
Tipo	65536 verdaderos colores
Tamaño de la pantalla	7 pulgadas
El uso de la vida	Más de 50000 horas, 24 horas en funcionamiento cuando la temperatura ambiente es 25
De resolución	800*448
El contraste	No – ajustable
El carácter	Chino, inglés, coreano, japonés
El tamaño del personaje	Cualquier tamaño y tipo de letra
El panel de tacto	4 - alambre de modo de resistencia
De la pantalla	128mb
Método de enfriamiento	Natural de enfriamiento de aire
Dimensión exterior	205.0*151.5*48.9mm

**Fuente:** Manual TouchWin TH765.

### 2.2.16 Plancha de policarbonato

El policarbonato pertenece a un grupo de termoplásticos fáciles de moldear y trabajar mediante calor local, los policarbonatos son ampliamente utilizados en la manufactura moderna. Su nombre de “policarbonato” se debe a que se encuentran formados por polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular. En la figura (2.21) se observa una plancha de policarbonato.



**Figura 2.21** Plancha de policarbonato.

**Fuente:** <http://www.comercioindustrial.net>

Entre las razón principales del uso del policarbonato en nuestro simulador es su alta resistencia a los impactos ya que es 200 veces mayor que un vidrio y su peso es más liviano. Como se encuentra ubicado en una zona donde se puede presentar un aumento de temperatura este policarbonato nos ayuda aislar el calor ya que puede soportar temperaturas de 100 °C a 135 °C.

## 2.3 Análisis estructural

Este análisis se refiere al uso exclusivo de ecuaciones en la resistencia de materiales para por medio de estas lograr encontrar los esfuerzos internos, las deformaciones y tensiones que pueden actuar sobre dicha estructura. En el proyecto que se realiza en el simulador es necesario determinar dichas fuerzas para tener el conocimiento adecuado de las posibles fatigas mecánicas que podría sufrir la estructura como las partes acopladas al mismo y su influencia en el desempeño.

Los análisis realizados a los siguientes elementos y estructuras fueron determinados en el programa SOLIDWORKS ingresando los datos reales de los diferentes materiales utilizados, así como sus datos establecidos para cada uno de ellos. Entre los materiales utilizados dentro del simulador se observan en la tabla (2.8).

**Tabla 2.8** Materiales utilizados.

<b>Elemento</b>	<b>Material</b>
Motor	Aluminio
Bomba	Aluminio
Base de motor y bomba	AISI 1020
Tanque	Acero inoxidable 430
Estructura	AISI 1020

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

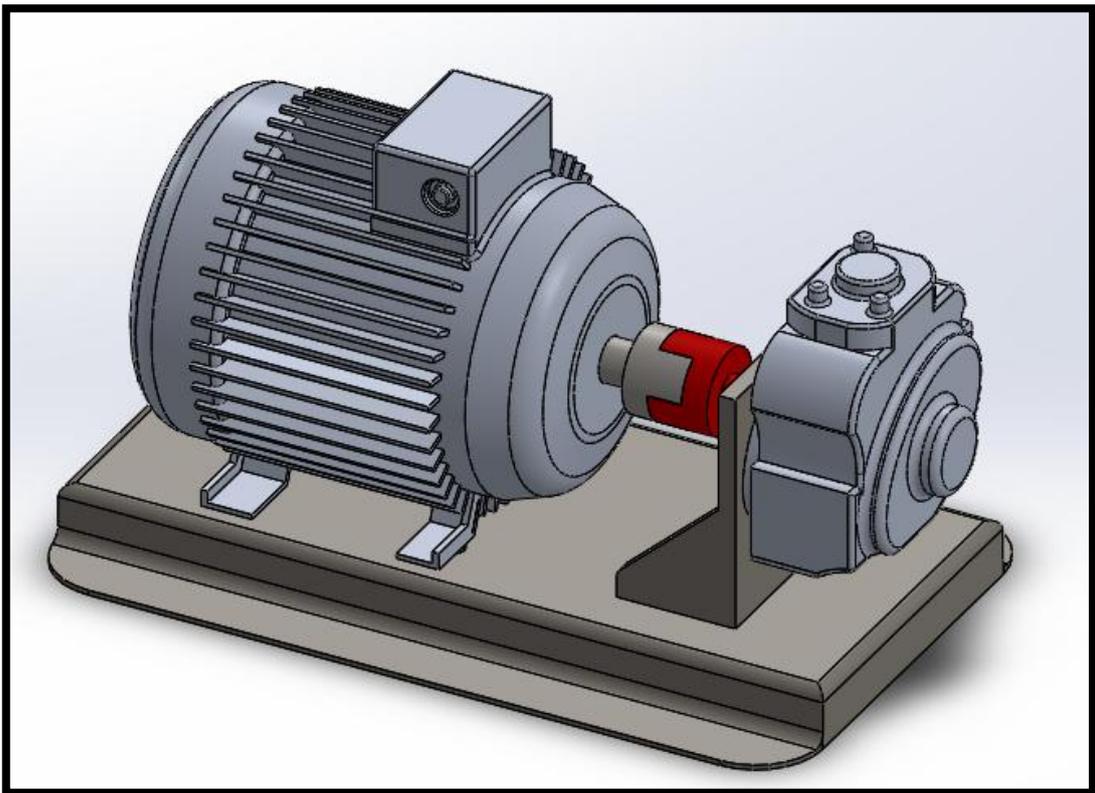
### 2.3.1 Base de motor, motor y bomba

Dentro de este análisis se tomó en consideración el peso de cada uno de los componentes, entre estos tenemos que:

**Tabla 2.9** Peso componentes base de motor, motor y bomba

<b>Elemento</b>	<b>Peso Kg</b>
Motor + acople	19
Bomba HP3 + eje + acople	3.5
<b>Peso total componentes</b>	<b>22.5</b>

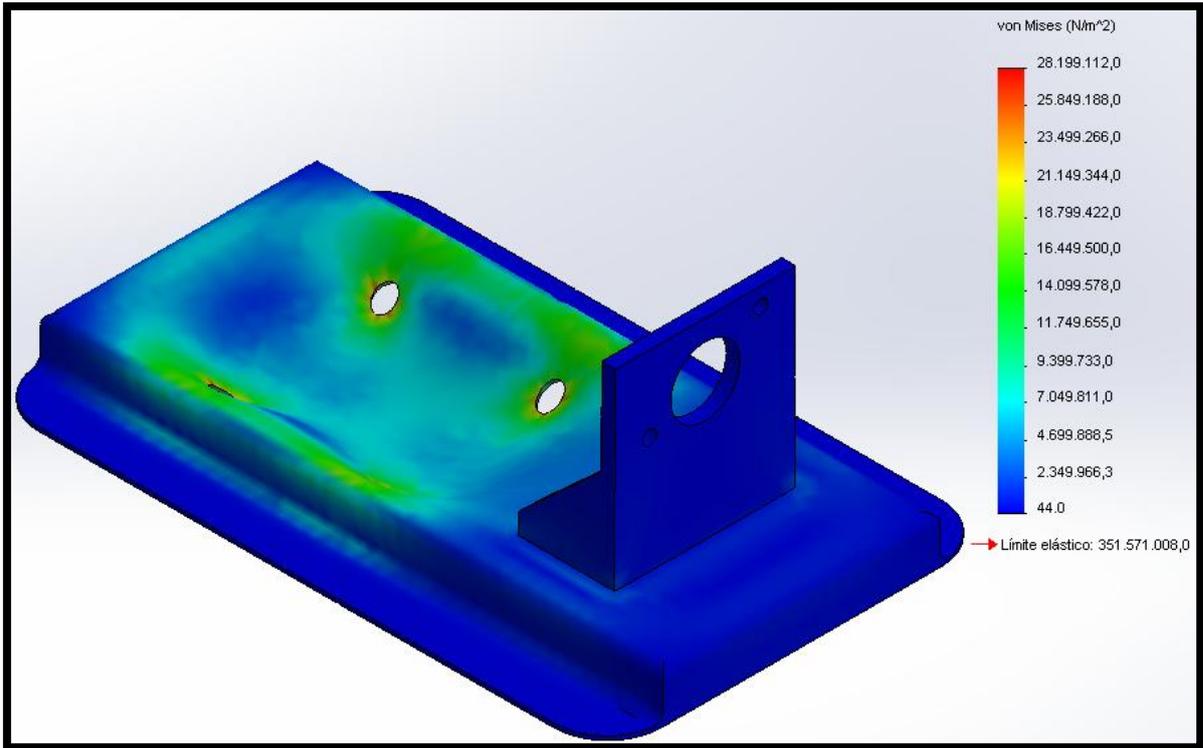
**Fuente:** Carlos Sempértegui.



**Figura 2.22** Ensamble de base de motor, motor y bomba.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

Con los datos establecidos en la tabla (2.9) se procede a realizar el análisis de tensión sobre la base del motor con un peso total de 22.5kg de los cuales se van a distribuir de la siguiente manera: 19kg en agujeros de base y 3,5kg en base vertical de bomba. De esta manera se procede a realizar los siguientes estudios.

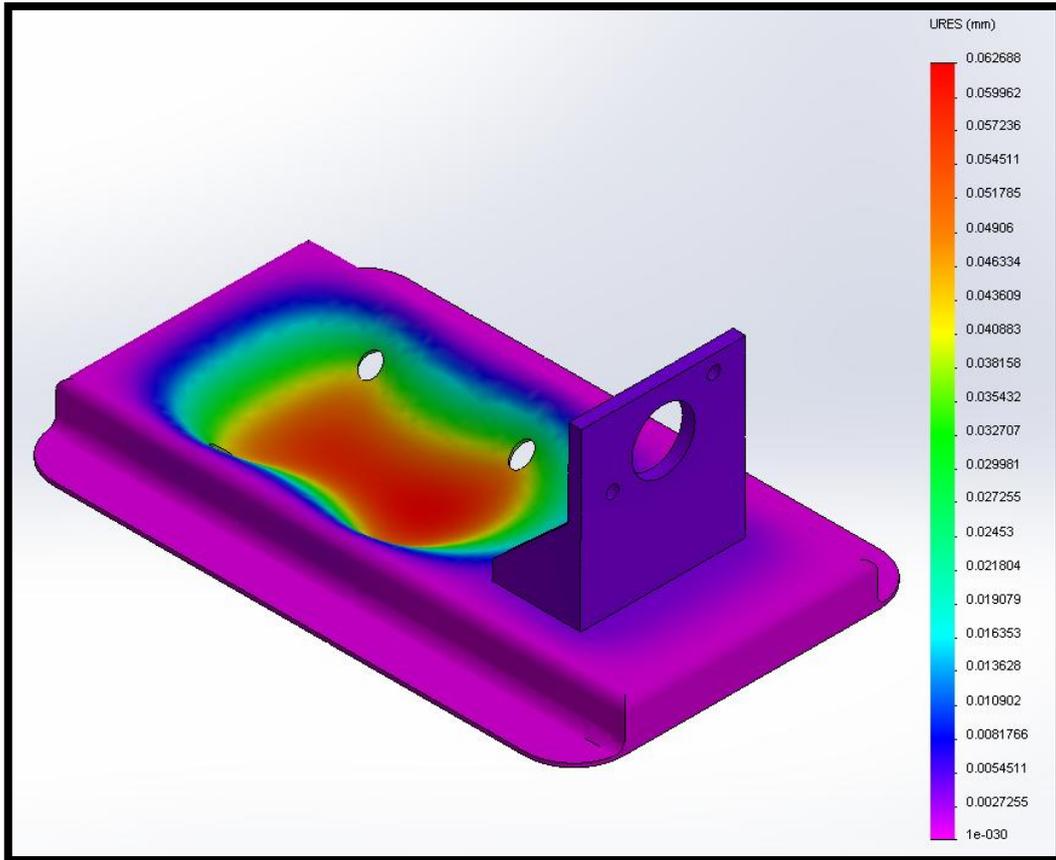


**Figura 2.23** Análisis de tensiones.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En el análisis de tensiones se puede observar si el material del elemento sobrepasa el límite elástico, ya que si pasa de dicho valor se convierte en una deformación plástica, con la cual el elemento se deforma y no puede regresar a su estado inicial.

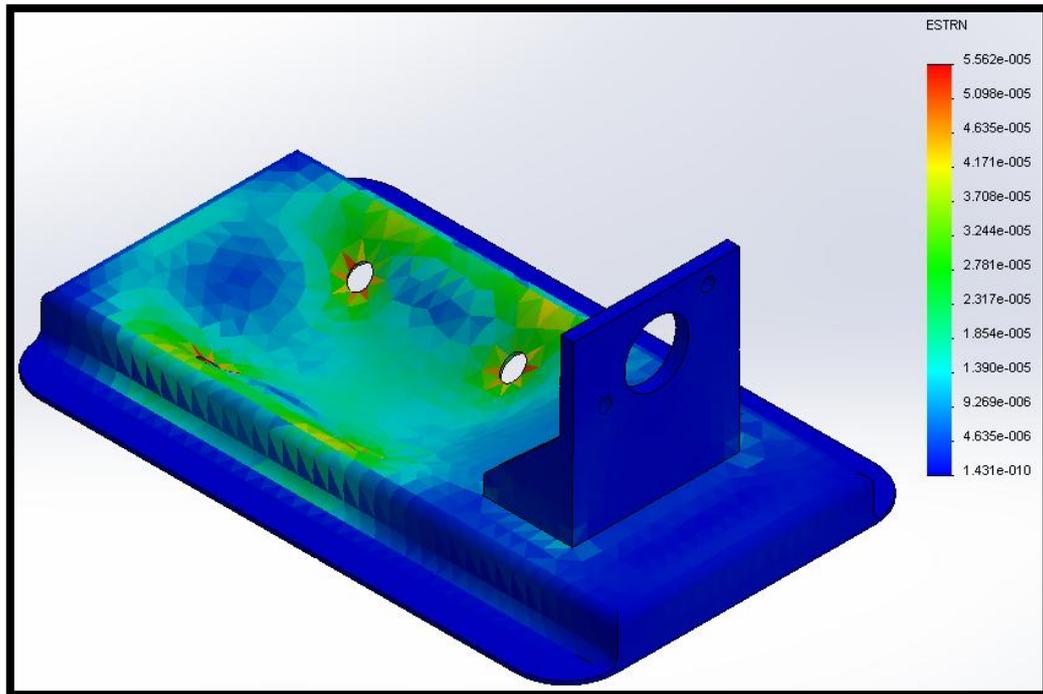
Como se puede observar en la figura (2.23) el valor máximo es de  $28.199.122.0 \text{ N/m}^2$  Y el límite elástico del material es de  $351.571.008,0 \text{ N/m}^2$ , con lo cual el material no tiene problema al manejar dicha carga.



**Figura 2.24** Análisis de desplazamiento.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.24) nos muestra la cantidad de desplazamiento que ha sufrido el elemento cuando se le somete dicha carga, las unidades de este análisis son (mm) y se puede observar que el valor máximo ha sido de 0,06mm en la sección del motor.



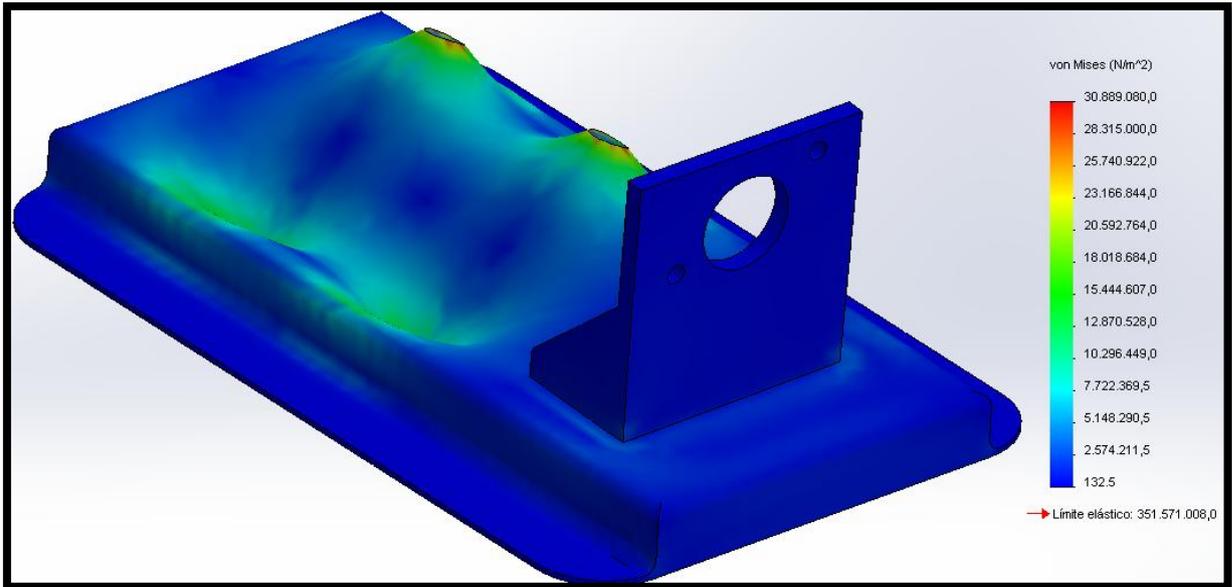
**Figura 2.25** deformaciones unitarias (ESTRN).

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

Las deformaciones unitarias es la relación que existe entre la deformación total y la longitud total del elemento, la cual permite determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzos de tensión o compresión axial.

### 2.3.2 Análisis torsional al momento del encendido del motor

En este estudio nos enfocamos en los diferentes tipos de esfuerzos que se realizaran en la estructura en el momento exacto del encendido y giro del motor, produciendo un momento torsional el cual podría influir en la estructura.

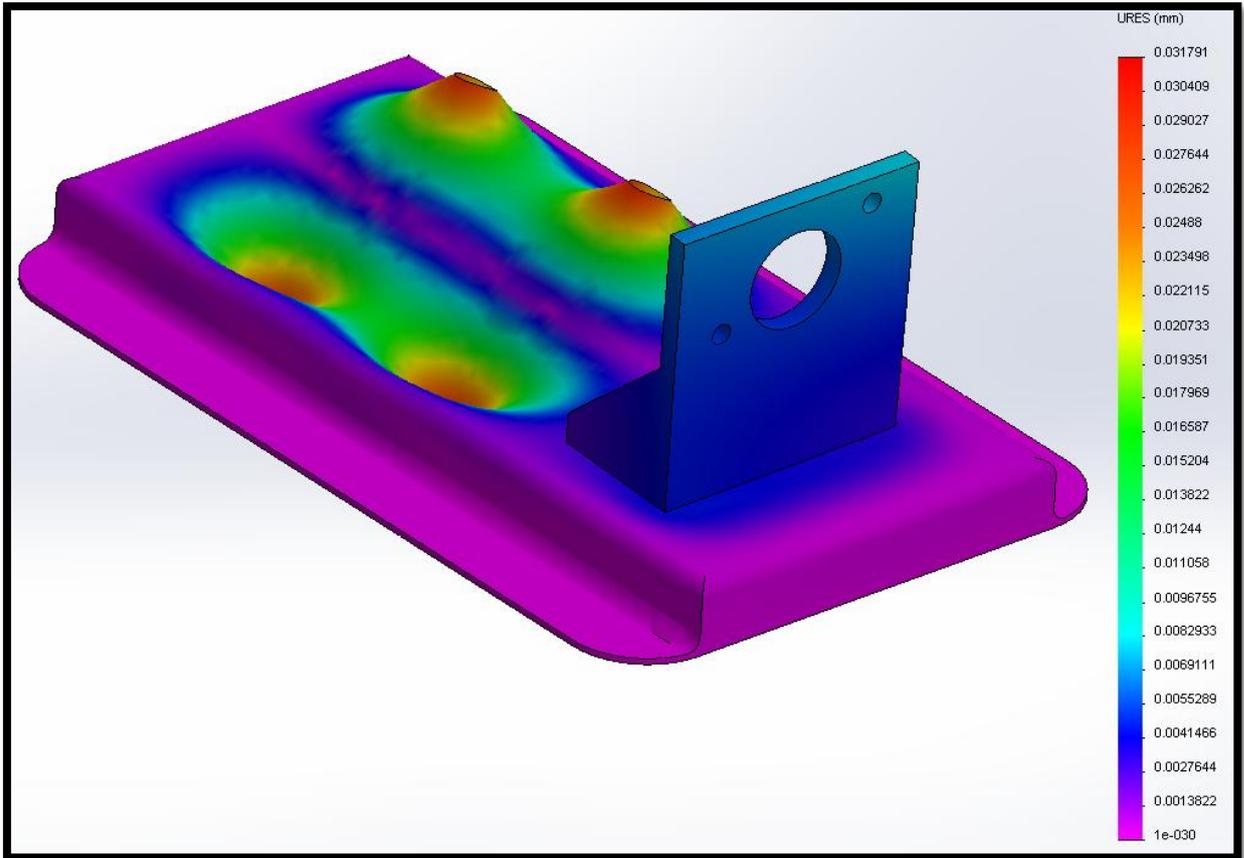


**Figura 2.26** Tensión al momento del encendido del motor.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

Al momento en que el motor se enciende, se produce un momento torsional sobre la base de apoyo del motor, lo que se traduce como un esfuerzo de tracción (hala) y uno de compresión (empuja) sobre los apoyos del mismo, por dicha razón se puede observar en la figura (2.26) que una parte de la base sale y otra entra, si bien es cierto que en la realidad los elementos no se van deformar como se muestran en la gráfica, el programa los recrea para poder apreciarlos.

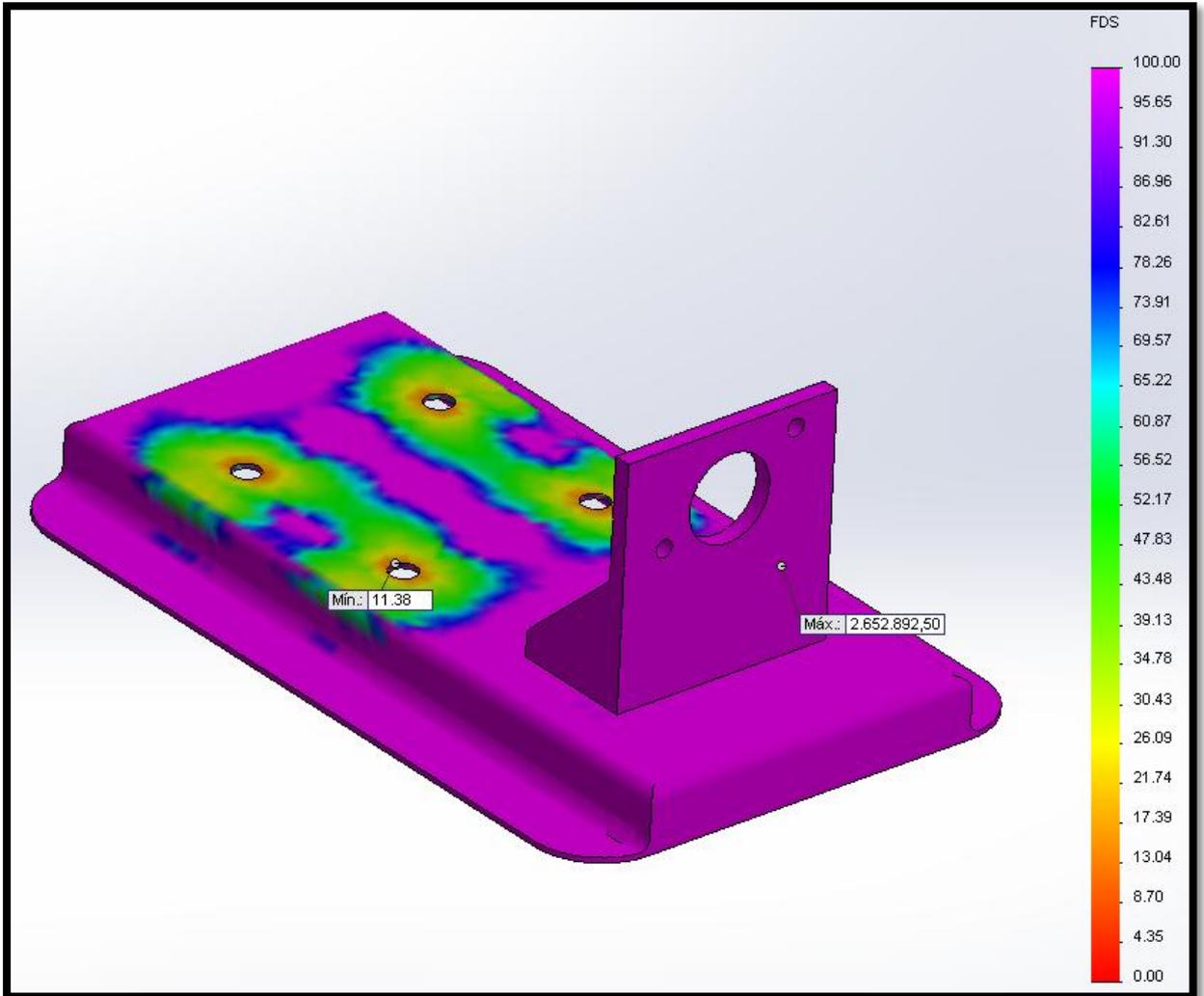
Adicionalmente en la figura (2.26) se observa que la tensión es máxima es de 30.899.080,0N/m<sup>2</sup> y en el estudio anterior de tensión de la base en la figura (2.23), la tensión fue de 28.199.122.0N/m<sup>2</sup>, como se observa la tensión aumento debido al momento de encendido del motor pero sigue siendo inferior al límite elástico del material.



