

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **EXTENSIÓN LATACUNGA**



### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**“BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS  
PARA MOTORES DIESEL.”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AUTOMOTRIZ**

**ELABORADO POR:**

**DIEGO FRANCISCO LASCANO LÓPEZ**

**JULIO CÉSAR MONTACHANA TENORIO**

**Latacunga, Junio 2011**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Lascano López Diego Francisco

Montachana Tenorio Julio César

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “**BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Junio del 2011

**Lascano López Diego Francisco**

CI. 050310229-5

**Montachana Tenorio Julio César**

CI. 0503028656

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Lascano López Diego Francisco

Montachana Tenorio Julio César

**DECLARAMOS QUE:**

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo **“BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2011

**Lascano López Diego Francisco**

CI. 050310229-5

**Montachana Tenorio Julio César**

CI. 0503028656

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

ING. LUIS MENA (DIRECTOR)

ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo “**BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.**”, realizado por el señor Lascano López Diego Francisco y el señor Montachana Tenorio Julio César, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

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

El mencionado trabajo consta de **UN** Empastado y **UN** disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil. Autorizan al señor Lascano López Diego Francisco y el señor Montachana Tenorio Julio César que lo entregue al ING. LUIS MENA, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Junio del 2011

**Lascano López Diego Francisco**

CI. 050310229-5

**Montachana Tenorio Julio César**

CI. 0503028656

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por **Lascano López Diego Francisco** y el señor **Montachana Tenorio Julio César** bajo nuestra supervisión.

**ING. LUIS MENA  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**ING. GUIDO TORRES  
CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DEDICATORIA

A ti **DIOS** que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho amor a mis padres, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo Francisco y María del Rocío por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi; dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y de mi vida.

A mi hermana que siempre a estado a mi lado te quiero mucho María José eres un ejemplo de superación.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos.

Diego

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil.

A mis padres César Montachana y Rosario Tenorio por todo lo que me han dado en esta vida especialmente por sus sabios consejos sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada su amor.

A mi hermano Edison que desde el cielo me guía y estoy seguro que en este momento está orgulloso de mí.

A mi hermanita Mírela por contagiarme de alegría de vivir.

JULIO CÉSAR.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a **Dios**.

A mis padres, **Francisco Lascano** y **María del Rocío López**, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

Para mi hermana, María José y a toda mi familia que de una u otra manera me han apoyado.

A todos mis amigos, amigas y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo.

A todos mis maestros que aportaron a mi formación. Para quienes me enseñaron más que el saber científico, a quienes me enseñaron a ser lo que no se aprende en salón de clase y a compartir el conocimiento con los demás.

A todos. . .

GRACIAS

Diego



## **AGRADECIMIENTO**

Antes que a todos quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesité y bendecirme con la posibilidad de caminar a su lado durante toda mi vida.

Agradecer por siempre a mis padres por el esfuerzo realizado en todo momento por que fueron pilar fundamental para mi éxito.

Quiero dar las gracias a los profesores guías Ing. Luis Mena y Ing. Guido Torres.

Por último quiero agradecer a todos mis amigos y compañeros por hacer más grata la permanencia en la universidad.

JULIO CÉSAR.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
CERTIFICADO	iv
CERTIFICACIÓN	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
RESUMEN	xxi
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES	1
1.1 INTRODUCCIÓN AL SISTEMA	1
1.2 INYECTORES	3
1.2.1 Pulverización	4
1.2.2 Distribución	4
1.2.3 Penetración	5
1.2.4 Corte de la inyección	5
1.2.5 Temperatura	5
1.3 CONJUNTO PORTA TOBERA	5
1.3.1 Toberas	6
1.4 INYECTORES DE COMBUSTIBLE.	8
1.4.1 Construcción	9
1.4.2 Operación	9

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
1.4.3 Selladura entre el inyector y la culata	10
1.5 CONSTITUCIÓN DE UN INYECTOR	10
1.6 TIPOS DE INYECTORES.	13
1.6.1 Inyectores Mecánicos.	13
1.6.1.1 Inyectores de orificios.	14
1.6.1.2 Inyectores de espiga o de tetón	14
1.6.1.3 Tipo aguja con orificio auxiliar o tipo pintaux.	16
1.6.2 Inyectores Electrónicos	17
1.7 DESIGNACIÓN DE UN TIPO DE INYECTOR	18
1.7.1 Cómo identificar los inyectores	19
1.8 DESMONTAJE DEL INYECTOR DEL MOTOR.	20
1.8.1 Desmontaje y limpieza del inyector.	24
1.9 TIPOS DE BANCOS DE PRUEBAS.	30
1.9.1 Banco Comprobador de Inyectores a diesel electrónico.	30
1.9.2 Banco comprobador de inyectores a diesel mecánicos.	31
1.9.2.1 Equipo CAV	31
1.9.2.2 El equipo Hartridge Nozzle Poptest	32
1.9.2.3 Hartridge Nozzle Testmaster	32
1.9.3 Funcionamiento del banco de pruebas.	33
1.10 PRUEBAS MECÁNICAS.	33
1.10.1 Control de presión y tarado.	34
1.10.2 Control de estanqueidad.	36
1.10.3 Control de pulverización y dirección del chorro.	37
 <b>CAPÍTULO II</b>	
2. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL BANCO DE PRUEBAS	40
2.1. PARÁMETROS DEL SISTEMA	40
2.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS	41
2.2.1. Fuerza requerida en el pistón de bombeo	41

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
2.2.2. Fuerza requerida en la palanca.	42
2.2.3. Reacción en el pasador de la palanca	43
2.2.4. Reacciones generadas en la estructura soporte	44
2.2.5. Torque aplicado para desmontar el inyector	45
2.3. MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS	46
2.4. ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL FLUJO DE FLUIDO EN EL COMPROBADOR DE INYECTORES	55
2.4.1. Creación del proyecto en flow simulation	55
2.4.2. Resultados	59
<b>CAPÍTULO III</b>	
3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS	63
3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.	63
3.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE	63
3.3. DISEÑO DE LA CARCASA DE LA BOMBA DE INYECCIÓN.	67
3.4. DISEÑO DEL PISTÓN DE BOMBEO.	71
3.5. DISEÑO DEL SOPORTE DEL PISTÓN DE BOMBEO.	75
3.6. DISEÑO DE LA PALANCA DE BOMBEO.	78
3.7. DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL DESMONTAJE DE LOS INYECTORES.	82
3.8. DISEÑO DEL RESORTE PARA EL RETORNO DEL PISTÓN.	85
3.9. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA CALCULAR EL ÁNGULO DEL CONO DE PULVERIZACIÓN.	89
3.9.1 Desarrollo	90

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
 <b>CAPÍTULO IV</b>	
4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.	92
4.1. GENERALIDADES.	92
4.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO.	92
4.3. CONSTRUCCIÓN DEL PISTÓN DE BOMBEO.	97
4.4. CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL PISTÓN DE BOMBEO	98
4.5. CONSTRUCCIÓN DE LA PALANCA DE BOMBEO.	98
4.6. CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA EL DESMONTAJE DE LOS INYECTORES.	99
4.7. CONSTRUCCIÓN DE LOS ACOPLÉS	100
4.8. PROCESO DE MONTAJE INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.	101
4.9. CUADROS DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.	101
 <b>CAPÍTULO V</b>	
5. PRÁCTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	106
5.1. OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.	106
5.2. PRÁCTICA 1. RECONOCIMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INYECTOR ARMADO Y DESARMADO.	107
5.2.1 Inspección visual	111
5.2.2 Montaje	111
5.3. PRÁCTICA 2. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.	116

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
5.4 PRÁCTICA 3. CONTROL DE ESTANQUEDAD DEL ASIENTO.	119
5.5. PRÁCTICA 4. CONTROL DE PULVERIZACION, DIRECCION DEL CHORRO, Y RUIDO.	121
5.6. PRÁCTICA 5. MEDICIÓN DEL ÁNGULO DEL CONO DE PULVERIZACIÓN DEL INYECTOR.	123
5.7. CUESTIONARIOS:	124
5.8. MANUAL DE OPERACIÓN Y CARACTERISTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.	125
5.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	133
ANEXOS	134

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.1 Inyección Mecánica de Combustible.	2
Figura 1.2 Inyectores	4
Figura 1.3 Conjunto porta tobera	6
Figura 1.4 Tobera	7
Figura 1.5 Tobera de alta performance	8
Figura 1.6 Despiece de un inyector.	9
Figura 1.7 Aspecto exterior de un inyector.	11
Figura 1.8 Composición interna de un inyector.	12
Figura 1.9 Partes del inyector.	13
Figura 1.10 Inyector de orificios.	14
Figura 1.11 Inyector de espiga.	15
Figura 1.12 Inyector punta cilíndrica.	15
Figura 1.13 Inyector punta cónica.	16
Figura 1.14 Inyector de aguja con orificio auxiliar.	17
Figura 1.15 Inyectores electrónicos.	17
Figura 1.16 Designación de un tipo de inyector.	18
Figura 1.17 Desmontaje del inyector.	21
Figura 1.18 Desconexión de cañerías.	21
Figura 1.19 Desconexión de cañerías.	22
Figura 1.20 Desmontaje del inyector.	23
Figura 1.21 Inyector desmontado.	23
Figura 1.22 Inyector de tetón.	24
Figura 1.23 Limpieza de la aguja.	25
Figura 1.24 Limpieza del canal del inyector.	25
Figura 1.25 Útiles de limpieza para el inyector.	26
Figura 1.26 Limpieza del canal de guía.	26
Figura 1.27 Limpieza de la tobera.	27

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.28 Limpieza de los orificios de la tobera.	28
Figura 1.29 Control de deslizamiento.	29
Figura 1.30 Movimiento de la aguja.	29
Figura 1.31 Banco comprobador de inyectores electrónico	30
Figura 1.32 Banco comprobador de inyectores CAV.	31
Figura 1.33 Banco comprobador de inyectores Hartridge Nozzle Poptest.	32
Figura 1.34 Banco comprobador de inyectores Hartridge Nozzle Testmaster.	32
Figura 1.35 Mecanismo de regulación a tornillo en un inyector.	35
Figura 1.36 Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador sobre el tornillo de ajuste.	35
Fig. 1.37 Tres formas posibles de salida del chorro en la prueba del inyector de espiga.	38
Figura 1.38 Control de pulverización en un inyector de orificios.	39
Figura 2.1 Partes principales del banco de pruebas de inyectores	40
Figura 2.2 Bomba manual del comprobador de inyectores.	42
Figura 2.3 Análisis de fuerzas en la palanca	43
Figura 2.4 Diagrama del cuerpo libre de la palanca	43
Figura 2.5 Análisis de fuerzas en la estructura soporte	45
Figura 2.6 Torque aplicado para desmontar el inyector	45
Figura 2.7 Modelo de la estructura soporte del comprobador de inyectores	47
Figura 2.8 Modelo en 3D de la carcasa de la bomba manual de inyección	48
Figura 2.9 Modelo en 3D del pistón	49
Figura 2.10 Modelo del resorte para retorno del pistón	49
Figura 2.11 Modelo del cilindro para soporte del pistón	50
Figura 2.12 Modelo en 3D de la válvula de dosificación	50



<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura 2.13 Modelo en 3D de la palanca de bombeo	51
Figura 2.14 Modelo del depósito de combustible	51
Figura 2.15 Modelo del soporte para el desmontaje de los inyectores	52
Figura 2.16 Modelo en 3D de la cañería de inyección	52
Figura 2.17 Modelo de los componentes de la biblioteca de diseño de SolidWorks	53
Figura 2.18 Ensamblaje total del banco de pruebas	54
Figura 2.19 Asignación del nombre y configuración del proyecto	55
Figura 2.20 Selección del Sistema de Unidades	56
Figura 2.21 Ventana para la selección del tipo de análisis.	56
Figura 2.22 Selección del tipo de fluido.	57
Figura 2.23 Configuración de las Condiciones Iniciales	57
Figura 2.24 Configuración de la Geometría de Resolución y el Tamaño del Mallado	58
Figura 2.25 Ejecución de los Solvers de SolidWorks Flow Simulation	59
Figura 2.26 Generación de los diferentes tipos de resultados	60
Figura 2.27 Diagrama de presión total.	61
Figura 2.28 Distribución de velocidades.	62
Figura 3.1 Tensión de Von Mises en la estructura soporte	64
Figura 3.2 Desplazamientos resultantes en la estructura soporte.	65
Figura 3.3 Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte.	66
Figura 3.4 Tensión de Von Mises en la carcasa de la bomba de inyección.	68
Figura 3.5 Desplazamientos resultantes en la carcasa de la bomba de inyección.	69
Figura 3.6 Distribución del factor de seguridad en la carcasa de	

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
la bomba de inyección.	70
Figura 3.7 Tensión de Von Mises en el pistón de bombeo.	72
Figura 3.8 Desplazamientos resultantes en el pistón de bombeo.	73
Figura 3.9 Distribución del factor de seguridad en el pistón de bombeo.	74
Figura 3.10 Tensión de Von Mises en el soporte del pistón.	75
Figura 3.11 Desplazamientos resultantes en el soporte del pistón.	76
Figura 3.12 Distribución del factor de seguridad en el soporte del pistón.	77
Figura 3.13 Tensión de Von Mises en la palanca de bombeo.	79
Figura 3.14 Desplazamientos resultantes en la palanca de bombeo.	80
Figura 3.15 Distribución del factor de seguridad en la palanca de bombeo.	81
Figura 3.16 Tensión de Von Mises en el soporte para el desmontaje de los inyectores.	83
Figura 3.17 Desplazamientos resultantes en el soporte para el desmontaje de los inyectores.	84
Figura 3.18 Distribución del factor de seguridad en el soporte para el desmontaje de los inyectores.	85
Figura 3.19 Tarjeta con los elementos.	89
Figura 3.20 Simulación en Proteus.	90
Figura 3.21 Circuito finalizado.	91
Figura 4.1 Corte del tubo de la estructura.	93
Figura 4.2 Suelda de los tubos	93
Figura 4.3 Suelda de los tubos de apoyos.	94
Figura 4.4 Marco Estructural.	94
Figura 4.5 Corte de los ángulos.	95
Figura 4.6 Montaje de los ángulos.	96

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura 4.7 Montaje de los soportes.	96
Figura 4.8 Estructura terminada.	97
Figura 4.9 Pistón de bombeo terminado.	97
Figura 4.10 Soporte del pistón.	98
Figura 4.11 Palanca de bombeo.	99
Figura 4.12 Soporte de inyectores.	100
Figura 4.13 Acoples.	100
Figura 4.14 Banco terminado.	101
Figura 5.1 Dispositivo de desmontaje	107
Figura 5.2 Desmontaje de la tuerca de retención	108
Figura 5.3 Desmontaje de la tobera	108
Figura 5.4 Desmontaje del espaciador	109
Figura 5.5 Desmontaje del muelle y arandela	109
Figura 5.6 Desmontaje de la tuerca y la tapa	110
Figura 5.7 Desmontaje del resorte y la barra de empuje	110
Figura 5.8 Limpieza de los componentes	111
Figura 5.9 Montaje del porta inyector	112
Figura 5.10 Montaje del muelle y la arandela de presión	112
Figura 5.11 Montaje del espaciador y la pieza de levantamiento	113
Figura 5.12 Montaje de la tobera y la tuerca	113
Figura 5.13 Montaje de la tuerca de retención	114
Figura 5.14 Montaje de la barra de empuje y el resorte	114
Figura 5.15 Montaje de la arandela y tuerca de la tapa	115

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1 Toberas (Inyectores)	7
Tabla 1.2 Referencia de inyectores.	20
Tabla3.1 Propiedades del acero estructural ASTM A36	64
Tabla3.2 Propiedades del aluminio fundido 3003.	67
Tabla3.3 Propiedades del acero inoxidable AISI 321.	71
Tabla3.4 Propiedades del Acero Estructural ASTM A36.	78
Tabla3.5 Propiedades del Acero AISI 1020 laminado en frio.	82

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se trata de un banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel.

Este trabajo cuenta con cinco capítulos los cuales se encuentra organizados de manera que se inicie con un estudio de los parámetros característicos de operación de los inyectores, tipos y calibración hasta llegar a concluir con el diseño, y pruebas respectivas del banco.

En el capítulo I es el marco teórico en el cual se habla de los inyectores, diferentes bancos de pruebas y tipos, conformación, desmontaje y operación de los mismos, y sus respectivas pruebas a realizar para su correcto desempeño en el vehículo.

En el capítulo II se realiza una simulación y análisis del banco de pruebas, se menciona sus partes principales y se determina los cálculos las fuerzas y torques que actúan sobre cada una de dichas partes del banco, se realiza un modelado y ensamblaje de los componentes del banco para tener un diseño adecuado de los componentes acorde a cumplir con todos los requerimientos mediante el programa SolidWorks, se fue modificando y mejorando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo.

El capítulo III se realiza el diseño y selección de los elementos, análisis y simulación de los mismos mediante el programa SolidWorks 2010, teniendo en cuenta los parámetros que se determinaron en el capítulo anterior y que influyen directamente en el diseño del banco, también se realiza el diseño de un circuito electrónico que nos ayudara a determinar el ángulo del cono de pulverización a diferente distancia.

En el capítulo IV se enfoca sobre la construcción del banco con sus respectivas medidas, características y tipos de materiales utilizados en su elaboración, luego el montaje de sus elementos bajo las normas y cargas preestablecidas.

El capítulo V se realiza las diferentes prácticas que se pueden hacer en el banco de acuerdo a manuales establecidos de acuerdo al tipo de inyectores.

## **ABSTRACT**

In the present work is a test of mechanical injectors for diesel engines.

This paper has five chapters which are organized to start with a study of the characteristic parameters of operation of the injectors, types and calibration up to conclude the design and proof on the bank.

Chapter I is the theoretical framework in which we talk about the injectors, different benchmarks and types, conformation, disassembly and operation thereof, and their tests to be performed for correct performance in the vehicle.

Chapter II is a simulation and analysis of the test, major parts mentioned and determine the forces and torques calculations that act on each of those parts of the bank, it takes a modeling and assembly of components bank to have a proper design of line components to meet all requirements by the SolidWorks program, was modified and improved during the design stage until the final design.

Chapter III is the design and selection of elements, analysis and simulation of the same through the program SolidWorks 2010, taking into account the parameters that were determined in the previous chapter that directly influence the design of the bank, also performed the design of an electronic circuit that will help us determine the spray cone angle at different distances.

Chapter IV focuses on building the bank with their respective actions, characteristics and types of materials used in its preparation, then the assembly of its elements under predetermined rules and charges.

Chapter V is made different practices that can be done in the bank according to manual provided by the type of injectors.

# CAPÍTULO I

## 1. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE OPERACIÓN DE LOS INYECTORES

### 1.1 INTRODUCCIÓN DEL SISTEMA.

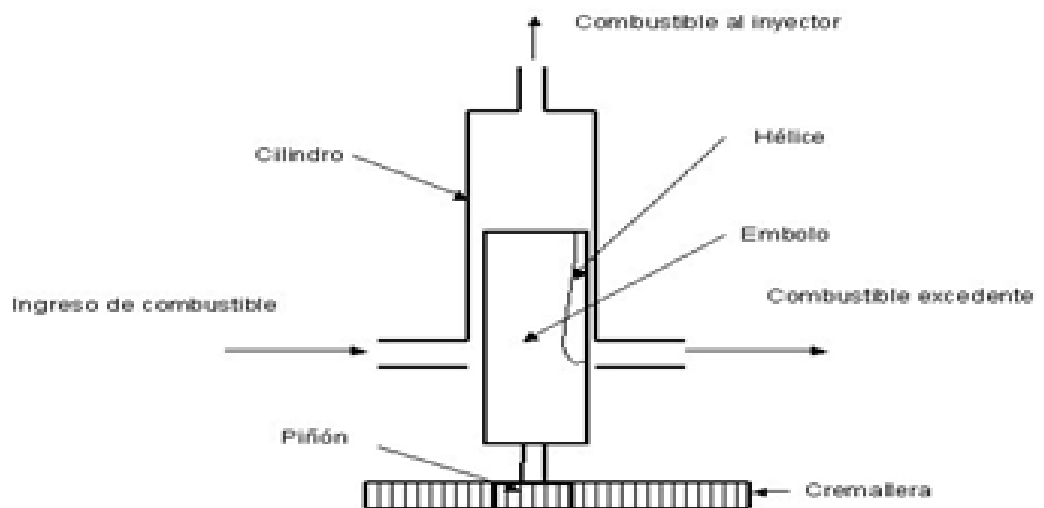
Este sistema de inyección para combustibles líquidos, utilizado comúnmente en los motores Diesel, es un sistema de inyección a alta presión (en el orden de los 200 Kg/cm<sup>2</sup>). Sirve para inyectar, de acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

Este sistema consta fundamentalmente de una bomba de desplazamiento positivo con capacidad para inyectar cantidades variables de combustible dada por un diseño especial de los émbolos y con un émbolo por inyector o cilindro del motor. El otro componente importante es el inyector propiamente dicho encargado de la inyección directamente en la cámara de combustión (inyección directa) o en una cámara auxiliar (inyección indirecta).

El funcionamiento es el siguiente: El sistema de alimentación suministra el combustible a una bomba alternativa accionada por el mismo motor y sincronizada con éste, para inyectar en cada cilindro en el momento preciso, la bomba, mediante unos émbolos de forma y mecanizado particular y accionados por un sistema de levas, bombea el combustible por una cañería hasta los inyectores que con el pulso de presión del fluido, abren e inyectan el combustible que ingresa en la cámara de combustión del motor, finamente pulverizado. La cantidad



de combustible que inyecta cada émbolo de la bomba se regula haciendo girar el émbolo por medio de un sistema de piñón y cremallera, con este giro del émbolo, se pone en comunicación la cámara donde se encuentra el combustible ingresado, con una ranura helicoidal mecanizada en el émbolo, dejando salir el excedente de combustible de regreso a su depósito original, limitando así la cantidad inyectada al motor como se muestra en la figura 1.1.



**Figura 1.1 Inyección Mecánica de Combustible.**

El estado de los inyectores tiene una importancia crítica para el buen funcionamiento del motor y por ello es necesario comprobarlos periódicamente. Los síntomas de suciedad o desgaste de los inyectores son la emisión de humo negro en el escape, fuerte golpeteo del motor, pérdida de potencia, sobrecalentamiento, fallos de encendido y mayor consumo de combustible.

Este sistema funciona correctamente si inyecta la cantidad de combustible correcta en el momento preciso de compresión del cilindro, si realizamos un análisis de la composición de los gases de combustión y la temperatura en el escape, tendremos una indicación de cómo se está

realizando la combustión, cualitativamente un funcionamiento sereno y sin interrupciones y con gases de combustión saliendo por el escape en cantidad, color, y olor normales, nos indican también que no hay problemas en la combustión y por lo tanto en el sistema de inyección. La bomba debe estar perfectamente sincronizada con el funcionamiento del motor para asegurar que se inyecte combustible al cilindro correspondiente según una secuencia dada de inyección.

Los motores diesel utilizan inyección de combustible directa, en la cual el combustible diesel es inyectado directamente al cilindro. Un inyector defectuoso puede dañar el electrodo de la bujía de incandescencia; por lo tanto si ha habido problemas con los inyectores en motores de inyección indirecta deberá comprobarse el estado de dichas bujías.

## **1.2 INYECTORES**

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

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

Destaquemos que los inyectores son unos elementos muy solicitados, lapeados conjuntamente cuerpo y aguja, como se muestra en la figura 1.2 (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a temperaturas elevadas.



**Figura 1.2 Inyectores**

La misión que trata de introducir el combustible a una gran velocidad, en una atmósfera de aire altamente comprimido y con unas temperaturas muy elevadas tanto antes como después de la combustión puede verse muy complicada, para ello hay que lograr estas cinco condiciones fundamentales que no son fáciles de lograr sin la aportación de una técnica de fabricación muy depurada y con tolerancias establecidas. Ello hace que los inyectores sean productos de alta tecnología de fabricación y justifica lo caros que son los equipos de inyección aunque desde el punto de vista mecánico puedan parecer relativamente simples y estas son las siguientes:

**1.2.1 Pulverización:** El combustible aportado debe entrar en la cámara lo más dividido posible en partículas muy pequeñas, porque ello facilitará de una manera muy importante de oxidación rápida de todo el caudal. Es lo que también se conoce con el nombre de atomización del combustible.

**1.2.2 Distribución:** El chorro de combustible pulverizado debe poseer la característica de poder distribuirse por el volumen de la cámara a todo lo largo y ancho de ella para permitir la mejor homogeneización de la mezcla y la mejor y más rápida oxidación general.

**1.2.3 Penetración:** La distancia que el combustible debe entrar en la cámara por medio del chorro o dardo proporcionado por el inyector debe ser muy precisa e independiente del caudal.

Si la penetración resulta excesiva y tropieza contra las paredes de la cámara puede condensarse y dificultar su oxidación. Por el contrario, si es corta, la distribución puede ser muy lenta.

**1.2.4 Corte de la inyección:** El principio y el final de la inyección han de ser muy precisos y claros con un inicio súbito y un cese de la inyección instantáneo. No debe tener goteos ni fugas.

**1.2.5 Temperatura:** La punta de la tobera del inyector debe mantenerse por debajo de los 200 grados centígrados, por lo que en el interior del inyector se tendrá que prever una circulación suficiente de gasóleo que ejerza una cierta refrigeración para mantener la punta a temperaturas convenientes.

Si éstas superan los 220 °C el combustible se descompone formando lacas y coques que se depositan en las piezas de asiento del inyector y lo deforman dando siempre malas combustiones por no poder atender a las condiciones que hemos expuesto más arriba.

### **1.3 CONJUNTO PORTA TOBERA**

Los porta toberas son dispositivos que alojan las toberas en los motores diesel. Cada cilindro del motor necesita un porta tobera. Además de mantener la tobera en el cilindro, también se encarga de conducir el combustible diesel de la cañería hasta la tobera, permitiendo la inyección. Se suministra completo (con la tobera) incluso ya calibrado con la presión de inyección adecuada para cada motor.



**Figura 1.3 Conjunto porta tobera**

### **1.3.1 Toberas**

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

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

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



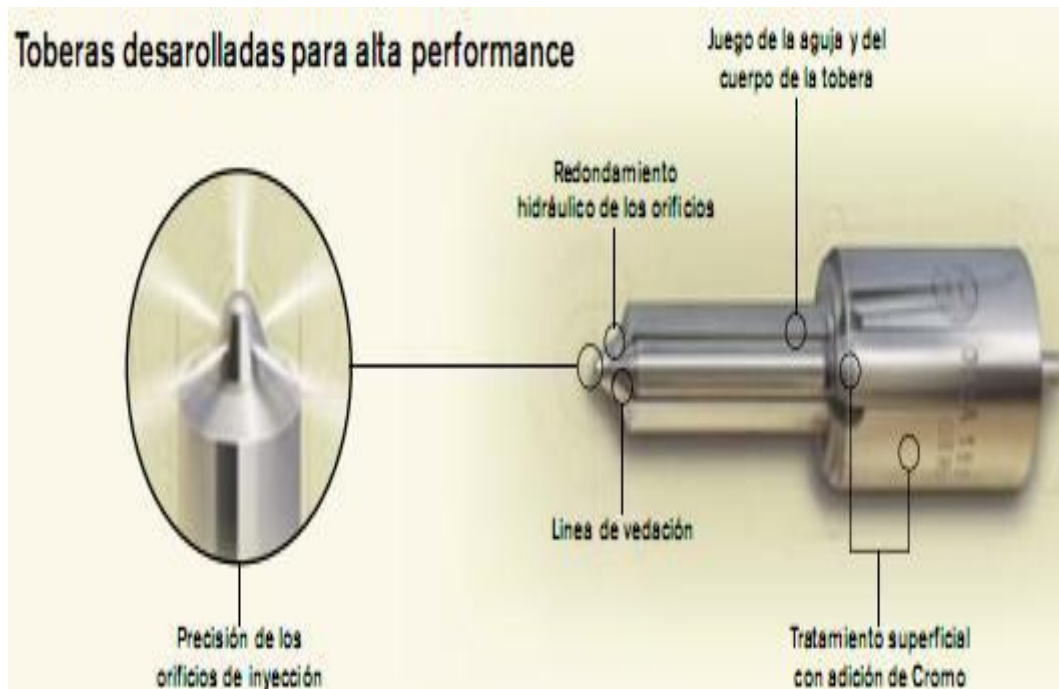
**Figura 1.4 Tobera**

No obstante, se debe estar pendiente de que el motor no pueda contaminar el aire, así la combustión necesita ser lo más completa posible.