**Figura 2.27** Desplazamiento al momento del encendido del motor.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En este análisis que se muestra en la figura (2.27) se observa no solo el desplazamiento que sufre la base con este esfuerzo, sino que además nos indica un desplazamiento un tanto menor de 0.03mm con respecto al anterior de deformación, observado en la figura (2.24) ya que la base casi entra en equilibrio cuando se le aplica dicho esfuerzo torsional provocado por el giro del motor.



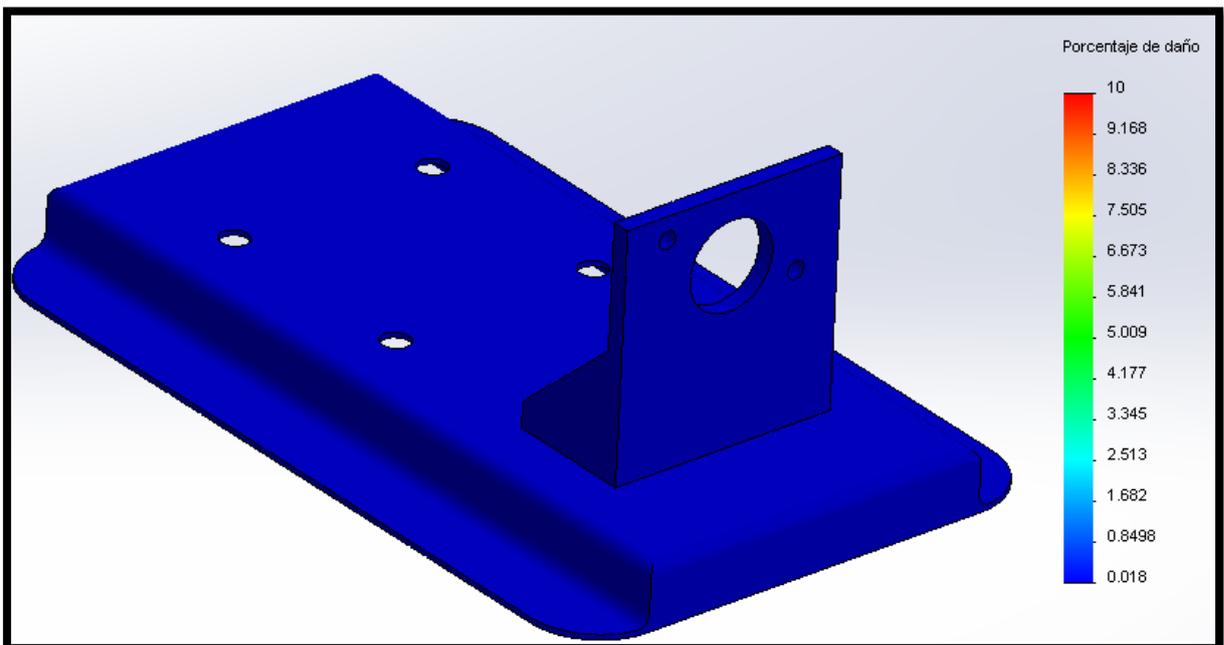
**Figura 2.28** Factor de seguridad al momento del encendido del motor.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.28) se observa el factor de seguridad que indica cuán sobredimensionado se encuentra el elemento, con respecto a las cargas o esfuerzos que se aplicarán a este, como se puede observar, el valor mínimo en la base de motor es de 11,38 lo que nos dice que el elemento posee un margen de seguridad alto y que el elemento no vaya a fallar durante el trabajo, si los esfuerzos pasan de dicho valor, el elemento fallará. Si se mostrara números FDS menores a 1, indicaría fallo.

### 2.3.3 Análisis de fatiga base motor

Saliendo de los análisis comunes se puede observar en la vida cotidiana que repetidos ciclos de carga y descarga son la causa para debilitar las piezas a lo largo del tiempo incluso cuando estas cargas se encuentra por debajo de la tensión de rotura del material, a este fenómeno se lo conoce como fatiga. Con cada ciclo de fluctuación de la tensión ayuda a deteriorar la pieza causando en un principio daños leves, pero con un n<sup>o</sup> de ciclos determinados la pieza se encuentra tan debilitada que se rompe por la fatiga.

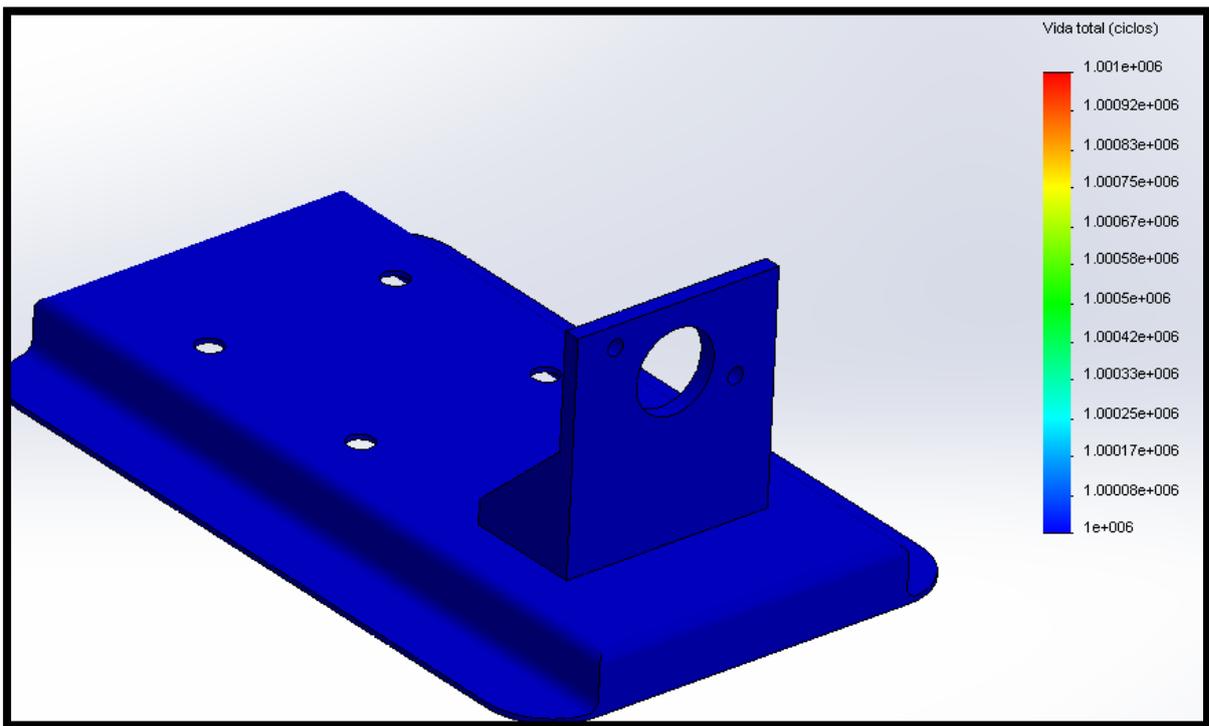


**Figura 2.29** Porcentaje de daño al momento del encendido del motor.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

Este análisis en las figuras (2.29 y 2.30) fue realizado con una simulación de 1000000 ciclos y nos indica en porcentaje, si el elemento al momento de someterse a dichas cargas, va a sufrir algún daño ya que el elemento está

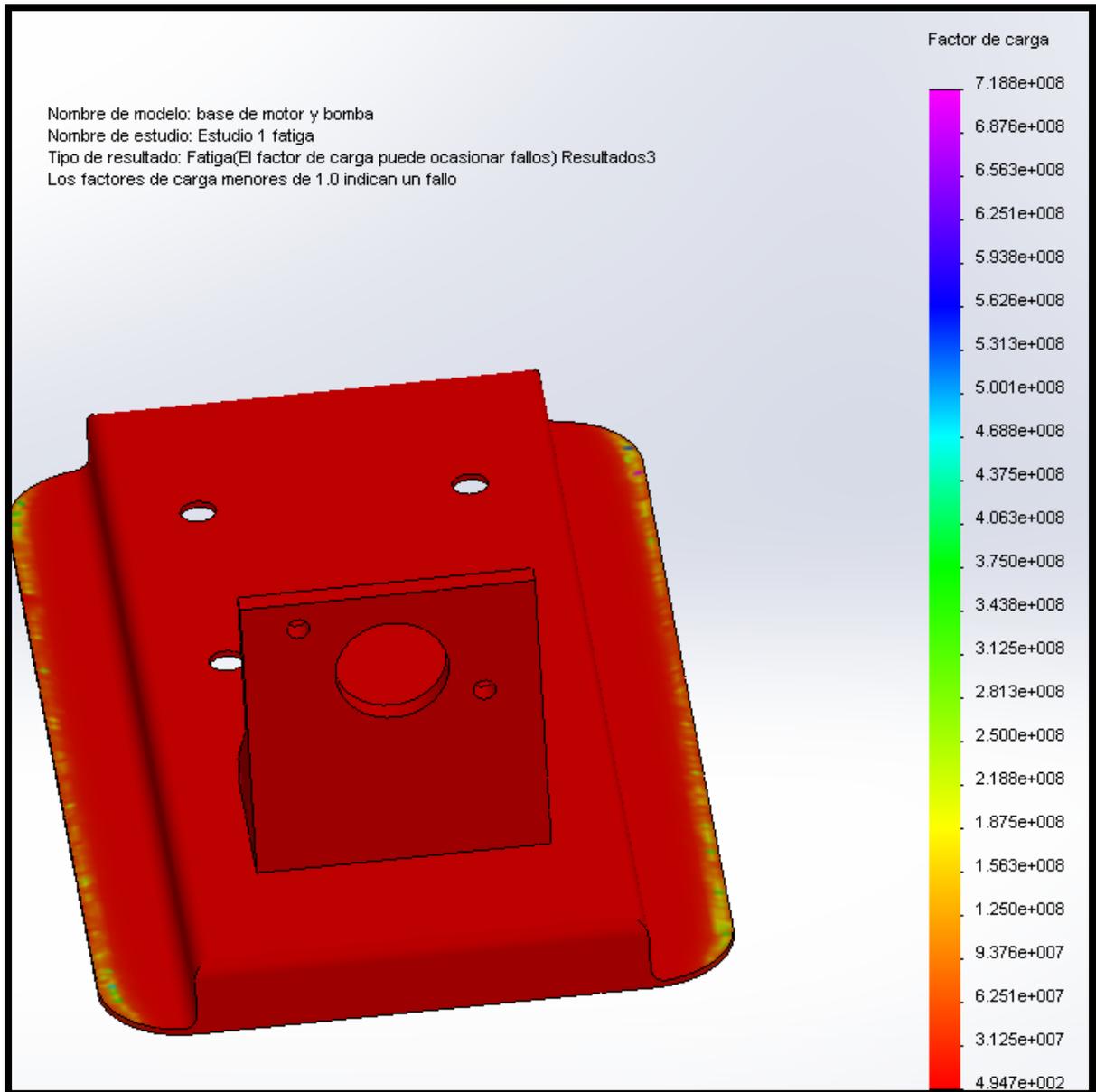
sometido a ciclos de carga y descarga al momento del encendido del motor principalmente ya que solo en dicho momento aumenta la tensión en la base, pero como se puede observar, no sufre daño alguno.



**Figura 2.30** Vida total de ciclos.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.30) nos muestra la vida total que poseería el elemento al momento en que se le aplique dicha carga con respecto al número de repeticiones de la misma (ciclos). No se observa daño alguno en ninguna parte del elemento.



**Figura 2.31** Factor de carga.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.31) se observa al factor de carga el cual es similar al factor de seguridad pero cuando el elemento ha sido sometido a fatiga, se observa casi todo el elemento en color rojo ya que no se encuentra fijo como en los extremos que se ven tonos amarillos y verdes, en los cuales los valores son mucho más superiores.

El valor mínimo de factor de carga que se observa es de 494,7 y como dice en la leyenda de la figura (2.30), menos de 1 indica fallo, que en esta base de motor no se produciría.

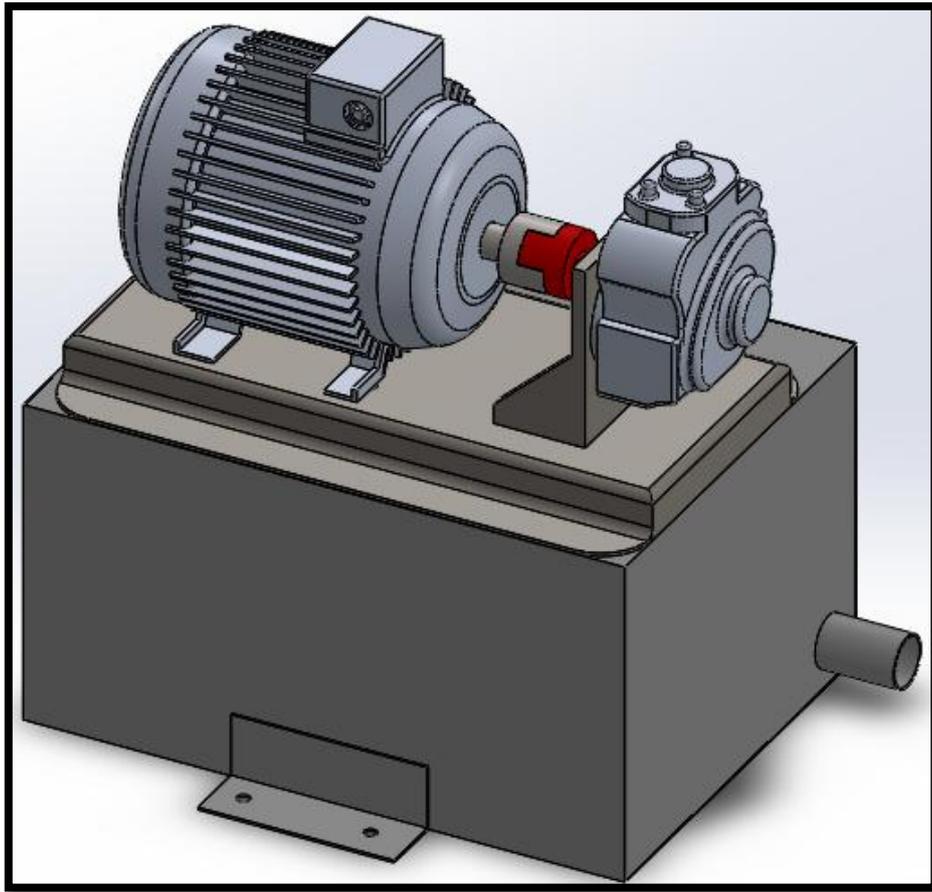
#### 2.3.4 Tanque

Dentro del estudio que se realizara en el tanque de acero inoxidable 430, se tomó en consideración el peso de cada uno de los componentes que ejercían esfuerzos sobre tanque, entre estos tenemos que:

**Tabla 2.10** Peso componentes tanque y base motor

<b>Elemento</b>	<b>Peso Kg</b>
Motor + acople	19
Bomba HP3 + eje + acople	3.5
Soporte de motor y bomba	5.5
<b>Peso total sobre tanque</b>	<b>28</b>

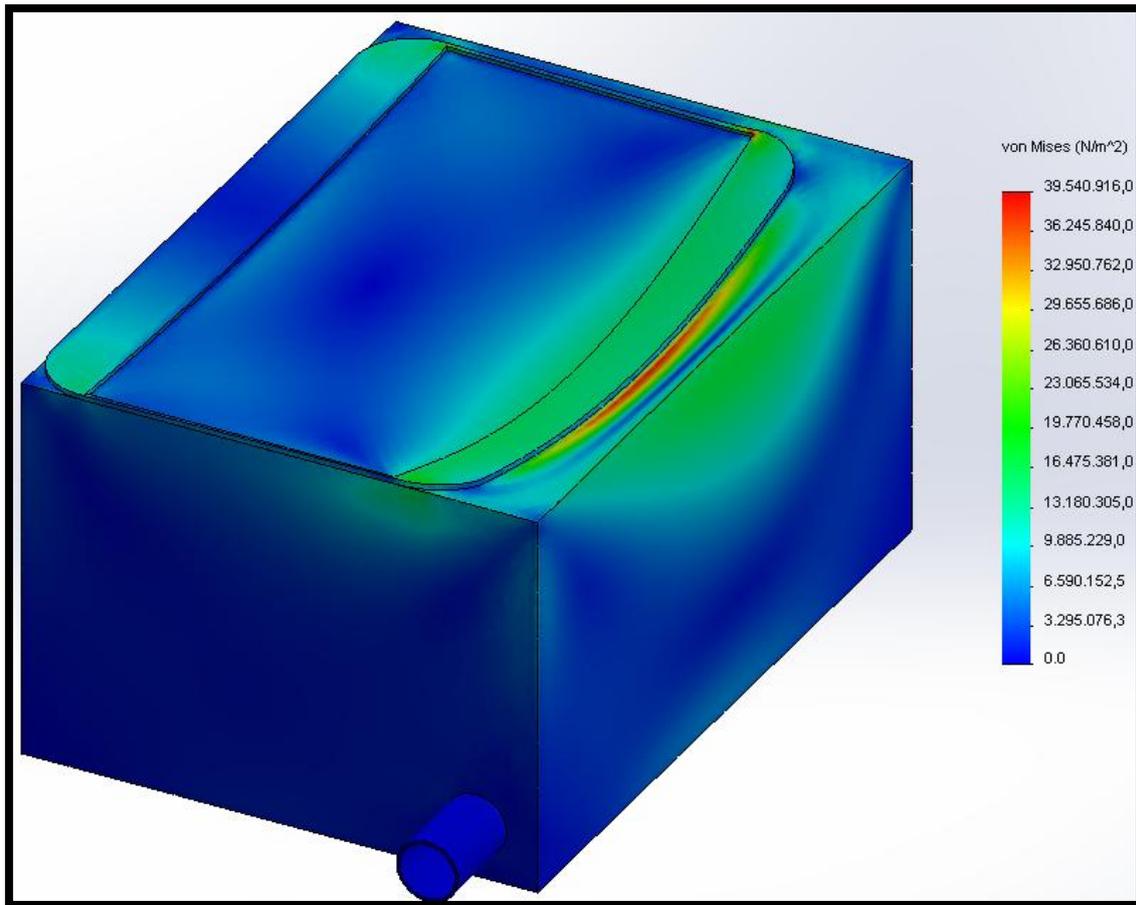
**Fuente:** Carlos Sempértgui.



**Figura 2.32** Ensamble de base de motor, motor y bomba.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

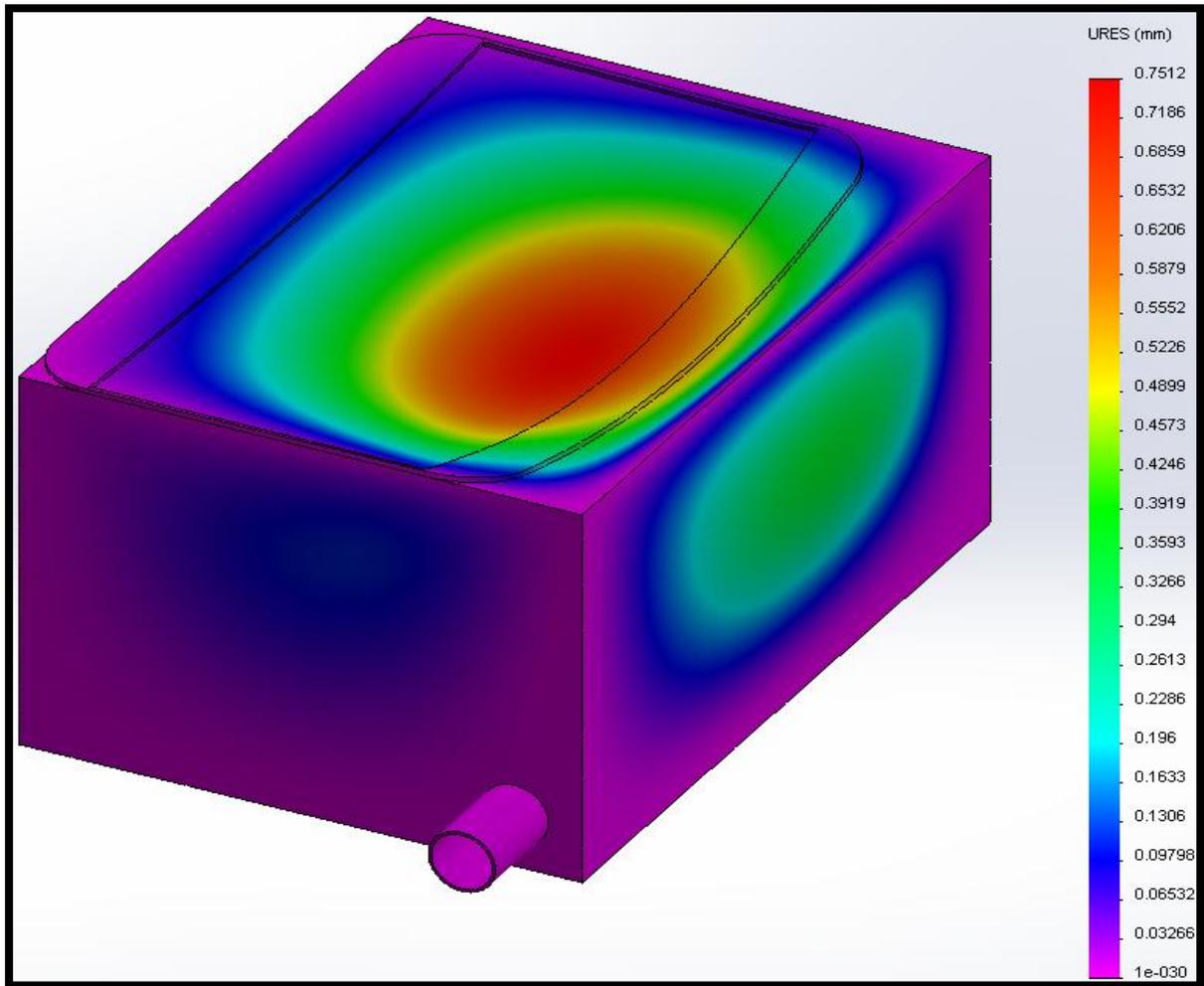
Con los datos establecidos en la tabla (2.10) se procede a realizar el análisis de tensión sobre la base del motor con un peso total de 28kg; de esta manera se procede a realizar los siguientes estudios.



**Figura 2.33** Análisis de tensiones tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértugi, (Programa SolidWorks).

A diferencia del análisis que se observa en la figura (2.23) de tensiones en la base de motor, este análisis que se observa en la figura (2.33) no nos indica un valor de límite elástico del material, ya que en este análisis se utilizan 2 materiales distintos (tanque con acero inoxidable y la base de motor con acero), pero se pueden comparar los valores del gráfico con los de las tablas (2.7 y 2.8) respectivamente y ver si se sobrepasó el límite elástico de cada uno de los materiales, en este caso el valor máximo que se observa es de  $39.540.916,0 \text{ N/m}^2$  y acero inoxidable 430 posee un límite elástico de  $172.34 \text{ N/mm}^2$  y el del acero es de  $351.57 \text{ N/mm}^2$ .



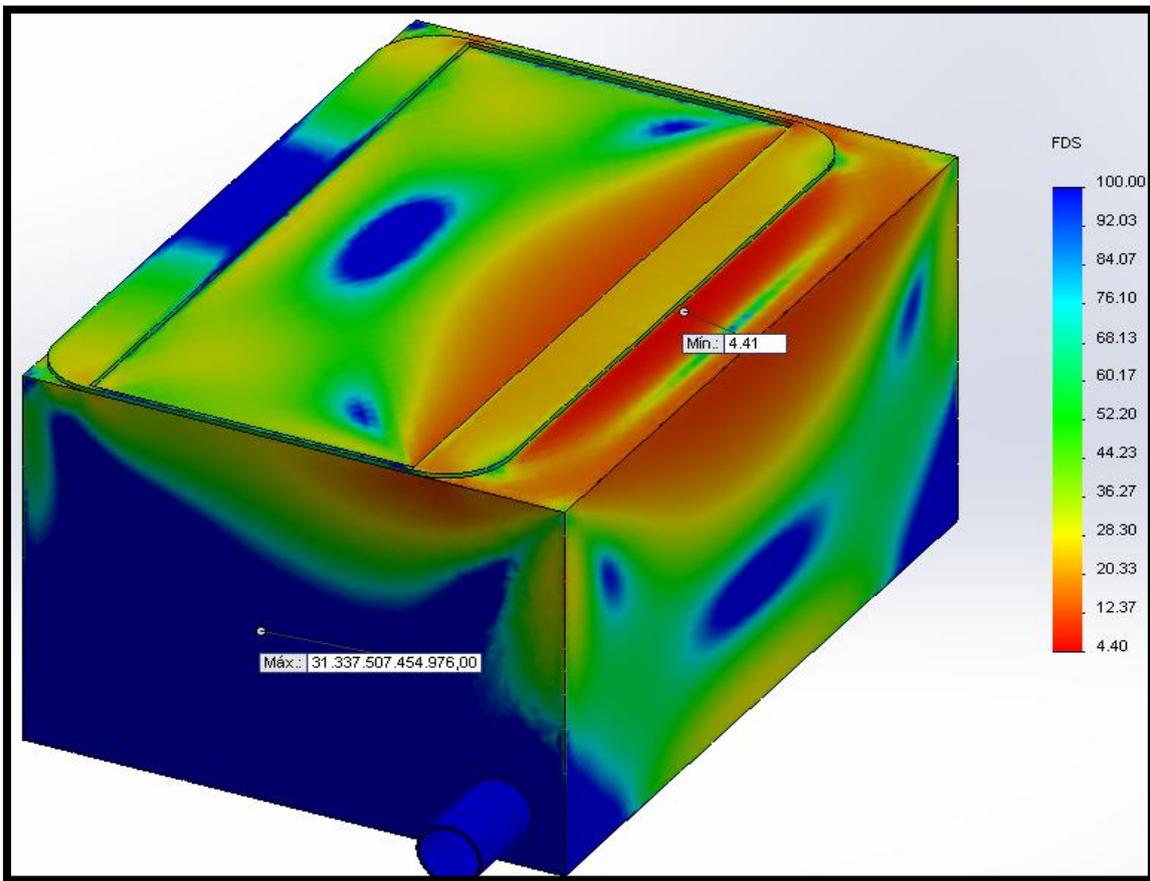
**Figura 2.34** Análisis de desplazamientos tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.33) el tanque presenta una deformación en la parte superior en el centro del mismo ya que es un área que se encuentra llamemos sin un soporte alguno, a diferencia del lado izquierdo donde la pared del tanque actúa como si fuera una columna, en las cual se distribuye la carga que se le aplica.