Las toberas están producidas bajo los más rigurosos estándares de fabricación, y obedecen el mismo patrón de calidad mundial, en cualquier parte del mundo.

**Tabla 1.1 Toberas (Inyectores)**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>
Precisión de los orificios de inyección	Pulverización perfecta	Combustión completa
Superficie con adición de cromo	Mayor durabilidad	Menos gastos con mantenimiento
Sellado total en la línea interna de contacto	Mayor sellado interno	No gotea, ahorro de combustible



**Figura 1.5 Tobera de alta performance**

#### **1.4 INYECTORES DE COMBUSTIBLE.**

Hay muchos tipos diferentes de inyector, todos diseñados para ajustarse a la cámara de combustión del motor en el que se van a instalar. Tanto el tamaño y forma de la cámara de combustión como la relación de compresión y el grado de turbulencia del aire influyen en la selección del inyector que se va a instalar en el motor. Algunos inyectores están diseñados para descargar el combustible en forma de un rocío sumamente atomizado pero con poca fuerza de penetración. Otros tipos ofrecen una gran penetración para empujar al combustible atomizado hacia el interior del aire turbulento, pero carecen un poco de finura en la atomización. Por ello, los diseños se eligen cuidadosamente de tal manera que se obtenga del inyector el grado conveniente de penetración y atomización que dé los mejores resultados durante la combustión del combustible.

### 1.4.1 Construcción

El inyector aloja en su cuerpo las conexiones de admisión y salida de combustible, el resorte y el vástago de la válvula, el mecanismo de ajuste y las piezas roscadas donde se atornillan el ensamble de boquilla y el tapón roscado del resorte. El ensamble de boquilla consta de la válvula de aguja (válvula de la boquilla) y del cuerpo de la boquilla que está asegurado al fondo del cuerpo principal mediante un tapón roscado. La válvula de aguja y el cuerpo de la boquilla son componentes maquinados con precisión y acoplados, así que siempre se deberán mantener unidos durante el mantenimiento del inyector.

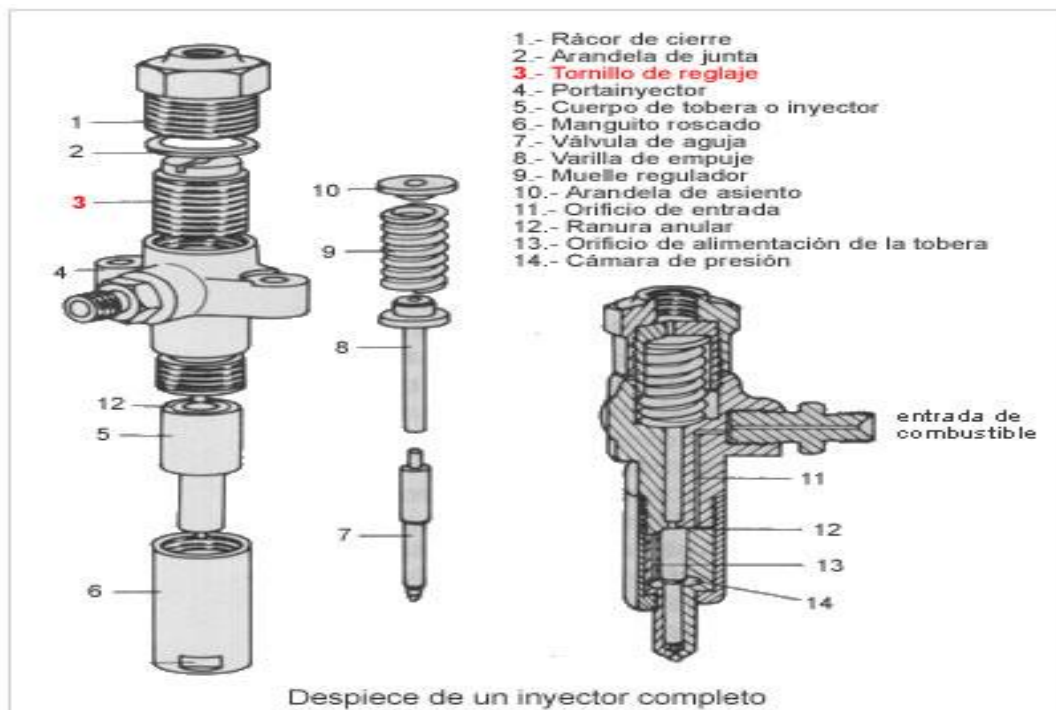


Figura 1.6 Despiece de un inyector.

### 1.4.2 Operación

El combustible, entregado a la presión de la bomba inyectora, cruza la conexión de admisión y los pasajes taladrados y actúa en la parte cónica



de la válvula de aguja. Esto causa que la válvula se eleve contra la presión del resorte y que el combustible brote del surtidor o de los surtidores y entre en la cámara de combustión a gran velocidad. Al final de la inyección, el resorte provoca que la válvula de aguja se cierre de golpe en su asiento, lo cual brinda un corte limpio del combustible que impide el goteo.

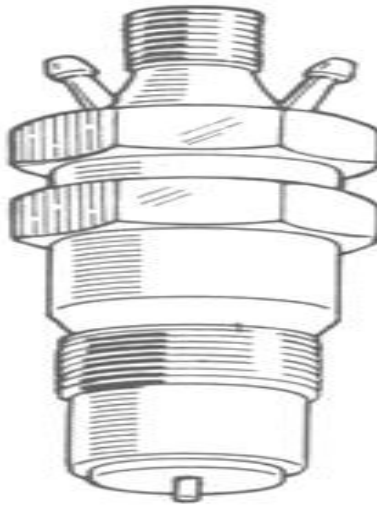
Los inyectores están diseñados para entregar combustible a una presión predeterminada, y el rocío resultante tiene el grado conveniente tanto de penetración del combustible como de finura de atomización.

### **1.4.3 Selladura entre el inyector y la culata**

Se puede obtener un sello hermético entre el inyector y la culata usando una arandela de cobre, un asiento cónico o un manguito de cobre insertado en la culata. Es necesario que los inyectores de asiento cónico se instalen con las superficies limpias entre el tapón de la boquilla y la culata para lograr una buena selladura. Por tanto conviene usar alguna herramienta para rascar el carbón de los asientos de la culata antes de instalar un inyector nuevo, pues de lo contrario ocurrirá un "desprendimiento" después de la instalación y del arranque.

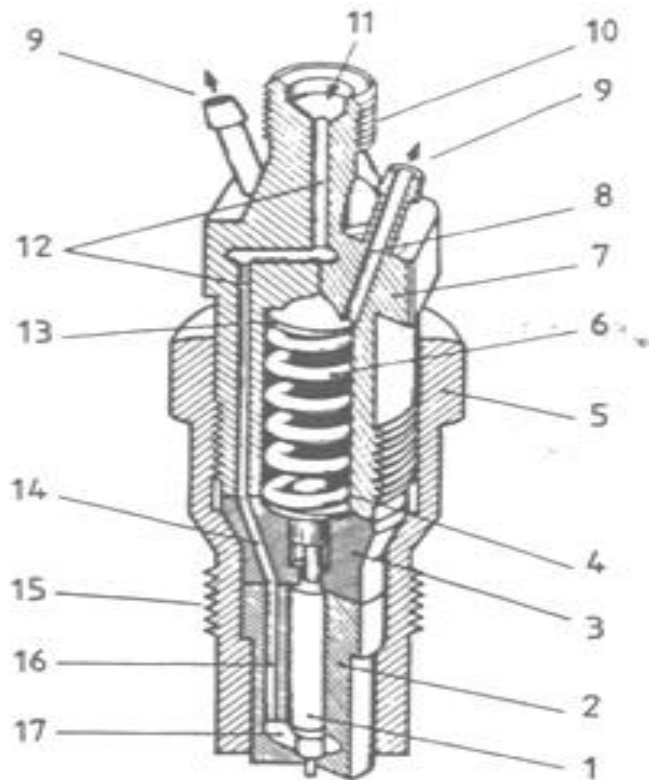
## **1.5 CONSTITUCIÓN DE UN INYECTOR**

Después de la bomba de inyección el elemento más importante del circuito es, sin duda, el inyector que incorpora también mecanismos de la máxima precisión para cumplir con su cometido. En la figura 1.7 tenemos el aspecto exterior de uno de estos elementos que se halla colocado en la culata del motor y en contacto, por su parte inferior con la cámara de combustión. Como es sabido se necesitan tantos inyectores como cilindros tenga un motor para acudir a la alimentación de éste.



**Figura 1.7 Aspecto exterior de un inyector.**

En la figura 1.8 podemos estudiar la composición interna de un inyector. El inyector propiamente dicho está formado por las piezas 1 y 2, la primera es la aguja del inyector y la segunda el cuerpo del mismo. La aguja se puede deslizar en sentido axial dentro del cuerpo. En la punta de la aguja, (en su parte superior) se encuentra un perno de presión (4) que a través de un porta-toberas postizo (3) y un muelle calibrado de presión (6) ejerce una presión determinada sobre la aguja (1) para que ésta permanezca cerrada sobre su asiento inferior. La fuerza con que se asienta la aguja depende, pues, de la acción del muelle (que puede regularse por la aportación de arandelas de compensación (13) para obtener valores muy precisos) y debe tener un valor superior, por supuesto, al de la máxima presión de combustión dentro de la cámara para que no pueda ser abierto en sentido contrario.



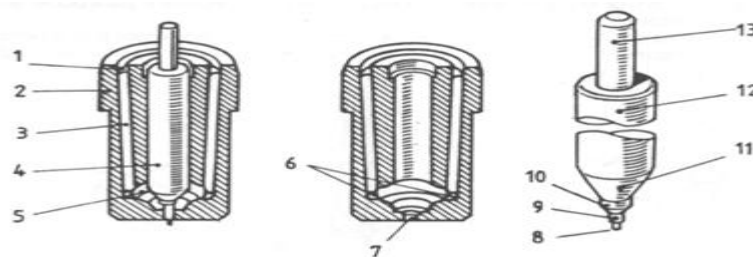
**Figura 1.8 Composición interna de un inyector.**

El combustible procedente de la bomba de inyección entra a través del orificio (11), desde el tubo de impulsión roscado en 10 (racor), y recorre todo el circuito que forma la canal de presión (12) en el porta-inyector, la cual coincide con la canal de presión (14) en el porta toberas y, finalmente, con la canal de presión (16) ya en el cuerpo del inyector. Después de este recorrido llega a la cámara de presión (17) en la que producirá una elevadísima presión cada vez que la bomba de inyección mande una inyección que puede ser del orden de los 150 a más de 300 kg/ cm<sup>2</sup>, con lo que se vence la presión del muelle (6) y el combustible es impulsado al interior de la cámara de combustión cerrándose inmediatamente que el valor de la presión decrece.

El resto del inyector está compuesto por un cuerpo racor (5) en el porta-inyector que se rosca y asegura por 15 al orificio roscado de la culata. A

su vez, sobre este cuerpo va sujeto el cuerpo superior (7). Por último cabe destacar los conductos de retorno del combustible (8 y 9) para eliminar el combustible en exceso por esta vía de rebose.

El inyector propiamente dicho se puede ver dibujado en la figura 1.9. La zona de contacto formada por las espigas de inyección (8) y la estranguladora (9) así como la superficie cónica de asiento de la aguja (10) ha de adaptarse con suma perfección sobre sus asientos de la boca del inyector (7) para conseguir su normal funcionamiento. Por ello estas piezas siempre hay que cambiarlas en conjunto ya que están ajustadas entre sí.



**Figura 1.9 Partes del inyector.**

## **1.6 TIPOS DE INYECTORES.**

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

Fundamentalmente existen dos tipos: Inyectores mecánicos e inyectores electrónicos.

### **1.6.1 Inyectores Mecánicos.**

Se lo conoce como inyector mecánico al encargado de enviar el combustible finamente pulverizado hacia las cámaras de combustión.

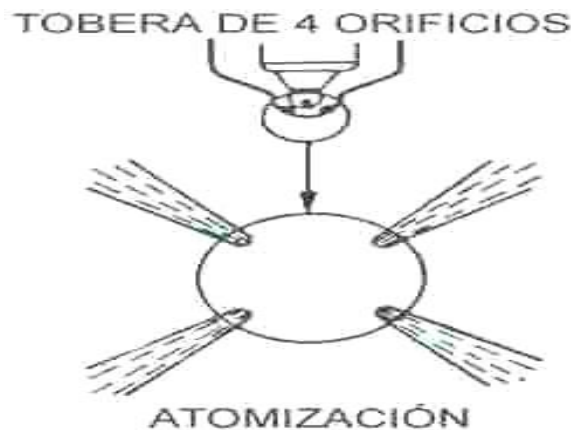
Este tipo de inyectores a la vez se divide en los siguientes tipos que son:  
Fundamentalmente existen tres tipos:

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

#### 1.6.1.1 Inyectores de orificios.

Es una opción muy popular para los motores de inyección directa y tiene cualquier número de perforaciones entre una y cinco, siendo la más aceptada la boquilla de cuatro perforaciones.

El tamaño de los orificios varía de 0.2 mm de diámetro para arriba, y su longitud también varía dependiendo del grado deseado de penetración y atomización. La presión operativa se establece ajustando la tensión del resorte, y varía entre 180 y 240 bar dependiendo del diseño del motor.

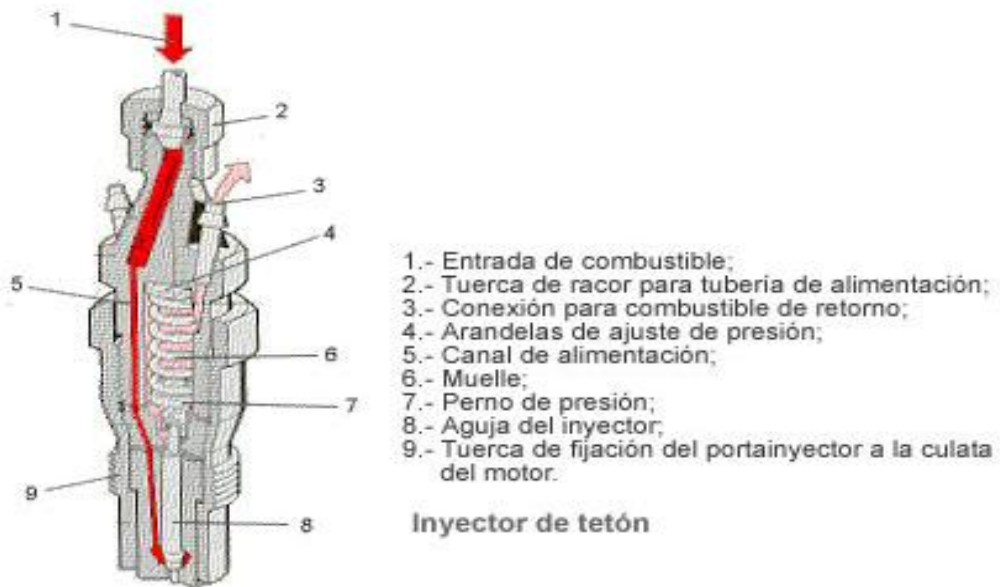


**Figura 1.10 Inyector de orificios.**

#### 1.6.1.2 Inyectores de espiga o de tetón

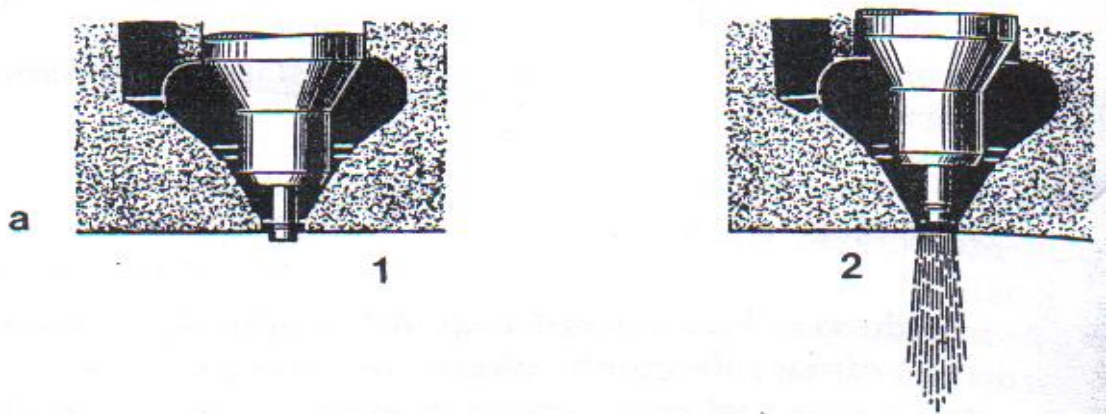
Estos son utilizados para motores de inyección indirecta en la que hay un alto grado de turbulencia, es decir, en motores con pre cámara de

inyección. En este tipo de tobera, la aguja está provista en su extremo de un tetón con una forma predeterminada (cilíndrica o cónica) y normalmente opera a presiones que están en el intervalo de 80 a 120 bar.



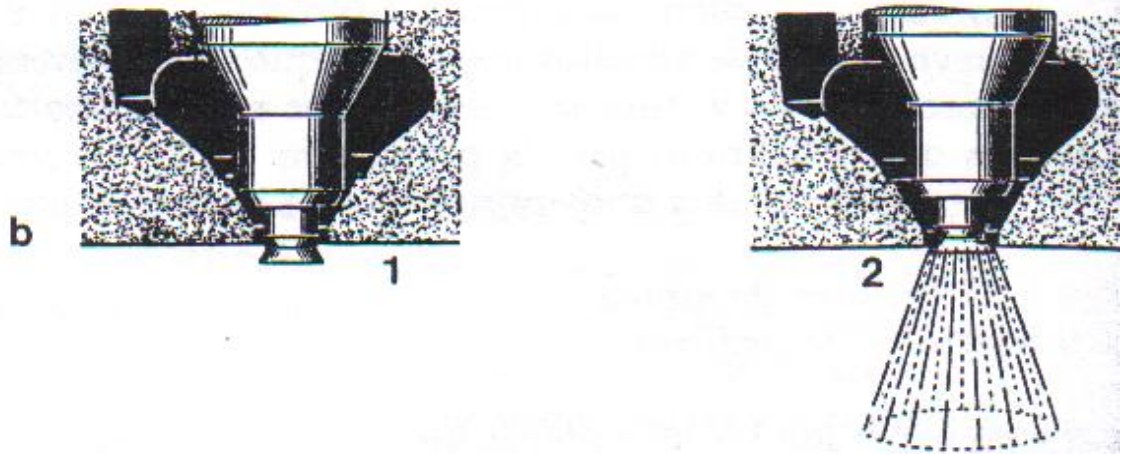
**Figura 1.11 Inyector de espiga.**

El inyector de espiga de punta cilíndrica en la posición de cerrado (1) y de trabajo (2) puede verse que provocan un chorro bastante concentrado que si bien no favorece la rápida oxidación del combustible por sí solo, debido a la rápida turbulencia del aire en el interior de la cámara separada se consigue por ello una mezcla homogénea y rápida.



**Figura 1.12 Inyector punta cilíndrica.**

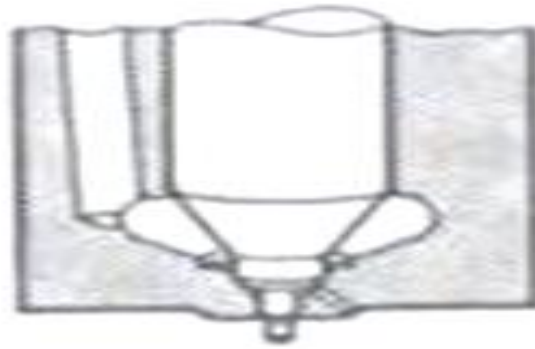
Otros motores necesitan de un chorro más ancho para ello se utilizan inyectores de espiga con tetón cónico como vemos en la figura (b) el labrado de la punta de la espiga es perfecta para que intervenga de una manera muy importante en la formación geométrica del chorro.



**Figura 1.13 Inyector punta cónica.**

#### **1.6.1.3 Tipo aguja con orificio auxiliar o tipo pintaux.**

Este tipo es semejante a la boquilla de aguja pero contiene un orificio adicional de aspersion para ayudar al arranque en frío en los motores ligeros de inyección indirecta. A la velocidad de arranque del motor, la válvula de aguja no es levantada lo suficiente para despejar el orificio de la espiga, y el combustible es enviado por el orificio auxiliar hacia la bujía del calentador. A las velocidades normales de funcionamiento, cuando es mayor la presión de entrega del combustible, la válvula es levantada del orificio de la espiga lo bastante para permitir que pase por éste el grueso del combustible.

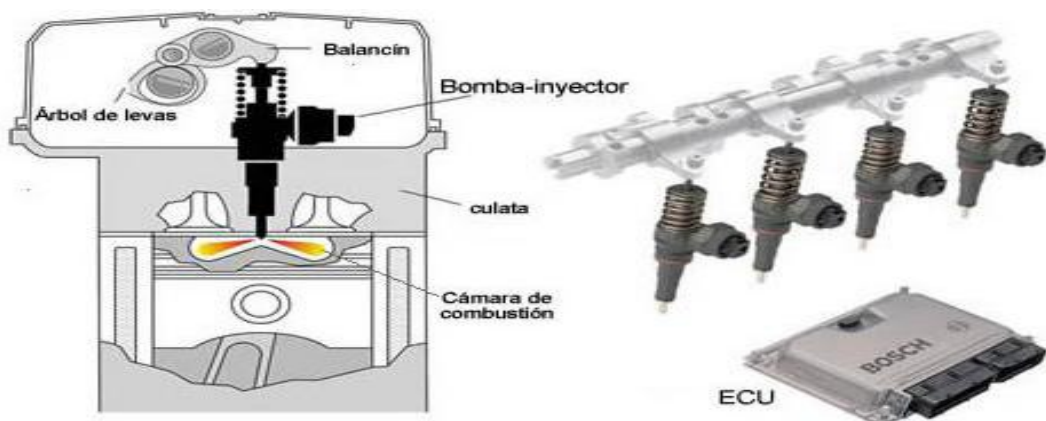


**Figura 1.14 Inyector de aguja con orificio auxiliar.**

### 1.6.2 Inyectores Electrónicos

El UIS (Unit Injection System) es un sistema muy compacto donde la bomba se queda junta de la tobera. El inyector UIS es ensamblado en la culata del motor y es accionado por el propio eje de levas (control de válvulas), que tiene resaltos propios para el UIS.

En los sistemas electrónicos, el combustible es impulsado por una bomba de alimentación hacia el modulo de inyección. Este integra una válvula electromagnética que es activada por la unidad de control electrónico. El combustible es pulverizado por inyectores en la cámara de combustión.



**Figura 1.15 Inyectores electrónicos.**



## 1.7 DESIGNACIÓN DE UN TIPO DE INYECTOR

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

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

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

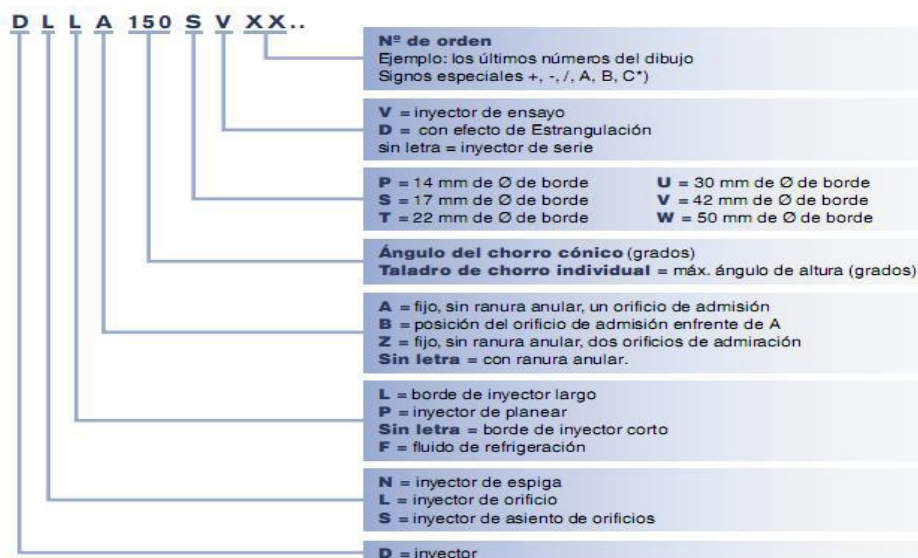


Figura 1.16 Designación de un tipo de inyector.

### 1.7.1 Cómo identificar los inyectores

Todos los inyectores disponen de una referencia grabada en el inyector, con esta podremos identificar la marca y el tipo de inyector, pero no podremos identificar completamente el inyector para ello necesitaremos la aplicación / vehículo donde va instalado: Marca, modelo, cilindrada, sobrealimentado o atmosférico, tipo de motor etc.

Para poder facilitar los datos del vehículo están sencillos como localizar la ficha técnica del vehículo y facilitarla a su distribuidor.

Como identificar esa referencia entre todos los datos que llevan gravados los inyectores, si los inyectores son:

- Bosch, la referencia empieza por KB o KC seguida de una combinación de letras y números.
- Lucas, la referencia empieza por LC o LR en el supuesto de los roscados seguida de una combinación de letras y números, cuando son electrónicos empieza por LDC seguida de una combinación de letras y números, cuando son de brida o de lápiz empiezan por RKB seguida de una combinación de letras y números.
- Diesel Kiki "Zekel", la referencia empieza por dos números un guión y cuatro números.
- Nippondenso, la referencia se compone de cuatro números un guión y dos dígitos.
- Stanadyne, la referencia se compone de cinco números.