La carga es igual en toda el área de la base (de la base del motor y bomba) sobre el tanque y se observa un desplazamiento máximo de 0.751mm en

el centro del tanque que sería la parte más afectada del mismo aunque él valor es mínimo.



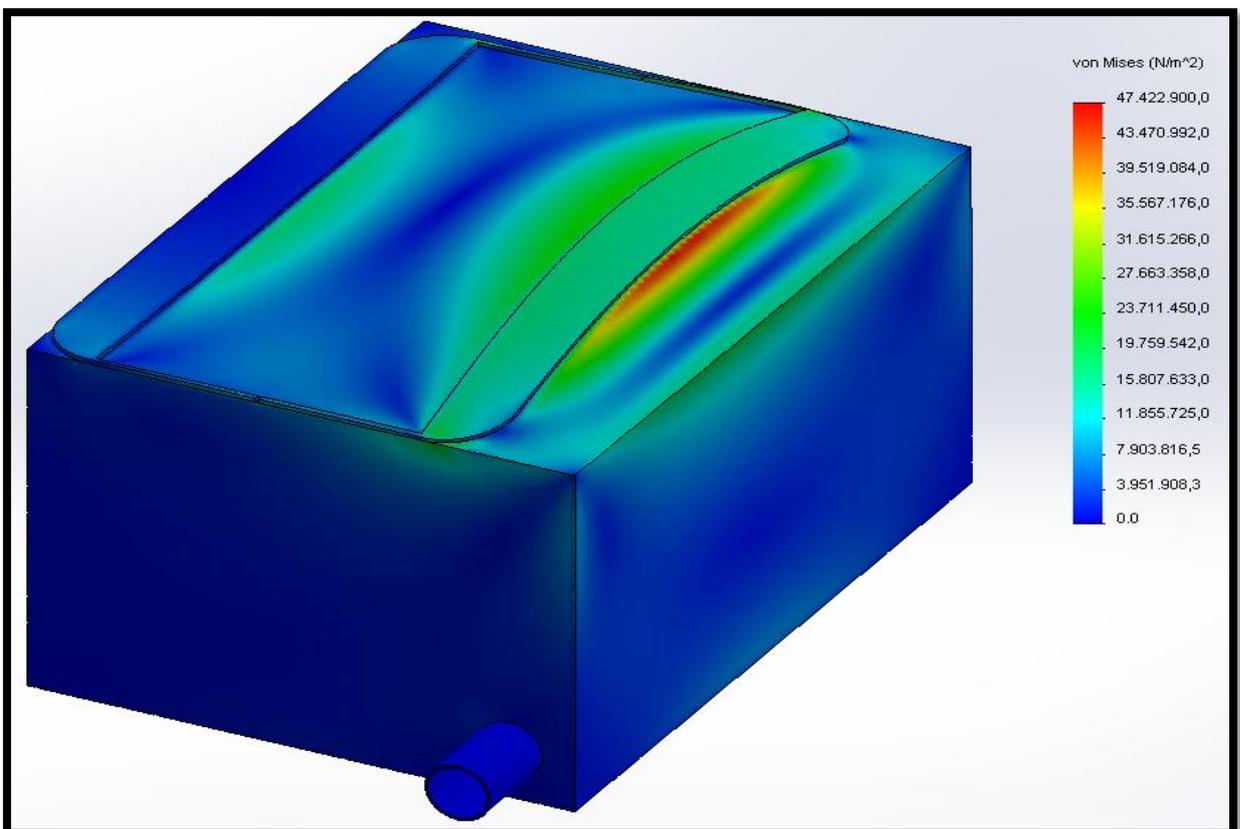
**Figura 2.35** Factor de seguridad del tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.35) de factor de seguridad del tanque se observa que si bien la escala de la figura es de 4,4 a 100, es solo para poder apreciar el factor de seguridad que posee el tanque, con respecto a la carga sometida, caso contrario no se apreciaría ninguna diferencia visible.

### 2.3.5 Análisis torsional sobre el tanque al momento de encendido del motor.

En este estudio nos enfocamos en los diferentes tipos de esfuerzos que se realizaran en la estructura en el momento exacto del encendido y giro del motor, produciendo un momento torsional el cual podría influir en la estructura del tanque de acero inoxidable 430.

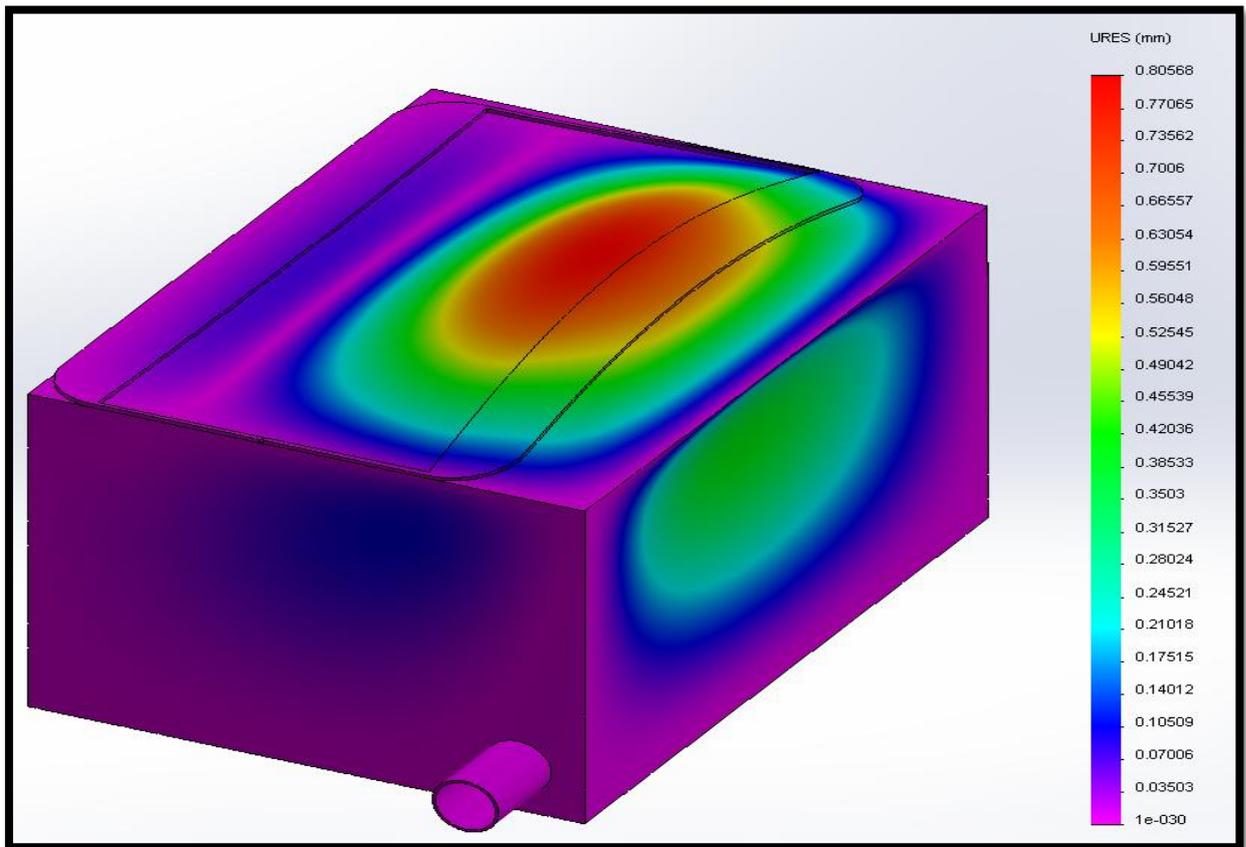


**Figura 2.36** Tensión del tanque momento encendido motor.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.36) se observa el análisis de tensiones del tanque al momento del encendido del motor y este muestra que esfuerzo torsional que se produce al encender el motor desde la base (base motor- bomba) hasta la parte

superior del tanque, la cual se encuentra unida a dicha base. Adicionalmente en la figura (2.36) se observa que la tensión es de  $47.422.900,0\text{N/m}^2$  y en el estudio anterior de tensión de la base observado en la figura (2.33), la tensión fue de  $39.540.916,0\text{N/m}^2$ , indicado así un incremento de tensión al momento del encendido del motor.

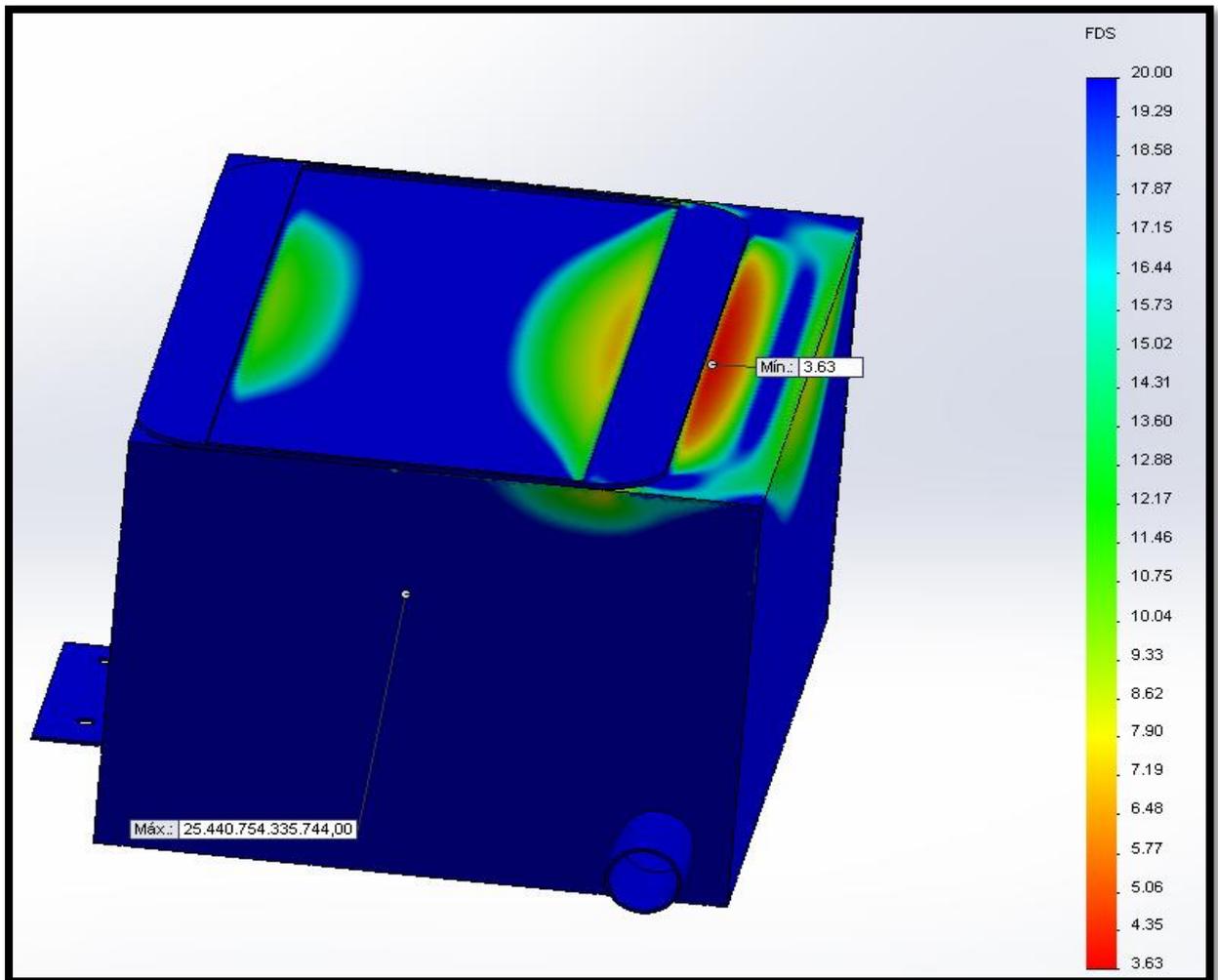


**Figura 2.37** Desplazamiento del tanque momento encendido motor.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks)

En la figura (2.37) nos muestra la cantidad de desplazamiento que ha sufrido el tanque al momento de encendido del motor, se puede observar que el valor máximo ha sido de 0,80mm en el centro del tanque existiendo un incremento con respecto a lo observado en la figura (2.33) en la cual nos indica un

desplazamiento máximo de 0.75mm, esto debido al momento del encendido del motor.



**Figura 2.38** Factor de seguridad del tanque.

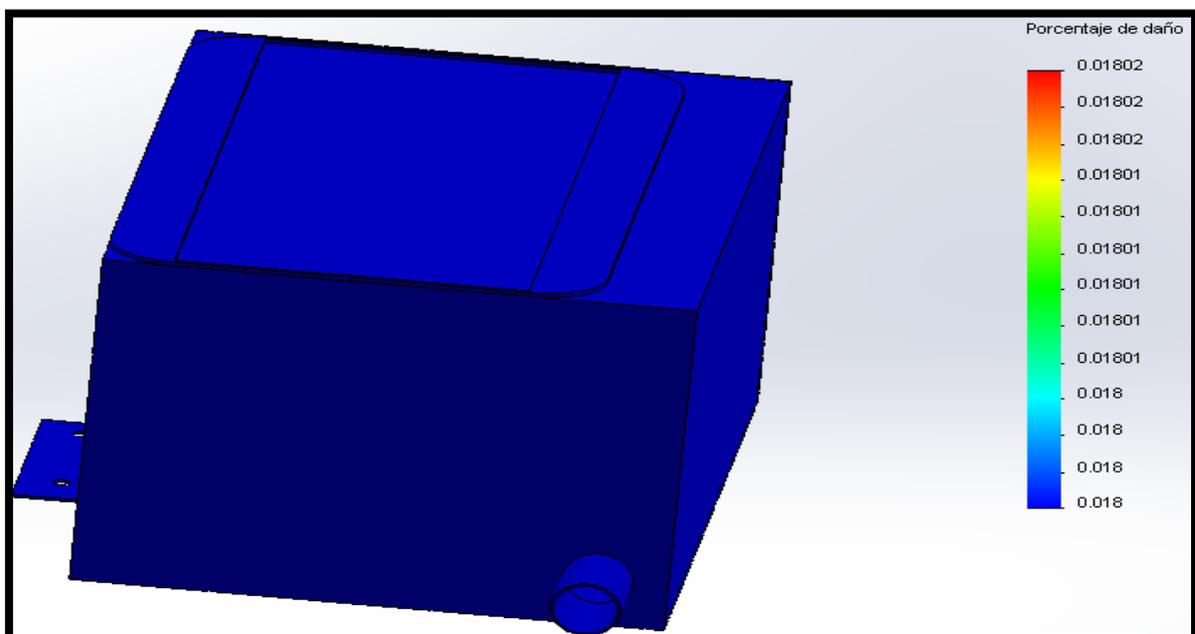
**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.38) se observa el factor de seguridad que indica cuan sobre dimensionado se encuentra el elemento, con respecto a las cargas o esfuerzos que se aplicarán a este, como se puede observar, el valor mínimo en el tanque es de 3.63 lo que nos dice que el elemento posee un margen de seguridad alto y que

el elemento no vaya a fallar durante el trabajo, si los esfuerzos pasan de dicho valor, el elemento fallará. Si se mostrara números FDS menores a 1, indicaría fallo.

### 2.3.6 Análisis de fatiga del tanque

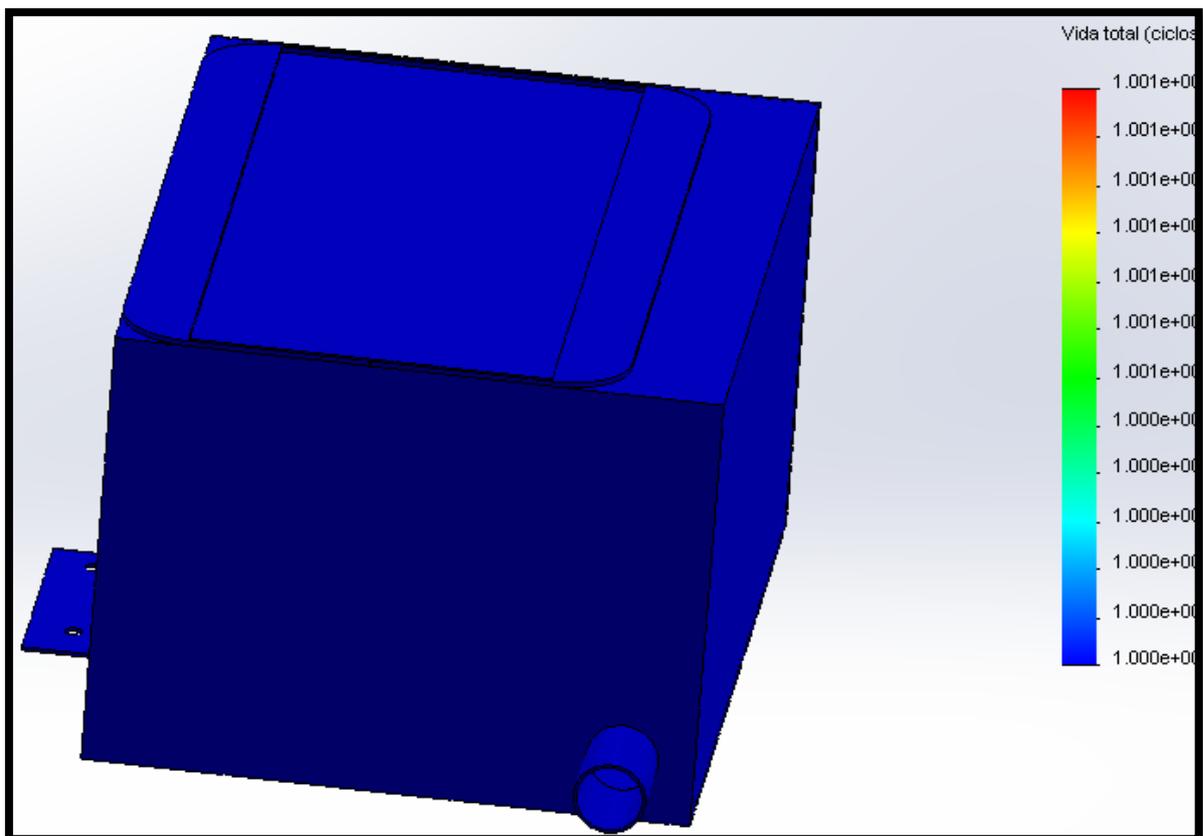
Se puede observar en la vida cotidiana que repetidos ciclos de carga y descarga son la causa para debilitar las piezas a lo largo del tiempo incluso cuando estas cargas se encuentra por debajo de la tensión de rotura del material, a este fenómeno se lo conoce como fatiga. Con cada ciclo de fluctuación de la tensión ayuda a deteriorar la pieza causando en un principio daños leves, pero con un nº de ciclos determinados la pieza se encuentra tan debilitada que se rompe por la fatiga.



**Figura 2.39** Porcentaje de daño del tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

Este análisis en las figuras (2.39 y 2.40) fue realizado con una simulación de 1000000 ciclos y nos indica en porcentaje, si el elemento al momento de someterse a dichas cargas, va a sufrir algún daño ya que el elemento está sometido a ciclos de carga y descarga al momento del encendido del motor principalmente ya que solo en dicho momento aumenta la tensión en la base, pero como se puede observar, no sufre daño alguno.

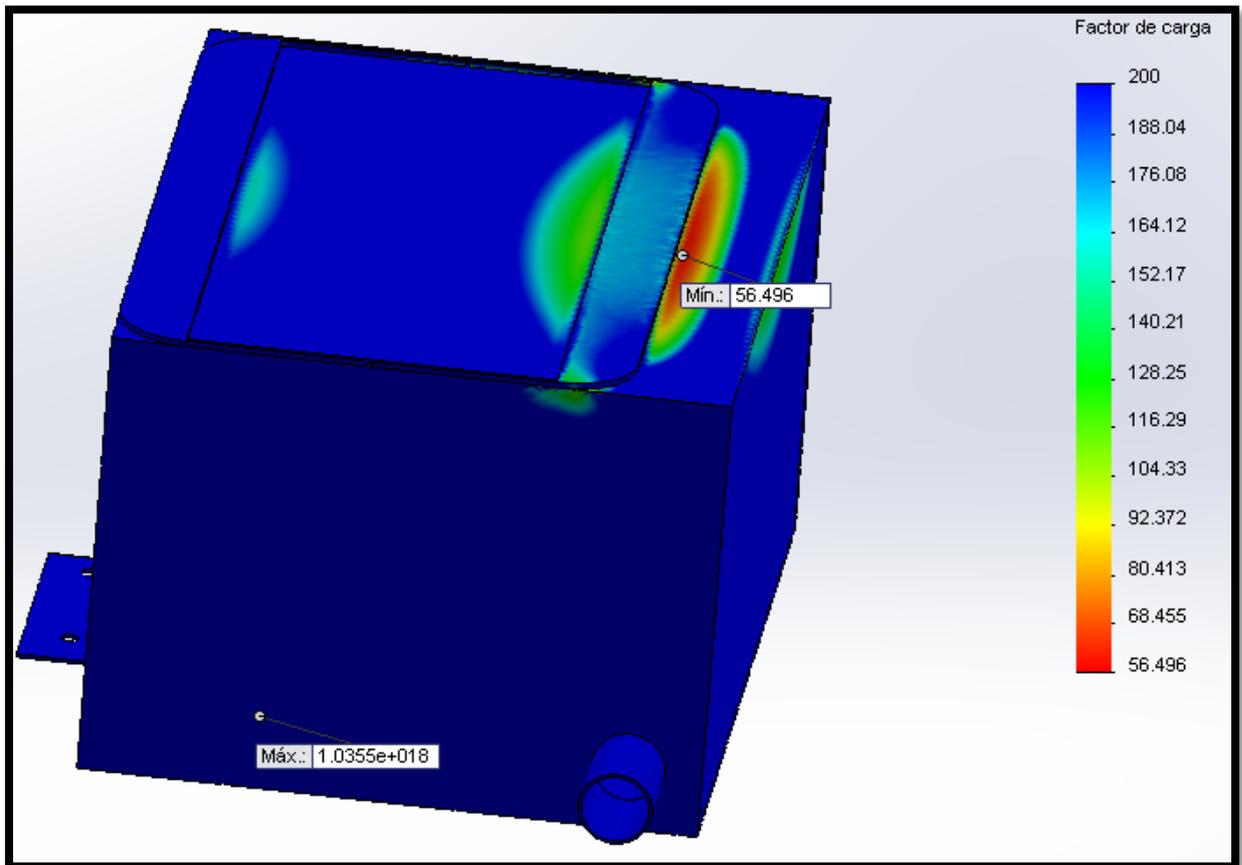


**Figura 2.40** Vida total de ciclos del tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.40) nos muestra la vida total que poseería el elemento al momento en que se le aplique dicha carga con respecto al número de repeticiones de la misma (ciclos) que en el estudio fue con un valor de 1000000

ciclos. No se observa daño alguno en ninguna parte del elemento como se puede observar en los valores de la figura (2.40).