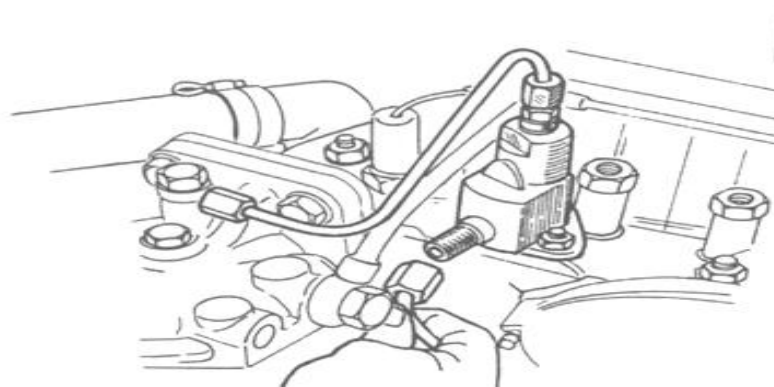
**Tabla 1.2 Referencia de inyectores.**

MARCA	LOCALIZACIÓN MARCA y REFERENCIA	POSIBLES REFERENCIAS
<b>Bosch</b>	El cuerpo del inyector.	KBAL78P49 KBE58S4/4 KBEL108P82 KCA30S50
<b>Lucas</b>		Roscados: LCR67054, LRC67330, RKB45SD5422 Electrónicos: LDCR02001AB, LDC-009R01AA2
<b>Diesel Kiki</b> "Zekel"		41-1121 71-1271
<b>Nippondenso</b>		3780-9H
<b>Stanadyne</b>		27333 33408

### **1.8 DESMONTAJE DEL INYECTOR DEL MOTOR.**

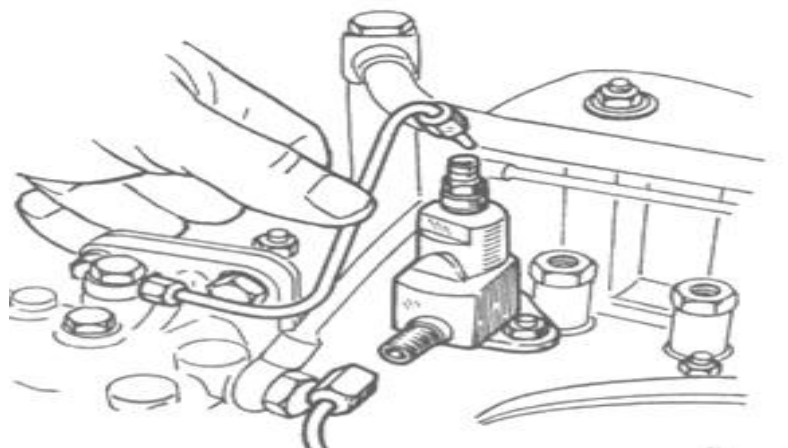
Los inyectores pueden ser de diferentes formas, pero siempre tienen un sistema de sólida adaptación a la culata (ya sea por rosca o por tornillos) y disponen de un buen y seguro acoplamiento de los tubos de paso del combustible (de presión y retorno) para impedir no solo fugas sino entradas de aire, las cuales perjudican mucho el funcionamiento del sistema de inyección.

En la figura 1.17 vemos que se inicia el desmontaje del conjunto del inyector desenroscando el racor de la tubería de presión (la que viene de la bomba).



**Figura 1.17 Desmontaje del inyector.**

Acto seguido se pasa a desconectar la tubería de rebose que es lo que se está haciendo en la figura 1.18. Obsérvese que esta tubería es la que en la mayoría de los casos, vuelve al filtro principal de combustible.

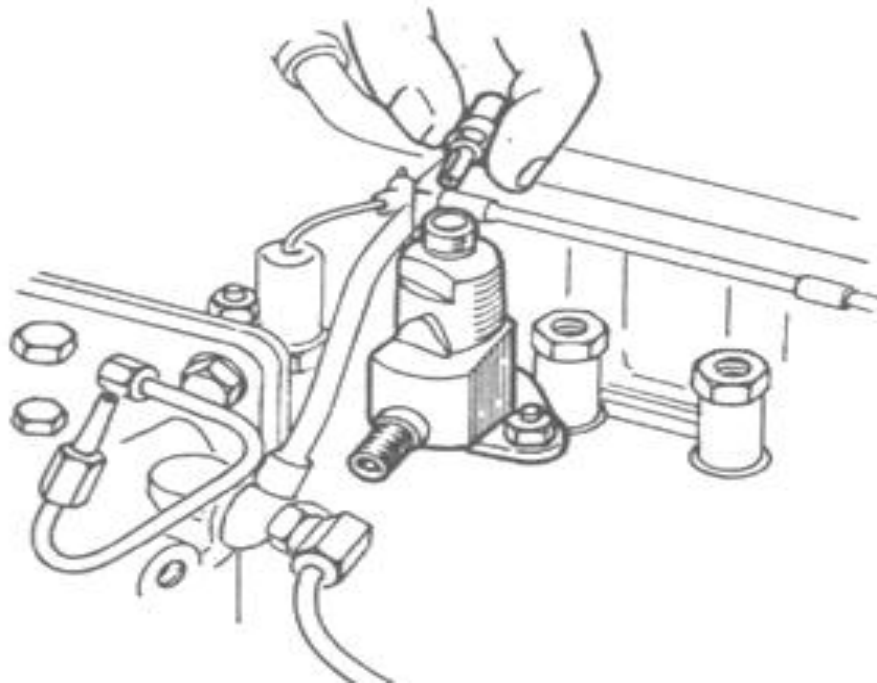


**Figura 1.18 Desconexión de cañerías.**

Como quiera que en este circuito (impulsión y rebose) tiene una gran importancia la estanqueidad de las tuberías se tendrá que proceder a

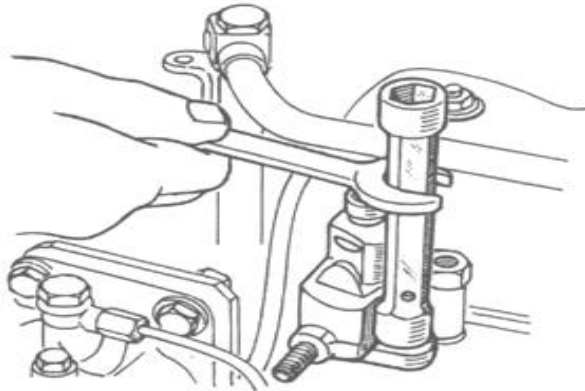
cambiar cuantas arandelas de presión se encuentren en las piezas desmontadas.

Por esta razón y tal como se muestra en la figura 1.19, convendrá sacar la pieza de enlace con su arandela para su sustitución durante el proceso de montaje posterior.



**Figura 1.19 Desconexión de cañerías.**

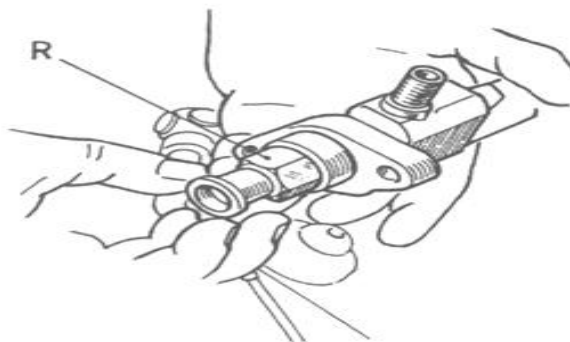
En la figura 1.20 se procede al paso siguiente que consiste en el desmontaje del porta-inyector con la ayuda de una llave de tubo y otra fija con lo que se desmontarán los dos tornillos de fijación de que suelen disponer estos elementos.



**Figura 1.20 Desmontaje del inyector.**

Una vez retirados estos dos tornillos todo el cuerpo saldrá de su alojamiento en la culata y podremos retirarlo fácilmente. Hay que cuidar de la arandela, generalmente de cobre, que se encuentra en la base del inyector para el buen ajuste del mismo. Esta arandela se muestra en la figura 1.21 y es conveniente sustituirla a cada desmontaje del inyector para asegurarse de que va a cumplir su misión de estanqueidad con toda eficiencia.

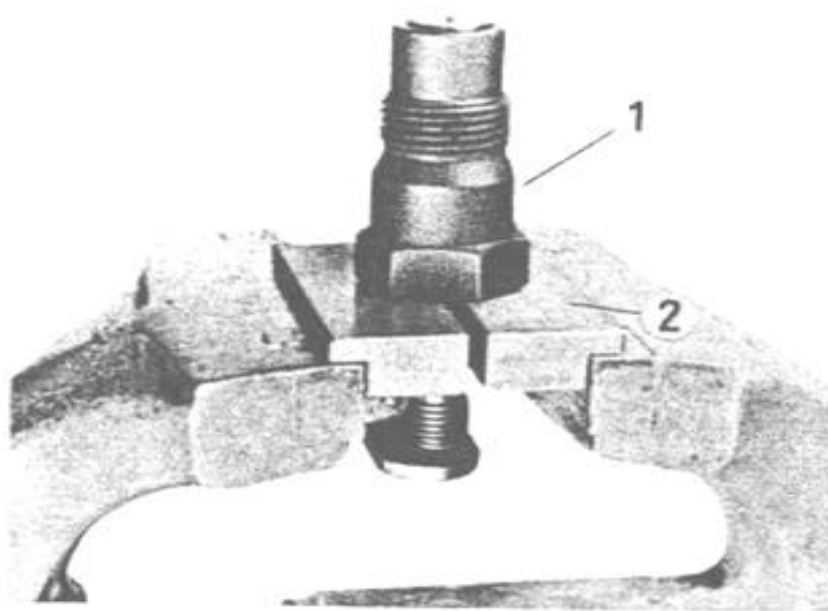
En esta última figura tenemos bien diferenciada la parte que corresponde al inyector propiamente dicho y la que corresponde al porta-inyector. La zona hexagonal señalada con R es la que debe separar a rosca el cuerpo de ambas piezas.



**Figura 1.21 Inyector desmontado.**

### 1.8.1 Desmontaje y limpieza del inyector.

Estamos trabajando con una pieza que contiene en su interior elementos muy delicados. Conviene asegurarse de trabajar con finura y bien. Para desmontar el inyector del porta-inyector es conveniente poner todo este conjunto en un tornillo de banco asegurado mediante unas mordazas del tipo de las mostradas en 2 de la figura 1.22. Desde este punto, y con una llave fija se puede sacar el cuerpo del inyector (1).



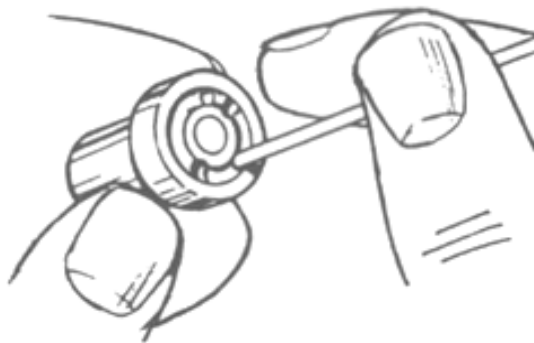
**Figura 1.22 Inyector de tetón.**

La limpieza se debe realizar del modo que muestran las figuras. En la figura 1.23 vemos como, con un cepillo metálico de cerdas finas, se está limpiando el extremo de la espiga en la zona más delicada de la misma que es el cono del asiento. Las cerdas estarán embebidas en gasóleo, y una vez limpia la espiga se deberá sumergir de nuevo en este líquido limpio.



**Figura 1.23 Limpieza de la aguja.**

En la figura 1.24 se puede apreciar el momento de la limpieza del canal de alimentación de la cámara de presión del inyector. Este canal se puede limpiar, o bien con un palito de madera blanda o con un alambre limpiador que posee el equipo de limpieza.

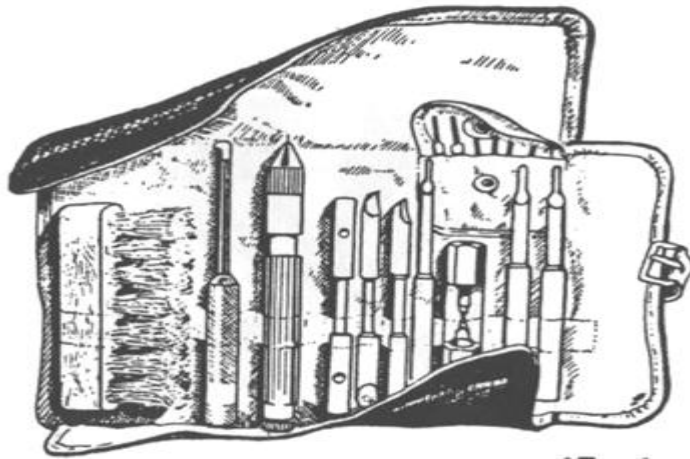


**Figura 1.24 Limpieza del canal del inyector.**

Este equipo podemos verlo en la figura 1.26 y corresponde a toda una serie de útiles muy necesarios para hacer un buen trabajo con los inyectores y con la ventaja de no dañarlos en las partes tan delicadas de que constan. En lo que respecta al canal de alimentación, aun cuando no se trata de una canal calibrada hay que ir con sumo cuidado de no



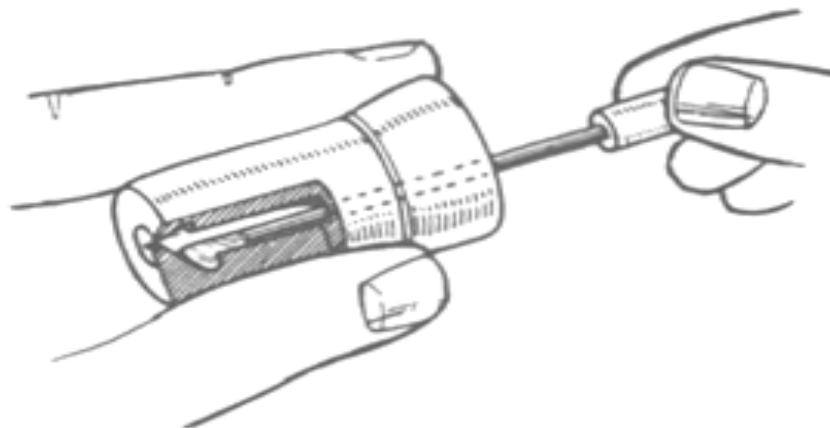
dañarla en el sentido de ensancharla o producirle ranuras, cosa que podría pasar fácilmente si se utiliza un alambre inadecuado.



**Figura 1.25 Útiles de limpieza para el inyector.**

En la figura 1.26 se está procediendo a la limpieza del canal de guía de la espiga, por la que ésta se desliza.

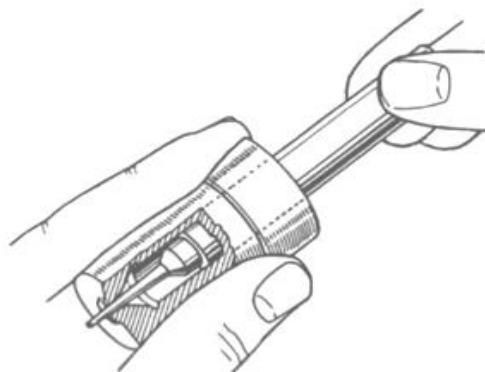
Esta operación se realiza con un vástago limpiador del equipo que debe tener la medida adecuada para realizar esta operación.



**Figura 1.26 Limpieza del canal de guía.**

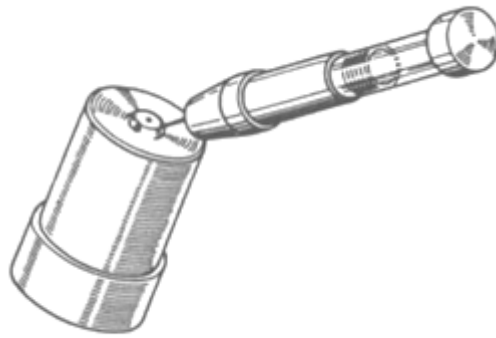
En la figura 1.27 se está procediendo a la limpieza del interior de la tobera. Aquí sí deben haber residuos importantes de depósitos de carbón, es necesario que la aguja rascadora tenga el diseño de la punta exactamente de la misma forma que son los ángulos y la conicidad del asiento de la espiga.

Se trata pues de una herramienta adecuada al tipo concreto del inyector que limpia. De hecho, en lo que respecta a la inyección, toda clase de útiles especiales acostumbran a ser específicos de una marca o de un modelo siendo muy pocas las herramientas universales que a este respecto pueden encontrarse en el mercado.



**Figura 1.27 Limpieza de la tobera.**

En la figura 1.28 se puede ver como se realiza la limpieza de los orificios en el caso de inyectores de este tipo, es decir, de orificios, los cuales acostumbran a ser corrientes en los motores Diesel de inyección directa como ya se dijo. Los orificios están, por supuesto, calibrados, y deben ser desatascados con una herramienta porta-alambres en cuya punta hay que colocar un alambre perfectamente calibrado, del diámetro correspondiente al orificio que se trata de desatascar.



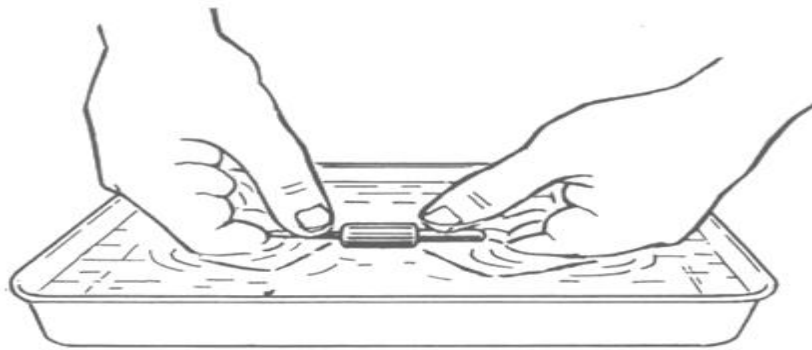
**Figura 1.28 Limpieza de los orificios de la tobera.**

La aguja del inyector es pieza sumamente delicada a la que se le exige un trabajo de cierre perfecto pues su goteo produce grandes irregularidades en el funcionamiento del motor, así como también la precisión en la dirección del chorro. En su consecuencia muchos fabricantes aconsejan incluso que no sea tocada con las manos. Es buena práctica sacarla con unos alicates de puntas y colocarla inmediatamente en un recipiente con gasóleo limpio para preservarla de la oxidación, el ensuciamiento y posibles accidentes por caída.

Una vez efectuada la limpieza de este conjunto pasaremos al control del inyector para comprobar su buen funcionamiento.

Hay que observar en la punta de la espiga que no hayan deformaciones, rayaduras o zonas azuladas que delaten recalentamientos excesivos. Cualquier irregularidad de este tipo será suficiente para desechar al inyector. El asiento fijo sobre el que se apoya la espiga también se tendrá que observar atentamente para ver si está abollado así como el orificio de salida para ver que no se encuentre ovalado o deformado.

Si el inyector pasa todos estos controles visuales será necesario realizar todavía el control del deslizamiento de la espiga en el interior de su guía en el cuerpo del inyector. Para ello se sumerge la aguja del inyector y el cuerpo del mismo por separado en una bandeja con gasóleo muy limpio y se coloca la aguja o espiga en su canal en el cuerpo del inyector, tal como se muestra en la figura 1.29.



**Figura 1.29 Control de deslizamiento.**

Luego se saca del líquido este conjunto así unido y sostenido el cuerpo del inyector en posición vertical habiendo levantado la aguja como un tercio de su longitud, como se observa en la figura 1.30, si la aguja cae por su propio peso hasta el fondo de su asiento.



**Figura 1.30 Movimiento de la aguja.**

La operación deberá repetirse varias veces dándole a la aguja varios giros. Si la aguja cae excesivamente rápida será señal de juego excesivo y si lo hace muy lentamente, o no acaba de llegar al fondo, será señal de mal acoplamiento. Será recomendable cambiar el conjunto.

## **1.9 TIPOS DE BANCOS DE PRUEBAS.**

Existen diferentes tipos de comprobadores de inyectores que se adaptan a diferentes condiciones de operación. Los comprobadores se clasifican de la siguiente manera:

### **1.9.1 Banco Comprobador de Inyectores a diesel electrónico.**

Los comprobadores y limpiadores de inyectores hacen un completo uso de la limpieza por ultrasonidos y de la tecnología controlada por microordenador.

El equipo puede usarse para simular diferentes condiciones de trabajo de los motores para realizar operaciones de evaluación y de limpieza. Puede trabajar sobre el vehículo en la limpieza de inyectores y del sistema de combustible.

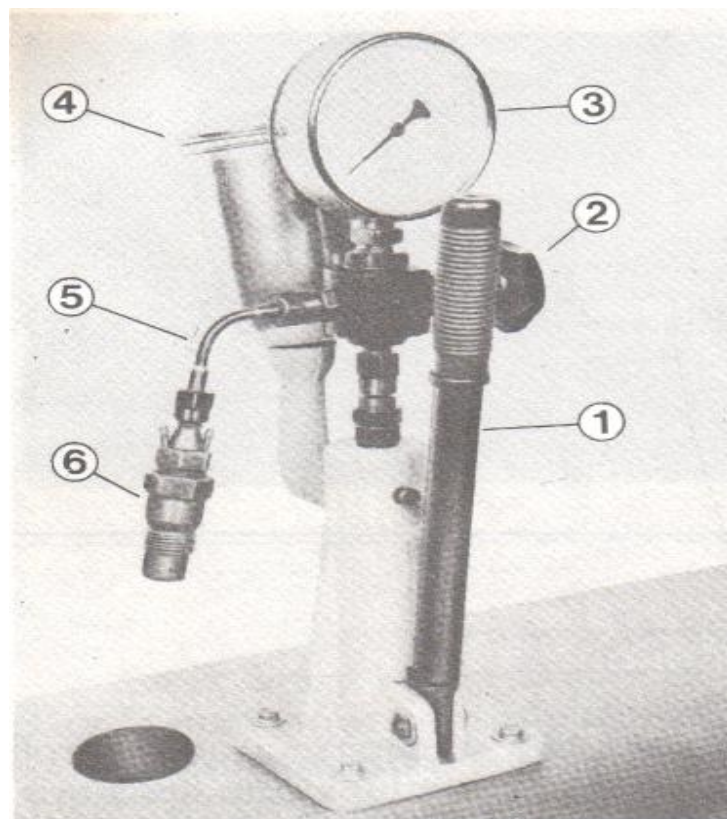


**Figura 1.31 Banco comprobador de inyectores electrónico**

### 1.9.2 Banco comprobador de inyectores a diesel mecánicos.

Para probar y ajustar inyectores se recomienda mucho utilizar el equipo apropiado, el cual es fabricado por varias compañías que se especializan en equipo de inyección de combustible entre estas tenemos algunos tipos:

- **1.9.2.1 Equipo CAV.-** Se ha usado varios años y todavía hay muchísimos talleres de reparación donde se usa este equipo.



**Figura 1.32 Banco comprobador de inyectores CAV.**

Equipo CAV para la comprobación de inyectores. 1. Palanca manual de accionamiento de la bomba. 2. Válvula de cierre. 3. Manómetro. 4. Depósito de combustible. 5. Codo. 6. Inyector.

- **1.9.2.2 El equipo Hartridge Nozzle Poptest.**- Es una unidad portátil o semi portátil, ligera y compacta, que tiene integrado un tanque de combustible para pruebas. Se opera manualmente e incorpora un manómetro graduado de 0 a 400 bar.



**Figura 1.33 Banco comprobador de inyectores Hartridge Nozzle Poptest.**

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



**Figura 1.34 Banco comprobador de inyectores Hartridge Nozzle Testmaster.**

### **1.9.3 Funcionamiento del banco de pruebas.**

La mayoría de estos bancos de pruebas tienen el mismo propósito y su funcionamiento es similar.

Su funcionamiento es muy sencillo, consta de un depósito de combustible que puede ser bombeado por medio de una palanca manual de accionamiento a una presión muy elevada. Un manómetro indica la presión a que se manda el golpe de palanca, y un codo de adaptación posee un racor para la unión a él del inyector que se va a someter a la prueba. Por último, tiene una válvula de cierre que puede desconectar el manómetro del resto del dispositivo. El chorro que producirá el inyector irá a parar a un recipiente de recogida y reboso.

Antes de hacer ninguna prueba es importante tener en cuenta que la presión a que sale el combustible una vez accionada la palanca de accionamiento es enorme. Además el combustible sale pulverizado. Resulta pues muy peligroso que el chorro dé en las manos del operario porque debido a su presión y a lo fino de sus partículas es capaz de penetrar a través de los poros de la piel y causar infecciones.

Después de montar el inyector se debe accionar varias veces la palanca de accionamiento de la bomba con el fin de purgar de aire el conducto que va hasta la salida del inyector cosa que se delata por la calidad del chorro.

### **1.10 PRUEBAS MECÁNICAS.**

Estas pruebas han de realizarse forzosamente con la ayuda de una bomba de pruebas de inyectores gracias a la cual se puede tomar nota de los resultados obtenidos.



- Control de presión y tarado
- Control de estanqueidad
- Control de pulverización y dirección del chorro.

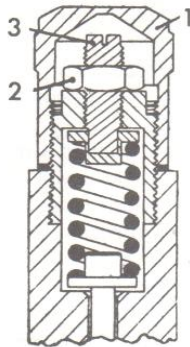
### **1.10.1 Control de presión y tarado.**

Esta prueba consiste en controlar a qué valor de presión el inyector inicia la inyección, valor que viene proporcionado por los datos técnicos del constructor.

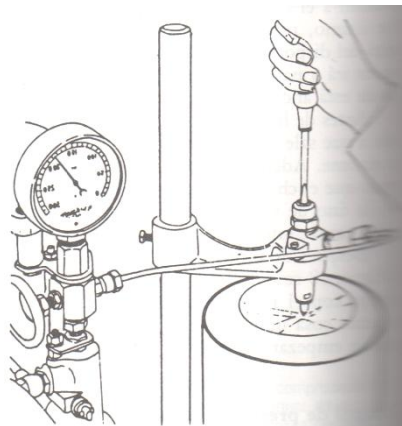
Se abre la válvula de desconexión para que el manómetro intervenga en la medición de la presión. Aquí cabe una advertencia muy importante: Cuando el manómetro está en circuito la palanca de accionamiento debe manipularse lentamente y ha de dejarse escapar también lentamente para permitir que la aguja del manómetro suba y baje con lentitud y no se deteriore el manómetro de una forma rápida al recibir una presión tan elevada súbitamente.

En estas condiciones pues, se acciona la palanca de la bomba con suavidad y se está atento al momento en que el inyector comience el goteo. En este mismo punto se toma nota de la presión señalada por el manómetro. Este valor debe coincidir con el indicado por el constructor en el siguiente sentido: Supongamos que el constructor nos da un valor de 115 bares con una tolerancia de 5 bar más o sea que el valor puede oscilar entre las 115 y las 120 bar reales. Cualquier valor que nos indique el manómetro que esté por encima o por debajo de esta tolerancia precisará de un ajuste o tarado del inyector, operación que veremos inmediatamente cómo se realiza. Ahora bien, si el inyector ha funcionado durante muchos kilómetros y resulta ya viejo, pero no desechable por su todavía buen funcionamiento, puede seguir usándose aún cuando nos proporcione una presión menor a 115 bares que son mínimas. En realidad

pueden todavía conservarse con valores de poco más de un 10% inferior a los mínimos autorizados para los inyectores nuevos, pero siempre y cuando se trate de inyectores muy usados que acreditan así, sin embargo, su calidad en un inyector nuevo, o poco usado, un valor inferior a 115 bares ha de regularse por tarado o desecharlo si ello no es posible.



**Figura 1.35 Mecanismo de regulación a tornillo en un inyector. 1. Tapa. 2. Contratuerca. 3. Tornillo de ajuste.**



**Figura 1.36 Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador sobre el tornillo de ajuste.**

Los inyectores disponen de un sistema de tarado o ajuste de su presión que consiste en un dispositivo para regular la presión del muelle sobre la espiga por diversos procedimientos. Donde se colocan las arandelas de compensación que pueden ser de diferentes gruesos que van desde 1,00 mm a 1,80 mm. Así pues el trabajo consiste solamente en conseguir

colocar una arandela del grueso adecuado para mantener al inyector dentro de tolerancia que se le exige.

Al margen de este procedimiento, también podemos encontrarnos con inyectores que van provistos de otros sistemas de regulación del muelle. Un caso de regulación por tornillo como el mostrado en la figura 1.35 puede resultar también muy corriente. En estos inyectores, una vez retirada la tapa de protección (1), nos encontramos con un conjunto de regulación de tornillo (3) y contratuerca, de parecidas características al mecanismo de ajuste de la holgura de válvulas en los motores. Basta aflojar la contratuerca (2) para liberar el giro del tornillo de ajuste (3) y regular por medio de él la presión requerida. En la figura 1.36 vemos un dibujo que nos muestra el momento en que se será efectuando el tarado en un inyector de este tipo. Con la ayuda de un destornillador, y mientras se está produciendo la descarga, se puede actuar aflojando o apretando el tornillo para conseguir que la presión se encuentre dentro de los valores correctos.

### **1.10.2 Control de estanqueidad.**

Esta segunda prueba consiste en ver hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente por debajo de su presión de funcionamiento. Se realiza de la siguiente manera: Se baja lentamente la palanca de accionamiento de la bomba observando el valor que progresivamente va indicando el manómetro.

Cuando este valor es de entre 20 a 15 bar. Menor que el valor de presión de funcionamiento, se interrumpe la carrera de la palanca y se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector

no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta. Ello será señal de una perfecta estanqueidad.

Si, por el contrario, el inyector, al llegar a la presión mínima indicada, se humedece o comienza a gotear se tendrá que proceder a un ligero rectificado de la aguja en su asiento por un procedimiento muy parecido al utilizado en el trabajo de esmerilado de válvulas pero utilizando un poco de Netol o algún abrasivo muy suave girando varias veces la aguja sobre su asiento.

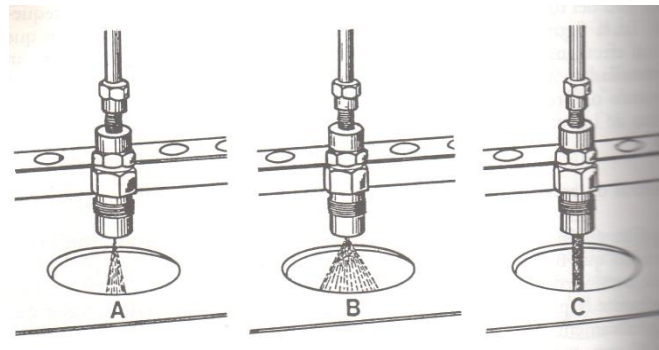
Si no se consiguen resultados positivos puede acudir a un rectificado a fondo, pero ello requiere mucha práctica en este trabajo y en el uso de pasta esmeril para el ajuste. Si no puede lograrse el perfecto ajuste de la aguja en su asiento será necesario proceder a la sustitución del inyector completo pues la estanqueidad tiene que estar asegurada.

### **1.10.3 Control de pulverización y dirección del chorro.**

Otra de las pruebas a que debe someterse el inyector es al control del chorro, operación que se efectúa de la siguiente forma: Se acciona la palanca de la bomba de una manera breve pero enérgica aproximadamente unas dos veces por segundo y, por supuesto, desconectado el manómetro ya que la medición de los valores de presión no es ahora de interés para esta prueba.

En la figura 1.37 se muestran tres posibilidades de salida del chorro desde el inyector, en uno del tipo de espiga. En A tenemos la salida correcta del combustible. El chorro debe ser bastante compacto y no presentar hilillos desparramados. En B, por ejemplo, tenemos un caso de chorro demasiado ancho para una cámara de turbulencia, lo que daría de sí una combustión más difícil. También el caso contrario, representado en

C, en donde el chorro se agrupa en forma de cordón resulta igualmente incorrecto y acostumbra a provenir este defecto por la falta de presión de apertura o bien porque la aguja está agarrotada.



**Fig. 1.37 Tres formas posibles de salida del chorro en la prueba del inyector de espiga.**

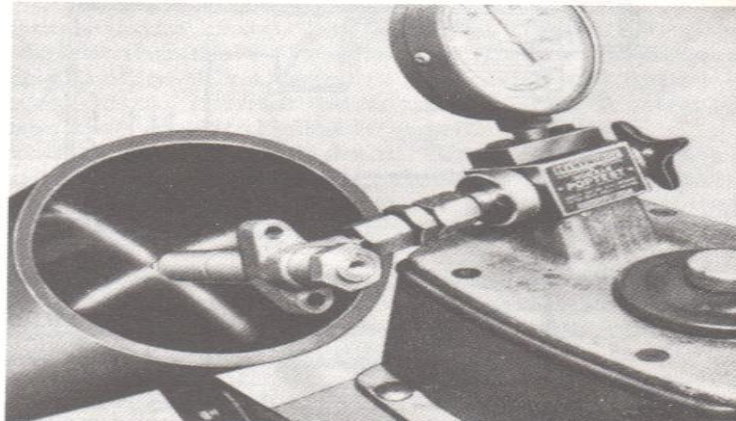
**A. chorro correcto. B. chorro demasiado ancho.**

**C. chorro en forma de cordón que resulta demasiado correcto.**

En los inyectores de espiga la dirección del chorro debe seguir el eje axial del inyector en la gran mayoría de los casos, pero pueden presentarse también algunos motores en los que la dirección del chorro puede ser diferente según el diseño. En los inyectores de orificios, utilizados en los motores Diesel de inyección directa, el chorro sale con un determinado ángulo y es dividido en tantos dardos como agujeros u orificios tenga el inyector. Resultan muy corrientes los de cuatro orificios, en cuyo caso debe observarse la salida de cuatro chorros iguales, tal como muestra la figura 1.38.

Hay que aprovechar esta prueba para comprobar otro factor de valoración del estado del inyector que consiste en escuchar el sonido del chorro. Para ello se baja la palanca de accionamiento a un ritmo inferior que puede ser de una carrera por segundo, y se escucha cómo el inyector

rechina. Si lo hace suavemente es que el inyector se halla en buen estado; pero si rechina solamente un poco o no lo hace en absoluto entonces será indicio de falta de estanqueidad. Se tendrá que repasar este defecto del modo que ya se ha explicado anteriormente.



**Figura 1.38 Control de pulverización en un inyector de orificios. En este caso se trata de un inyector de cuatro orificios. Hay que controlar la longitud de los chorros y su ángulo.**

La prueba de sonido puede completarse haciendo inyectar al inyector de una forma seguida durante unos 10 segundos, bajando a fondo con rapidez y brevedad la palanca con unas de 2 a 3 carreras por segundo.

En este caso el chorro debe salir compacto y con un silbido alto claramente diferenciado. Si no se consigue este sonido se tendrá que proceder al desmontaje del inyector, su reparación por los procedimientos indicados, o su sustitución en el caso extremo de no lograr la corrección del defecto.

## CAPÍTULO II

### 2. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL BANCO DE PRUEBAS

#### 2.1. PARÁMETROS DEL SISTEMA

En resumen, el banco de prueba de inyectores es una bomba de inyección de accionamiento manual, que será utilizada para, en forma manual comprobar y ajustar la presión de abertura de los inyectores y para verificar la calidad y la forma de pulverización del flujo de inyección.

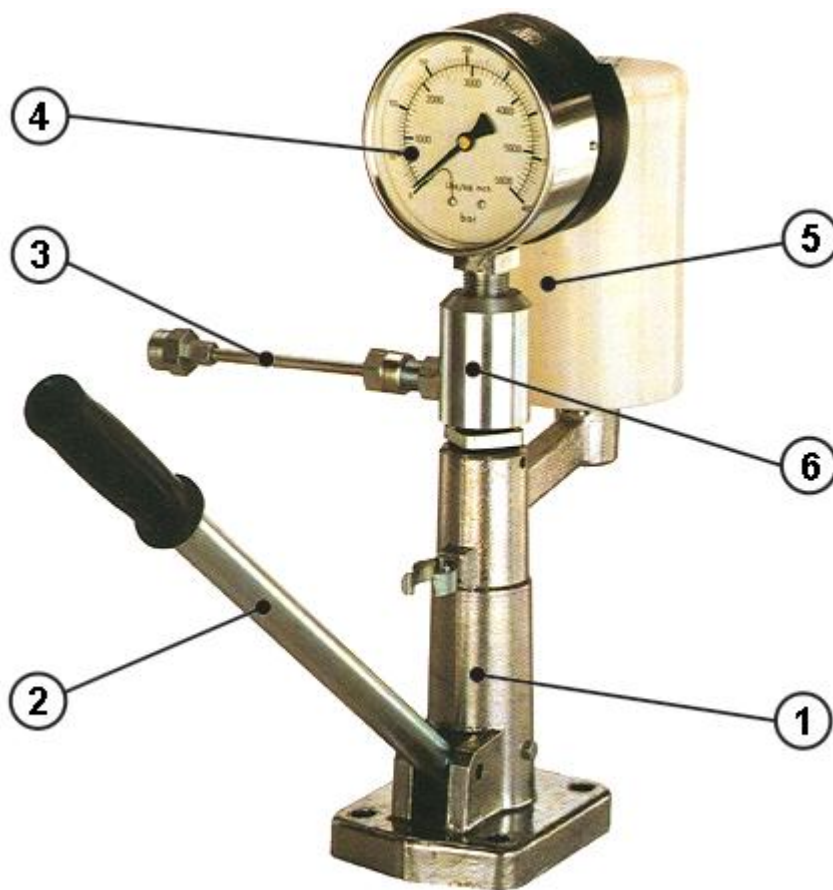


Figura 2.1 Partes principales del banco de pruebas de inyectores

Por lo tanto, para establecer los principales requerimientos para el diseño de un banco de ese tipo, es imprescindible recurrir a información de diversas fuentes. Una de estas fuentes la constituyen los catálogos y métodos de ensayos de bancos similares existentes (anexos A, y B). Con base en estos y tomando en cuenta los aspectos citados en el capítulo anterior, a continuación se establecen las características funcionales y partes principales del banco de pruebas (figura 2.1).

Presión máxima de inyección	= 40 MPa(5800 psi)
Capacidad del depósito de combustible	= 1 litro (1000 cm <sup>3</sup> )
Tubería de inyección para alta presión	= M 14 x 1.5

En la figura 2.1 se enumeran los principales componentes banco de pruebas: (1) Bomba manual, (2) Palanca de la bomba, (3) Tubería de inyección, (4) Manómetro, (5) Depósito de combustible y (6) Válvula de paso de combustible.

## **2.2. DETERMINACIÓN DE CARGAS**

A continuación se determinan todas las fuerzas y torques que actúan sobre el banco de pruebas de inyectores.

### **2.2.1. Fuerza requerida en el pistón de bombeo**

Debido a que la bomba manual de inyección (Figura 2.2) debe proporcionar una presión máxima para activar los inyectores igual a 40 MPa y tomando en cuenta que el pistón de bombeo tendrá un diámetro de 10 mm, la fuerza requerida en el pistón para generar la presión requerida viene dado por:

$$P = \frac{F_{pis}}{A}$$

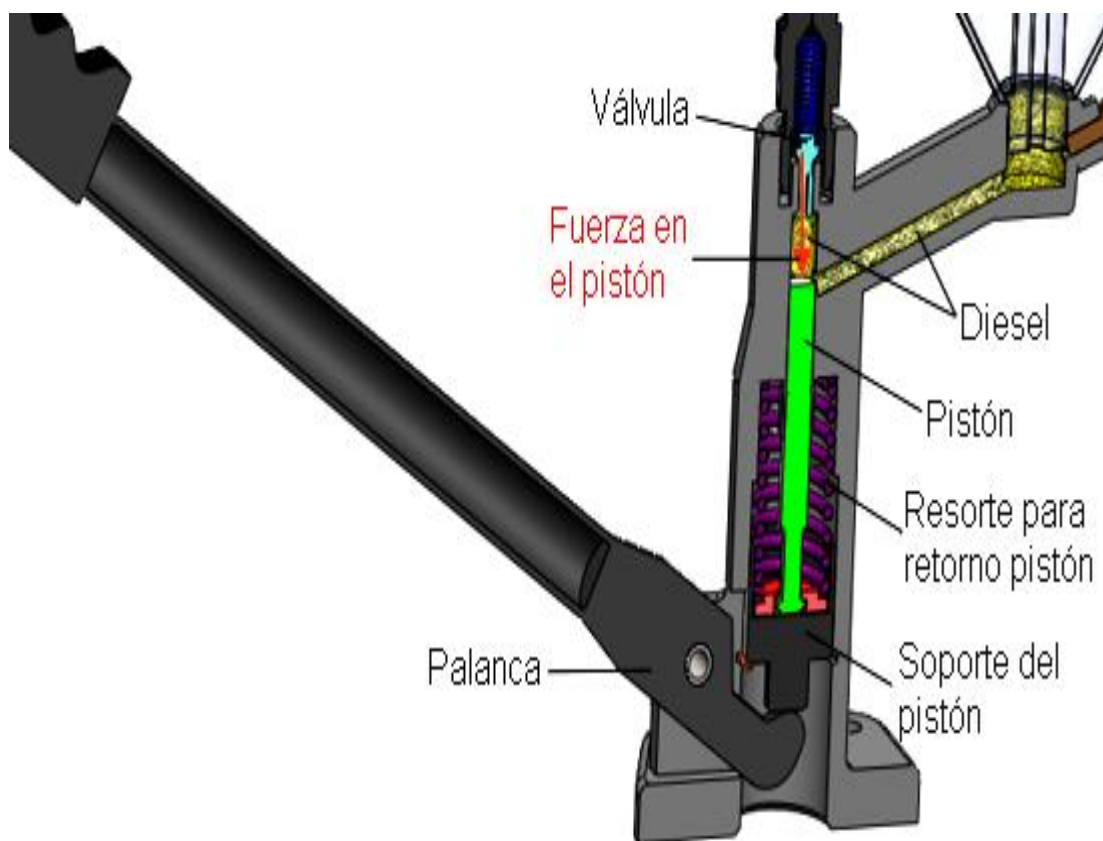


De donde:

$$F_{\text{pis}} = P \cdot A$$

$$F_{\text{pis}} = 40 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\pi \cdot 0.01^2 \text{m}^2}{4}$$

$$F_{\text{pis}} = 3141.6 \text{ N}$$

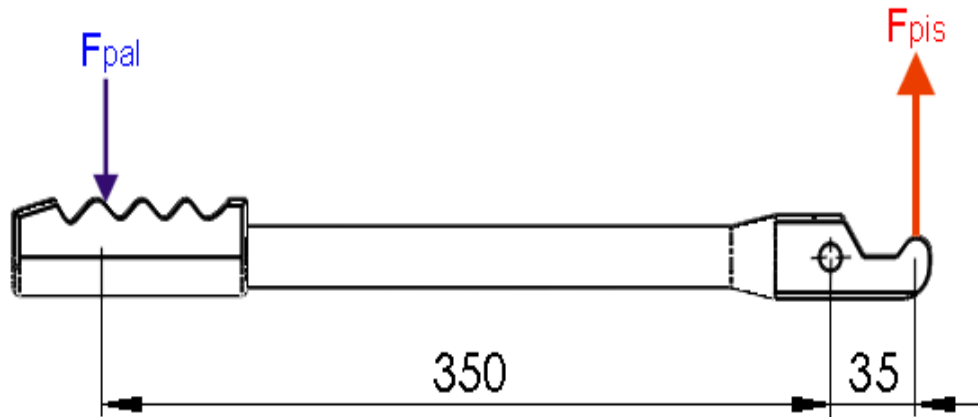


**Figura 2.2 Bomba manual del comprobador de inyectores.**

### **2.2.2. Fuerza requerida en la palanca.**

A partir de la fuerza requerida en el pistón de bombeo y tomando en cuenta la fuerza promedio que puede ejercer el brazo humano se procede

a determinar la fuerza que es necesaria aplicar en el extremo opuesto de la palanca (figura 2.3):



**Figura 2.3 Análisis de fuerzas en la palanca**

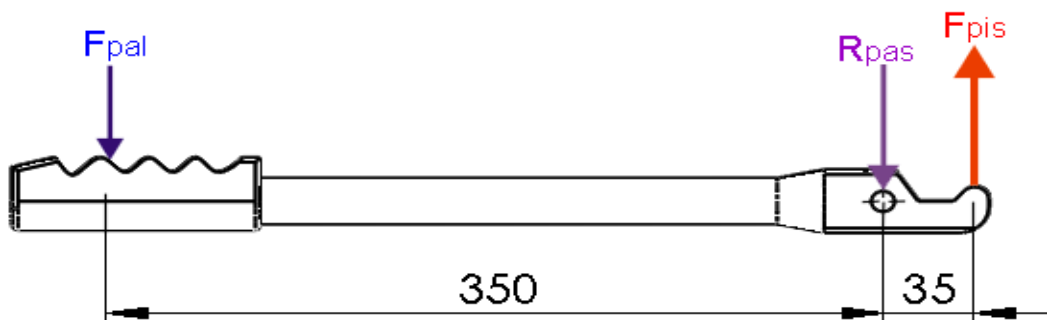
$$F_{pal} \cdot 350 \text{ mm} = F_{pis} \cdot 35 \text{ mm}$$

$$F_{pal} = 3141.6 \text{ N} \cdot \frac{35}{350}$$

$$F_{pal} = 314.2 \text{ N} = 32 \text{ kgf}$$

### 2.2.3. Reacción en el pasador de la palanca

Aplicando las ecuaciones de equilibrio estático en la palanca de la figura 2.4 se obtiene:



**Figura 2.4 Diagrama del cuerpo libre de la palanca**

Donde:

$$F_{pal} = 314.2 \text{ N} = 32 \text{ kgf}$$

$$F_{pis} = 3141.6 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$-F_{pal} - R_{pas} + F_{pis} = 0$$

$$R_{pas} = 3141.6 - 314.2$$

$$R_{pas} = 2827.4 \text{ N}$$

#### 2.2.4. Reacciones generadas en la estructura soporte

A partir de las fuerzas encontradas y aplicando las ecuaciones de equilibrio estático se determinan las fuerzas que actúan sobre la estructura soporte del banco de pruebas (figura 2.5).

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{pal} \cdot 355 \text{ mm} - R_{By} \cdot 65 \text{ mm} = 0$$

$$R_{By} = \frac{314.2 \cdot 355}{65}$$

$$R_{By} = 1716.0 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{pal} \cdot 420 \text{ mm} - R_{Ay} \cdot 65 \text{ mm} = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{314.2 \cdot 420}{65}$$

$$R_{Ay} = 2030.0 \text{ N}$$

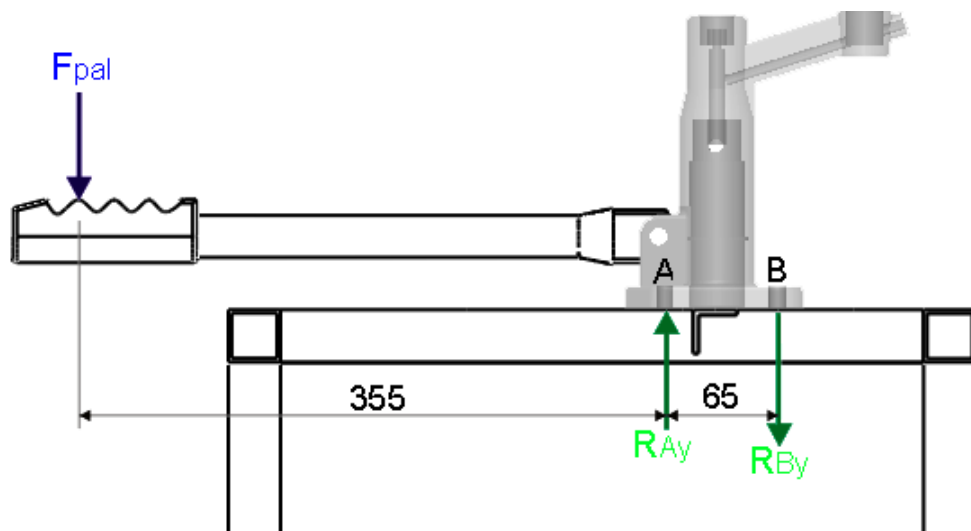


Figura 2.5 Análisis de fuerzas en la estructura soporte

### 2.2.5. Torque aplicado para desmontar el inyector

Tomando en cuenta que la fuerza promedio que puede ejercer el brazo humano de un adulto es de 35 kgf y aplicando las ecuaciones de momento de una fuerza en la figura 2.6, se obtiene el torque máximo aplicado para desmontar el inyector.

$$T = F \cdot d$$

$$T = 35 \text{ kgf} \cdot 0.30 \text{ m}$$

$$T = 10.5 \text{ kgf} \cdot \text{m} \approx 100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

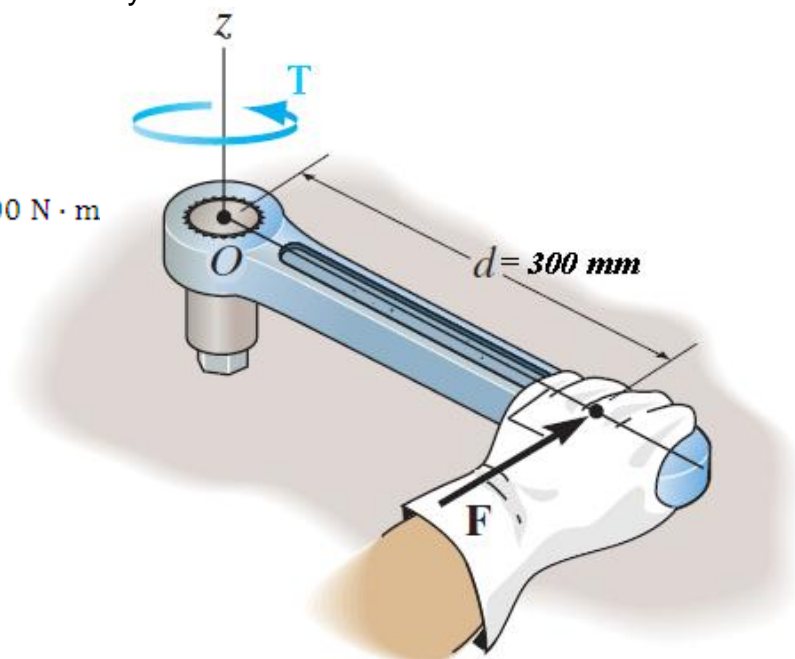


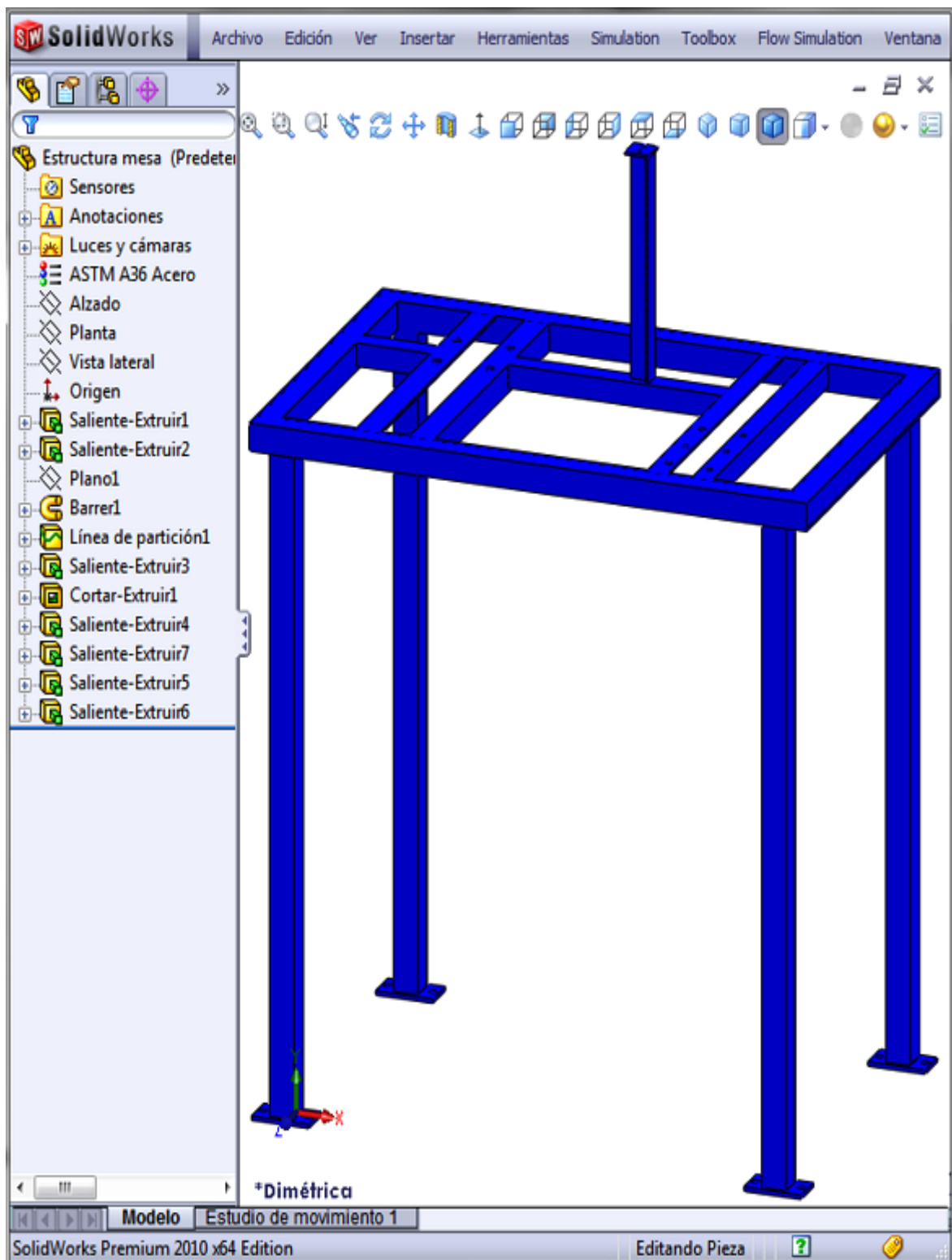
Figura 2.6 Torque aplicado para desmontar el inyector

### **2.3.- MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS**

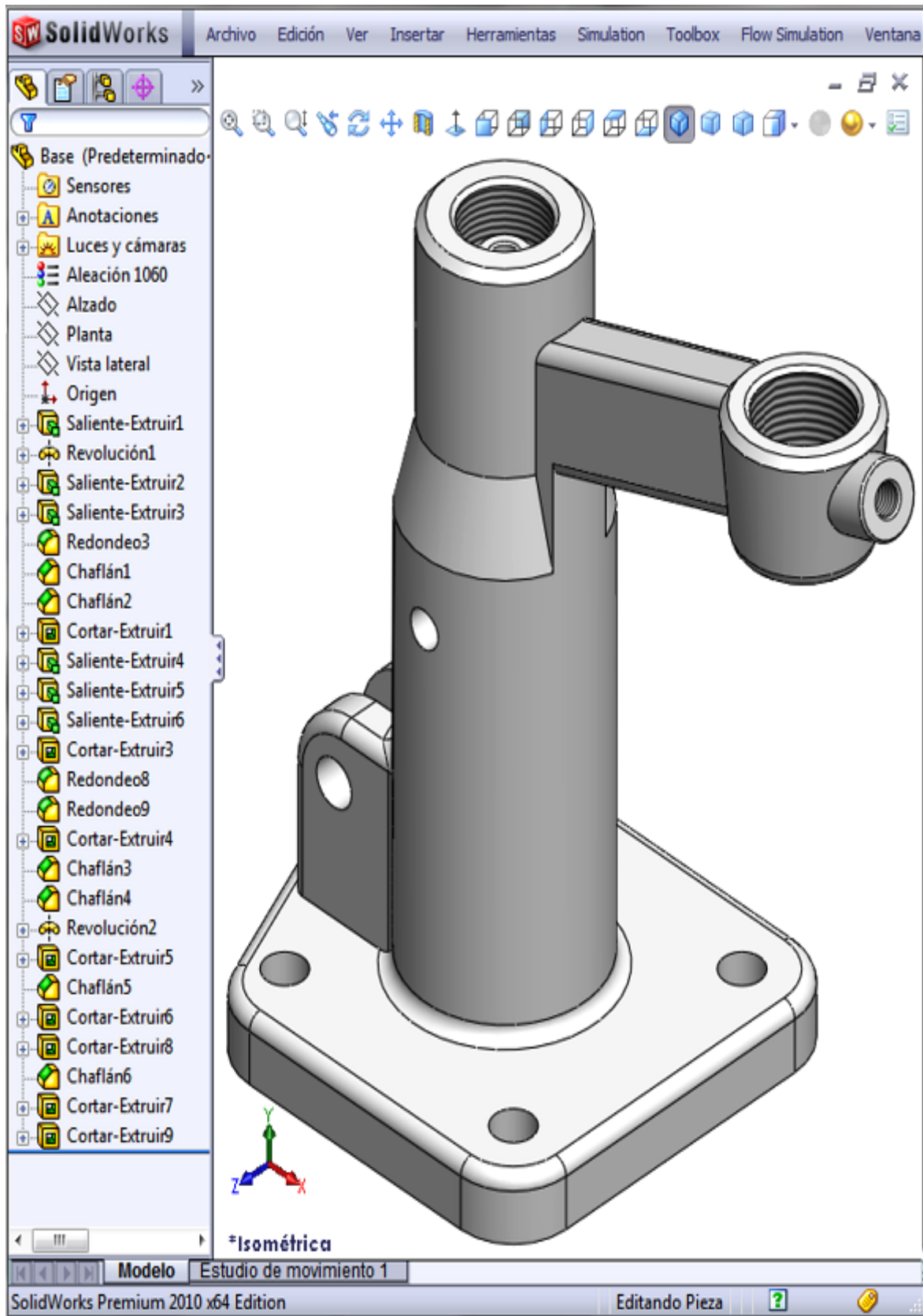
En la presente sección se muestra el resultado de la búsqueda del diseño más adecuado de los componentes del banco de pruebas, acorde a cumplir con todos los requerimientos de funcionalidad y seguridad exigidos para este tipo de banco.