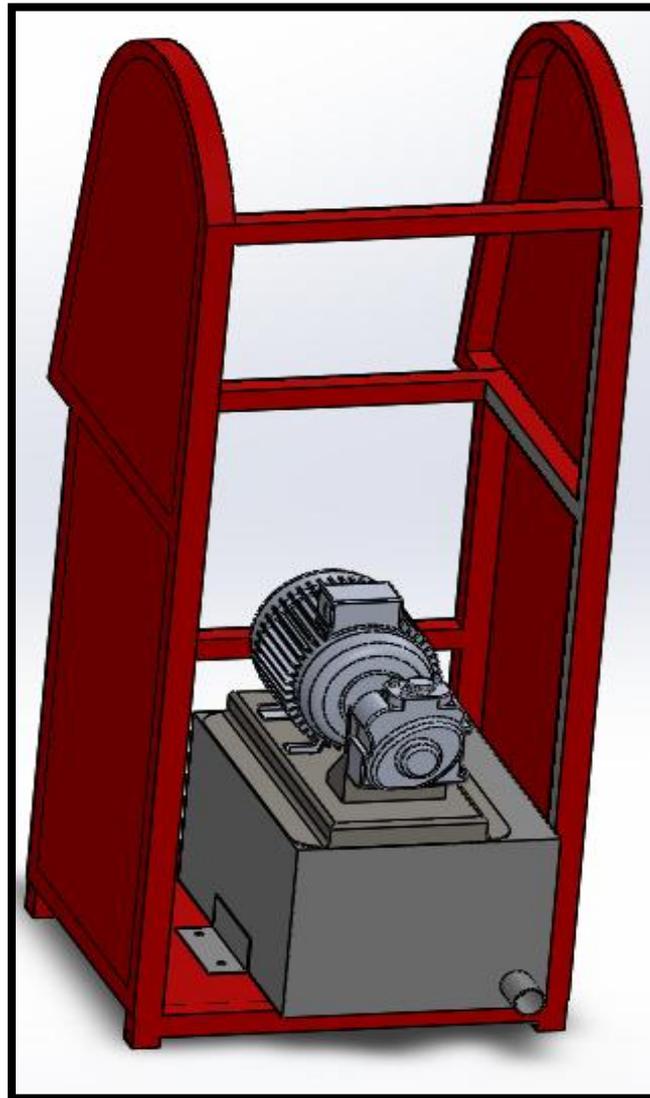
**Figura 2.41** Factor de carga del tanque.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.41) se observa al factor de carga el cual es similar al factor de seguridad pero cuando el elemento ha sido sometido a fatiga, en el centro del de la parte superior del tanque se observa tonos amarillos, rojos y verdes, en los cuales los valores son mucho más superiores.

El valor mínimo de factor de carga que se observa es de 56.49, y si el valor fuese menos de 1 indicaría fallo, que en este tanque no se observa.

### 2.3.7 Estructura



**Figura 2.42** Ensamble de estructura.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

Dentro del estudio que se realizara en la estructura metálica del simulador, se tomó en consideración el peso de cada uno de los componentes que ejercían esfuerzos sobre ésta, entre estos tenemos que:

**Tabla 2.11** Peso componentes estructura

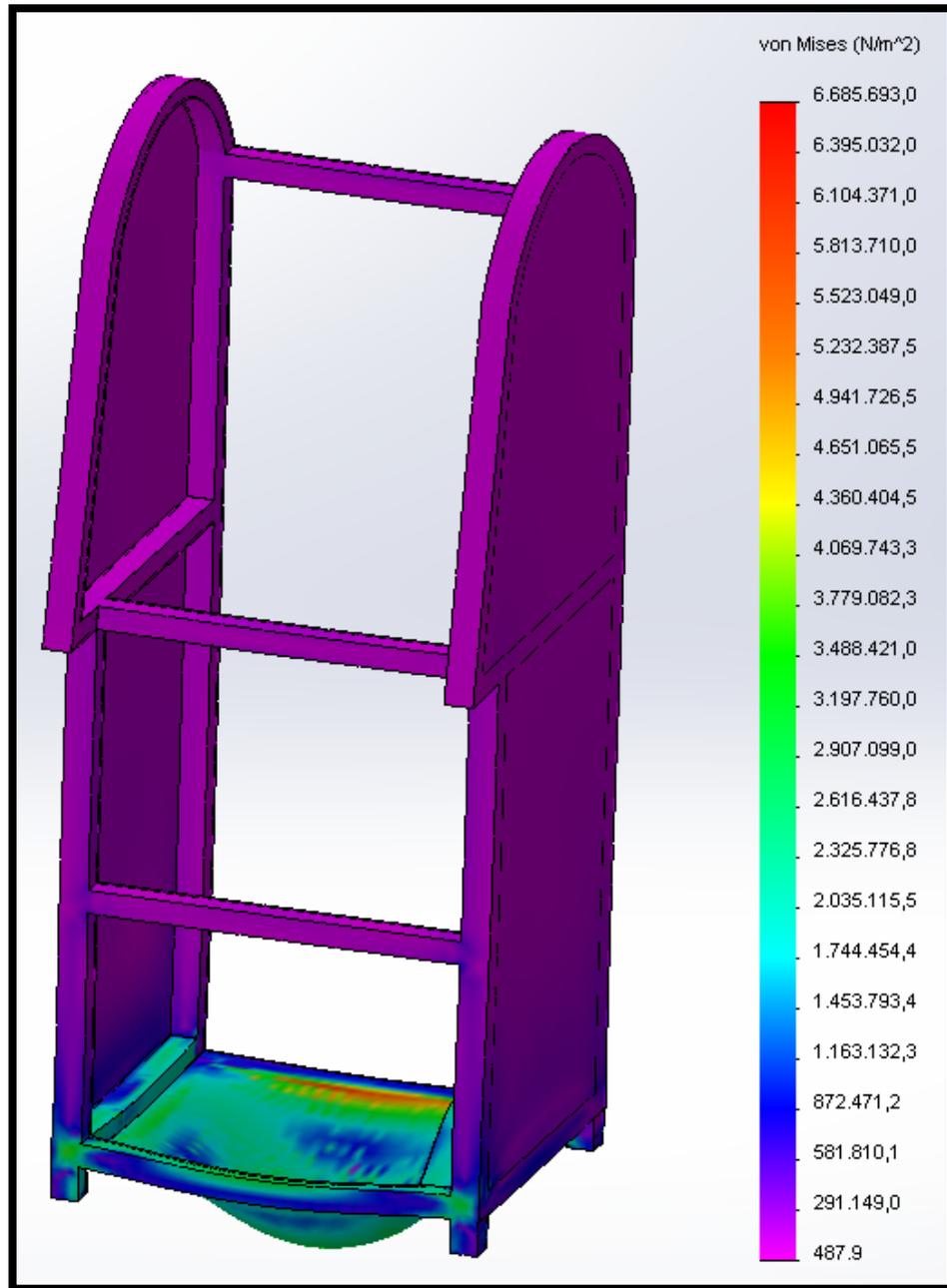
<b>Elemento</b>	<b>Peso Kg</b>
Motor + acople	19
Bomba HP3 + eje + acople	3.5
Soporte de motor y bomba	5.5
Tanque	6
<b>Total sobre estructura</b>	<b>34</b>

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

Con los datos establecidos en la tabla (2.11) se procede a realizar el análisis de tensión sobre la base de la estructura con un peso de 34kg; de esta manera se procede a realizar los siguientes estudios.

En el análisis de tenciones se puede observar si el material del elemento sobrepasa el límite elástico, ya que si pasa de dicho valor se convierte en una deformación plástica, con la cual el elemento se deforma y no puede regresar a su estado inicial.

Como se puede observar en la figura (2.43) el valor máximo de tensión que sufre la base de la estructura es de  $8.685.693.0\text{N/m}^2$  Y el límite elástico del material es de  $351.571.008,0\text{N/m}^2$ , con lo cual el material no tiene problema al manejar dicha carga.

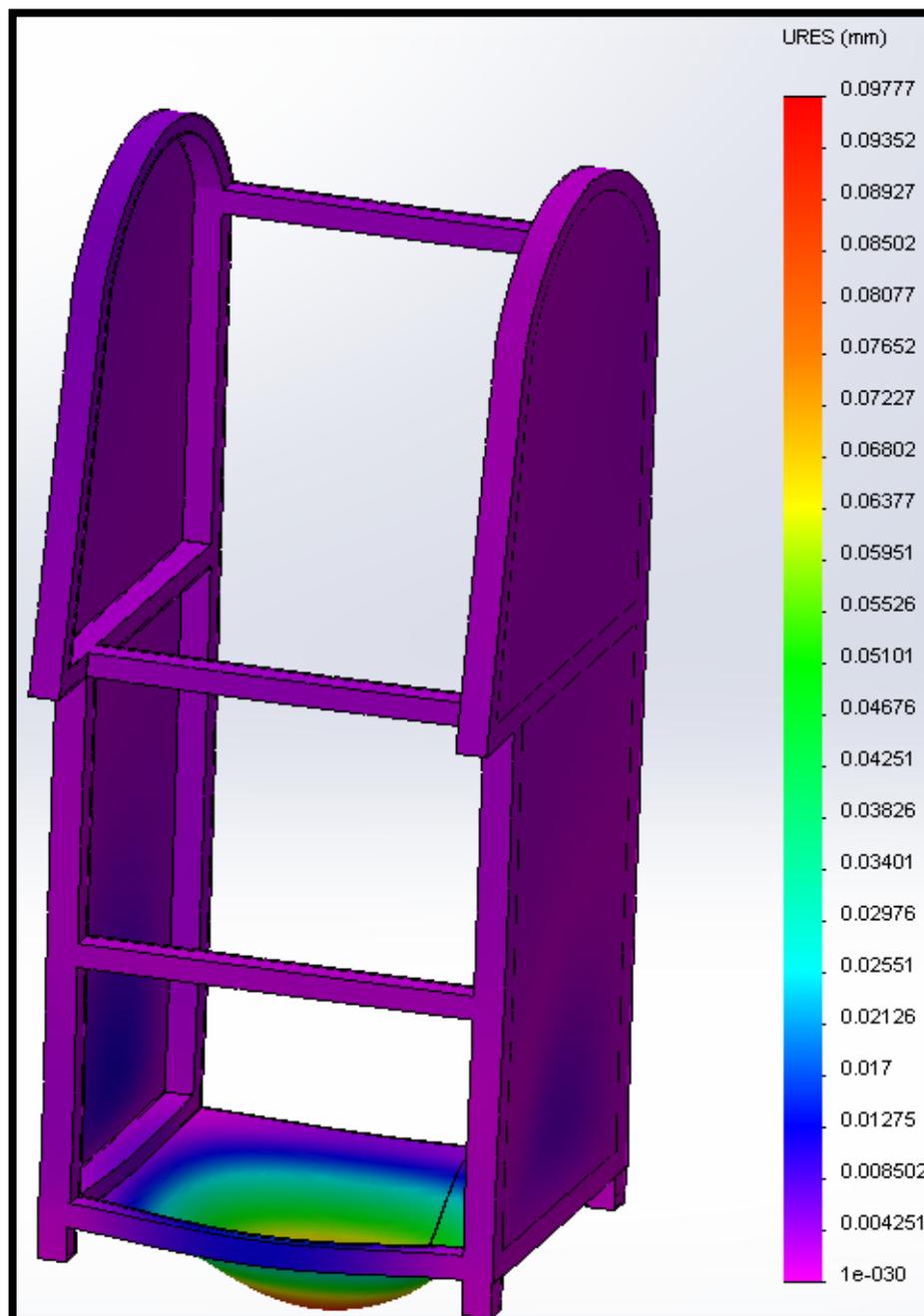


**Figura 2.43** Análisis de tenciones en la estructura 34kg.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

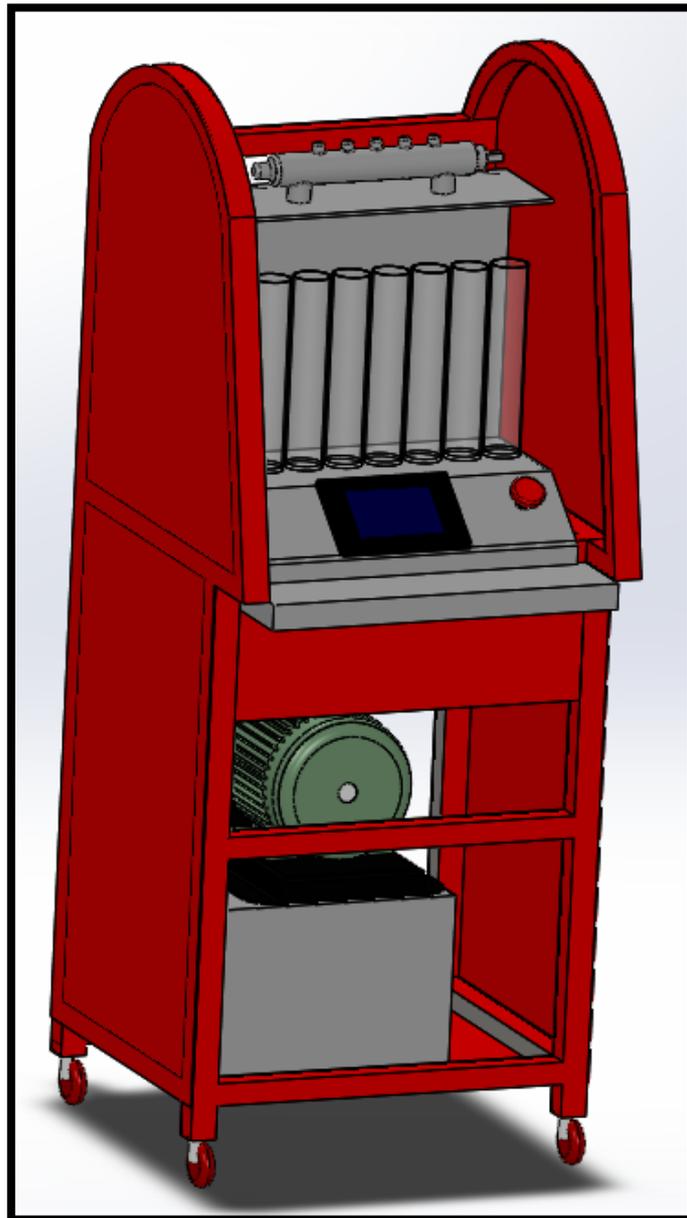
En la figura (2.44) la base presenta una deformación superior en el centro del mismo ya que es un área que se encuentra sin un soporte alguno, a diferencia de sus costados donde las patas de la base actúan como columnas, en las cual se distribuye la carga que se le aplica.

Por la carga se observa un desplazamiento máximo de 0.97mm en el centro de la base que sería la parte más afectada de la misma aunque él valor es mínimo.



**Figura 2.44** Desplazamientos en la estructura 34kg.

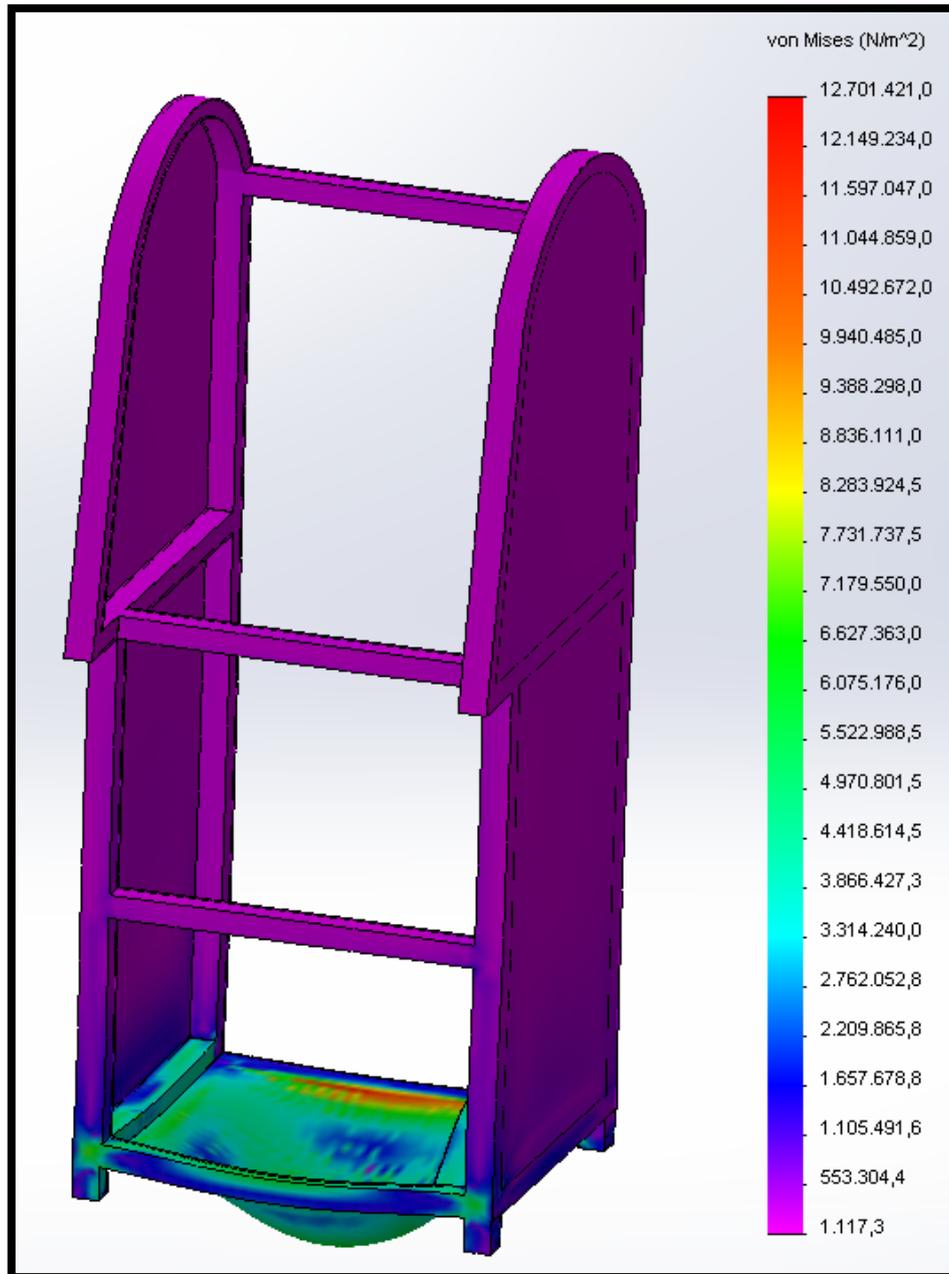
**Fuente:** Carlos Sempéregui, (Programa SolidWorks).



**Figura 2.45** Ensamble total de la estructura 74kg.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

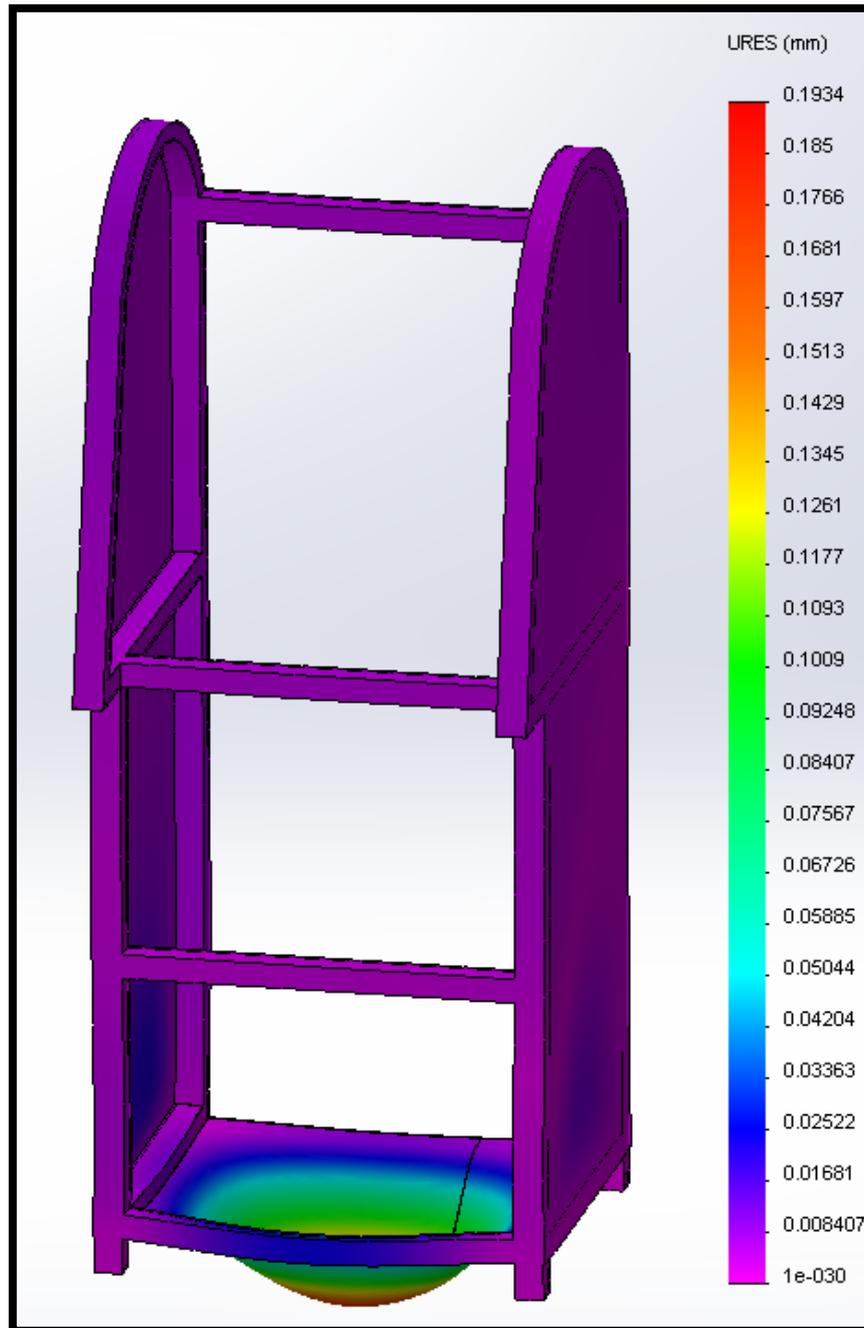
En la figura (2.45) se realizara el estudio completo de cargas y esfuerzos con el peso total de la estructura y sus compones, con una carga aproximada de 74kg, ya que este sería el peso aproximado del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.



**Figura 2.46** Análisis de tensiones en la estructura 75kg.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

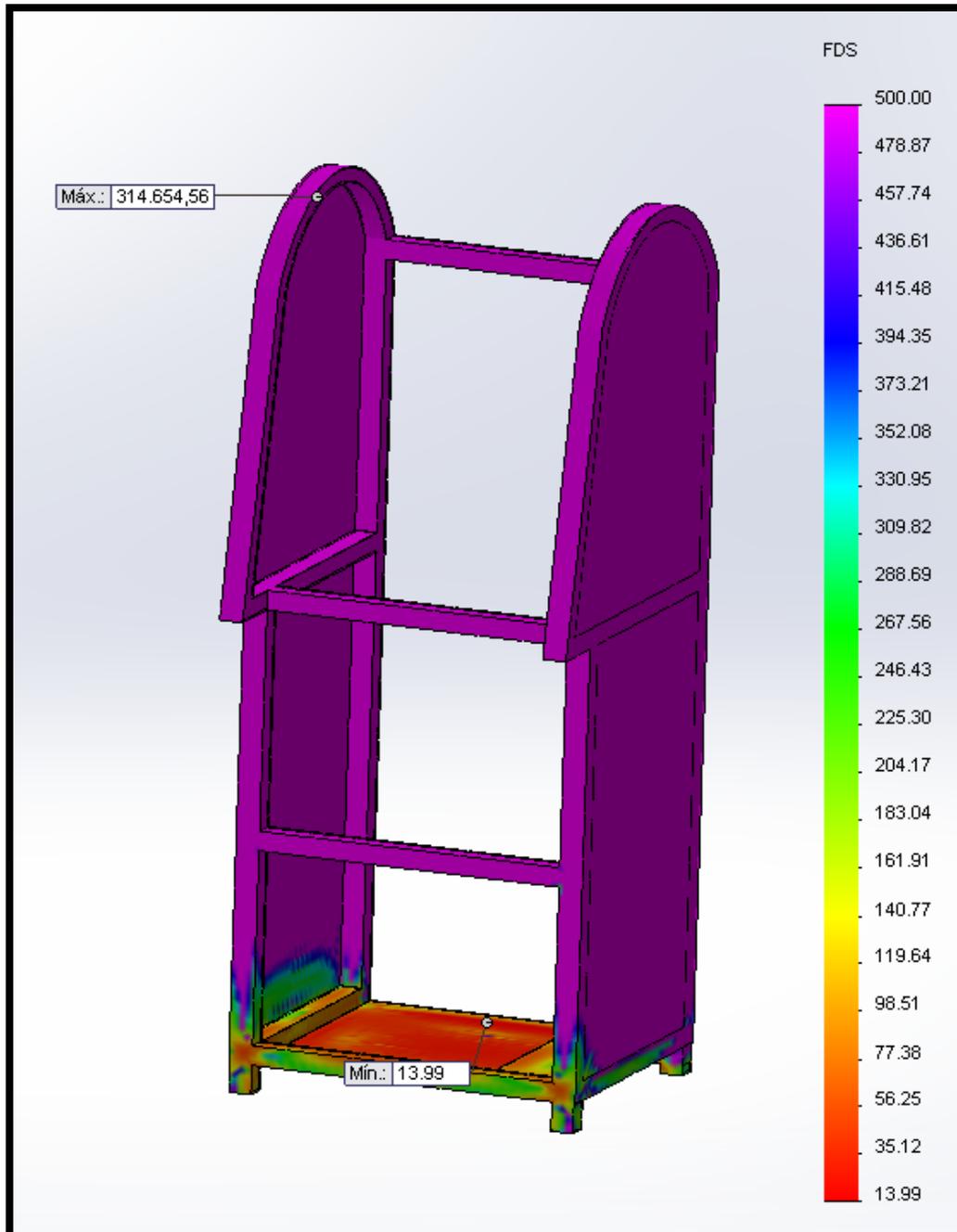
En el análisis de tensiones en la figura (2.46) se puede observar claramente un incremento de tensión debido al estudio que se realizó con el peso total aproximado del simulador, el valor máximo de tensión que sufre la base de la estructura es de 12.701.421.0N/m<sup>2</sup>.



**Figura 2.47** Desplazamientos en la estructura 75kg.

**Fuente:** Carlos Sempértegui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.47) la base presenta un incremento de deformación debido al nuevo peso existente con relación al anterior; dándonos como parámetro máximo de desplazamiento la cantidad de 0.19mm.



**Figura 2.48** Factor de seguridad en la estructura 75kg.

**Fuente:** Carlos Sempértégui, (Programa SolidWorks).

En la figura (2.48) se observa el factor de seguridad que indica cuan sobre dimensionado se encuentra la base del simulador, con respecto a las cargas o esfuerzos que se aplicarán a este, como se puede observar, el valor mínimo en el

tanque es de 13.99 lo que nos dice que el elemento posee un margen de seguridad alto y que el elemento no vaya a fallar durante el trabajo, si los esfuerzos pasan de dicho valor, el elemento fallará. Si se mostrara números FDS menores a 1, indicaría fallo.

## CAPITULO 3

### DISEÑO ELECTRÓNICO Y COMPONENTES

Dentro de este capítulo se procede a describir los componentes utilizados para la construcción de la placa de mandos del simulador para inyectores con control electrónico diesel common rail.

#### 3.1 Placa

La placa que se observa en la figura (3.1) es el resultado final de proceso de construcción y diseño de la misma, esta placa se convierte en cerebro del simulador ya que por medio de esta vamos a poder realizar los diferentes procesos de simulación.

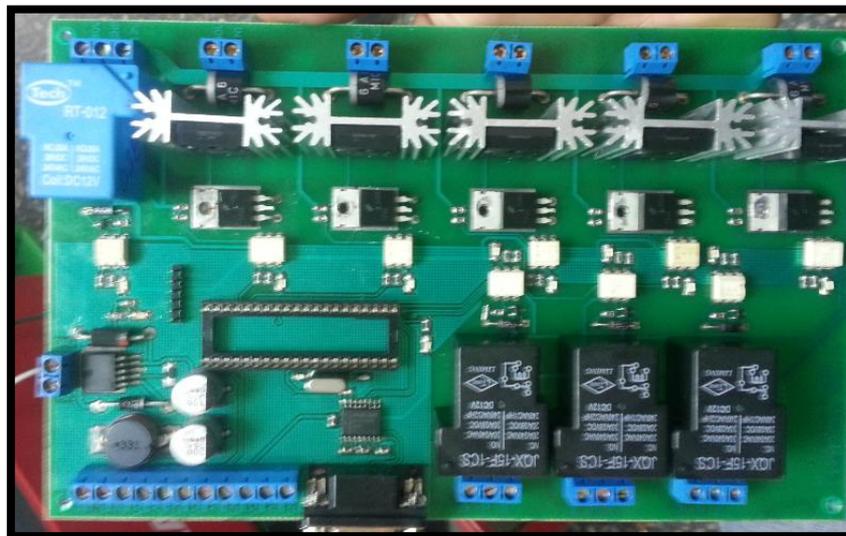


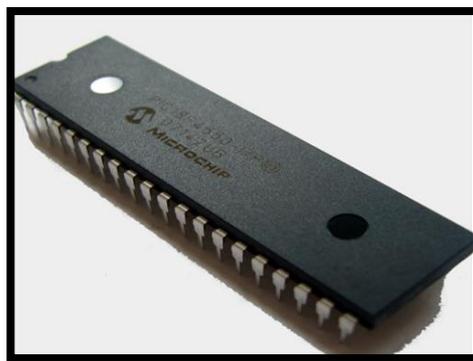
Figura 3.1 Placa.

Fuente: Carlos Sempértegui.

### 3.2 Microcontrolador

Para seleccionar el microcontrolador que se utilizará en el proyecto es imprescindible analizar las aplicaciones que se van a dar a este en el simulador, para esto se debe tomar en cuenta factores como precio disponibilidad y aplicaciones necesarias para poder controlar y comandar los diferentes cálculos en los tiempos específicos y de manera rápida y eficiente. Gracias a la globalización disponemos de grandes ofertas en precios y marcas sobre los diferentes microcontroladores en el mercado de esta manera encontramos precios accesibles, “Un microcontrolador es un sistema integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM y circuitos de entrada y salida (Carlos A. Reyes, Microcontroladores PIC, 2008, p.17)”.

Dentro de la gama que presenta el mercado de microcontroladores tomamos para el simulador el PIC número 18F4550, que se observa en la figura (3.4) al microcontrolador;



**Figura 3.4** Microcontrolador PIC 18F4550.

**Fuente:**<http://todoelectrodo.blogspot.com>

Entre las características principales del PIC 18F4550 se las puede observar a continuación en la tabla (3.1).

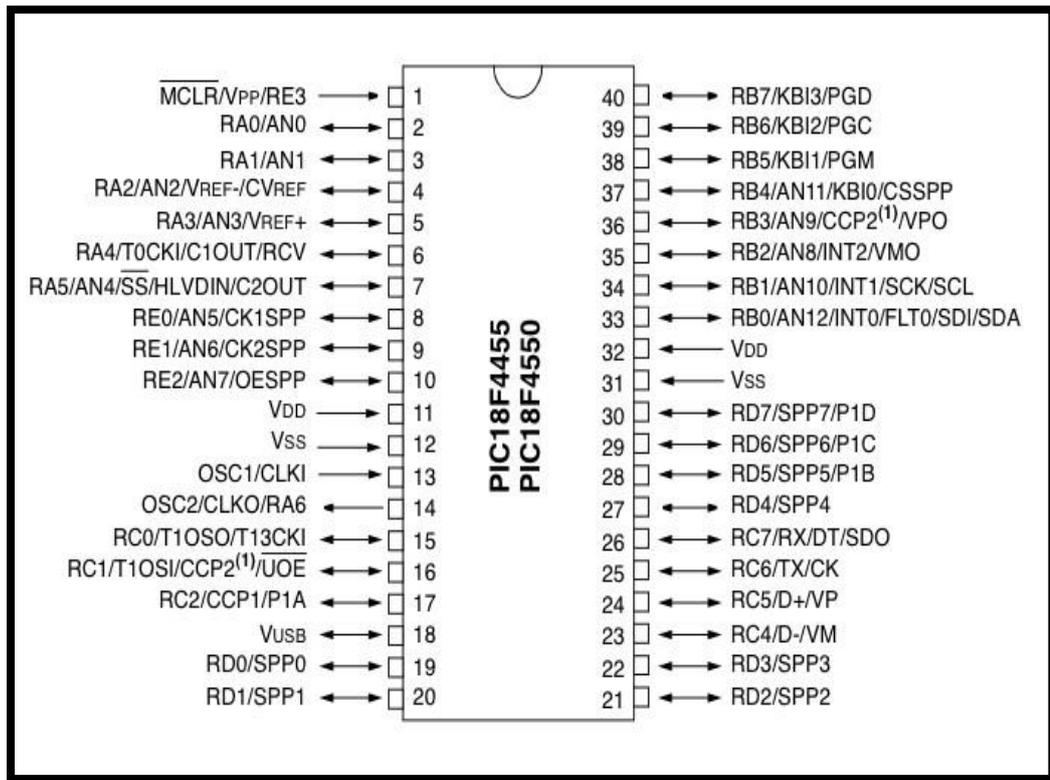
**Tabla 3.1.** Características generales PIC 18F4550

Memoria de Programa	Flash 32 Kb
Memoria de Datos RAM	2048 bytes
Memoria de EEPROM	256 bytes
Interrupciones	20 fuentes
Juego de Instrucciones	35
Encapsulado	Plástico DIP
Líneas de E/S digitales	35
Frecuencia de trabajo	16
Temporizadores	1 x 8bit y 3 x 16bit
Comparadores	2
Entradas analógicas	8
Conectividad	EUSART, SPP, SPI, I2C
Voltaje en cualquier pin con respecto a Vss (excepto Vdd)	-0.3v a Vdd + 0.3v
Voltaje sobre Vdd con respecto a Vss	-3v a + 7.5v
Disipación total de potencia	1 W
Máxima corriente de salida del pin Vss	300mA
Máxima corriente de entrada al pin Vdd	250 mA
Máxima corriente de entrada o salida cualquier pin E/S	25 mA
Máxima corriente soportada o suministrada por todos los puertos	200 mA
Temperatura de trabajo	-40 a +80 C
ADC	13 ch, 10-bit
Comunicación digital periférica	1-A/E/USART,1-MSSP(SPI/I2C)
Captura/ comparación/ PWM periféricos	1 CPP, 1 ECPP
Rango de voltaje	2v a 5.5v
Modulo USB/ Low speed / full speed.	2.0 / 1.5Mb/s / 12Mb/s
Velocidad de la CPU	12 MIPS

**Fuente:** Carlos A. Reyes, Microcontroladores PIC, 2008.

Para las aplicaciones que se le va a dar al microcontrolador es necesario tener una posible asignación de funciones para cada terminal del microcontrolador, por medio de esto tendremos total conocimiento de las

características específicas de cada puerto y cada pin, esto se puede observar en la figura (3.5).



**Figura 3.5** Diagrama de distribución de pines PIC 18F4550

**Fuente:** <http://4.bp.blogspot.com>

En la figura (3:5) se puede observar la distribución completa de los puertos de entrada con los respectivos pines y numeración de los mismos en el PIC 18F4550, señalados con sus siglas correspondientes.

Toda la programación del PIC se encuentra en el Anexo (7), la programación fue realizada en el programa Micro Basic. En la tabla (3.2) se encuentra la disposición que se le dio a cada pin ubicado en el PIC 18F4550 y

mediante estos programar y comandar las diferentes funciones determinadas para el trabajo que va realizar el simulador.

**Tabla 3.2** Disposición de pines

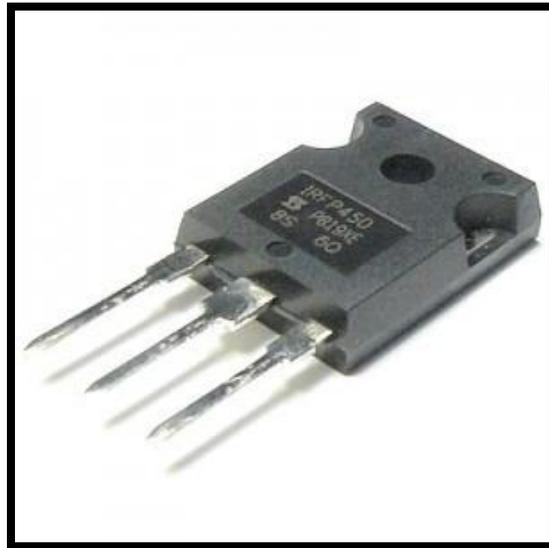
PIN 1	Reseteo master del sistema
PIN 2 - RA0	ADC Lectura de temperatura general del sistema
PIN 3 - RA1	ADC Lectura de temperatura combustible del sistema
PIN 4 - RA2	Auxiliar general
PIN 5 - RA3	Auxiliar de combustible
PIN 11	Vcc del sistema
PIN 12	Gnd del sistema
PIN 13	Conexión de oscilador del sistema
PIN 14	Conexión de oscilador del sistema
PIN 19 - RD0	Control de luminarias del sistema
PIN 20 - RD1	Control de drenaje del sistema
PIN 21 - RD2	Control auxiliar del sistema
PIN 22 - RD3	Control de led piloto del sistema
PIN 25 - RC6	PIN de comunicación (TX) del sistema
PIN 26 - RC7	PIN de comunicación (TX) del sistema
PIN 33 - RB0	Interrupción general del sistema
PIN 34 - RB1	Interrupción auxiliar del sistema
PIN 35 - RB2	Control disparo inyector 1
PIN 36 - RB3	Control disparo inyector 2
PIN 37 - RB4	Control disparo inyector 3
PIN 38 - RB4	Control disparo inyector 4
PIN 39 - RB6	Comunicación ICSP PGD
PIN 40 - RB6	Comunicación ICSP PGC

**Fuente:** Carlos Sempértégui.

### 3.3 Mosfet de potencia

El mosfet de potencia es uno de los transistores más utilizados en el mundo de la microelectrónica, a este mosfet se lo utiliza en la placa diseñada para el simulador, ya que su principal característica es la de amplificar o conmutar señales electrónicas, que en este caso, simulará las señales enviadas por la

computadora del vehículo hacia los inyectores. En la figura (3.6) se observa al mosfet de potencia.



**Figura 3.6** Mosfet de potencia.

**Fuente:** <http://img1.mlstatic.com/transistor.com>

El mosfet de potencia utilizado en la placa observada en la figura (3.1) que es con el cual se trabajará en el sistema es el número IRFP264N, de este tipo de elementos se utilizan 4 en la placa; por medio de estos se puede comandar y simular las señales que envía la ECU a las electroválvulas de los inyectores.

Las características principales del mosfet de potencia IRFP264N se las puede observar en tabla (3.3).

**Tabla 3.3** Características mosfet de potencia IRFP264N

	Parámetros	Min.	Tipo	Max.	Unid.	Condiciones
$V_{(BR)DSS}$	Drain-a-tensión de ruptura fuente	250	—	—	V	$V_{GS}= 0V, I_D= 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Coefficiente de temperatura tensión de disparo	—	0.30	—	V/°C	Referencia a 25°C, $I_D=1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain- fuente en Resistencia	—	—	60	mΩ	$V_{GS}= 10V, I_D= 25^a$
$V_{GS(th)}$	Puerta de voltaje	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}= V_{GS},$ $I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	29	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D= 25A$
$I_{DSS}$	Fuente de corriente de fuga	—	—	25	μA	$V_{DS}= 250V, V_{GS}= 0V$
		—	—	250		$V_{DS}= 200V, V_{GS}= 0V,$ $T_J= 150^\circ C$
$I_{GSS}$	Puerta a fuente de fuga	—	—	100	nA	$V_{GS}= 20V$
	Puerta fuente de fuga inversa	—	—	-100		$V_{GS}= 20V$
$Q_g$	Carga total en puerto	—	—	—	nC	$I_D= 25A$
$Q_{gs}$	Carga Puerto a fuente	—	—	—		$V_{DS}= 200V$
$Q_{gd}$	Puerto a flujo carga "miller"	—	—	—		$V_{GS}= 10V,$
$T_d(on)$	Tiempo de retardo a conexión	—	17	—	ns	$V_{DD}= 30V$ $I_D= 25A$ $R_G= 1.8\Omega$ $V_{GS}= 10V$
$T_r$	Tiempo de subida	—	62	—		
$T_d(off)$	Tiempo de retado en OF	—	52	—		
$T_r$	Tiempo de falla	—	53	—		
$L_o$	Flujo interno inducción	—	5.0	—	nH	6mm (0.25in.)
$L_s$	Inducción fuente interna	—	13	—		
$C_{rss}$	Capacidad de entrada	—	3860	—	pF	$V_{GS}= 0V$ $V_{DS}= 25V$ $f = 1.0MHz$
$C_{oss}$	Capacidad de salida	—	480	—		
$C_{rss}$	Capacidad de transferencia invertida	—	110	—		

**Fuente:**<http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/68509/IRF/IRFP264N.html>

### 3.4 Relé

El relé es un dispositivo conformado por un sistema electromecánico, en el cual por medio de una bobina y un electroimán funciona como un interruptor, el

relé tiene la capacidad de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada así que puede considerarse como un amplificador eléctrico. En la figura (3.7) se observa el relé.

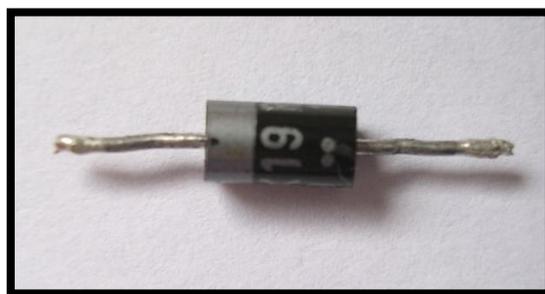


**Figura 3.7** Relé.

**Fuente:** [http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele\\_5.jpg](http://elprofe3.files.wordpress.com/2009/12/rele_5.jpg)

### 3.5 Diodo

Un diodo es un componente electrónico que permite el paso o flujo de corriente en un solo sentido o dirección, es uno de los semiconductores más simples y sencillos en el mercado pero de gran uso para la electrónica. En la figura (3.8) podemos observar el diodo.



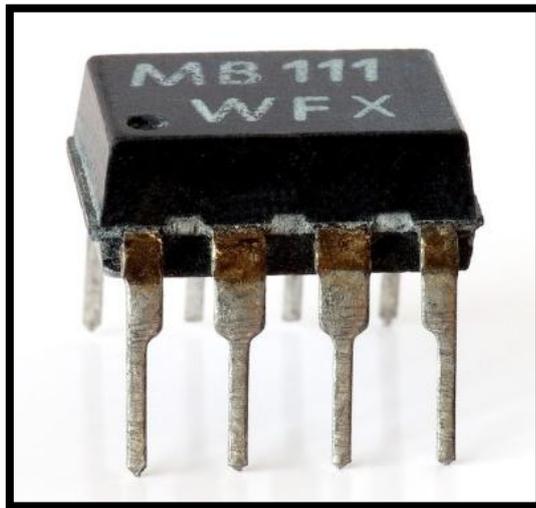
**Figura 3.8** Diodo.

**Fuente:** <http://4.bp.blogspot.com>

### 3.6 Optoacoplador

El optoacoplador o también conocido como aislador acoplado ópticamente, este es un dispositivo que emite y recibe señales electrónicas y a su vez funciona como un interruptor que es activado por la luz emitida de un diodo LED.

En la figura (3.9) podemos ver el optoacoplador.



**Figura 3.9** Optoacoplador.

**Fuente:** <http://upload.wikimedia.org>

Dentro de la gama existente de optoacopladores se toma en consideración para el proyecto en número 4N33 por las características expuestas en la siguiente tabla (3.4).

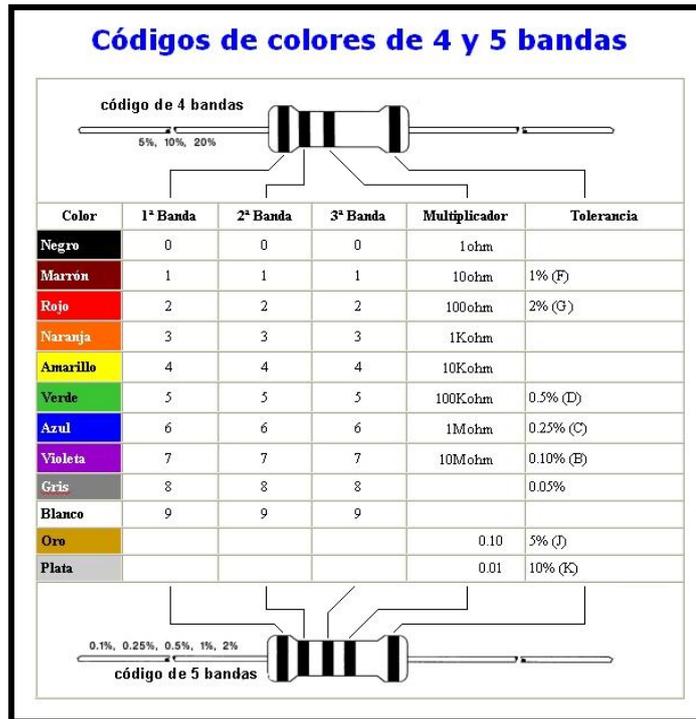
**Tabla 3.4** Características del optoacoplador 4N33

PARAMETROS	CONDICIONES	SIMBOLO	Min.	TIPO	Max.	Uni.
<b>ENTRADA</b>						
Tensión directa	$I_F=50\text{mA}$	$V_F$		1.25	1.5	V
Corriente inversa	$V_R=3\text{ V}$	$I_R$		0.1	100	$\mu\text{A}$
Capacidad	$V_R=0\text{ V}$	$C_o$		25		pF
<b>SALIDA</b>						
Tensión de colector emisor	$I_C=100\mu\text{A}, I_F=0$	$BV_{CEO}$	30			V
Tensión de colector en ruptura de base	$I_C=100\mu\text{A}, I_F=0$	$BV_{CEO}$	50			V
Emisor tensión de ruptura de base	$I_C=100\mu\text{A}, I_F=0$	$BV_{CEO}$	8	10		V
Colector tensión de ruptura de base	$I_C=100\mu\text{A}, I_F=0$	$BV_{CEO}$	5	1	100	V
Colector emisor de corriente de fuga	$V_{CE}=10\text{ V}, I_F=0$	$I_{CEO}$				nA
<b>ACOPLADOR</b>						
Colector de corriente de saturación del emisor		$V_{CEsat}$		1		V
Capacidad de acoplamiento				1.5		pF

Fuente:<http://vishay.com>

### 3.7 Resistencias

Se conoce como resistencia eléctrica a oposición que tienen los electrones para transitar a través de un conductor, esta oposición puede ser mayor o menor dependiendo del tipo que esta sea. La función primordial de una resistencia es producir caídas de tensión en puntos determinados y limitar la corriente que circula por diversos puntos; dentro de la resistencia existen diferentes tipos que se pueden diferenciar por su valor Óhmico, que a continuación en la figura (3.10) veremos los colores de resistencias.



**Figura 3.10** Colores de resistencia

Fuente: <http://www.reocities.com/goian/29.htm>

## CAPITULO 4.

### ANÁLISIS Y PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo vamos a desarrollar las pruebas de funcionamiento para lo que fue programado el simulador de inyectores con control electrónico diesel common rail; entre las cuales ponemos a consideración dos pruebas para los inyectores.

Estas pruebas están seleccionadas de un banco Bosch EPS708 para inyectores con control electrónico diesel common rail. En la tabla (4.1) podemos observar las pruebas establecidas por el banco.

**Tabla 4.1** Pruebas banco Bosch EPS708

	<b>Presión (bar)</b>	<b>Velocidad (rpm)</b>	<b>Ancho de pulso (µs)</b>	<b>Entrega ml/st</b>	<b>Retorno ml/st</b>	<b>Respuesta (µs)</b>	<b>Temp. Retorno °C</b>
ralentí	400	350	750	12.4	14.9	489	39
Medio rango	900	800	800	49.3	22.8	432	40
Carga completa	1600	1500	1000	95.3	33.8	418	50
Fuga estática	1600	1000	0	0	0	0	52
Pre-inyección	600	1000	500	9	14.7	452	49
Medio rango	800	1200	800	39.9	19.6	446	51
Encendido	950	150	1999	64.2	105.6	551	48

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

De estas pruebas se tomo en consideración para realizar en el simulador la prueba de ralentí y la prueba de medio rango del inyector, esto debido a que

nuestro simulador por normas de seguridad solo puede llegar a una presión máxima de 1000 bar; por esto no sería prudente continuar con la prueba de alta debido a que necesitaríamos 1600 bar de presión.

Para determinar la **frecuencia** con la cual se van a realizar las inyecciones en las pruebas se realizó el siguiente cálculo. Las revoluciones establecidas se encuentran en unidad de minutos como se indica a continuación en el siguiente ejemplo.

$$350 \text{ rpm}$$

Ya que el **contador** ubicado en la pantalla mostrado en la figura (4.12) se encuentra configurado en la unidad tiempo segundos, es muy importante pasar a esta unidad de tiempo todos los parámetros relacionados con las pruebas.

$$1 \text{ min} = 60s$$

$$350 \text{ rpm} / 60s = 5.83 \text{ rps}$$

El resultado obtenido de 5.83rps significa que el simulador realizara dicho número de inyecciones en 1 segundo, siendo esto lo establecido en los parámetro para las prueba de baja en la tabla (4.1).

Para realizar la conversión en los parámetros establecidos para la prueba de medio rango del inyector utilizamos la formula antes mencionada.

$$1 \text{ min} = 60s$$

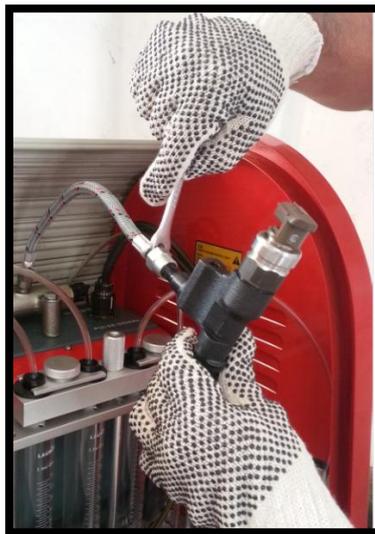
$$800 \text{ rpm} / 60s = 13.33 \text{ rps}$$

El resultado obtenido de 13.33rps significa que el simulador realizara dicho número de inyecciones en 1 segundo, siendo esto lo establecido en los parámetro para las prueba de baja en la tabla (4.1).

#### 4.1 Prueba del inyector en Ralentí

Para proceder a realizar la prueba de ralentí en los inyectores en el simulador se debe tomar en consideración las normas de seguridad para operar maquinaria, estar dotados de gafas y guantes de trabajo.

- Con la ayuda de una llave de 17mm se procede a conectar la cañería de alta presión con su respectivo inyector, figura (4.1).



**Figura 4.1** Ajuste cañería con inyector.

**Fuente:** Carlos Sempértégui.

- Realizar la instalación del acople rápido de bajas al inyector, figura (4.2).



**Figura 4.2** Inserción del acople rápido de bajas.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Conexión de la cañería de retorno al inyector, figura (4.3).



**Figura 4.3** Conexión de la cañería de retorno.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Realizar la instalación del conector de señal mostrado en la figura (4.4); tomando en cuenta la numeración existente en cada conector para luego seleccionar en la pantalla de mando.