Para lograr este cometido se partió de un diseño preliminar, el mismo que, con la ayuda de SolidWorks, se fue modificando y mejorando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo que se describe a continuación y que garantiza un adecuado y seguro funcionamiento del mismo.

Mediante el software SolidWorks Office Premium y con la aplicación de los diferentes comandos para croquizar y para editar operaciones de sólidos disponibles en el mismo, se modelaron en 3D las diferentes piezas que componen el banco de pruebas de inyectores (la información se encuentra detallados, vistas y sus dimensiones en los planos de cada una de las piezas) para posteriormente realizar su ensamblaje, análisis y simulación.



**Figura 2.7 Modelo de la estructura soporte del comprobador de inyectores**



**Figura 2.8 Modelo en 3D de la carcasa de la bomba manual de inyección**

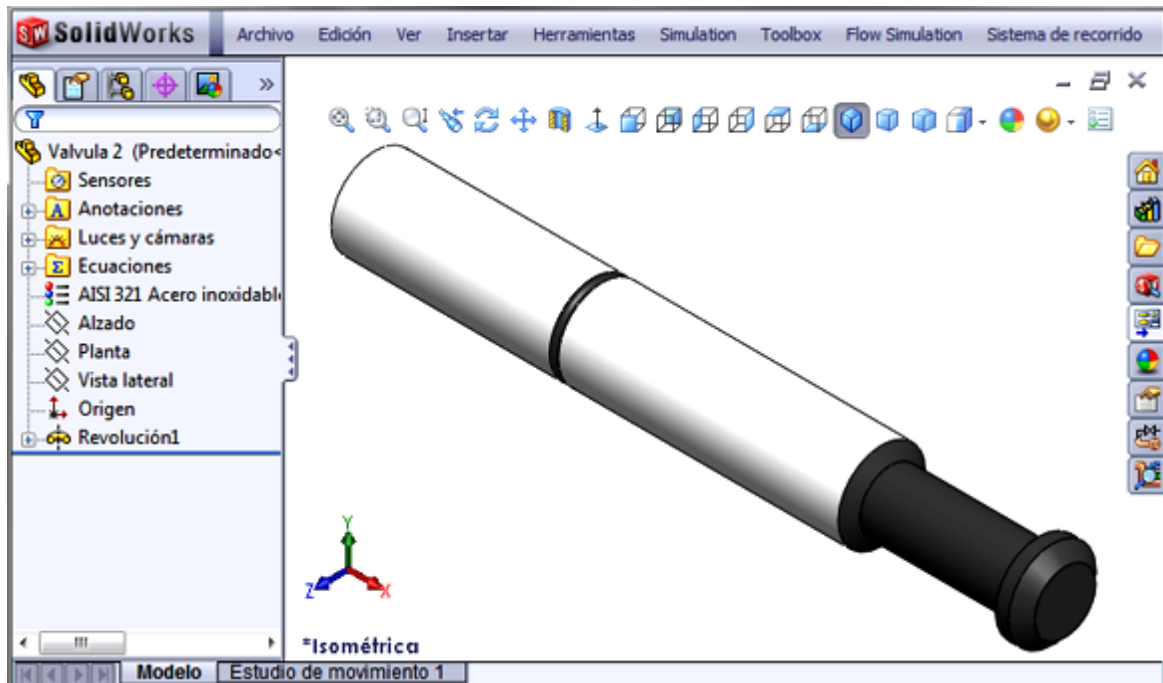


Figura 2.9 Modelo en 3D del pistón

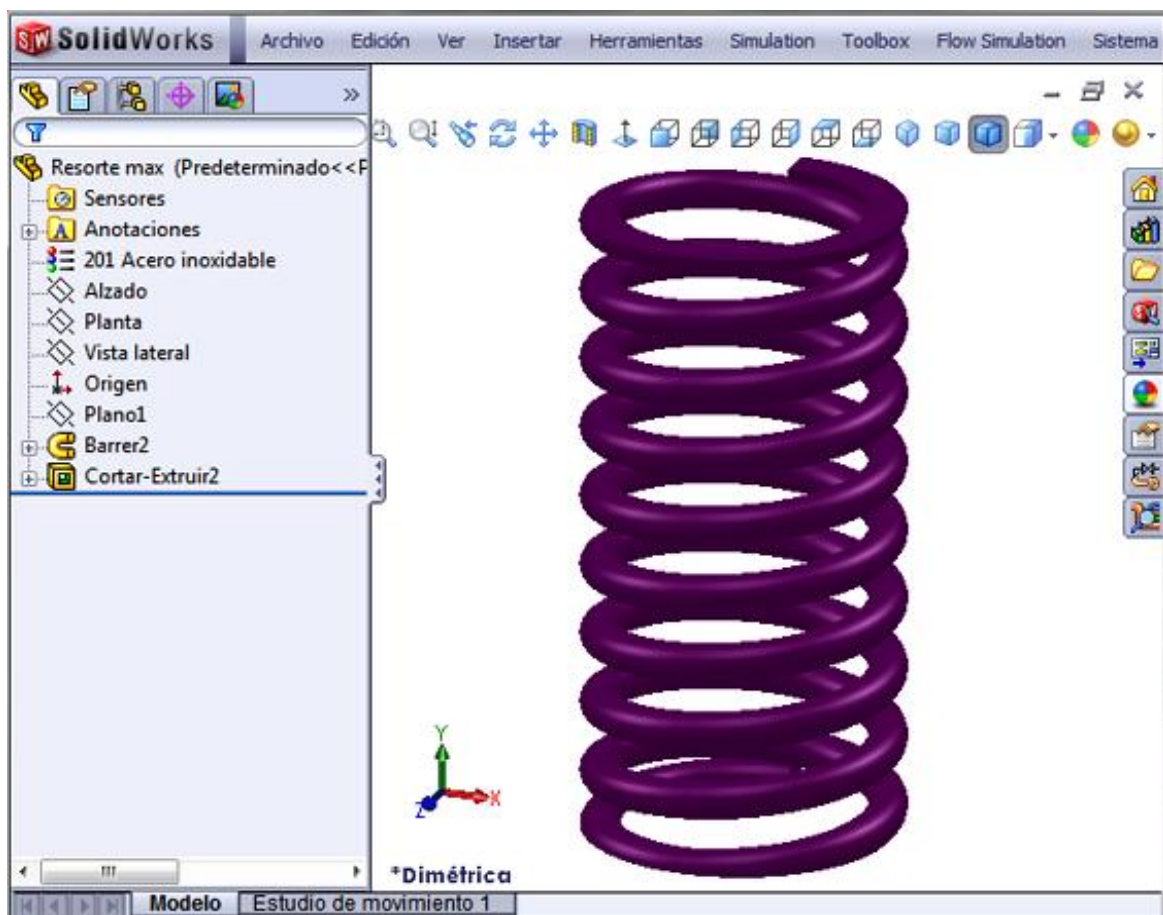
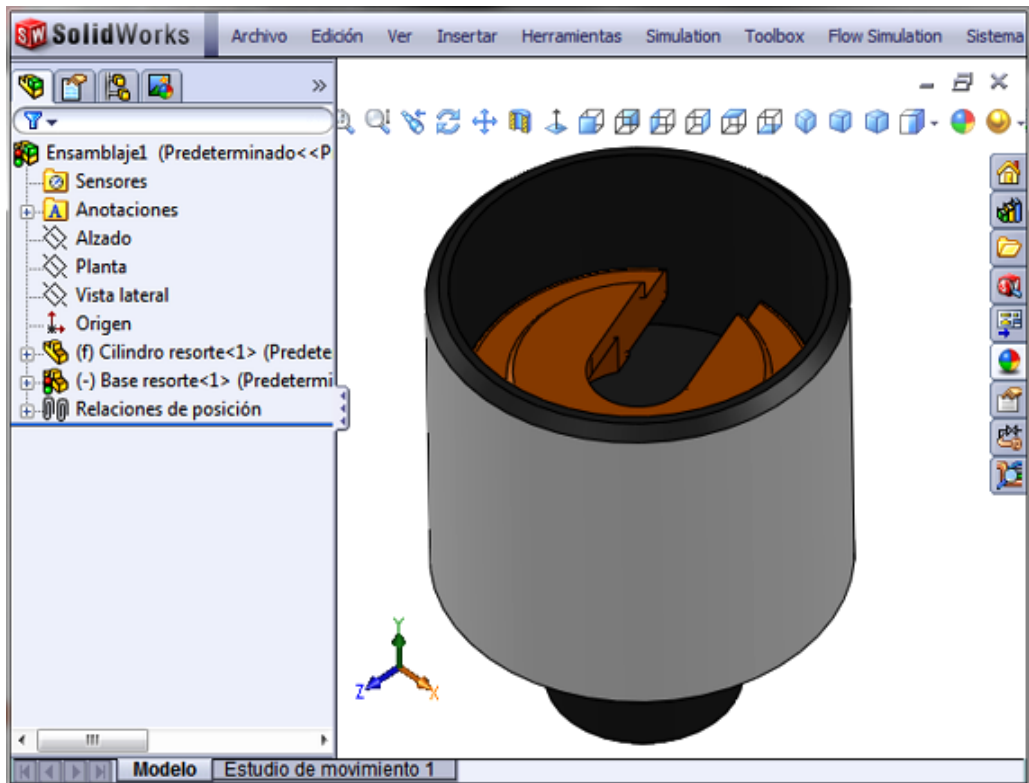
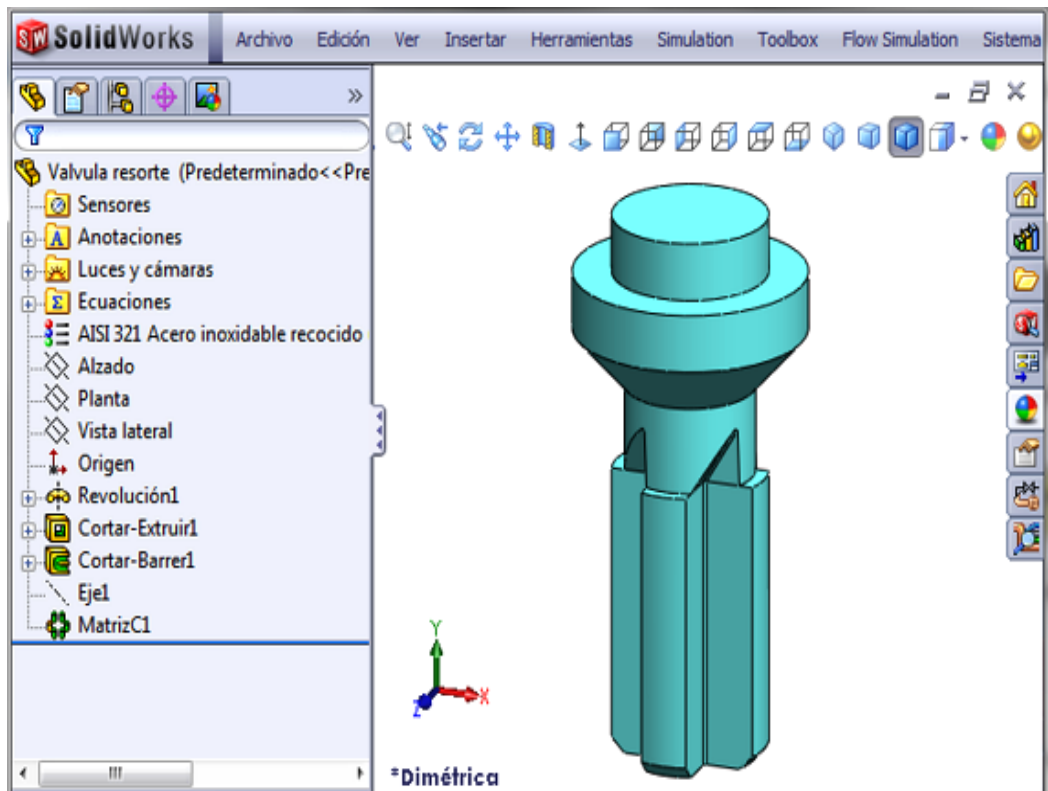


Figura 2.10 Modelo del resorte para retorno del pistón





**Figura 2.11 Modelo del cilindro para soporte del pistón**



**Figura 2.12 Modelo en 3D de la válvula de dosificación**

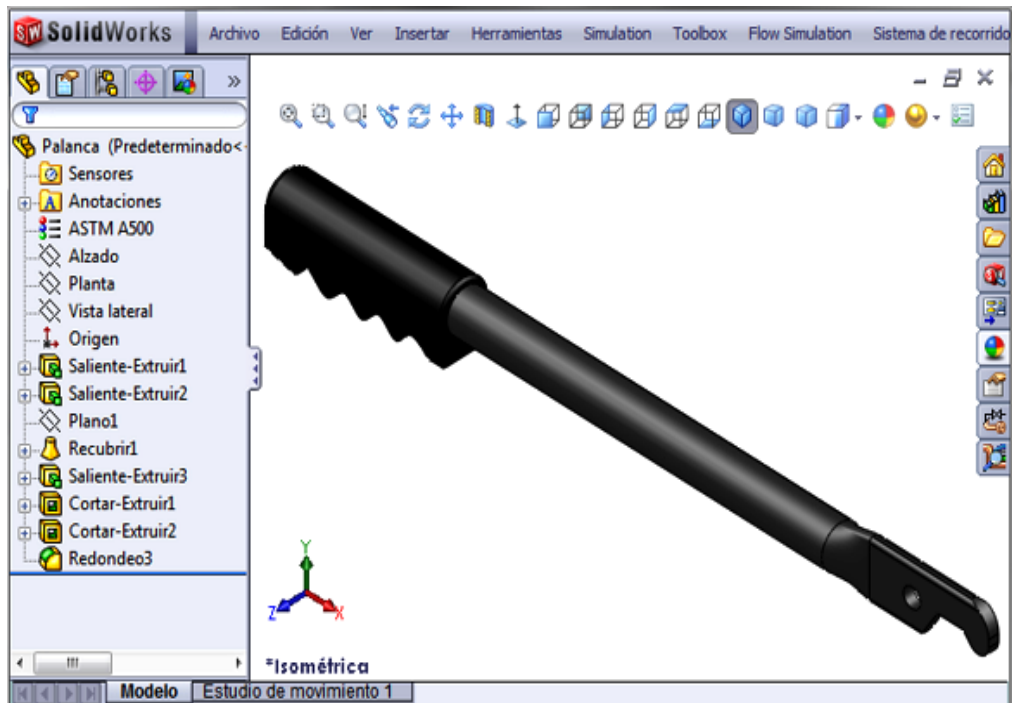


Figura 2.13 Modelo en 3D de la palanca de bombeo

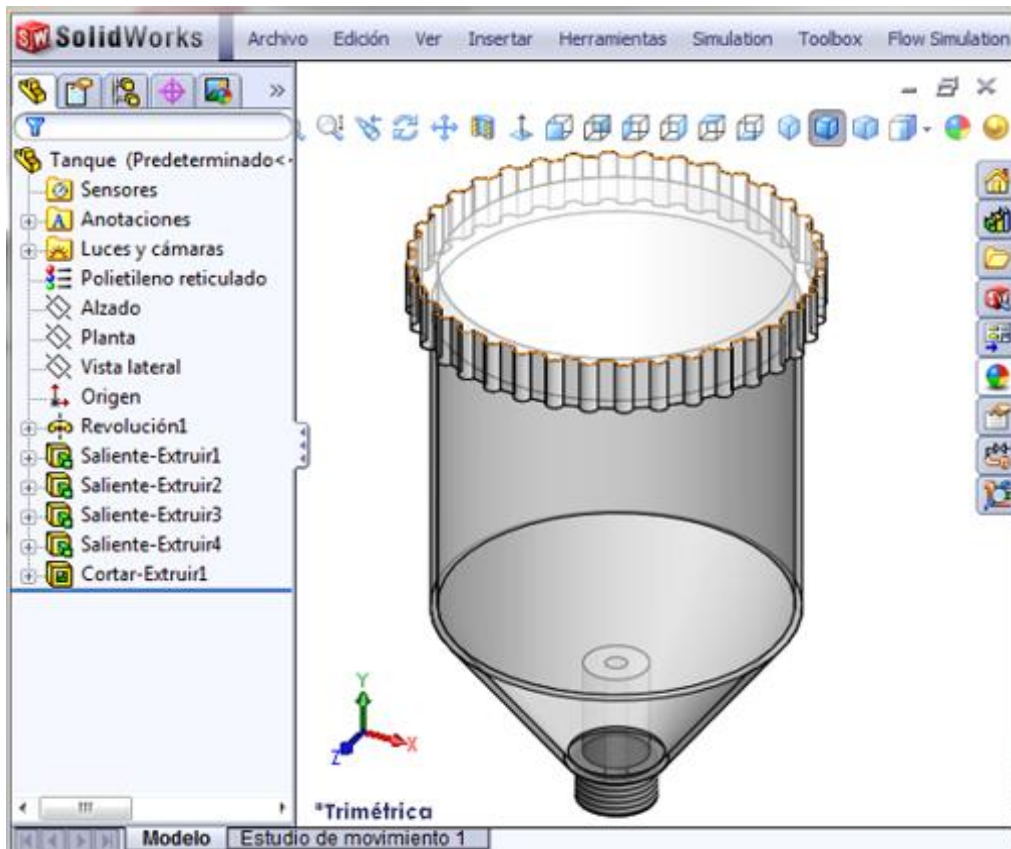


Figura 2.14 Modelo del depósito de combustible

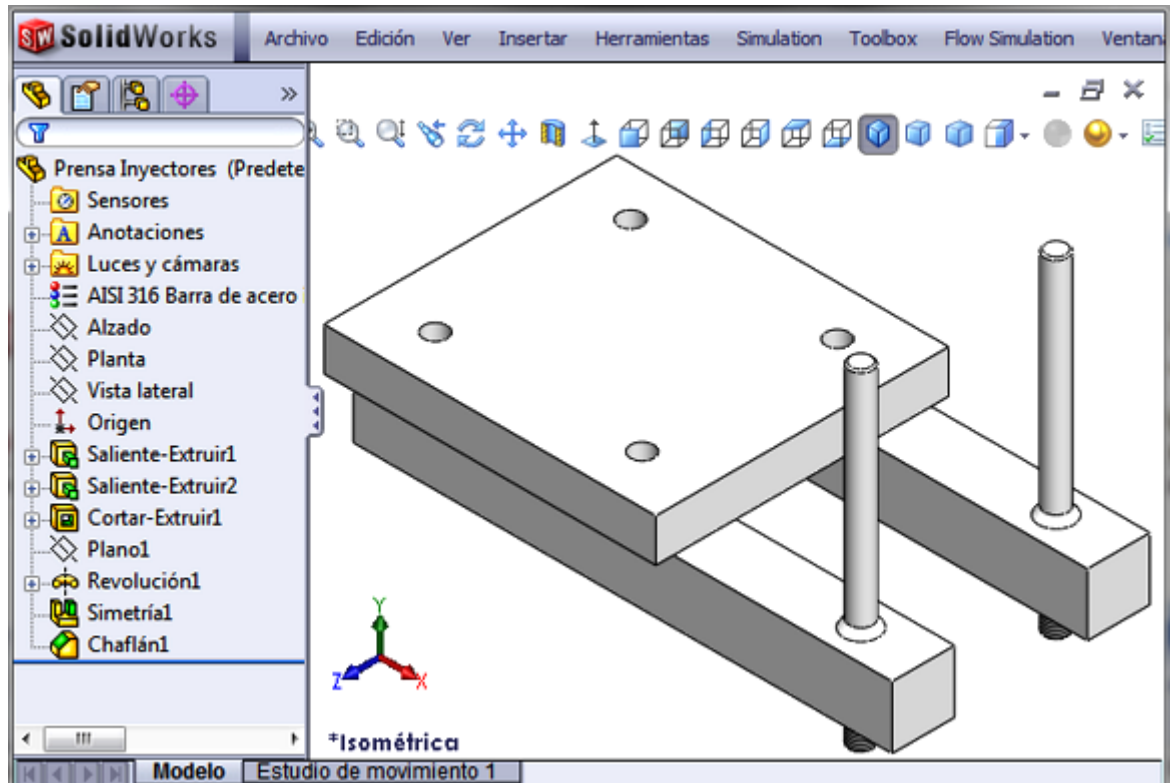


Figura 2.15 Modelo del soporte para el desmontaje de los inyectores

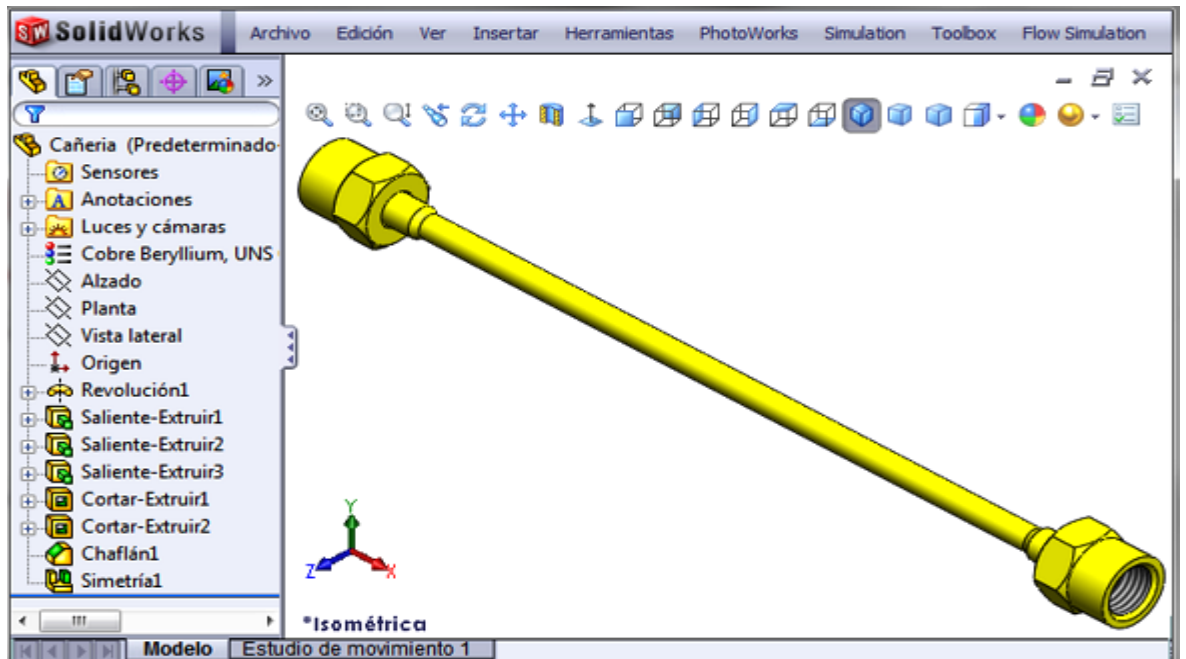
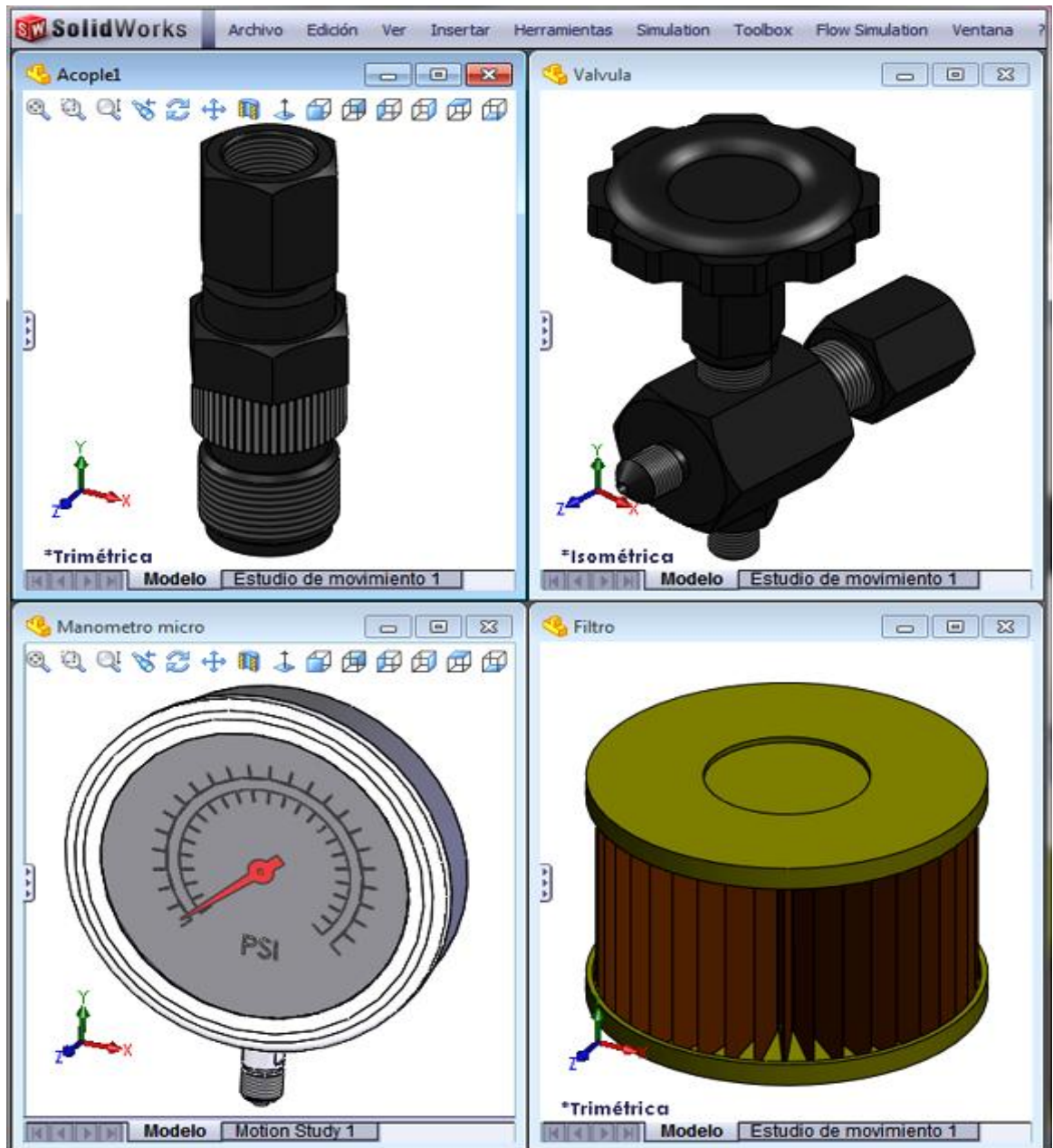


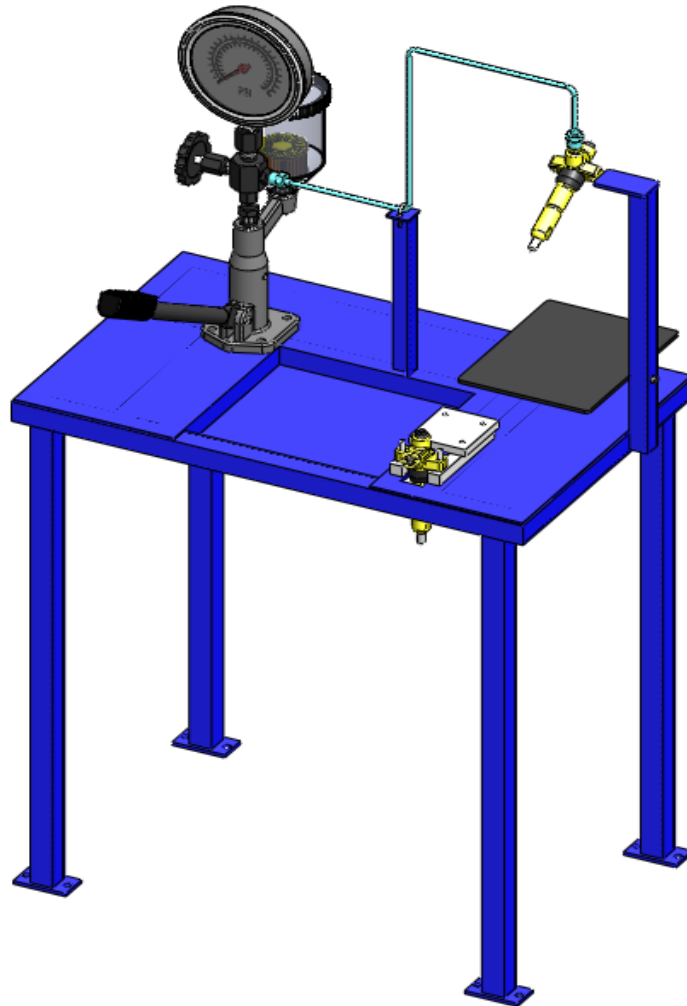
Figura 2.16 Modelo en 3D de la cañería de inyección

A fin de completar los elementos que componen el banco de pruebas de inyectores mecánicos, para su posterior ensamblaje, análisis y simulación; se seleccionaron varios elementos estándar de la biblioteca de diseño de SolidWorks, los mismos que se muestran a continuación:



**Figura 2.17 Modelo de los componentes de la biblioteca de diseño de SolidWorks**

Con la ayuda de las relaciones de posición se procede a ensamblar el banco de pruebas en SolidWorks, como se indica en la figura 2.18 y de esta forma simular y analizar su correcto funcionamiento.



**Figura 2.18 Ensamblaje total del banco de pruebas**

## 2.4.- ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DEL FLUJO DE FLUIDO EN EL COMPROBADOR DE INYECTORES

Partiendo del ensamblaje del comprobador de inyectores se genera en SolidWorks FlowSimulation un proyecto de análisis computacional de fluidos con el objetivo de simular el funcionamiento del banco de pruebas y obtener los resultados de presiones y velocidades desarrolladas en el comprobador de inyectores a medida que el flujo de diesel lo cruza y de esta manera obtener un diseño adecuado y seguro del mismo.

### 2.4.1. Creación del proyecto en flowsimulation

Para crear el proyecto en SolidWorks, FlowSimulation se siguen los pasos descritos a continuación:

- Utilizando el Wizard del menú FlowSimulation se configura los datos iniciales del proyecto.

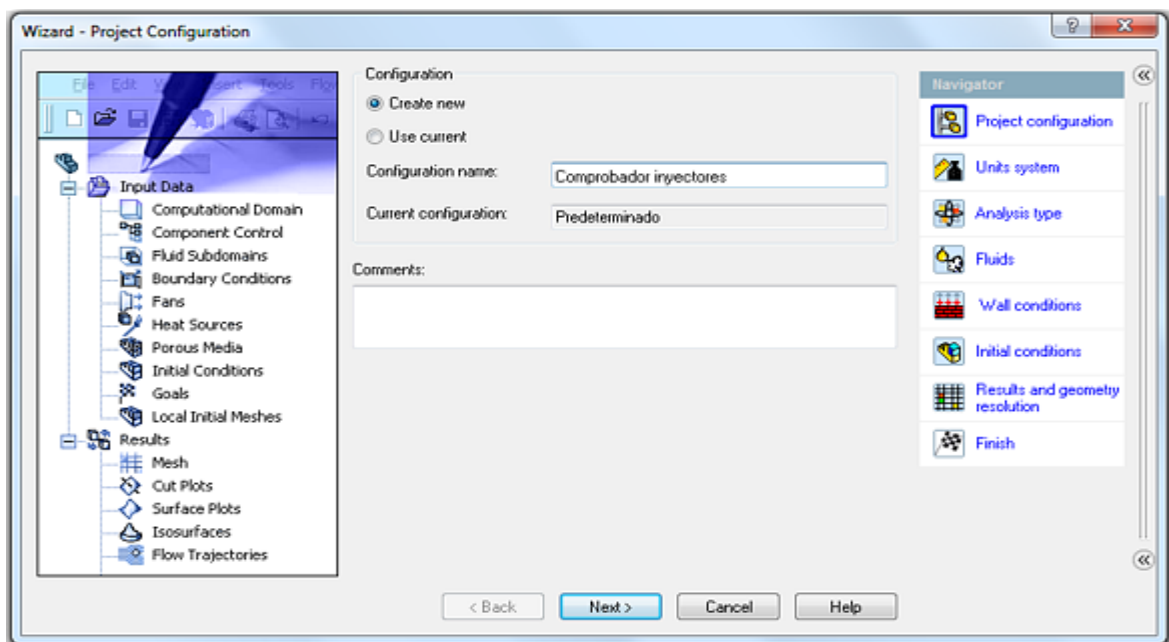
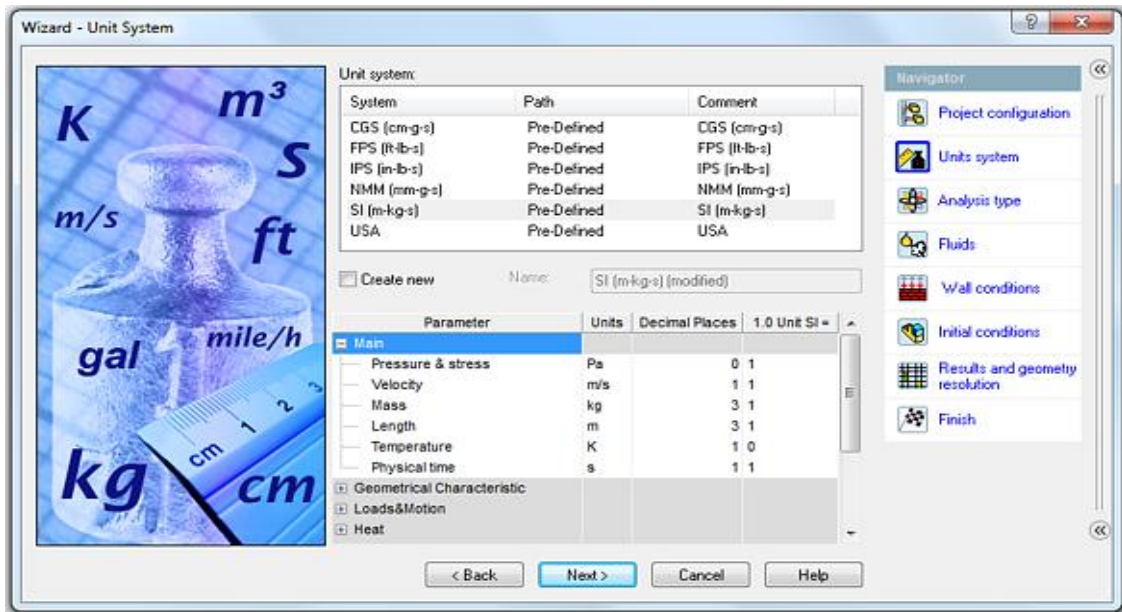


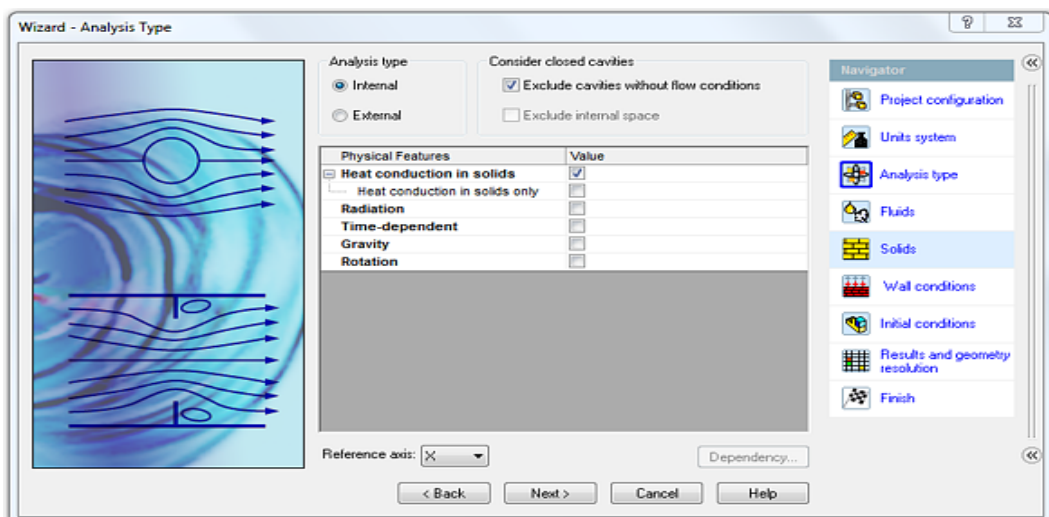
Figura 2.19 Asignación del nombre y configuración del proyecto

- Luego se selecciona el Sistema de Unidades con que se desea trabajar y/o se especifica las unidades para cada parámetro.



**Figura 2.20 Selección del Sistema de Unidades**

- En la siguiente ventana se escoge el tipo de análisis que se desea realizar. Para nuestro caso seleccionamos un análisis del Tipo Interno.



**Figura 2.21 Ventana para la selección del tipo de análisis.**

- A continuación se selecciona el tipo de fluido que va a recorrer el comprobador de inyectores. Para nuestro caso es Diesel.

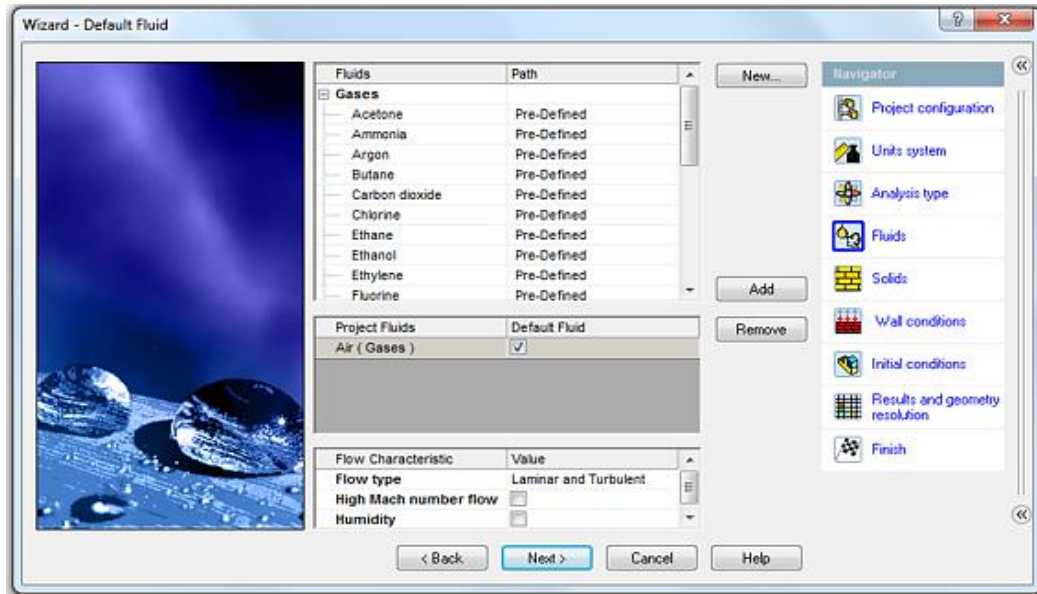


Figura 2.22 Selección del tipo de fluido.

- Posteriormente se configura las condiciones ambientales iniciales de presión y temperatura.

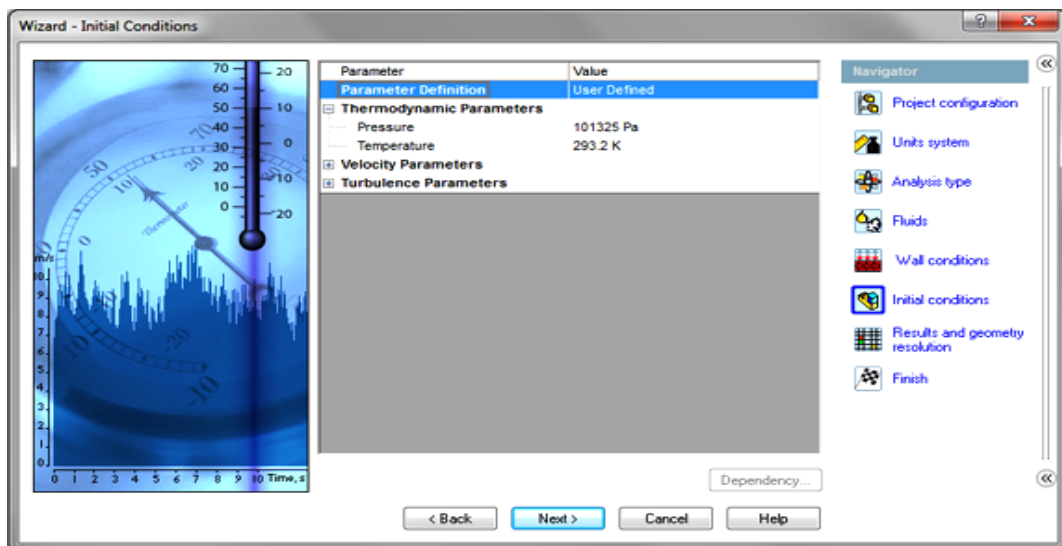
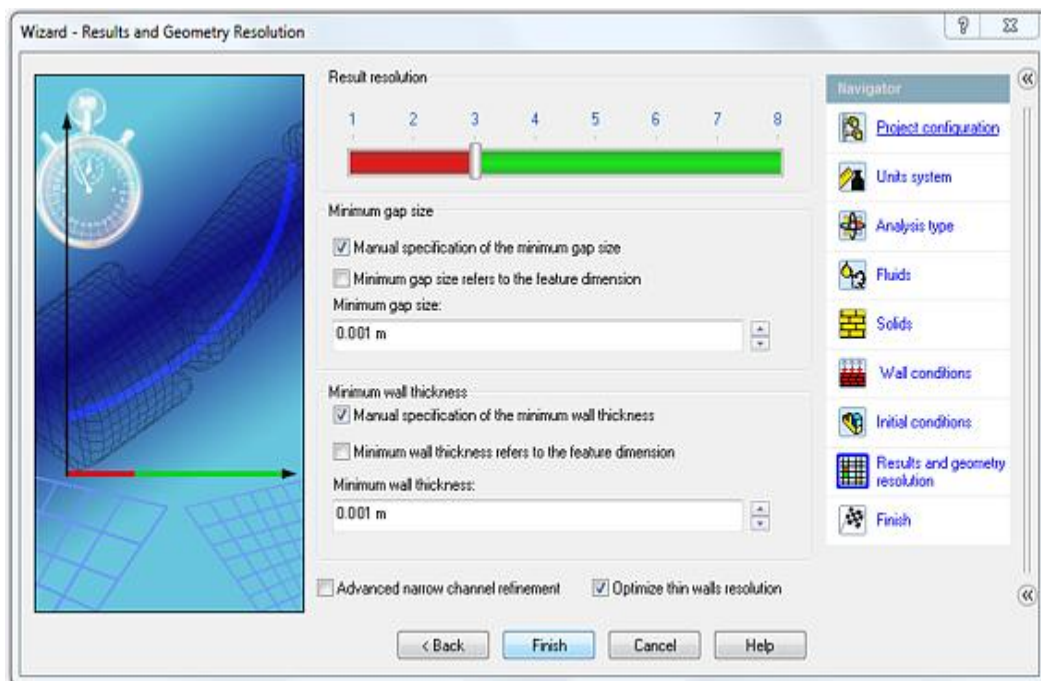


Figura 2.23 Configuración de las Condiciones Iniciales



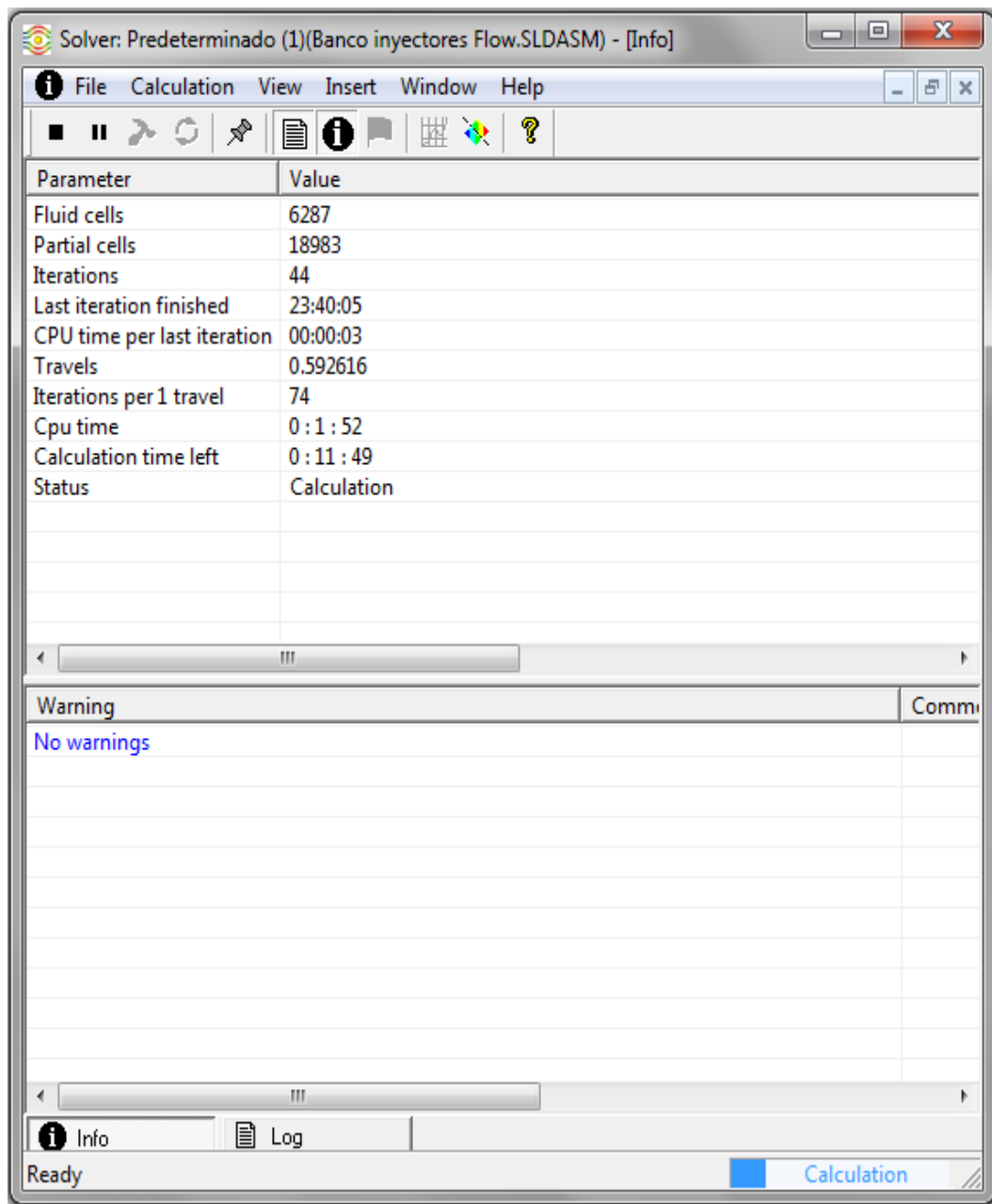
- Finalmente en la siguiente pantalla configuramos la Geometría de Resolución y el Tamaño del Mallado en función del tamaño mínimo de la sección por la que tiene que atravesar el diesel.



**Figura 2.24 Configuración de la Geometría de Resolución y el Tamaño del Mallado**

Una vez finalizada la configuración inicial del proyecto con la ayuda del Wizard presionamos el botón Finish, con lo que SolidWorks crea una configuración del comprobador de inyectores en el módulo de Flow Simulation que nos permite ingresar y asignar de forma rápida y sencilla los diferentes parámetros de diseño iniciales.

Una vez realizados todos los pasos anteriores y asignados los parámetros de diseño iniciales, se corre el programa mediante el comando Run y se espera el tiempo necesario para que los Solvers (programas de resolución de problemas rápidos) de SolidWorks (figura 2.25), chequen la geometría del modelo, lo mallen y calculen todos los resultados requeridos.

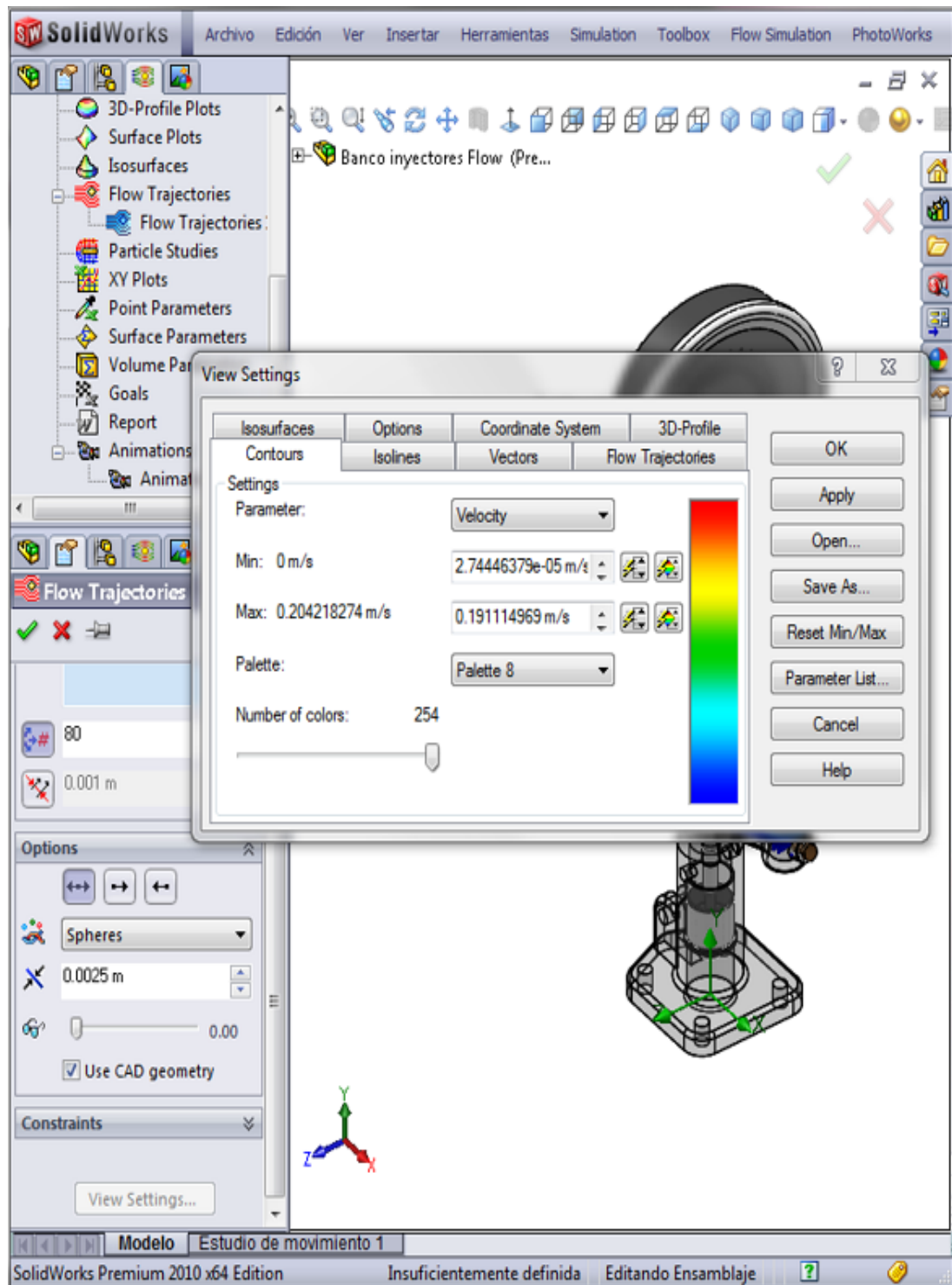


**Figura 2.25 Ejecución de los Solvers de SolidWorks Flow Simulation**

### 2.4.2. Resultados

Una vez finalizada la ejecución de los Solvers del SolidWorks Flow Simulation se procede a generar los diferentes resultados del análisis, tanto de forma gráfica así como también en tablas de Excel, mediante la

configuración de las distintas opciones de la herramienta Results en la pestaña Flow Simulation analysis tree, como se indica en la (figura 2.26.)