**Figura 4.4** Conector de señal.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

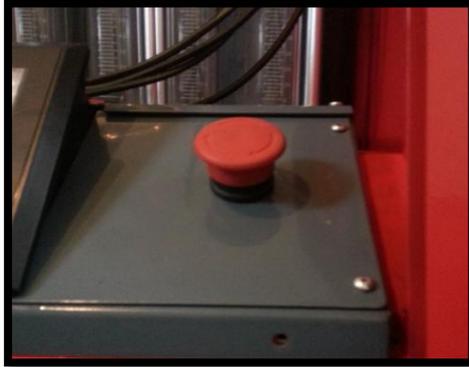
- Una vez realizadas las conexiones necesarias de los inyectores a trabajar se procede a conectar el cable de alimentación al simulador y así dotarlo de la energía necesaria para su funcionamiento. En la figura (4.5) se observa al conector industrial.



**Figura 4.5** Conector industrial.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Verificar que el sistema de paro de emergencia se encuentre inactivo (que no se encuentre presionado), ya que este si se encuentra accionado dejaría inhabilitado al simulador, al paro de emergencia lo está en la parte frontal del simulador a la derecha de la pantalla táctil. En la figura (4.6) se observa al paro de emergencia.



**Figura 4.6** Paro de emergencia.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- En la parte derecha del simulador se encontrara el switch de encendido, se procede a girarlo en sentido horario hasta que este indique que su posición se encuentra en “ON”. Se muestra en la figura (4.7).



**Figura 4.7** Switch de encendido.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Al encender el simulador la primera imagen que presentara la pantalla será el mostrado en la figura (4.8).



Figura 4.8 Pantalla de inicio.

Fuente: Carlos Sempértégui.

- A continuación se despliega en la pantalla el menú de funciones en el cual se selecciona el símbolo de color verde ubicado en la parte izquierda inferior de la pantalla, figura (4.9); y se desplegara otro menú.

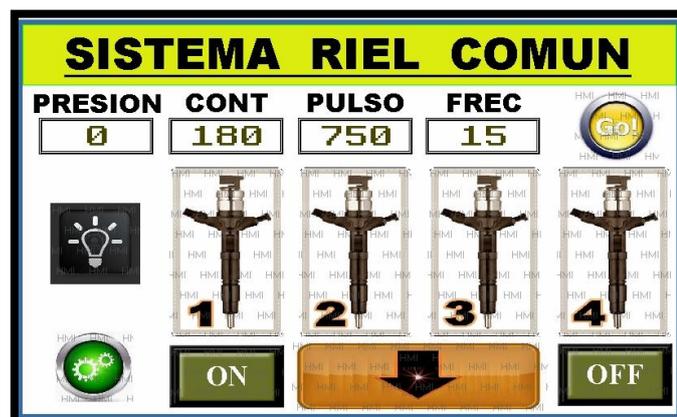


Figura 4.9 Selección de menú.

Fuente: Carlos Sempértégui.

- Cuando se observe la siguiente pantalla, figura (4.10); se procede a seleccionar la prueba a realizar, que este caso sería la prueba de bajas donde la pantalla ya consta con los valores preestablecidos.

<b>VALORES PATRON DEL SISTEMA</b>				
<b>P_TEO</b>	<b>CONT</b>	<b>PULSO</b>	<b>FREC</b>	
<b>400</b>	<b>120</b>	<b>750</b>	<b>6</b>	<b>IDLE</b>
<b>800</b>	<b>120</b>	<b>800</b>	<b>13</b>	<b>MID_RANGE</b>

**Figura 4.10** Valores preestablecidos.

**Fuente:** Carlos Sempértégui.

- Ya con los valores preestablecidos de la prueba, se procede a seleccionar en la pantalla el inyector al cual se realizar la simulación como se puede observar en la figura (4.11).



**Figura 4.11** Selección de inyector a simular.

**Fuente:** Carlos Sempértégui.

- Para iniciar la prueba se presiona el icono llamado “GO” ubicado en la parte superior derecha de la pantalla como se indica en la figura (4.12).



Figura 4.12 Icono “GO”.

Fuente: Carlos Sempértégui.

#### 4.2 Prueba del inyector en Medio Rango

Para proceder a realizar la prueba de medio rango los inyectores en el simulador se debe tomar en consideración las normas de seguridad para operar maquinaria, estar dotados de gafas y guantes de trabajo.

- Con la ayuda de una llave de 17mm se procede a conectar la cañería de alta presión con su respectivo inyector, figura (4.13).



Figura 4.13 Ajuste cañería con inyector 2.

Fuente: Carlos Sempértégui.

- Realizar la instalación del acople rápido de bajas al inyector, figura (4.14).



**Figura 4.14** Inserción del acople rápido de bajas 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Conexión de la cañería de retorno al inyector, figura (4.15).



**Figura 4.15** Conexión de la cañería de retorno 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Realizar la instalación del conector de señal mostrado en la figura (4.16); tomando en cuenta la numeración existente en cada conector para luego seleccionarlos en la pantalla de mando.



**Figura 4.16** Conector de señal 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Una vez realizadas las conexiones necesarias de los inyectores a trabajar se procede a conectar el cable de alimentación al simulador y así dotarlo de la energía necesaria para su funcionamiento. En la figura (4.17) se observa al conector industrial.



**Figura 4.17** Conector industrial 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Verificar que el sistema de paro de emergencia se encuentre inactivo (que no se encuentre presionado), ya que este si se encuentra accionado dejaría inhabilitado al simulador, al paro de emergencia se encuentra en la parte frontal del simulador a la derecha de la pantalla táctil. En la figura (4.18) se observa al paro de emergencia.



**Figura 4.18** Paro de emergencia 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- En la parte derecha del simulador se encuentra el switch de encendido, se procede a girarlo en sentido horario hasta que este indique que su posición se encuentra en “ON”. Se muestra en la figura (4.19).



**Figura 4.19** Switch de encendido 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Al encender el simulador la primera imagen que presentara la pantalla será el mostrado en la figura (4.20).



Figura 4.20 Pantalla de inicio. 2

Fuente: Carlos Sempértegui.

- A continuación se despliega en la pantalla el menú de funciones en el cual se debe seleccionar el símbolo de color verde ubicado en la parte izquierda inferior de la pantalla, figura (4.21); y se desplegara otro menú.

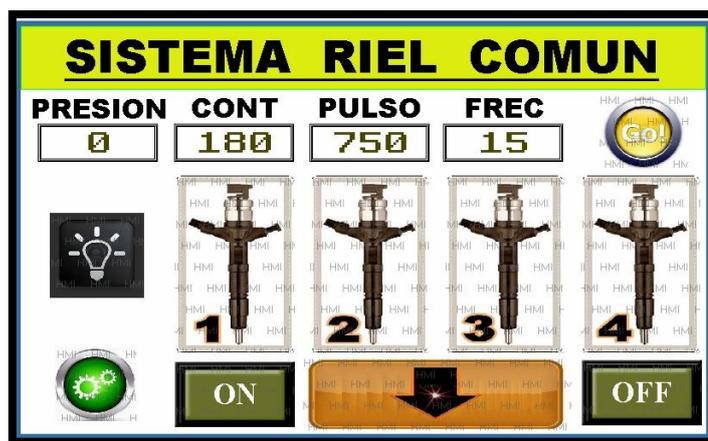


Figura 4.21 Selección de menú 2.

Fuente: Carlos Sempértegui.

- Cuando se observe la siguiente pantalla, figura (4.22); se procede a seleccionar la prueba a realizar, que este caso sería la prueba de medias, donde la pantalla ya consta con los valores preestablecidos.

<b>VALORES PATRON DEL SISTEMA</b>				
<b>P_TEO</b>	<b>CONT</b>	<b>PULSO</b>	<b>FREC</b>	
<b>400</b>	<b>120</b>	<b>750</b>	<b>6</b>	<b>IDLE</b>
<b>800</b>	<b>120</b>	<b>800</b>	<b>13</b>	<b>MID_RANGE</b>

**Figura 4.22** Valores preestablecidos 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Ya con los valores preestablecidos de la prueba, se procede a seleccionar en la pantalla el inyector al cual se realizara la simulación como se puede observar en la figura (4.23).



**Figura 4.23** Selección de inyector a simular 2.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Para iniciar la prueba se selecciona el icono llamado “GO” ubicado en la parte superior derecha de la pantalla como se indica en la figura (4.24).



Figura 4.24 Icono "GO".

Fuente: Carlos Sempértegui.

### 4.3 Prueba de Abanico

Para proceder a realizar la prueba de abanico de los inyectores en el simulador se debe respetar las recomendaciones descritas anteriormente en el proceso tanto de seguridad como de operación.

- Con la ayuda de una llave de 17mm se procede a conectar la cañería de alta presión con su respectivo inyector, figura (4.25).



Figura 4.25 Ajuste cañería con inyector 3.

Fuente: Carlos Sempértegui.

- Conexión de la cañería de retorno al inyector, figura (4.26).



**Figura 4.26** Conexión de la cañería de retorno 3.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Realizar la instalación del conector de señal mostrado en la figura (4.27); tomando en cuenta la numeración existente en cada conector para luego seleccionar en la pantalla de mando.



**Figura 4.27** Conector de señal 3.

**Fuente:** Carlos Sempértegui

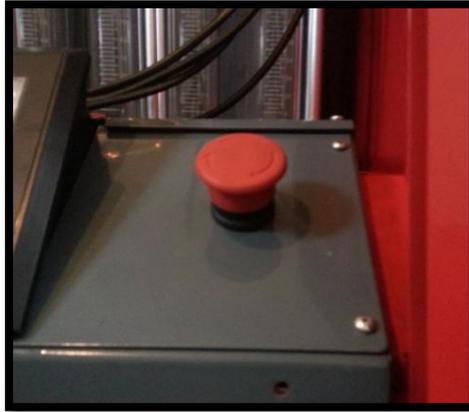
- Una vez realizadas las conexiones necesarias de los inyectores a trabajar se procede a conectar el cable de alimentación al simulador y así dotarlo de la energía necesaria para su funcionamiento. En la figura (4.28) se observa al conector industrial.



**Figura 4.28** Conector industrial 3.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Verificar que el sistema de paro de emergencia se encuentre inactivo (que no se encuentre presionado), ya que este si se encuentra accionado dejaría inhabilitado al simulador, al paro de emergencia lo está en la parte frontal del simulador a la derecha de la pantalla táctil. En la figura (4.29) se observa al paro de emergencia.



**Figura 4.29** Paro de emergencia 3.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- En la parte derecha del simulador se encontrara el switch de encendido, se procede a girarlo en sentido horario hasta que este indique que su posición se encuentra en “ON”. Se muestra en la figura (4.30).



**Figura 4.30** Switch de encendido 3.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Al encender el simulador la primera imagen que presentara la pantalla será el mostrado en la figura (4.31).



Figura 4.31 Pantalla de inicio 3.

Fuente: Carlos Sempértégui.

- A continuación se despliega en la pantalla el menú de funciones en el cual se selecciona el símbolo de color verde ubicado en la parte izquierda inferior de la pantalla, figura (4.32); y se desplegara otro menú.

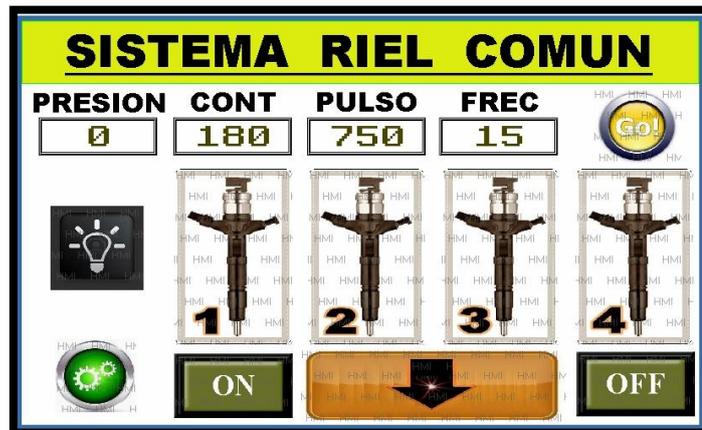


Figura 4.32 Selección de menú 3.

Fuente: Carlos Sempértégui.

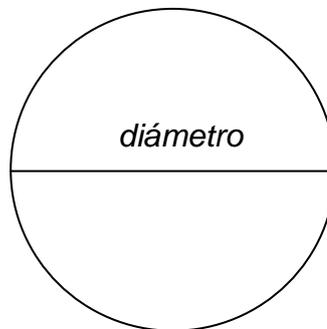
- En la pantalla es importante tomar en cuenta los siguiente valores a ingresar para la prueba de roció.



**Figura 4.33** Menú de Roció.

**Fuente:** Carlos Sempértegui.

- Al ingresar el número 1 en el casillero de frecuencia se establece el número de inyecciones que va realizar el inyector en 1 segundo, con estos valores determinados y una vez realizadas las inyecciones sobre la hoja; en esta se obtendrá una circunferencia marcada por el rocío del inyector.

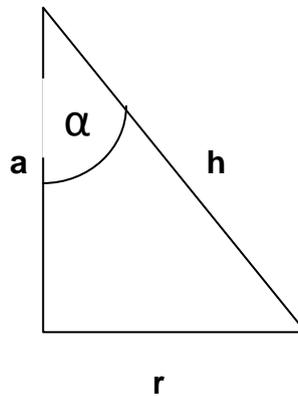


- Con el diámetro obtenido se procede a sacar el radio conociendo que:

$$d = r^2$$

$$r = \frac{d}{2}$$

- Utilizando los métodos de la geometría y creando un triángulo rectángulo imaginario entre la base de la hoja y la altura que tiene el inyector con respecto a esta base se puede observar lo siguiente.



- Una vez obtenidos los valores tanto de altura (a) como base (r) se procede aplica el teorema de Pitágoras para encontrar el valor de la hipotenusa (h) donde:

$$h^2 = r^2 + a^2$$

$$h = \sqrt{a^2 + r^2}$$

- Con estos valores ya determinado aplicamos la formula se senos para determinar el ángulo de inyección.

$$\sin a = \frac{r}{h}$$

- al despejar la formula se obtiene lo siguiente:

$$a = \sin^{-1} \frac{r}{h}$$

Es mediante este proceso y con la formula antes indicada con la cual podemos encontrar el ángulo de inyección.

Para tener un punto de referencia se debe tomar en consideración que el ángulo a encontrar en la prueba de rocío no debe ser mayor de 68° ni menor a 58°, si no se encuentra en estos parámetros la prueba nos da la referencia que el inyector se encuentra en mal estado.

No se puede dar un ángulo específico de inyección debido a que este varia de acuerdo al fabricante y modelo de inyector.

## **CONCLUSIONES.**

Luego de realizar la construcción e implementación de un simulador didáctico para inyectores con control electrónico de riel común podemos concluir que este proyecto es viable en su fabricación y desempeño del mismo y permitirá fortalecer los laboratorios implementando en los diversos talleres del país.

Concluimos que es posible la implementación del sistema common rail en bancos obsoletos siempre y cuando sus mecanismos de medición se encuentren en perfecto estado, mediante un conjunto electrónico hidráulico se puede dar vida a la implementación del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico common rail. Dentro del desempeño del simulador observamos que las pruebas realizadas en el mismo son de carácter comprobatorio y didáctico; ya que para poder alcanzar los estándares de calidad a nivel mundial se necesita de instrumentos altamente eficientes y de precisión en su campo; esta sería la razón del alto costo en un banco de inyectores a diesel. El proyecto realizado es totalmente compatible para realizar la simulación de pruebas en los inyectores con control electrónico en las marcas Bosch y Denso.

Finalmente, adicional al aporte de este trabajo de investigación se pretende dejar abierta la posibilidad de futuras investigaciones que permitan contribuir y mejorar el desempeño del simulador para aplicaciones venideras.

## RECOMENDACIONES

Con el objetivo de desarrollar la implementación de un simulador para inyectores con control electrónico diesel common rail se sugiere aplicar una propuesta de enseñanza complementaria por teoría y práctica en los laboratorios didácticos de la Universidad Internacional de Ecuador.

Es muy importante para fomentar la investigación y construcción de simuladores de diferentes tipos y ramas en la industria automotriz, que se involucre tanto a estudiantes como profesionales para crear proyectos relacionados y así impulsar a la industria de nuestro país.

Se recomienda a los lectores, realizar investigaciones independientes sobre los diferentes sistemas de inyección common rail en el mercado, ya que contamos con diferentes marcas y fabricantes; aunque el concepto es el mismo los sistemas siempre varían en sus diseños y es de gran ayuda estar actualizados en el mercado.

Por motivos de seguridad en las cañerías utilizadas la presión máxima a utilizar en el simulador es de 1000 bar ya que la fatiga de las mismas puede provocar su ruptura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Microcontroladores PIC, Programación en BASIC Vol. 1, Carlos A. Reyes, 2008.
- DigelJhon F, Sistemas de Inyección Tomo I-II-III-IV, Limusa S.A 1995.
- Mecánica para Motores Diesel, Tomo I, Ed May, 1990
- Miralles Juan, Bombas de Inyección Diesel, Ceac S. A 1997.
- <http://es.scribd.com/doc/65324236/Denso-Mitsubishi-L200>
- Franco S., Cursos on-line (2009) emagister.com. Tomado de [http://www.emagister.com/cursos-gratis/emag\\_users/solicitudes/index.cfm](http://www.emagister.com/cursos-gratis/emag_users/solicitudes/index.cfm)
- UTPL. Guía metodología de Investigación.
- Vejarano G, (2009) Asignatura Metodología de la investigación, Maestría en Educación y Desarrollo Social. UTE. Quito
- ROJAS L., Exploración al Diseño Experimental. (2000)Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería Bogotá.

- Vejarano G, (2009) Asignatura Metodología de la investigación, Maestría en Educación y Desarrollo Social. UTE. Quito.
- <http://www.monografias.com/trabajos10/formulac/formulac.shtml>
- Universidad de la Salle. (2202), Área de Ciencias sociales y humanidades. Bogotá.Colombia.
- [http://evirtual.lasalle.edu.co/info\\_basica/nuevos/guia/fuentesDelInformacion.pdf](http://evirtual.lasalle.edu.co/info_basica/nuevos/guia/fuentesDelInformacion.pdf)
- Robert Bosch GmbH, Manual de la vida técnica del automóvil, 4ta edición,2005.
- Robert Mott, Diseño de Elementos de Maquinas, 4ta Edición, 2008

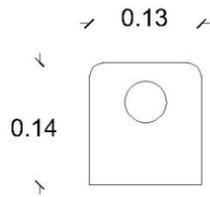
## **ANEXOS**

**Anexo 1****PRESUPUESTO**

<b>MATERIALES ELECTRONICOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
<b>PRODUCTO</b>	<b>COSTO</b>
Pantalla TouchWin TH-765	950
Chip TL 2575	8,5
Fuente de alimentación 12 V, Mean Well HRPG serie 150-24	95
4 Mosfet IRFP-264N	253
PCB de potencia y control	150
4 Transistores y Disipadores	22
Cable de Potencia	7,5
Cable de datos USB	5
Conector grande	25,75
Conector pequeño	14,75
Microcontrolador 18f4550	12
2 Capacitor General Electric	60
Supresor de trasciendes	7
Transformador	150
Banco de pruebas gasolina LAUNCH	450
Tanque de combustible Diesel	180
Base y soporte de Bomba y motor eléctrico	150
Bomba HP3 (usada)	600
Riel Denso (usado)	400
Cañería principal de alta	60
Motor eléctrico 3HP SIEMENS	380
Variador de frecuencia LS	550
Otros	400
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4930.5</b>

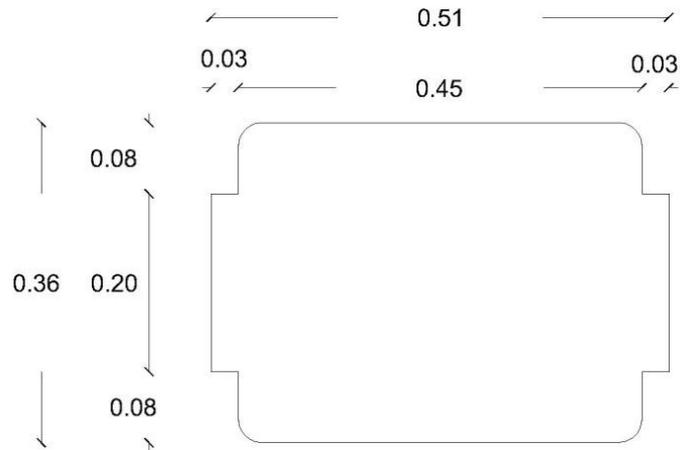
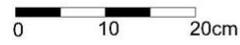
<b>TRANSPORTE Y COSTO DE INVESTIGACION DE CAMPO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Visita técnica Laboratorio de Inyección Electrónica Turbo_Diesel Betancourt Machala 2012.	275
Visita técnica Laboratorio de Inyección Electrónica Turbo_Diesel "Reina del Cisne" Loja 2012.	100
Exposición Banco de Pruebas para Inyectores empresa Kdiesel(Monea) Cuenca 2012	100
Exposición de Herramientas y Banco de Pruebas para sistemas Common Rail en Inyección Electrónica empresa Bosch Cuenca 2012	100
Otros	100
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 675</b>

<b>MATERIALES PARA EL MONTAJE DEL PROYECTO</b>	
<b>PRODUCTO</b>	<b>COSTO</b>
Tapa frontal	40
Mano de obra	50
Stikers frontales	5,7
Traslado Simulador Loja-Quito	70
Terminal Cable de potencia	4
Otros	50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 219.7</b>



**BASE ACOUPLE**

ESCALA GRAFICA



**BASE BOMBA MOTOR**

ESCALA GRAFICA



TESIS: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SIMULADOR DE PRUEBAS PARA INYECTORES CON CONTROL ELECTRONICO DIESEL COMMONRAIL

LAMINA:

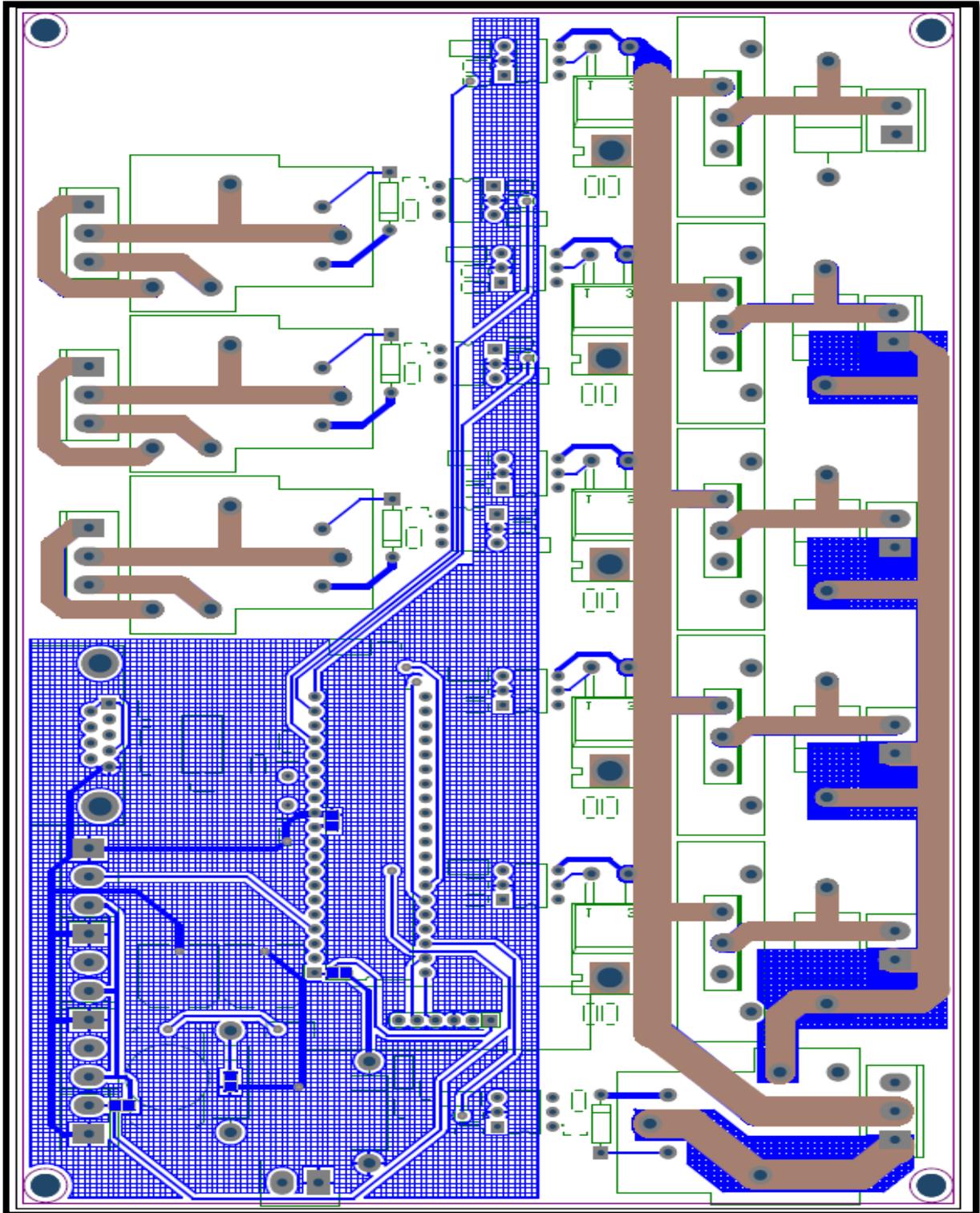
CONTENIDO:  
DISEÑO DE PLACA MOTOR BOMBA