**Figura 2.26** Generación de los diferentes tipos de resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los diferentes parámetros que son de nuestro interés en el estudio del comprobador de inyectores.

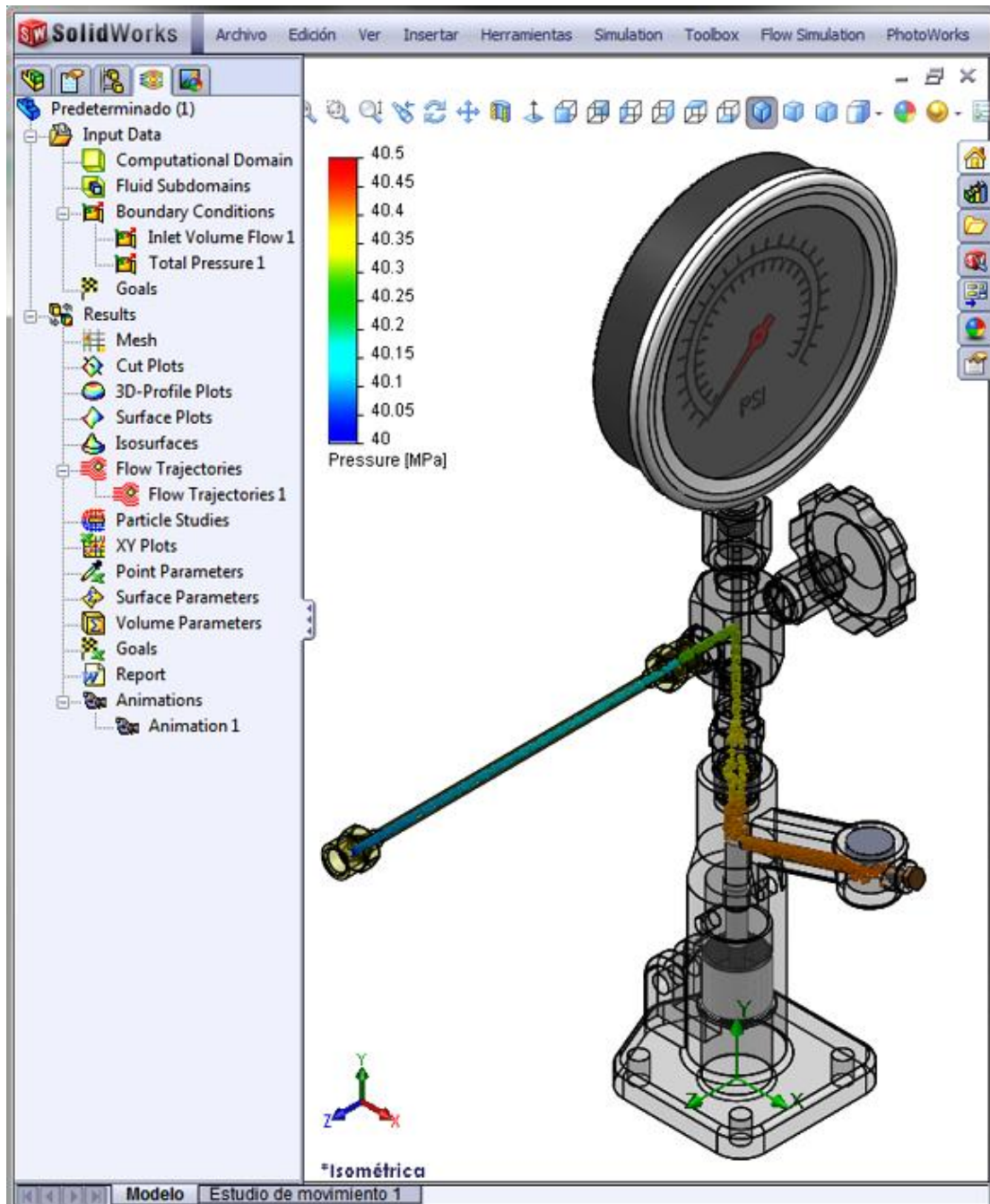
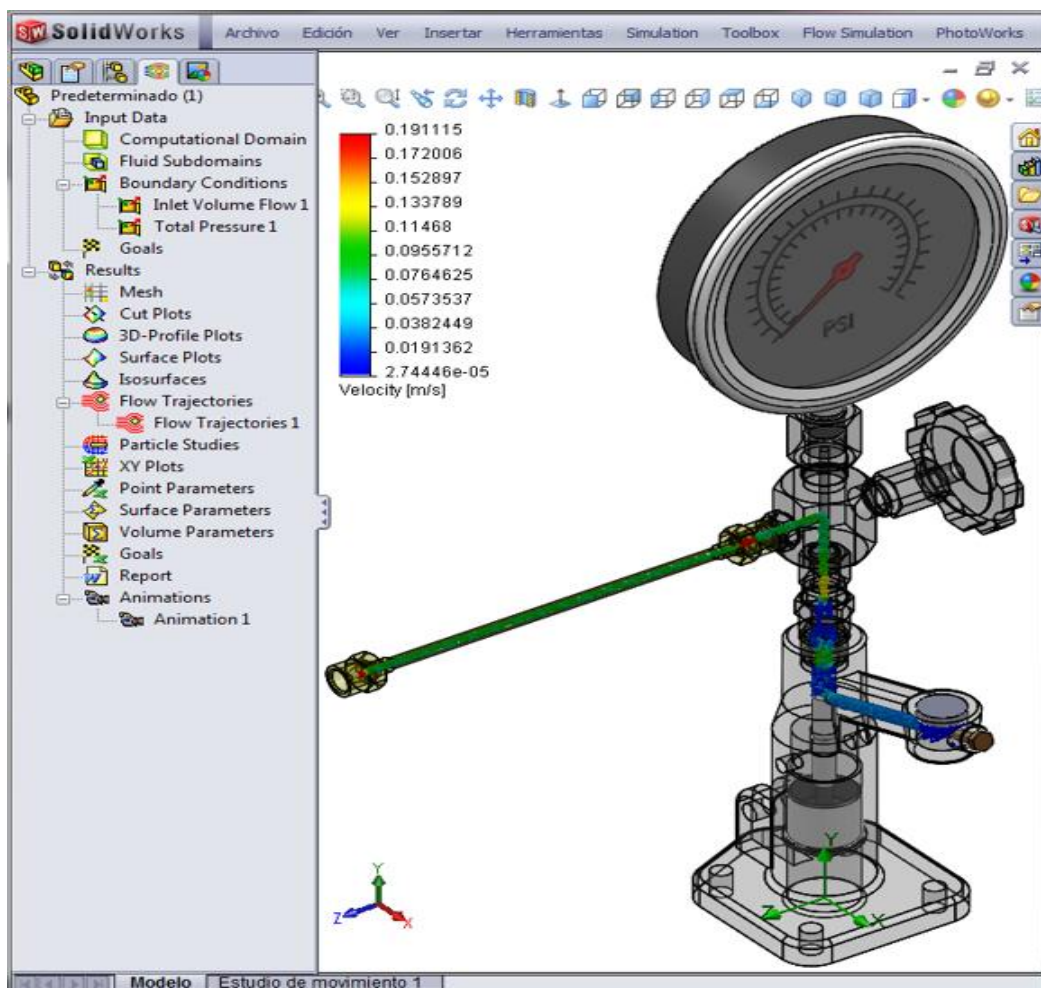


Figura 2.27 Diagrama de presión total.

Del diagrama de presión total se determina que la presión total varía, desde un valor máximo de 40.5MPa a la entrada del diesel en el comprobador de inyectores hasta un valor mínimo de 40.0MPa a la salida, por lo tanto, la caída de presión en el comprobador de inyectores es de 0.5 MPa.

Esta caída de presión representa las pérdidas por fricción que se producen cuando al aire atraviesa las diferentes partes del túnel de viento.



**Figura 2.28 Distribución de velocidades.**

En la figura 2.28 se muestra la distribución de velocidades en las diferentes secciones del comprobador de inyectores.

## **CAPÍTULO III**

### **3.- DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS**

#### **3.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO.**

Antes de proceder con el diseño y la selección de los elementos del banco de pruebas a continuación se hace un resumen de los parámetros que se determinaron en el capítulo anterior y que influyen directamente en el diseño del banco:

Presión máxima de inyección	= 40 MPa(5800 psi)
Torque requerido para desmontar los inyectores	= 100 N m
Fuerzas de reacción sobre la estructura soporte	= 1716.0 N y 2030.0 N
Fuerza en el pistón de la bomba manual	= 3141.6 N
Fuerza requerida en la palanca	= 314.16 N
Factor de seguridad mínimo recomendado:	= 2.0

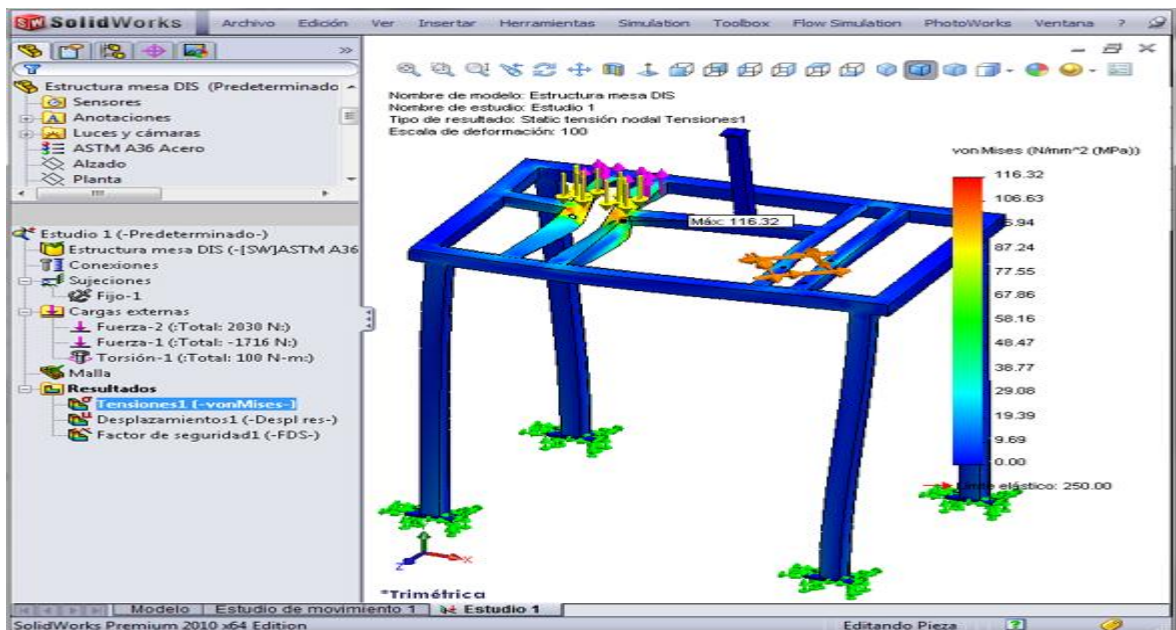
#### **3.2.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE**

Esta estructura soporta todos los elementos tanto mecánicos como hidráulicos del banco de pruebas y será fabricada con tubo cuadrado estructural de acero ASTM A36 cuyas propiedades se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Propiedades del acero estructural ASTM A36**

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0.26	NA	Constante
Módulo cortante	7.93e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	4e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	2.5e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante

Una vez modelada la estructura y asignadas las cargas que se generan en los agujeros para los pernos que sostiene la bomba de inyección manual y el soporte para el desmontaje de los inyectores, se procede a realizar su análisis de esfuerzos en el programa SolidWorksSimulation y se obtienen los siguientes resultados:



**Figura 3.1 Tensión de Von Mises en la estructura soporte**

En la figura 3.1 se determina que en la estructura soporte el valor máximo de la tensión de Von Mises es de 116.32 MPa y se produce en los agujeros para los pernos que sujetan la bomba de inyección manual, sin embargo esta tensión es menor que el límite de fluencia del material de 250 MPa, por lo tanto la estructura puede resistir la tensión máxima a la que está sometido.

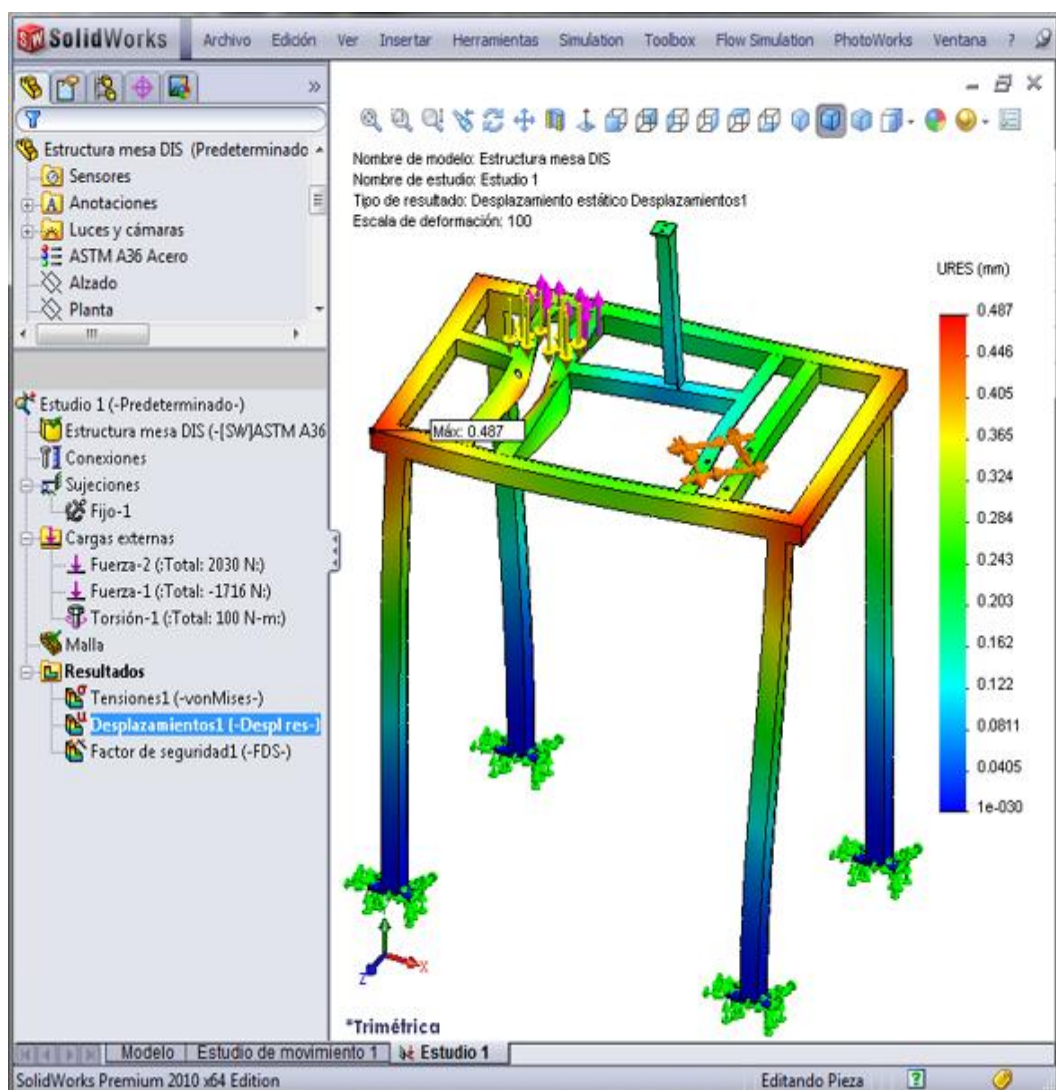
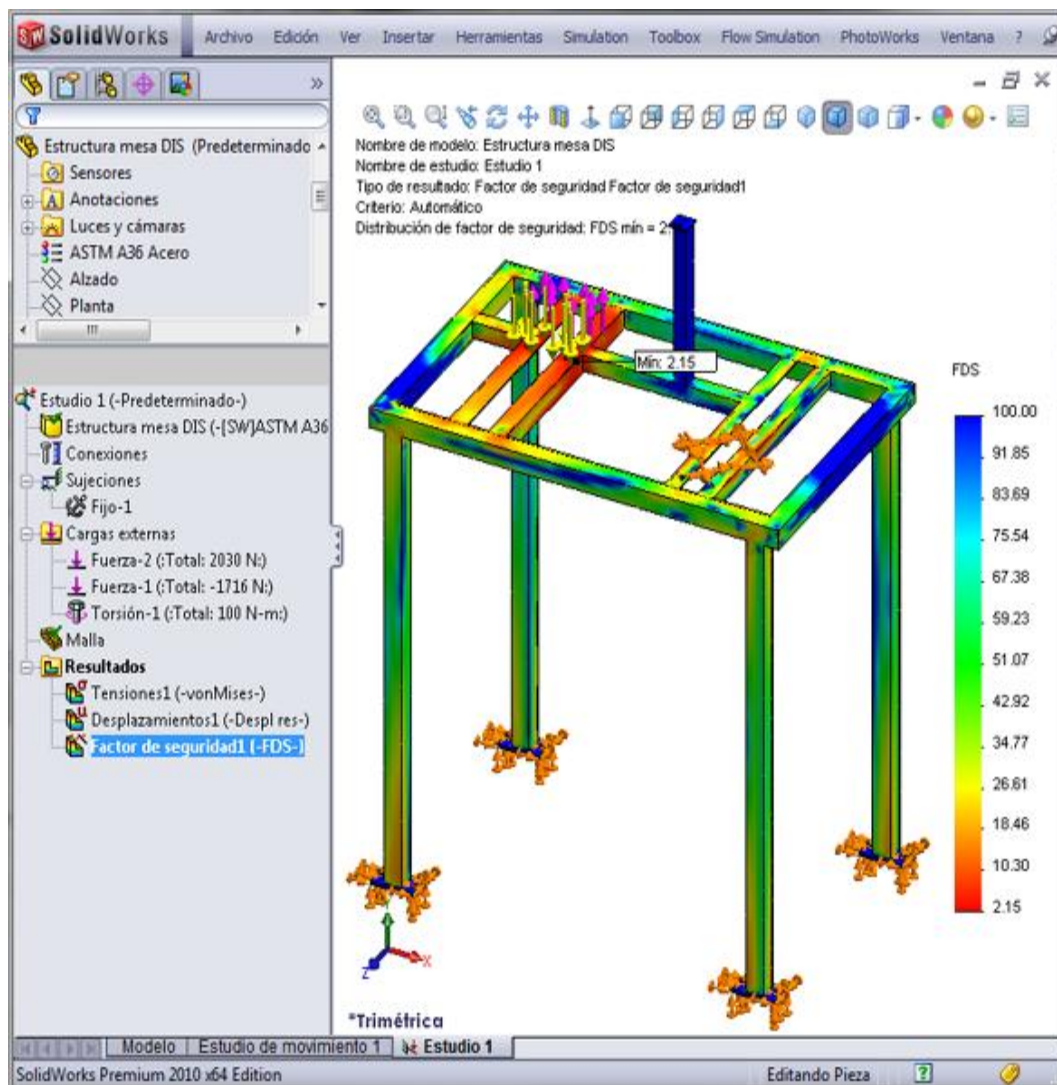


Figura 3.2 Desplazamientos resultantes en la estructura soporte.



Al analizar la figura 3.2 se observa que el desplazamiento máximo se produce en las esquinas exteriores del marco superior de la estructura soporte y su valor es de 0.487 mm, por lo que se considera que este desplazamiento no afecta el funcionamiento normal del banco de pruebas.



**Figura 3.3 Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte.**

Debido a que la estructura soporte es una estructura estática de material dúctil y ya que se tiene un alto grado de confianza en el conocimiento de la magnitud de las cargas, se recomienda un factor de seguridad de 2.0. Como se observa en la figura 3.3 la parte crítica de la estructura soporte se encuentra en la zona donde se apoya la bomba de inyección, sin embargo, ya que el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.15, se concluye que su diseño es seguro.

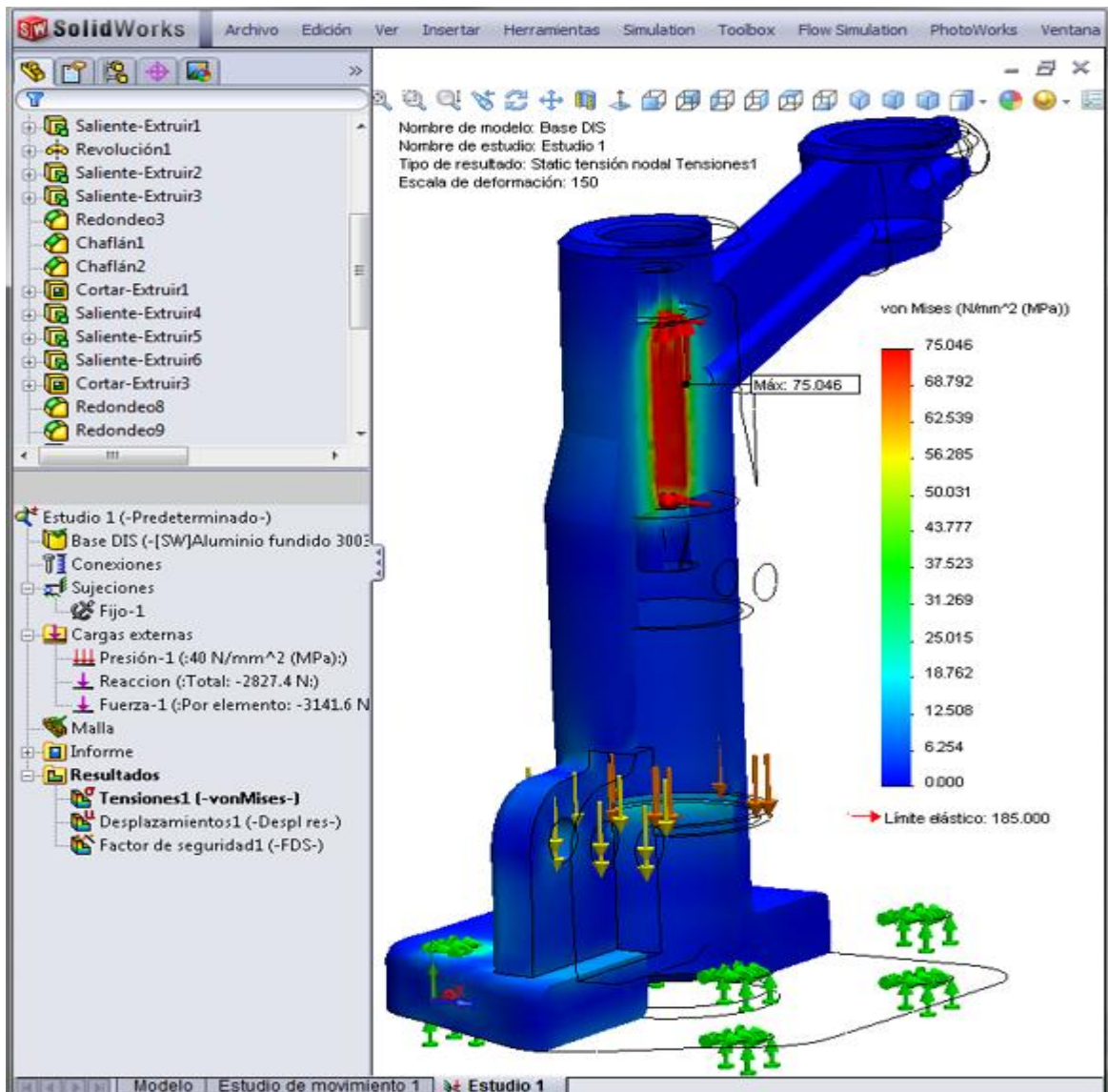
### 3.3.- DISEÑO DE LA CARCASA DE LA BOMBA DE INYECCIÓN.