FACULTAD: INGENIERIA AUTOMOTRIZ - UIDE  
ALUMNO: CARLOS MIGUEL SEMPERTEGUI RAMIREZ

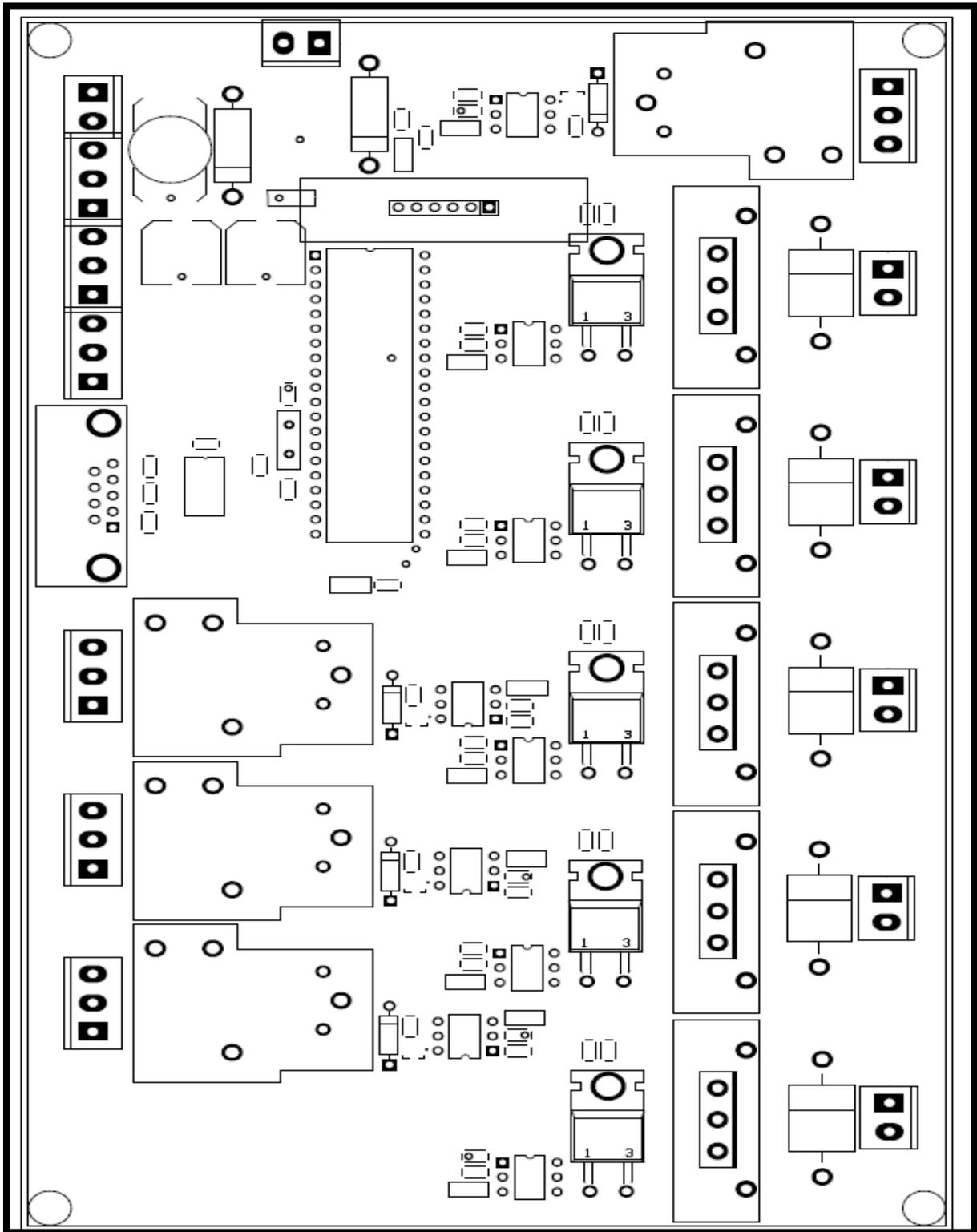
ESCALA: INDICADA  
FECHA: JULIO - 2013



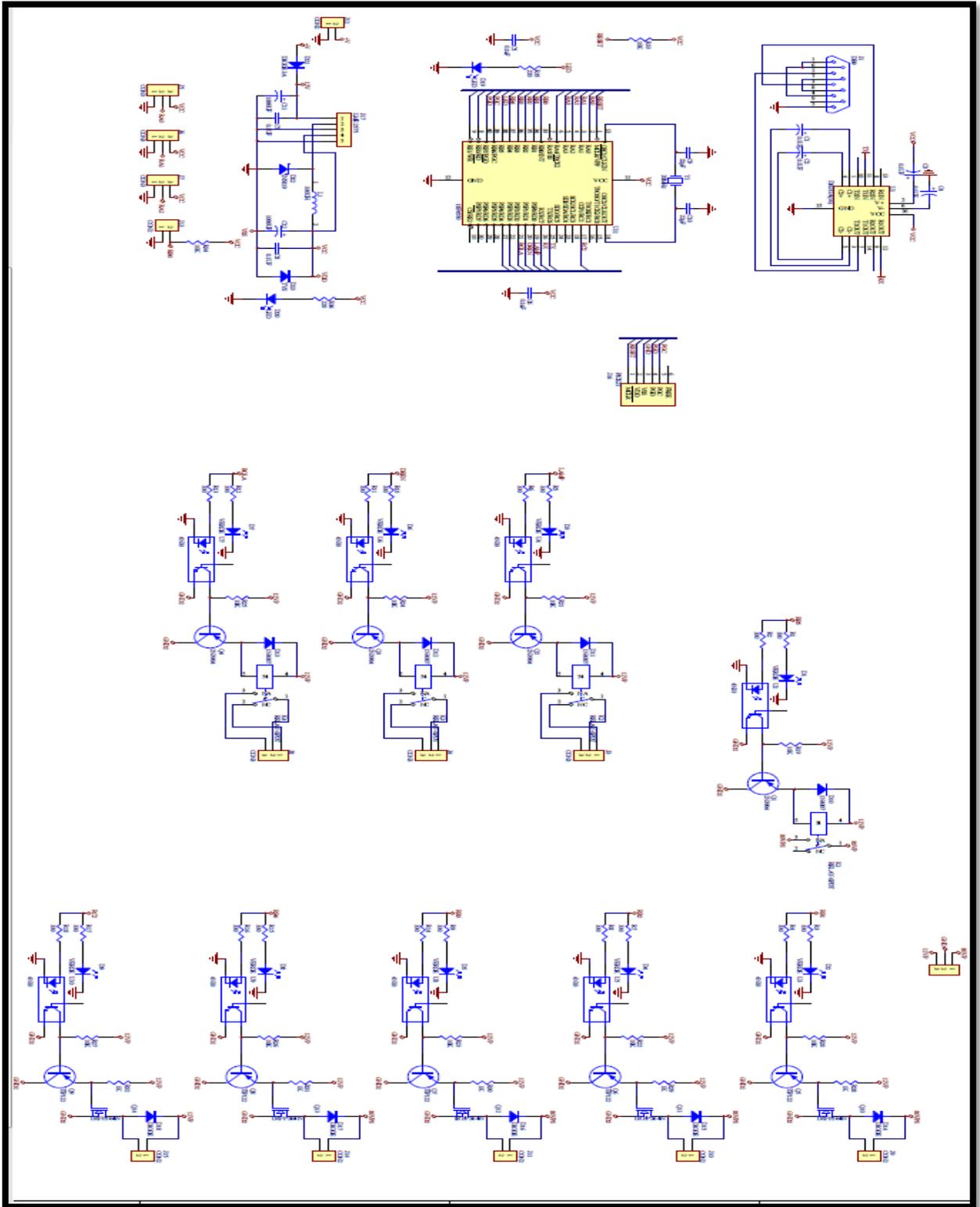
## Placa de conexión y elementos



## Ubicación de elementos en placa electronica



# Circuito Eléctrico



## PROGRAMACIÓN

program COMMON\_RAIL

```
SYMBOL INT_1E = INTCON3.INT1IE ' PARA HABILITAR LA INTERRUPCION RB1
SYMBOL PASO_INY = DELAY_MS(5)
SYMBOL VOLTAJE=PORTB.5 'ME DA LOS 60V DE MI SISTEMA
SYMBOL LAMP=PORTD.0
SYMBOL DRENAR=PORTD.1
SYMBOL BOLA=PORTD.2 'BOMBA DE ALIMENTACION
SYMBOL CORTAR=50
SYMBOL CICLO_PWM=180 'INICIO EL PWM EN ESE VALOR PARA SUCCION
```

```
'=====
DIM AUX_RB0, RX_L AS BYTE
DIM CONT_0, CONT_1, CONT_T01, CONT_T0, CONT_T1, RPM, DUTY, CONT_FREC AS WORD
DIM VAL_P, VAL_A, VAL_D, VAL_U, X, Y, LEC_ADC, DAT_I1, DAT_I2, DAT_I3, DAT_I4 AS WORD
DIM CONT_SEG,CONT_PRESION, VAL_PANT, VAL_PANT_RES, LEC_ADC_ANTE, LEC_ADC_CON AS WORD
```

```
'=====
DIM DATO_RX, DATO_RXBORRAR AS STRING [8] ' VECTOR DE RECIBIR EL DATO LEIDO DE PANTA
DIM CONT_1PAN AS LONGWORD ' CONTAD PARA SALIR SI NO RESPONDE LA PANTA
DIM RPM_LONG AS FLOAT
DIM XL, XH, AUX_1P AS BYTE ' XL MENOS SIG, XH MAS SIG PARA LA PANTALLA
'=====
```

SUB PROCEDURE INTERRUPT

```
IF INTCON.TMR0IF=1 THEN
TMR0H = 0XFF ' CARGO REGISTROS
TMR0L = 0X46 ' CARGO REGISTROS
INTCON.TMR0IF=0
```

```
ELSE
END IF
```

```
IF PIR1.TMR1IF=1 THEN
```

```
TMR1H = 0XFF ' CARGO REGISTROS
TMR1L = 0XD7 ' CARGO REGISTROS
' TMR1L = 0X78
INC(CONT_T1)
PIR1.TMR1IF=0
```

```
ELSE
END IF
```

```
IF INTCON.INT0F=1 THEN
```

```
AUX_RB0=1
BOLA=1 ' PARA LA BOMBA ELECTRICA
PORTB=%00100000
CONT_SEG=0
INTCON.INT0F=0
ELSE
END IF
```

END SUB

```
SUB PROCEDURE LEER_P(DIM IND, PAL AS BYTE)
```

```
    UART1_WRITE(0)      'TERMINAL A CONTROLAR  
    UART1_WRITE(82)     'QUIERO LEER  
    UART1_WRITE(IND)    'LEO INDICADOR INDI  
    UART1_WRITE(PAL)    'CANTIDAD DE PALABRAS A LEER DE LA PANTALLA  
    UART1_WRITE(82 + IND + PAL) 'LA SUMA DE TODO
```

```
END SUB
```

```
SUB PROCEDURE CARG(DIM NBYTES AS BYTE)
```

```
LEO:
```

```
    CONT_1PAN = CONT_1PAN + 1
```

```
    IF CONT_1PAN >= 8000 THEN  
        CONT_1PAN = 0  
        AUX_1P = 0  
        GOTO SALGO  
    ELSE  
        END IF
```

```
    IF UART1_DATA_READY = 1 THEN
```

```
        DATO_RX[AUX_1P] = UART1_READ()  
        INC(AUX_1P)
```

```
        IF AUX_1P >= NBYTES THEN  
            CONT_1PAN=0  
            AUX_1P=0  
            GOTO SALGO
```

```
        ELSE  
            END IF
```

```
    ELSE  
        END IF
```

```
GOTO LEO
```

```
SALGO:
```

```
END SUB
```

```
SUB PROCEDURE ESCRIBIR(DIM ELEM, C1L, C2L AS BYTE)
```

```
    UART1_WRITE (0)      ' NUMERO DE PANTALLA  
    UART1_WRITE (87)     ' COMANDO DE ESCRITURA  
    UART1_WRITE (ELEM)   ' NUMERO DE ELEMENTO A MANIPULAR DE LA PANTALLA  
    UART1_WRITE (1)      ' LARGO DE LOS DATOS ESCRIBO  
    UART1_WRITE (C2L)    ' DATO A ENVIAR  
    UART1_WRITE (C1L)  
    UART1_WRITE (88 + ELEM + C1L + C2L) ' LA SUMA DE TODOS LOS DATOS
```

```
    REBOTE_DAT:          ' PARA RECIBIR LOS 3 BYTES Q ME ENVIA LAPANTALLA
```

```
Y=Y+1
```

```
    IF UART1_DATA_READY = 1 THEN  
        DATO_RXBORRAR[X] = UART1_READ()  
        INC(X)
```

```
    IF X=3 THEN  
        X=0
```

```
Y=0
GOTO FINAL
ELSE
END IF
```

```
ELSE
END IF
```

```
IF Y >= 10000 THEN
Y=0
X=0
GOTO FINAL
ELSE
END IF
```

```
GOTO REBOTE_DAT
```

```
FINAL:
```

```
END SUB
```

```
main:
```

```
'=====
```

```
RCON=%10000000      ' ASIGNO ALTA PRIORIDAD A INTERRUPCIONES
ADCON1=%00001100    ' DIGATIZO EL PUERTO B RA0,A1,A2 ES ENTRADA ANALOGICA
INTCON=%00000000
```

```
TRISA=%00000111
TRISB=%00000001
TRISC=%10000000
TRISD=%00000000
```

```
'=====
```

```
PORTB=0
PORTC=0
PORTD=1
CONT_0=0
CONT_1=0
RPM=0
CONT_T01=0
CONT_T0=0
CONT_T1=0
CONT_1PAN=0
AUX_RB0=0
AUX_1P = 0
```

```
DATO_RX[5] = 0      ' VECTOR DONDE SE ALMACENA EL VALOR A LEER
DUTY=0
```

```
'=====
```

```
VOLTAJE=1
LAMP=1              ' CON UNO SE DESACTIVAN CON CERO SE ACTIVAN
DRENAR=1
BOLA=1              ' PARA LA BOMBA ALIMENTACION
```

```
'=====
CONT_PRESION=0
VAL_A= 10
VAL_P= 50
```

```
'=====
```

```
UART1_INIT(115200) ' PARA COMUNICACION CON LA PANTALLA
```

DELAY\_MS(100)

'===== ETAPA DEL PWM =====

PWM1\_Init(245) ' Initialize PWM1 module at 5KHz  
PWM1\_Start()  
PWM1\_Set\_Duty(CICLO\_PWM)

'===== ETAPA DEL TMR1 =====

'===== ETAPA DEL TMR0 =====

T0CON = %00000000 ' APAGADO EL TMR0, MODO 16 BIT, TEMPO, PRESC = 2  
INTCON.TMR0IF = 0 ' LIMPIO TMR0IF

TMR0H = 0XFF ' CARGO REGISTROS  
TMR0L = 0X46 ' CARGO REGISTROS

'===== ETAPA DEL TMR1 =====

T1CON = %00000000 ' APGADO EL TMR1  
PIR1.TMR1IF = 0 ' LIMPIO TMR1IF  
PIE1.TMR1IE = 0 ' DESABILITO LA INTERRUPCION

TMR1H = 0XFF ' CARGO REGISTROS  
TMR1L = 0XD7 ' CARGO REGISTROS

PIE1.TMR1IE = 1 ' HABILITO LA INTERR DEL TMR1  
T1CON = %00000000 ' PRES DE 2 PRENDO EL TMR1

'=====

INTCON2.INTEDG0=1 ' FLANCO DEL RB0 S  
INTCON2.TMR0IP=1 ' PRIORIDAD ALTA AL TMR0  
IPR1=%000000001 ' PRIORIDAD ALTA AL TMR1  
INTCON = %10010000 ' HABILITO GIE PEIE PRENDO INT RB0  
DELAY\_MS(5000)

'===== SECTOR DE INICIO DE PROGRAM =====

INICIO:

DELAY\_MS(170)

AUX\_RB0=0  
CONT\_1PAN=0  
PWM1\_Set\_Duty(CICLO\_PWM)  
LEER\_P(0,1) 'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA  
CARG(7)

IF DATO\_RX[5] = 1 THEN 'SALTO A CARGAR VALORES  
BOLA=0  
VOLTAJE=0  
DELAY\_MS(100)  
GOTO CARGAR\_DATOS  
ELSE  
END IF

LEER\_P(10,1) 'LEO BOTON 10 CON 1 PALABRA PARA DRENAJE  
CARG(7)

IF DATO\_RX[5] = 1 THEN 'SALTO A

DRENAR=0

VAL\_PANT = VAL\_PANT\_RES 'REGRESO EL VALOR DE TIEMPO DE PRUEBA

XL= LO(VAL\_PANT) 'CONVIERTO VALORES

```

    XH= HI(VAL_PANT)
    ESCRIBIR(4,XL,XH)    'RESETEO INDICADORES

    ELSE

    DRENAR=1
    END IF

    XL=LO(CICLO_PWM)    'ESCRIBO AL PWM DEL SISTEMA
    XH=HI(CICLO_PWM)
    ESCRIBIR(2,XL,XH)

    LEER_P(14,1)        'LEO BOTON 10 CON 1 PALABRA PARA DRENAJE
    CARG(7)

    IF DATO_RX[5] = 1 THEN    ' PREGUNTO PARA EL DRENAJE

    LAMP=0
    ELSE

    LAMP=1

    END IF

    GOTO INICIO

'-----

CARGAR_DATOS:

    LEER_P(44,1)        'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
    CARG(7)
    DAT_I1 = DATO_RX[5]

    LEER_P(46,1)        'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
    CARG(7)
    DAT_I2 = DATO_RX[5]

    LEER_P(48,1)        'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
    CARG(7)
    DAT_I3 = DATO_RX[5]

    LEER_P(50,1)        'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
    CARG(7)
    DAT_I4 = DATO_RX[5]

    LEER_P(4,2)        'TESTEO BOTON 6 CARGO PULSO
    CARG(9)
    VAL_D = DATO_RX[4]*256
    VAL_U = DATO_RX[5]
    VAL_PANT = ((VAL_D + VAL_U)) 'RESOLUCION DEL TIMER
    VAL_PANT_RES = VAL_PANT

    LEER_P(6,2)        'TESTEO BOTON 6 CARGO PULSO
    CARG(9)
    VAL_D = DATO_RX[4]*256
    VAL_U = DATO_RX[5]
    VAL_P = ((VAL_D + VAL_U)/100) 'RESOLUCION DEL TIMER

    LEER_P(8,2)        'TESTEO BOTON 6 CARGO FRECUENCIA Hz
    CARG(9)
    VAL_D = DATO_RX[4]*256
    VAL_U = DATO_RX[5]
    VAL_A = ((VAL_D + VAL_U)) 'ALMACENO VALOR DE FREC

```

'CONT\_FREC MEDA CUANTOS PASOS DEBO CONTAR PARA LLEGAR AL TIEMPO DE FREC Q QUIERO

```
CONT_FREC =(20000/VAL_A) ' 31250 DE DIVIDI 1000000 US PARA LA RESOL TIMER 32
INTCON = %11110000 ' APAGO RB0 HABILITO PEI, TMR0
CONT_T1=0
CONT_SEG=0
```

```
'=====
DUTY=CICLO_PWM
```

```
'=====
```

```
'===== SECTOR DE CONTROL DE SIMULADOR =====
```

INI\_SIMULATOR:

```
INTCON = %10110000 'HABILITO GIE PEIE PRENDO INT TMR0, RB0
CONT_1PAN = CONT_1PAN + 1 'CONTADOR PARA SALIR SI NO HAY PULSO
```

```
IF AUX_RB0=1 THEN 'PARA EL INICIO DE CONTEO DE DIENTE
```

```
RPM = CONT_T0
```

```
AUX_RB0=0
```

```
CONT_0=0
```

```
CONT_T0=0
```

```
CONT_T1=0
```

```
CONT_1PAN=0
```

```
INTCON = %11100000 ' APAGP RB0 HABILITO PEI, TMR0
```

```
T0CON = %10000001 ' ACTIVO EL TMR0, A 16 BIT, PRESC = 4
```

```
T1CON = %00001001 ' ACTIVO EL TIMER1
```

```
GOTO DISPARO
```

```
ELSE
```

```
END IF
```

```
IF CONT_1PAN=200000 THEN
```

```
INTCON=%00000000
```

```
CONT_1PAN = 0
```

```
INT_1E=0
```

```
AUX_RB0=0
```

```
GOTO INICIO
```

```
ELSE
```

```
END IF
```

```
GOTO INI_SIMULATOR
```

DISPARO:

```
IF CONT_T1 < VAL_A THEN
```

```
PORTB.3=0
```

```
ELSE
```

```
IF CONT_T1 <( VAL_P + VAL_A ) THEN
```

```
PORTB.3=1
```

```
ELSE
```

```
T1CON = %00000000
```

```
INTCON = %10100000
```

```
PORTB.3=0
```

```
CONT_T1=0
```

```
GOTO RES_DAT
```

```
END IF
END IF
```

```
INI_PRUEBA:
```

```
-----
' PARA BAJAR EL TIEMPO DE COMPARACION

IF DAT_I1=1 THEN
T1CON = %00001001      ' ACTIVO EL TIMER1
  CONT_T1=0

  DISPARO:

  IF VAL_P >= CONT_T1 THEN

PORTB.1=1
  GOTO DISPARO
  ELSE
  PORTB.1=0
  CONT_T1=0
T1CON = %00000000      ' DESACTIVO EL TIMER1
  PASO_INY      'TIEMPO DE ESPERA DE INYECCION ENTRE INYECTORES

END IF

  ELSE
  END IF
```

```
-----

IF DAT_I2=1 THEN
T1CON = %00001001      ' ACTIVO EL TIMER1
  CONT_T1=0

  DISPARO_2:

  IF VAL_P >= CONT_T1 THEN

PORTB.2=1
  GOTO DISPARO_2
  ELSE
  PORTB.2=0
  CONT_T1=0
T1CON = %00000000      ' DESACTIVO EL TIMER1
  PASO_INY      'TIEMPO DE ESPERA DE INYECCION ENTRE INYECTORES

END IF

  ELSE
  END IF
```

```
-----

IF DAT_I3=1 THEN
T1CON = %00001001      ' ACTIVO EL TIMER1
  CONT_T1=0

  DISPARO_3:

  IF VAL_P >= CONT_T1 THEN

PORTB.3=1
  GOTO DISPARO_3
```

```

        ELSE
            PORTB.3=0
            CONT_T1=0
T1CON = %00000000 ' DESACTIVO EL TIMER1
            PASO_INY      'TIEMPO DE ESPERA DE INYECCION ENTRE INYECTORES
        END IF

        ELSE
        END IF

'-----

        IF DAT_I4=1 THEN
T1CON = %00001001      ' ACTIVO EL TIMER1
            CONT_T1=0

            DISPARO_4:

            IF VAL_P >= CONT_T1 THEN

PORTB.4=1
                GOTO DISPARO_4
            ELSE
                PORTB.4=0
                CONT_T1=0
T1CON = %00000000      ' DESACTIVO EL TIMER1
                PASO_INY      'TIEMPO DE ESPERA DE INYECCION ENTRE INYECTORES
            END IF

            ELSE
            END IF

'-----

T1CON = %00001001      ' ACTIVO EL TIMER1
            CONT_T1=0

        FRECU:

        ' EL MENOS 270 ES PARA CORREGIR ERROES POR LAS ESCRITURAS A LA PANTALLA

            IF (CONT_FREC-270) >= CONT_T1 THEN ' SECCION ESPERA DE FRECUENCIA DE INYECCION
                GOTO FRECU
            ELSE
                INC(CONT_SEG)
                INC(CONT_PRESION)
                CONT_T1=0
                T1CON = %00000000      ' ACTIVO EL TIMER1
            END IF

            IF CONT_PRESION >= (VAL_A/3) THEN      ' TESTEO CUANDO LLEGA A UN SEGUNDO

CONT_PRESION=0
                LEC_ADC = ADC_READ(0)

                IF (LEC_ADC>=LEC_ADC_ANTE+3) THEN      'PARA ESTABILIZAR VISULIZACION
                    LEC_ADC_CON = ((3*LEC_ADC)- 612)

'===== presion

                IF LEC_ADC_CON >= 600 THEN      'PROTECCION A 1200 BAR

                    BOLA=1

```

```

        PWM1_Set_Duty(CICLO_PWM)

XL= LO(0)      'CONVIERTO VALORES
XH= HI(0)

ESCRIBIR(4,XL,XH)      'RESETEO INDICADORES
ESCRIBIR(44,XL,XH)
ESCRIBIR(46,XL,XH)
ESCRIBIR(48,XL,XH)
ESCRIBIR(50,XL,XH)
ESCRIBIR(0,XL,XH)

DELAY_MS(100)
    PORTB=%00100000

    GOTO INICIO

    ELSE
END IF

IF LEC_ADC<=210 THEN
    LEC_ADC_CON=0
ELSE
    END IF

XL=LO(LEC_ADC_CON)      'CONVIERTO VALORES
XH=HI(LEC_ADC_CON)
ESCRIBIR(12,XL,XH)
    ELSE

        IF (LEC_ADC<=LEC_ADC_ANTE-5) THEN      'PARA ESTABILIZAR VISULIZACION
            LEC_ADC_CON = ((3*LEC_ADC)- 612)

IF LEC_ADC<=210 THEN
    LEC_ADC_CON=0
ELSE
    END IF

        XL=LO(LEC_ADC_CON)      'CONVIERTO VALORES
        XH=HI(LEC_ADC_CON)
ESCRIBIR(12,XL,XH)
        ELSE
            END IF

            LEC_ADC_ANTE=LEC_ADC

        ELSE

        END IF

        IF CONT_SEG >= VAL_A THEN      'TESTEO CUANDO LLEGA A UN SEGUNDO

            CONT_SEG=0
            DEC(VAL_PANT)
            XL= LO(VAL_PANT)      'CONVIERTO VALORES
            XH= HI(VAL_PANT)
            ESCRIBIR(4,XL,XH)
            ELSE
            END IF

```

```

IF VAL_PANT = 0 THEN      ' RESETEO VARIABLE POR TIEMPO DE PRUEBA
    PWM1_Set_Duty(CICLO_PWM)
    BOLA=1                ' PARA LA BOMBA ELECTRICA
PORTB=%00100000
    CONT_SEG=0

    VAL_PANT = 0
XL= LO(VAL_PANT)        'CONVIERTO VALORES
    XH= HI(VAL_PANT)

ESCRIBIR(4,XL,XH)      'RESETEO INDICADORES
ESCRIBIR(44,XL,XH)
ESCRIBIR(46,XL,XH)
ESCRIBIR(48,XL,XH)
ESCRIBIR(50,XL,XH)
ESCRIBIR(0,XL,XH)

GOTO INICIO

    ELSE
END IF

IF AUX_RB0=1 THEN

    AUX_RB0=0
    PWM1_Set_Duty(CICLO_PWM)
    BOLA=1                ' PARA LA BOMBA ELECTRICA
    PORTB=%00100000
    CONT_SEG=0

    VAL_PANT = 18
XL= LO(18)              'CONVIERTO VALORES
    XH= HI(18)
ESCRIBIR(4,XL,XH)
    VAL_PANT = 0
XL= LO(0)                'CONVIERTO VALORES
    XH= HI(0)

ESCRIBIR(0,XL,XH)
ESCRIBIR(4,XL,XH)      'RESETEO INDICADORES
ESCRIBIR(44,XL,XH)
ESCRIBIR(46,XL,XH)
ESCRIBIR(48,XL,XH)
ESCRIBIR(50,XL,XH)

GOTO INICIO
    ELSE
END IF

'-----

LEER_P(10,1)            'LEO BOTON 10 CON 1 PALABRA PARA DRENAJE
CARG(7)

IF DATO_RX[5] = 1 THEN  ' PREGUNTO PARA EL DRENAJE

    DRENAR=0
    CONT_SEG=0

    VAL_PANT = VAL_PANT_RES 'REGRESO EL VALOR DE TIEMPO DE PRUEBA

```

```
XL= LO(VAL_PANT)      'CONVIERTO VALORES
XH= HI(VAL_PANT)
ESCRIBIR(4,XL,XH)     'CARGO VALOR INICIAL DE TIEMPO
```

```
ELSE
```

```
    DRENAR=1
```

```
END IF
```

```
'=====
```

```
LEER_P(0,1)          'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA BOTON PRINCIPAL
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5] = 0 THEN 'SALTO A INICIO
    BOLA=1
    PWM1_Set_Duty(CICLO_PWM)
    DELAY_MS(100)
    PORTB=%00100000
    GOTO INICIO
ELSE
END IF
```

```
IF DUTY >= 1 THEN    'PARA CONTROLAR EL PWM DEL LA VALVULA DE SUCCION
    DUTY=DUTY-10     'RESTO LA CANTIDADES DE DECREMENTOS DEL PWM
    PWM1_Set_Duty(DUTY)
    XL=LO(DUTY)      'CONVIERTO VALORES
    XH=HI(DUTY)
    ESCRIBIR(2,XL,XH)
ELSE
```

```
END IF
```

```
GOTO INI_PRUEBA
```

```
program STANADYNE_DS
```

```
SYMBOL INT_1E = INTCON3.INT1IE ' PARA HABILITAR LA INTERRUPCION RB1
SYMBOL PASO = DELAY_US(100)
```

```
'=====
DIM AUX_RB0, RX_L AS BYTE
DIM CONT_0, CONT_1, CONT_T01, CONT_T0, CONT_T1, RPM AS WORD
DIM VAL_P, VAL_A, VAL_D, VAL_U, X, LEC_ADC AS WORD
```

```
'=====
DIM DATO_RX, DATO_RXBORRAR AS STRING [8] ' VECTOR DE RECIBIR EL DATO LEIDO DE
PANTA
DIM CONT_1PAN AS LONGWORD ' CONTAD PARA SALIR SI NO RESPONDE LA PANTA
DIM RPM_LONG AS FLOAT
DIM XL, XH, AUX_1P AS BYTE ' XL MENOS SIG, XH MAS SIG PARA LA PANTALLA
'=====
```

```
SUB PROCEDURE INTERRUPT
```

```
IF INTCON.TMR0IF=1 THEN
TMR0H = 0XFF ' CARGO REGISTROS
    TMR0L = 0X46 ' CARGO REGISTROS
INC(CONT_T0)
INC(CONT_T01)
    INTCON.TMR0IF=0
```

```
ELSE
END IF
```

```

IF PIR1.TMR1IF=1 THEN
TMR1H = 0XFF      ' CARGO REGISTROS
TMR1L = 0X78      ' CARGO REGISTROS

INC(CONT_T1)
PIR1.TMR1IF=0

ELSE
END IF

IF INTCON3.INT1F=1 THEN
INTCON3.INT1F=0
INC(CONT_1)
ELSE
END IF

IF INTCON.INT0F=1 THEN
AUX_RB0=1
INC(CONT_0)
INTCON.INT0F=0
ELSE
END IF

END SUB

SUB PROCEDURE LEER_P(DIM IND, PAL AS BYTE)

UART1_WRITE(0)      'TERMINAL A CONTROLAR
UART1_WRITE(82)     'QUIERO LEER
UART1_WRITE(IND)    'LEO INDICADOR INDI
UART1_WRITE(PAL)    'CANTIDAD DE PALABRAS A LEER DE LA PANTALLA
UART1_WRITE(82 + IND + PAL) 'LA SUMA DE TODO

END SUB

SUB PROCEDURE CARG(DIM NBYTES AS BYTE)

LEO:

CONT_1PAN = CONT_1PAN + 1

IF CONT_1PAN >= 8000 THEN
CONT_1PAN = 0
AUX_1P = 0
GOTO SALGO
ELSE
END IF

IF UART1_DATA_READY = 1 THEN

DATO_RX[AUX_1P] = UART1_READ()
INC(AUX_1P)

IF AUX_1P >= NBYTES THEN
CONT_1PAN=0
AUX_1P=0
GOTO SALGO

ELSE
END IF

ELSE
END IF

```

GOTO LEO

SALGO:

END SUB

SUB PROCEDURE ESCRIBIR(DIM ELEL, C1L, C2L AS BYTE)

UART1\_WRITE (0) ' NUMERO DE PANTALLA  
UART1\_WRITE (87) ' COMANDO DE ESCRITURA  
UART1\_WRITE (ELEL) ' NUMERO DE ELEMENTO A MANIPULAR DE LA PANTALLA  
UART1\_WRITE (1) ' LARGO DE LOS DATOS ESCRIBO  
UART1\_WRITE (C2L) ' DATO A ENVIAR  
UART1\_WRITE (C1L)  
UART1\_WRITE (88 + ELEL + C1L + C2L) ' LA SUMA DE TODOS LOS DATOS

END SUB

main:

'=====

RCON=%10000000 ' ASIGNO ALTA PRIORIDAD A INTERRUPCIONES  
ADCON1=%00001110 ' DIGATIZO EL PUERTO B RA0 ES ENTRADA ANALOGICA  
INTCON=%00000000

TRISA=%00000001  
TRISB=%00000011  
TRISC=%10000000  
TRISD=%00000000

'=====

PORTB=0  
PORTC=0  
PORTD=0  
CONT\_0=0  
CONT\_1=0  
RPM=0  
CONT\_T01=0  
CONT\_T0=0  
CONT\_T1=0  
CONT\_1PAN=0  
AUX\_RB0=0  
AUX\_1P = 0  
DATO\_RX[5] = 0 ' VECTOR DONDE SE ALMACENA EL VALOR A LEER

VAL\_A= 10  
VAL\_P= 50

'=====

UART1\_INIT(115200) ' PARA COMUNICACION CON LA PANTALLA  
DELAY\_MS(100)

'===== ETAPA DEL TMR0 '=====

T0CON = %00000001 ' APAGADO EL TMR0, MODO 16 BIT, TEMPO, PRESC = 4  
INTCON.TMR0IF = 0 ' LIMPIO TMR0IF

TMR0H = 0XFF ' CARGO REGISTROS  
TMR0L = 0X46 ' CARGO REGISTROS

'===== ETAPA DEL TMR1 '=====

```
T1CON = %00000000      ' APGADO EL TMR1
PIR1.TMR1IF = 0        ' LIMPIO TMR1IF
PIE1.TMR1IE = 0        ' DESABILITO LA INTERRUPCION
```

```
TMR1H = 0XFF          ' CARGO REGISTROS
TMR1L = 0X78          ' CARGO REGISTROS
```

```
PIE1.TMR1IE = 1       ' HABILITO LA INTERR DEL TMR1
T1CON = %00000000     ' PRES DE 2 PRENDO EL TMR1
```

```
'=====
```

```
INTCON2.INTEDG0=1     ' FLANCO DEL RB0 S
INTCON2.INTEDG1=1     ' FLANCO DEL RB1 B
INTCON2.TMR0IP=1      ' PRIORIDAD ALTA AL TMR0
IPR1=%00000001       ' PRIORIDAD ALTA AL TMR1
INTCON3.INT1IP=1      ' PRIORIDAD ALTA PARA RB1
```

```
'===== SECTOR DE INICIO DE PROGRAM =====
```

INICIO:

```
DELAY_MS(200)
CONT_1PAN=0
```

```
LEER_P(0,1)           'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5] = 2 THEN 'SALTO A CONTEO DE NOTCHES
  DELAY_MS(100)
  GOTO INI_CONT
ELSE
END IF
```

```
IF DATO_RX[5] = 3 THEN 'SALTO A CONTROL DE STEPPER
  DELAY_MS(100)
  GOTO INI_STEPPER
ELSE
END IF
```

```
IF DATO_RX[5] = 4 THEN 'SALTO A INICIO SIMULATOR
  DELAY_MS(100)
  GOTO INI_SIMULATOR
ELSE
END IF
```

GOTO INICIO

```
'===== SECTOR DE CONTROL DE NOTCHES =====
```

INI\_CONT:

```
INTCON = %10010000    'HABILITO GIE PEIE PRENDO INT RB0
```

```
CONT_1PAN = CONT_1PAN + 1  'CONTADOR PARA SALIR SI NO HAY PULSO
```

```
IF AUX_RB0=1 THEN      'PARA EL INICIO DE CONTEO DE DIENTE
CONT_0=0
  CONT_1=0
  CONT_1PAN=0
  INT_1E=1
GOTO CONT_DIENTES
ELSE
END IF
```

```

IF CONT_1PAN >= 150000 THEN 'DESBORDE DE TIEMPO PARA SALIR
INTCON=%00000000
  CONT_1PAN = 0
  INT_1E=0
  AUX_RB0=0
  GOTO PRES_DIEN
ELSE
END IF

```

```
GOTO INI_CONT
```

```
'-----
```

```
CONT_DIENTES:
```

```
CONT_1PAN = CONT_1PAN + 1 'CONTADOR PARA SALIR SI NO HAY PULSO
```

```

IF CONT_1PAN >= 150000 THEN 'DESBORDE DE TIEMPO PARA SALIR
INTCON=%00000000
  CONT_1PAN = 0
  INT_1E=0
  AUX_RB0=0
  GOTO PRES_DIEN
ELSE
END IF

```

```

IF CONT_0 = 8 THEN 'CUENTO 8 DIENTES DEL ENCODER
  INTCON=%00000000
  INT_1E=0
AUX_RB0=0
GOTO PRES_DIEN
ELSE
END IF

```

```
GOTO CONT_DIENTES
```

```
'-----
```

```
PRES_DIEN:
```

```
FOR X=0 TO 30 'PREGUNTO 10 VECES SI DEBO SALIR A INICIO
```

```

  LEER_P(0,1) 'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
  DELAY_US(900) 'OJO FUNDAMENTAL CUANDO ESCRIBO ALGO
  CARG(7)

```

```

IF DATO_RX[5]=1 THEN 'SALTO A INICIO DE PROGRAMA
  RX_L =UART1_READ() 'ESTE ES PARA PODER VACIAR EL PUERTO
  DELAY_MS(100)
  GOTO INICIO
ELSE
END IF

```

```

DELAY_MS(5)
NEXT X

```

```

  XL=LO(CONT_0) 'CONVIERTO VALORES DE LARGE NOTCHES
  XH=HI(CONT_0)
  ESCRIBIR(4,XL,XH)
' =====
  DELAY_US(500) 'OOOJJOOOO TIEMPO PAQ RESPONDA LA PANTALLA
' =====
  XL=LO(CONT_1) 'CONVIERTO VALORES DE SMALL NOTCHES
  XH=HI(CONT_1)
  ESCRIBIR(2,XL,XH)

```

```
DELAY_MS(30)
  CONT_0=0
  CONT_1=0
  CONT_1PAN=0
```

```
GOTO INI_CONT
```

```
'===== SECTOR DE CONTROL DE STEPPER =====
INI_STEPPER:
```

```
LEER_P(6,1)      'LEO BOTON 6 CON 1 PALABRA
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5]=10 THEN 'PREGUNTO SI HA PULSADO DESPLAZAMIENTO A LA DERECHA
DELAY_MS(5)
  PORTD=%00001111
  GOTO CLOCK_L297
ELSE
' PIN DEL L297 18 CLOCK   RD0
' PIN DEL L297 10 ENABLE  RD1
' PIN DEL L297 17 GIRO    RD2
' PIN DEL L297 19 H O FUL RD3
' PIN DEL L297 11 CONTROL RD4
END IF
```

```
LEER_P(8,1)      'LEO BOTON 8 CON 1 PALABRA
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5]=20 THEN 'PREGUNTO SI HA PULSADO DESPLAZAMIENTO A LA IZQUIERDA
DELAY_MS(5)
  PORTD=%00001011
  GOTO CLOCK_L297
ELSE
END IF
```

```
LEER_P(0,1)      'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5]=1 THEN 'SALTO A INICIO DE PROGRAMA
DELAY_MS(1)
  GOTO INICIO
ELSE
END IF
```

```
GOTO INI_STEPPER
```

```
'-----
```

```
CLOCK_L297:
  FOR X=0 TO 30
    PORTD.0=0
    DELAY_US(1000)
    PORTD.0=1
    DELAY_US(1000)
  NEXT X
```

```
DELAY_MS(50)
PORTD=%00000001
```

```
GOTO INI_STEPPER
```

```
RES_DAT:
```

```
IF CONT_T01 >= 1200 THEN 'PARA DARLE ACTUALIZACION CADA 750 MS
```

```
CONT_T01=0
```

```
LEC_ADC = ADC_READ(0)  
XL=LO(LEC_ADC) 'CONVIERTO VALORES  
XH=HI(LEC_ADC)  
ESCRIBIR(16,XL,XH)
```

```
X=0
```

```
REBOTE1:
```

```
IF UART1_DATA_READY = 1 THEN  
DATO_RXBORRAR[X] = UART1_READ()  
INC(X)
```

```
IF X=3 THEN  
X=0  
GOTO RES_DAT_COM11  
ELSE  
END IF
```

```
ELSE  
END IF
```

```
GOTO REBOTE1
```

```
RES_DAT_COM11:
```

```
RPM= (50000/RPM)  
XL=LO(RPM) 'CONVIERTO VALORES  
XH=HI(RPM)
```

```
ESCRIBIR(18,XL,XH)  
X=0
```

```
REBOTE:
```

```
IF UART1_DATA_READY = 1 THEN  
DATO_RXBORRAR[X] = UART1_READ()  
INC(X)
```

```
IF X=3 THEN  
X=0  
GOTO RES_DAT_COM  
ELSE  
END IF
```

```
ELSE  
END IF
```

```
GOTO REBOTE
```

```
ELSE  
END IF
```

```
RES_DAT_COM:
```

```
LEER_P(0,1) 'LEO BOTON 0 CON 1 PALABRA  
CARG(7)
```

```
IF DATO_RX[5]=10 THEN 'SALTO A RECIBIR DATOS  
DELAY_MS(1)  
INTCON = %00000000
```

```
T0CON = %00000000      ' ACTIVO EL TMR0, A 16 BIT, PRESC = 4
  GOTO CARGAR_DATOS
ELSE
  END IF
```

```
  IF DATO_RX[5]=15 THEN 'SALTO A INICIO DE PROGRAMA
  DELAY_MS(1)
  INTCON = %00000000
  T0CON = %00000000      ' ACTIVO EL TMR0, A 16 BIT, PRESC = 4
  GOTO INICIO
ELSE
  END IF
```

```
GOTO INI_SIMULATOR
```

```
CARGAR_DATOS:
```

```
  LEER_P(10,2)          'TESTEO BOTON 10 CARGO PULSO
  CARG(9)
  VAL_D = DATO_RX[4]*256
  VAL_U = DATO_RX[5]
  VAL_P = (VAL_D + VAL_U)/20 'RESOLUCION DEL TIMER
```

```
  LEER_P(13,2)          'TESTEO BOTON 8 CARGO AVANCE
  CARG(9)
  VAL_D = DATO_RX[4]*256
  VAL_U = DATO_RX[5]
  VAL_A = (VAL_D + VAL_U)/20 'RESOLUCION DEL TIMER
```

```
  ESCRIBIR(0,0,0)
  X=0
```

```
  REBOTE_DAT:
```

```
    IF UART1_DATA_READY = 1 THEN
      DATO_RXBORRAR[X] = UART1_READ()
      INC(X)
```

```
    IF X=3 THEN
      X=0
      GOTO INI_SIMULATOR
    ELSE
      END IF
```

```
  ELSE
    END IF
```

```
GOTO REBOTE_DAT
```

```
end.
```

```
,
```

## **LABORATORIO DE PRÁCTICA diesel common rail**

### **PRACTICA No. 1**

PROFESOR: ING. JUAN CARLOS RUBIO

TEMA: PRUEBA DE MEDIO RANGO DEL INYECTOR

### **OBEJETIVO GENERAL**

Mediante la práctica se aprenderá activar el simulador de pruebas y se realizara una prueba de medio rango del inyector

#### **1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Aprender el procedimiento o pasos para la activación y funcionamiento del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.
- Entender sobre la prueba de medio rango del inyector.

#### **2. MATERIALES**

- Simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail
- Inyector Denso.
- Llave # 17
- Equipo de seguridad.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **SISTEMA COMMON RAIL.**

En el sistema common rail se utiliza una cámara de acumulación llamada rampa en la cual se almacena el combustible a presión, ya que los inyectores contienen válvulas magnéticas y estas son controladas electrónicamente, son las encargadas de inyectar dicho combustible en el interior de los cilindros del motor. El sistema de inyección en el motor es totalmente controlado por la ECU del motor y esta se encarga de regular con un alto grado de precisión el calado de inyección la relación y la presión necesaria, debido a esta precisión es posible realizar múltiples inyecciones de combustible en una sola carrera del pistón.

#### **INYECTOR DIESEL COMMON RAIL.**

Sus principales funciones son la dosificación de la inyección mediante la presión existente dentro del riel, preparan el combustible y conformar el desarrollo de la inyección y estanqueizar la cámara de combustión. Todo esto sucede y se complementa mediante la intervención de la ECU mediante sus señales obtenemos un volumen, relación y modelo de inyección óptimos para el motor, su funcionamiento y desempeño.

### **4. TOMA DE DATOS O PROCEDIMIENTO**

4.1. Dote de electricidad al simulador verificando que el botón de paro de emergencia no se encuentre accionado.

4.2. Gire el swith de encendido hasta que su posición indique (on).

4.3. Con la ayuda de la llave # 17 ajuste el inyector a la cañería flexible de alta presión.

4.4. Ajuste el acople rápido al inyector y la cañería de retorno.

4.5. Inserte el cable de señal correspondiente al inyector.

4.6. Seleccione en la pantalla la prueba de medio rango del inyector.

<b>VALORES PATRON DEL SISTEMA</b>				
<b>P_TEO</b>	<b>CONT</b>	<b>PULSO</b>	<b>FREC</b>	
400	120	750	6	IDLE
800	120	800	13	MID_RANGE

4.7. Seleccione el inyector a trabajar.

4.8. Seleccione el icono (go) en la pantalla para dar inicio a la prueba.

## 5. CUESTIONARIO

- **¿Qué presiones trabaja un sistema common rail?**

La presión existente por el momento en sistemas common rail depende mucho del fabricante y sus características en los inyectores, pero se conoce que en la prueba de medio rango el inyector trababa a una presión de 800 bar y cuando se encuentra en su máxima capacidad inyecta con una presión de 1600 bar que se mantienen en el riel.

- **¿Por qué es más eficiente el sistema common rail?**

El sistema common rail es más eficiente porque entre sus principales cualidades es optimizar el consumo de combustible reduciendo las el desperdicio del mismo, reduce el ruido característico del motor diesel y tiene una mejor respuesta a la aceleración del motor y el sistema mantiene una presión constante en el riel para disposición de los inyectores que dosifican al combustible pulverizando al ingreso de la cámara de ignición

.

**6. CONCLUSIONES**

- Se determinó los procedimientos a seguir para el uso correcto del simulador y se va familiarizando con las diferentes pruebas y con el programa que lo controla.

- Se determinó el estado del inyector en la prueba de medio rango.

**7. RECOMENDACIONES**

- Antes de manipular el simulador tener en cuenta el uso adecuado de la vestimenta y el equipo de seguridad.

# LABORATORIO DE PRÁCTICA DIESEL COMMON RAIL

## **PRACTICA No. 2**

PROFESOR: ING. JUAN CARLOS RUBIO

TEMA: PRUEBA DE ABANICO.

### **OBEJETIVO GENERAL**

Mediante la práctica se aprenderá activar el simulador de pruebas y se realizara una prueba de abanico del inyector.

### **1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Aprender el procedimiento o pasos para la activación y funcionamiento del simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail.
- Entender sobre la prueba de abanico del inyector.

### **2. MATERIALES**

- Simulador de pruebas para inyectores con control electrónico diesel common rail
- Inyector Denso.
- Llave # 17
- Equipo de seguridad.
- Hoja A4

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **SISTEMA COMMON RAIL.**

En el sistema common rail se utiliza una cámara de acumulación llamada rampa en la cual se almacena el combustible a presión, ya que los inyectores contienen válvulas magnéticas y estas son controladas electrónicamente, son las encargadas de inyectar dicho combustible en el interior de los cilindros del motor. El sistema de inyección en el motor es totalmente controlado por la ECU del motor y esta se encarga de regular con un alto grado de precisión el calado de inyección la relación y la presión necesaria, debido a esta precisión es posible realizar múltiples inyecciones de combustible en una sola carrera del pistón.

#### **RIEL O RAMPA DE INYECTORES.**

La rampa o riel es la encargada de la distribución a presión del combustible proporcionado por la bomba de suministro, este, tiene que ser entregado a cada inyector equitativamente. La rampa difiere mucho en su modelo y diseño según el fabricante de cada vehículo pero su función y comportamiento no varía.

### **4. TOMA DE DATOS O PROCEDIMIENTO**

4.1. Dote de electricidad al simulador verificando que el botón de paro de emergencia no se encuentre accionado.

4.2. Gire el switch de encendido hasta que su posición indique (on).

4.3. Con la ayuda de la llave # 17 ajuste el inyector a la cañería flexible de alta presión.

- 4.4. Ajuste la cañería de retorno.
- 4.5. Inserte el cable de señal correspondiente al inyector.
- 4.6. Ingresa en la pantalla los siguientes valores.



- 4.7. Seleccione el inyector a trabajar.
- 4.8. Seleccione el icono (go) en la pantalla para dar inicio a la prueba.
- 4.9. Con el diámetro del rocío del inyector determinar el radio.
- 4.10. Con la altura ya establecida del inyector y conociendo el radio de la circunferencia de rocío determinar el ángulo de inyección del inyector utilizando el teorema de Pitágoras y la ley de senos.

## 5. CUESTIONARIO

- **¿Qué representa la frecuencia que se indica en la pantalla?**

La frecuencia que se encuentra representada en la pantalla es la simulación de las revoluciones del motor y simula el número de inyecciones programadas a realizar el inyector en el intervalo de 1 segundo de tiempo.

- **¿Por qué es más eficiente el sistema common rail?**

El sistema common rail es más eficiente porque entre sus principales cualidades es optimizar el consumo de combustible reduciendo las el desperdicio del mismo, reduce el ruido característico del motor diesel

y tiene una mejor respuesta a la aceleración del motor y el sistema mantiene una presión constante en el riel para disposición de los inyectores que dosifican al combustible pulverizando al ingreso de la cámara de ignición

.

## **6. CONCLUSIONES**

- Se determinó los procedimientos a seguir para el uso correcto del simulador y se va familiarizando con las diferentes pruebas y con el programa que lo controla.

- Se determinó el estado del inyector mediante la prueba de abanico y se obtuvo el ángulo de inyección del mismo.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Antes de manipular el simulador tener en cuenta el uso adecuado de la vestimenta y el equipo de seguridad.