Sobre la carcasa de la bomba de inyección se instalarán todos los elementos internos y externos que componen el sistema de inyección manual, los mismos que deben ser capaces de generar la presión máxima necesaria para activar los inyectores de 40 MPa. Debido a que la carcasa de la bomba de inyección debe tener la geometría adecuada para soportar todos los elementos internos y externos de la bomba de inyección y además debe ser la suficientemente fuerte para resistir de forma segura la máxima presión de inyección que se genera en su interior, para su fabricación se utilizará aluminio fundido cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla3.2 Propiedades del aluminio fundido 3003.**

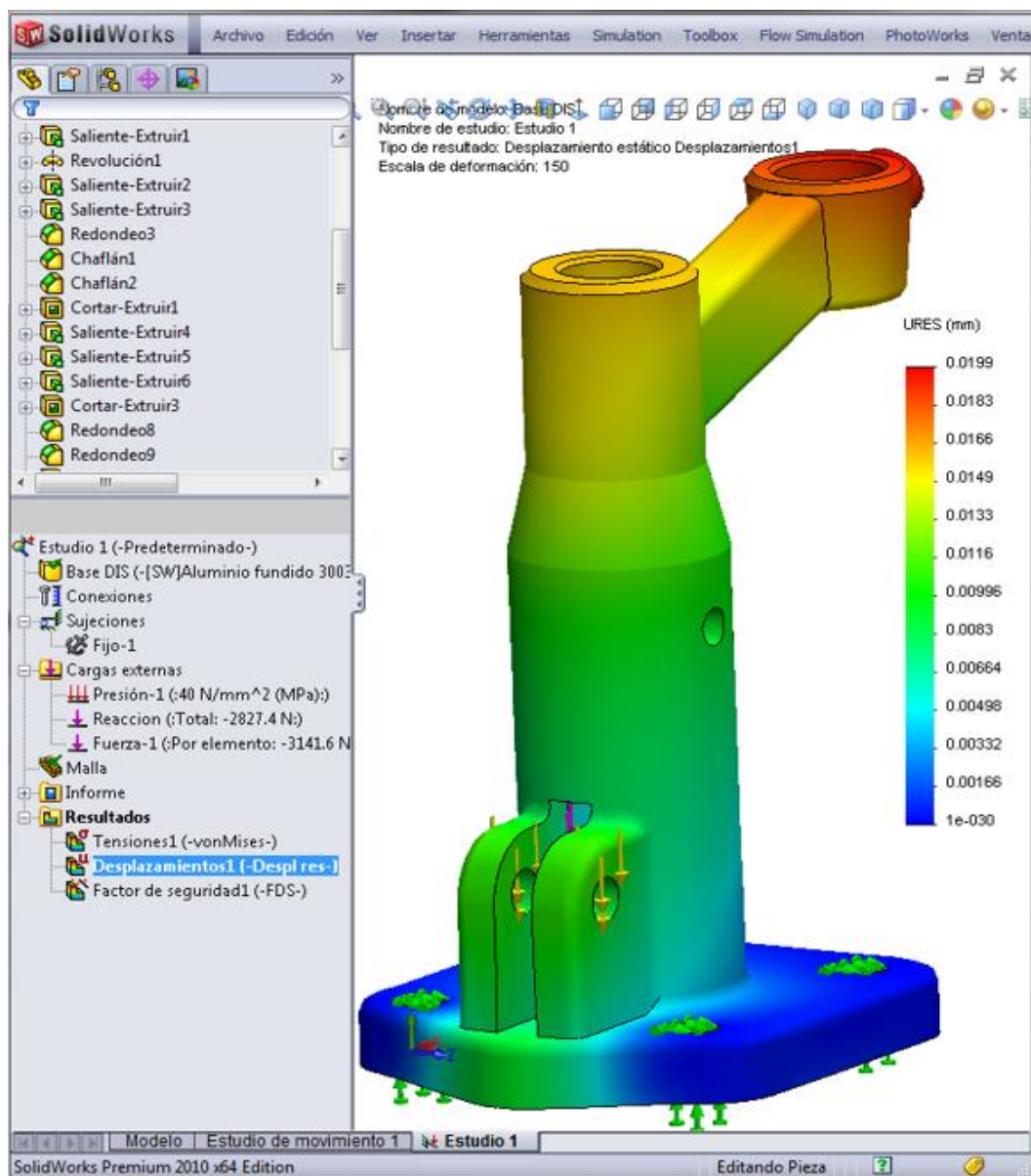
Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Sólido 1(Línea de partición1)	[SW]Aluminio fundido 3003	0.796405 kg	0.000293876 m <sup>3</sup>
Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor	
Módulo elástico	6.96e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Coefficiente de Poisson	0.33	NA	Constante	
Módulo cortante	2.65e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Densidad	2710	kg/m <sup>3</sup>	Constante	
Límite de tracción	2.76e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Límite elástico	1.85e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Coefficiente de dilatación térmica	2.2e-005	/Kelvin	Constante	
Conductividad térmica	151	W/(m.K)	Constante	
Calor específico	963	J/(kg.K)	Constante	

Una vez restringido el modelo y asignadas las cargas que actúan sobre la carcasa de la bomba y que fueron determinadas en el capítulo anterior, se procede a mallarlo, para posteriormente ejecutar el análisis de esfuerzos, obteniéndose los siguientes resultados:



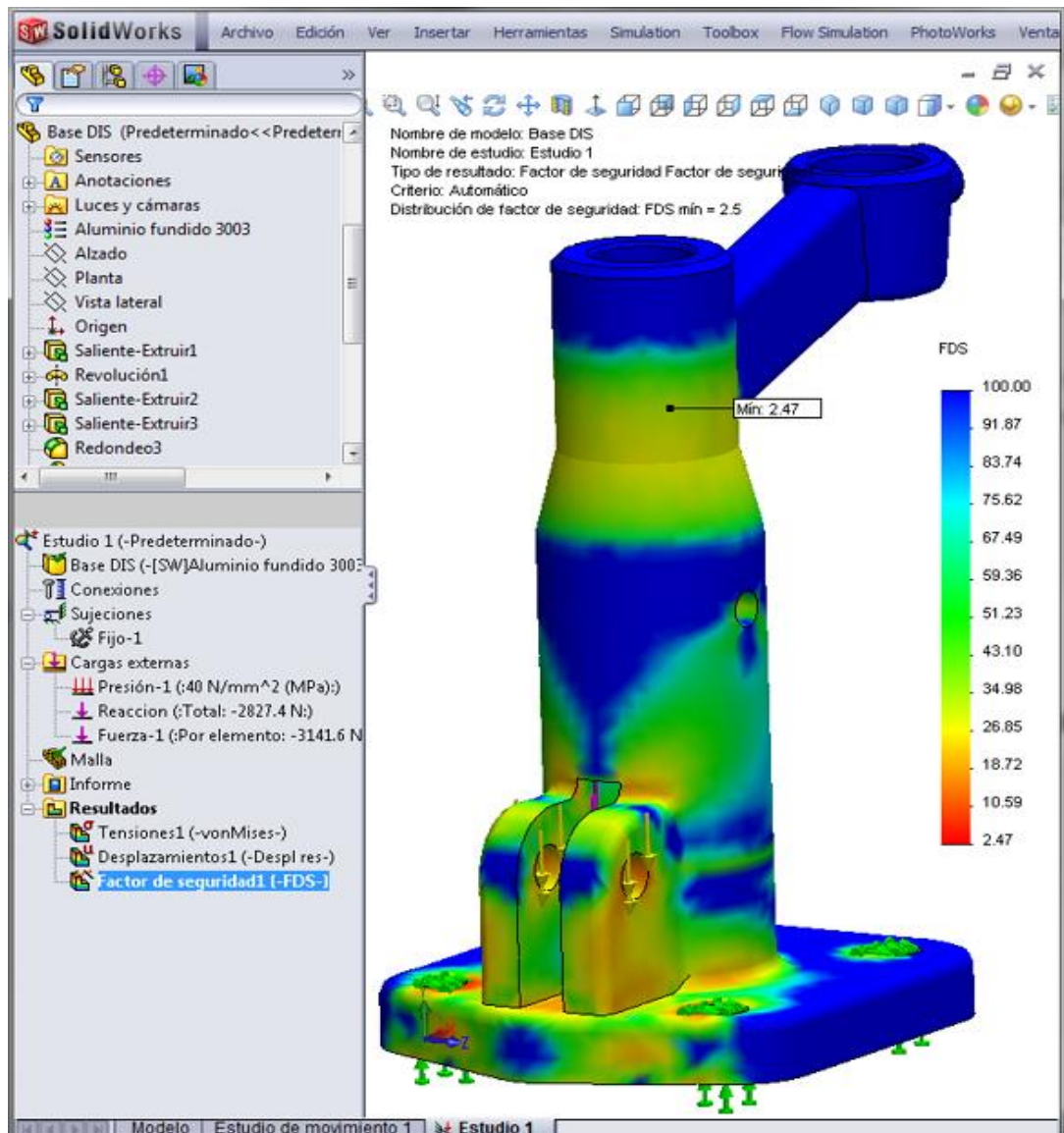
**Figura 3.4 Tensión de Von Mises en la carcasa de la bomba de inyección.**

En la figura 3.4 se observa que la máxima tensión de Von Mises es de 75.046 MPa y se produce en la zona de la carcasa donde se genera la presión de inyección de 40 MPa, sin embargo, esta tensión es menor que el límite de fluencia del material de 185 MPa, por lo tanto este elemento puede resistir sin fallar la tensión máxima.



**Figura 3.5 Desplazamientos resultantes en la carcasa de la bomba de inyección.**

Al analizar la figura 3.5 se observa que los desplazamientos máximos se producen en el brazo superior de la carcasa donde se monta el depósito de combustible y su valor es de 0.0199 mm por lo que se considera que no perjudica el correcto funcionamiento del sistema de inyección.



**Figura 3.6 Distribución del factor de seguridad en la carcasa de la bomba de inyección.**

Con respecto al factor de seguridad, en la figura 3.6 se muestra su distribución y se observa que las partes críticas son la zona de la carcasa donde se genera la presión de inyección y en el soporte de la palanca, sin embargo, su valor mínimo es de 2.47, por lo que se concluye que el diseño es seguro.

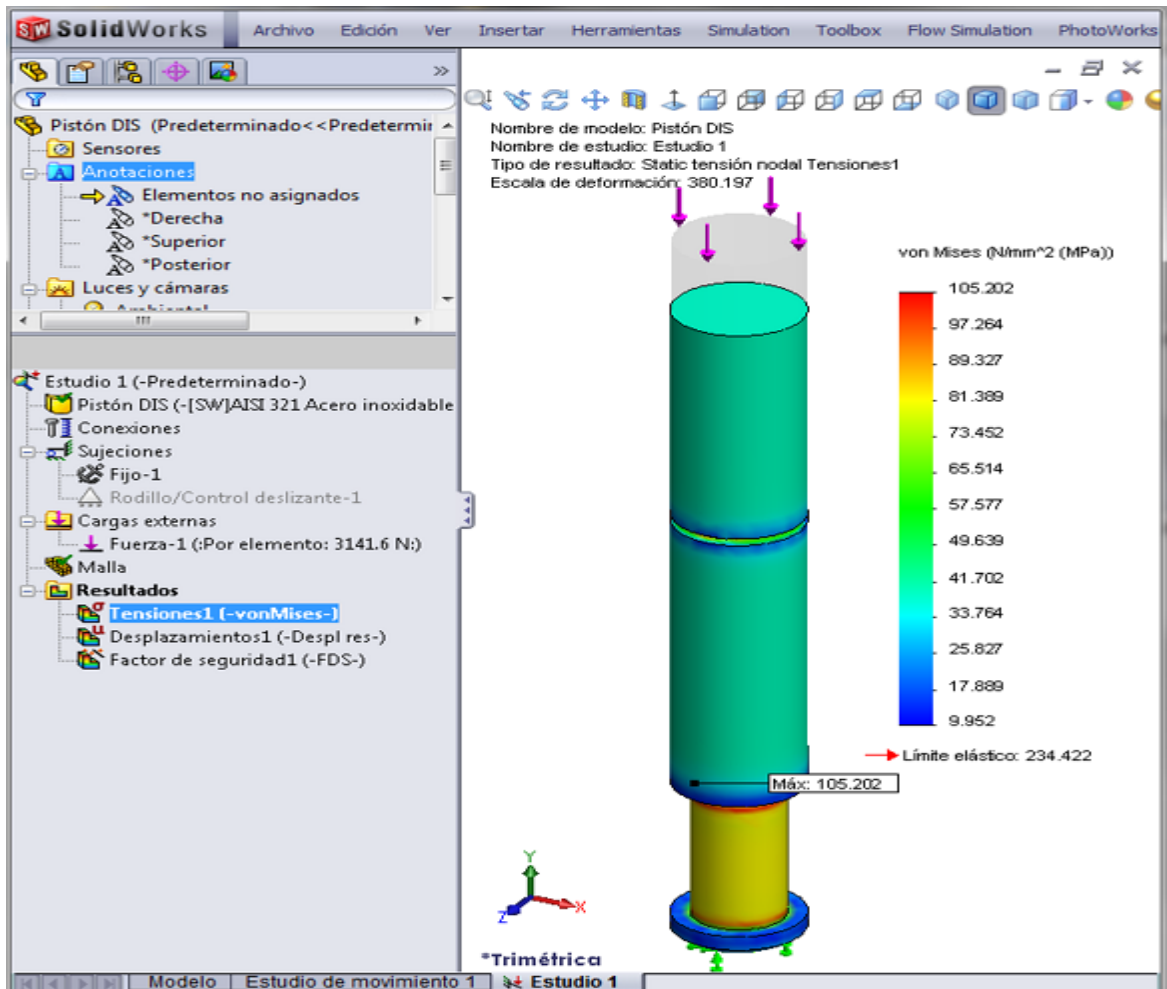
### 3.4.- DISEÑO DEL PISTÓN DE BOMBEO.

El pistón de bombeo es un elemento cilíndrico que se mueve hacia arriba y hacia abajo en el interior de la carcasa accionado por la palanca y comprimiendo el diesel hasta la presión máxima de inyección (40 MPa) mediante una fuerza vertical  $F_{pis} = 3141.6 N$ . Debido a que es necesario evitar la oxidación de la superficie exterior del pistón de bombeo, ya que esto puede causar el atascamiento del pistón en el interior de la carcasa o el apareamiento de fugas de diesel, el pistón fue fabricado con acero inoxidable AISI 321, lo que garantiza que el mismo se deslice de manera justa en el interior de la carcasa libre de corrosión que puede producir un aumento en la fricción o la aparición de fugas.

**Tabla3.3 Propiedades del acero inoxidable AISI 321.**

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Sólido 1 (Revolución1)	[SW]AISI 321 Acero inoxidable recocido (SS)	0.043671 kg	5.45888e-006 m <sup>3</sup>
Nombre de propiedad		Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico		1.93e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de Poisson		0.27	NA	Constante
Densidad		8000	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Limite de tracción		6.2e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Limite elástico		2.3442e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de dilatación térmica		1.7e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica		16.1	W/(m.K)	Constante
Calor específico		500	J/(kg.K)	Constante
Factor de endurecimiento (0.0-1.0; 0.0=isotrópico; 1.0=cinemático)		0.85	NA	Constante

Luego de restringir el modelo y asignar las cargas que soporta se malla y se ejecuta su análisis de esfuerzos, obteniéndose los siguientes resultados:



**Figura 3.7 Tensión de Von Mises en el pistón de bombeo.**

En la figura 3.7 se observa que la máxima tensión de Von Mises ocurre en el lugar donde el pistón tiene un cambio de sección y su valor es de 105.202MPa, sin embargo, al ser esta tensión menor que el límite elástico del acero inoxidable AISI 321, el pistón puede resistir dicho esfuerzo sin fallar.

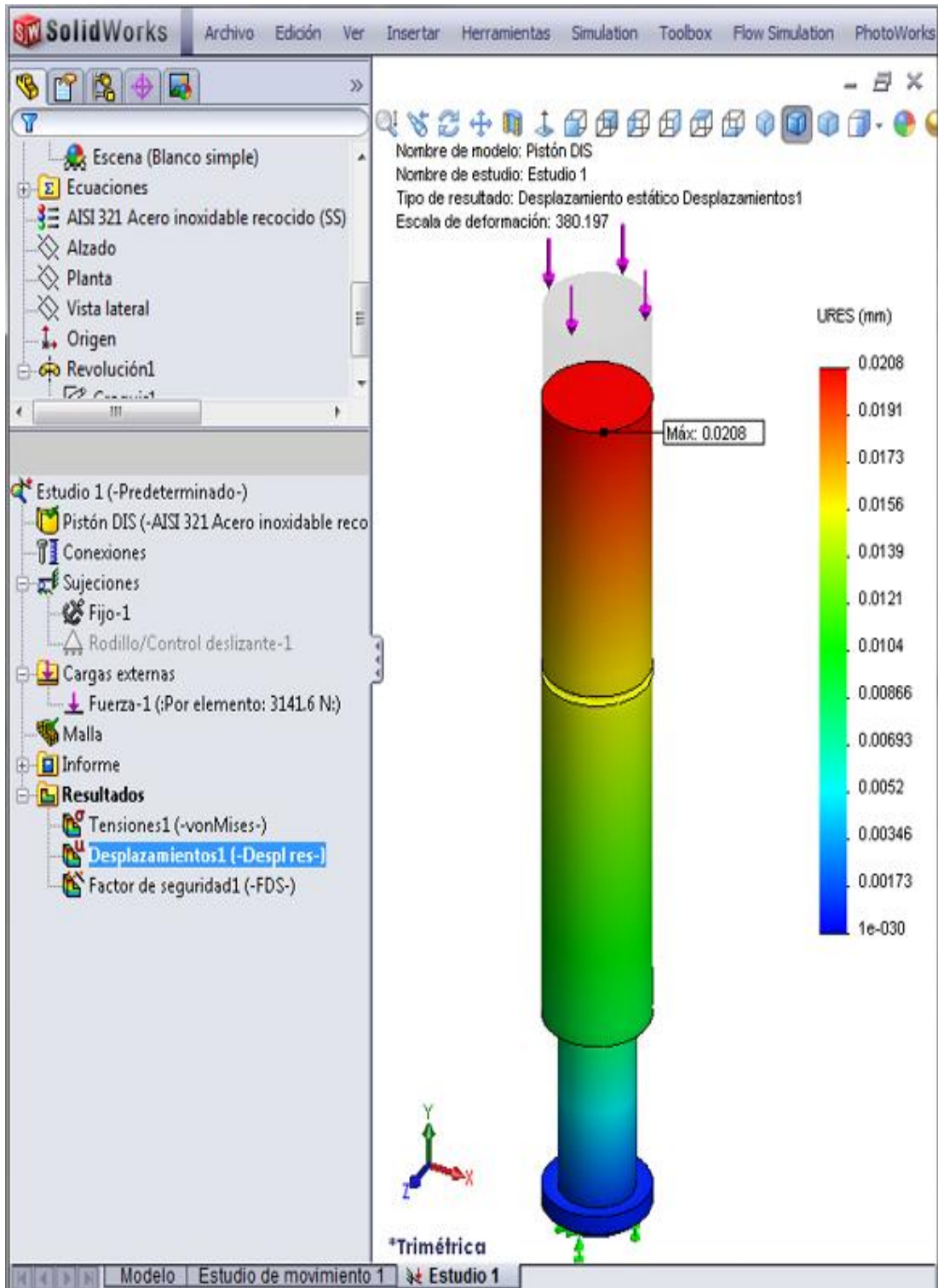
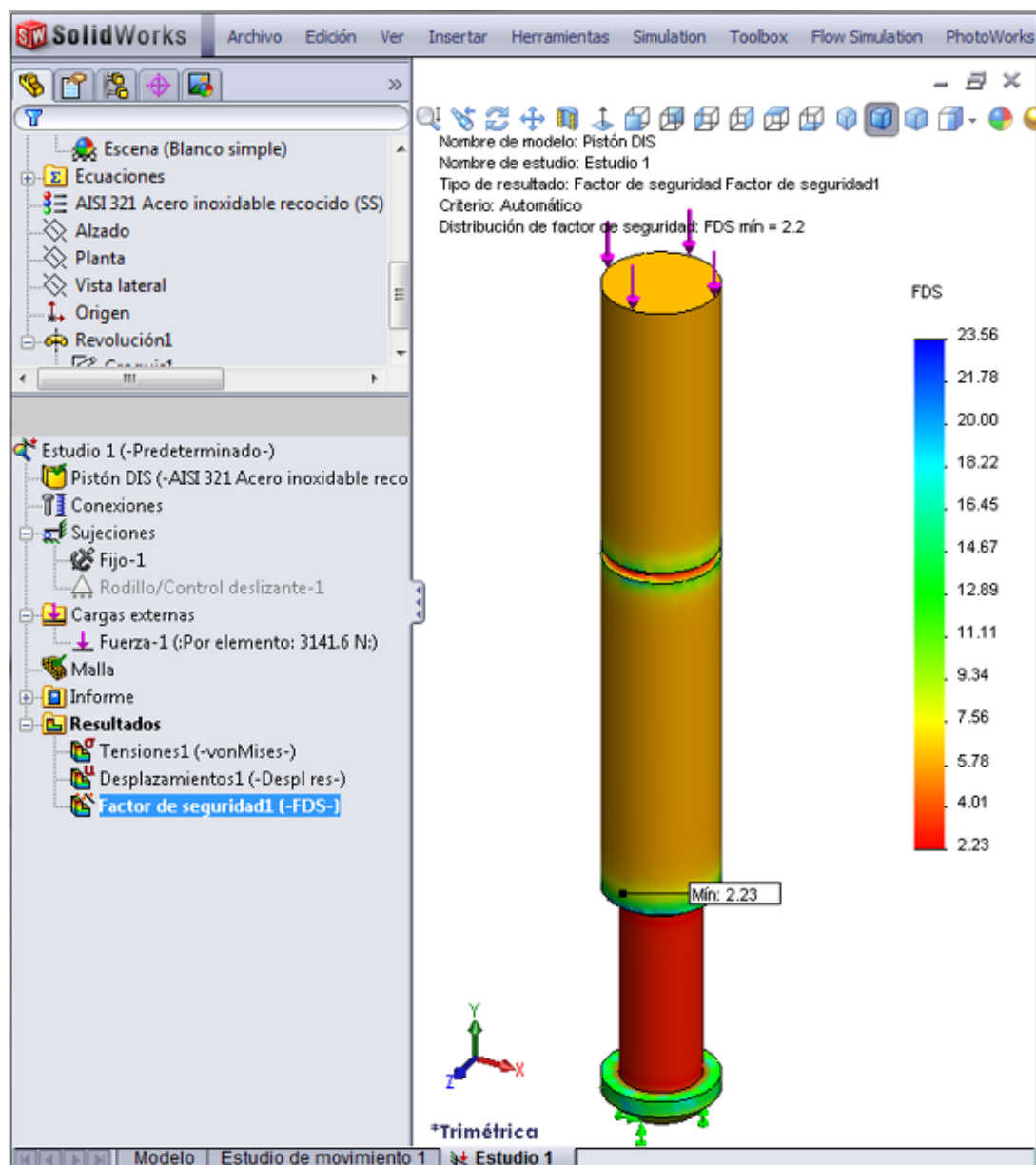


Figura 3.8 Desplazamientos resultantes en el pistón de bombeo.



De la figura 3.8 se determina que el desplazamiento máximo del pistón de bombeo se produce en la superficie superior de cilindro en la cara que se encuentra en contacto con el diesel y su valor es de 0.0208 mm, por lo que se considera que no afecta el funcionamiento normal de la bomba de inyección.



**Figura 3.9 Distribución del factor de seguridad en el pistón de bombeo.**

En la figura 3.9 se muestra la distribución del factor de seguridad en el pistón de bombeo y se observa que las zonas críticas se encuentran en la sección de menor diámetro del cilindro, sin embargo, el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.23, por lo que se concluye que su diseño es seguro.

### 3.5. DISEÑO DEL SOPORTE DEL PISTÓN DE BOMBEO.

Este elemento sostiene al pistón de bombeo y lo empuja hacia arriba con una fuerza de 3141.6 N por acción de la palanca de bombeo. Al igual que el pistón, el soporte fue fabricado con acero inoxidable AISI 321. Luego de restringir el modelo, asignamos las fuerzas que el cilindro impulsor soporta, mallamos y ejecutamos el análisis de esfuerzos, obteniéndose los siguientes resultados:

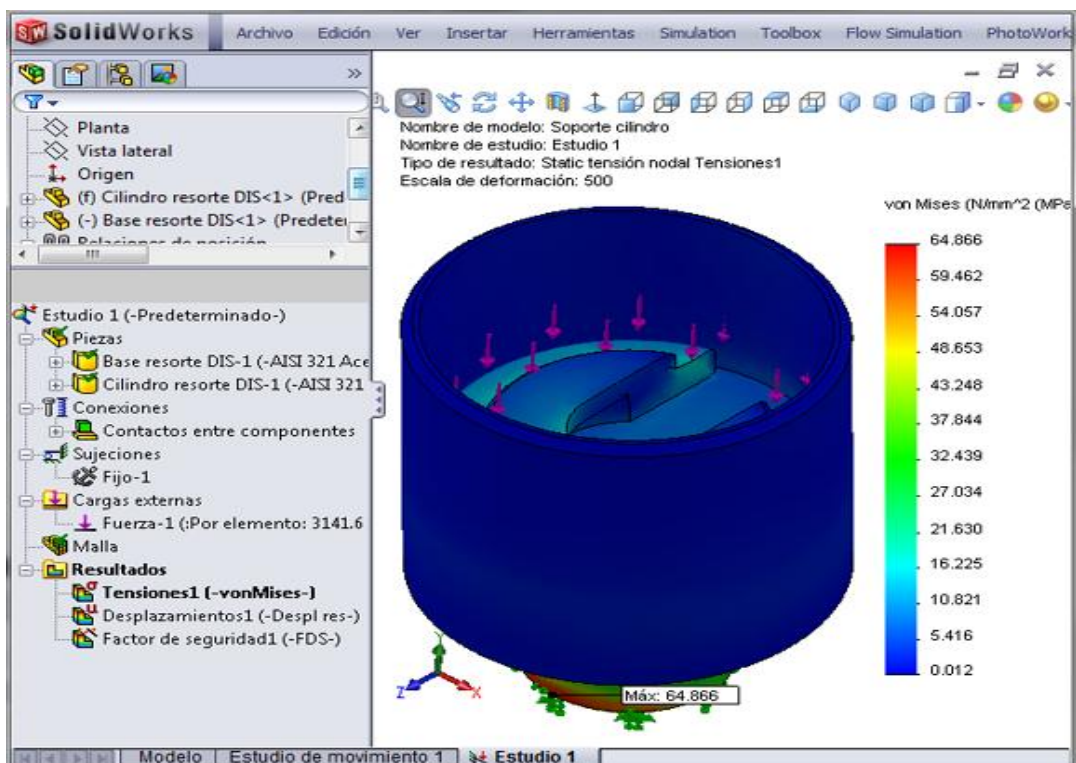


Figura 3.10 Tensión de Von Mises en el soporte del pistón.

En la figura 3.10 se observa que la máxima tensión de Von Mises ocurre en la parte inferior del soporte del pistón en la zona donde actúa la palanca de bombeo y su valor es de 64.866MPa, sin embargo, esta tensión es menor que el límite elástico del material de 234.42MPa, por lo tanto, el soporte puede resistir la tensión máxima sin fallar.

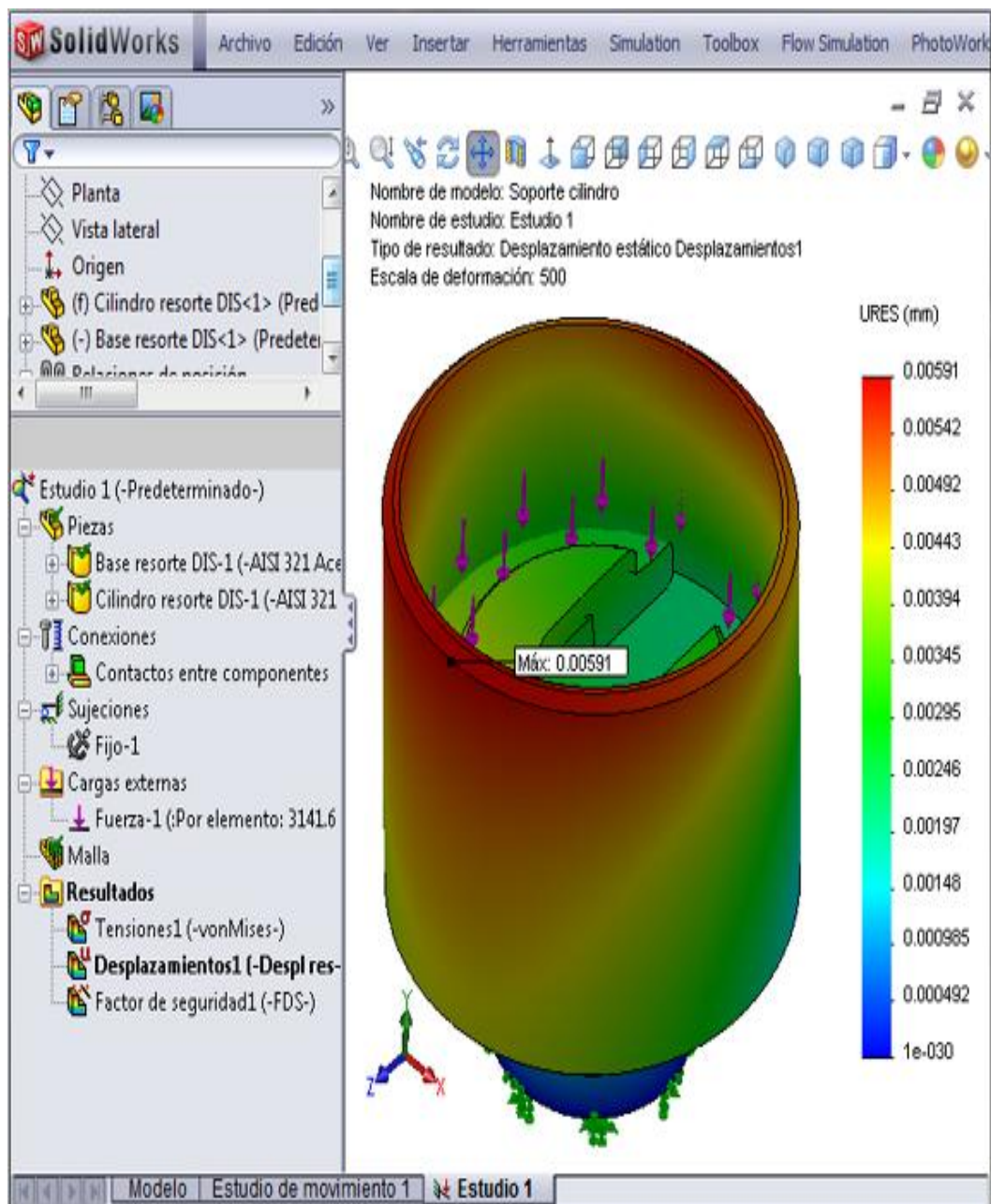
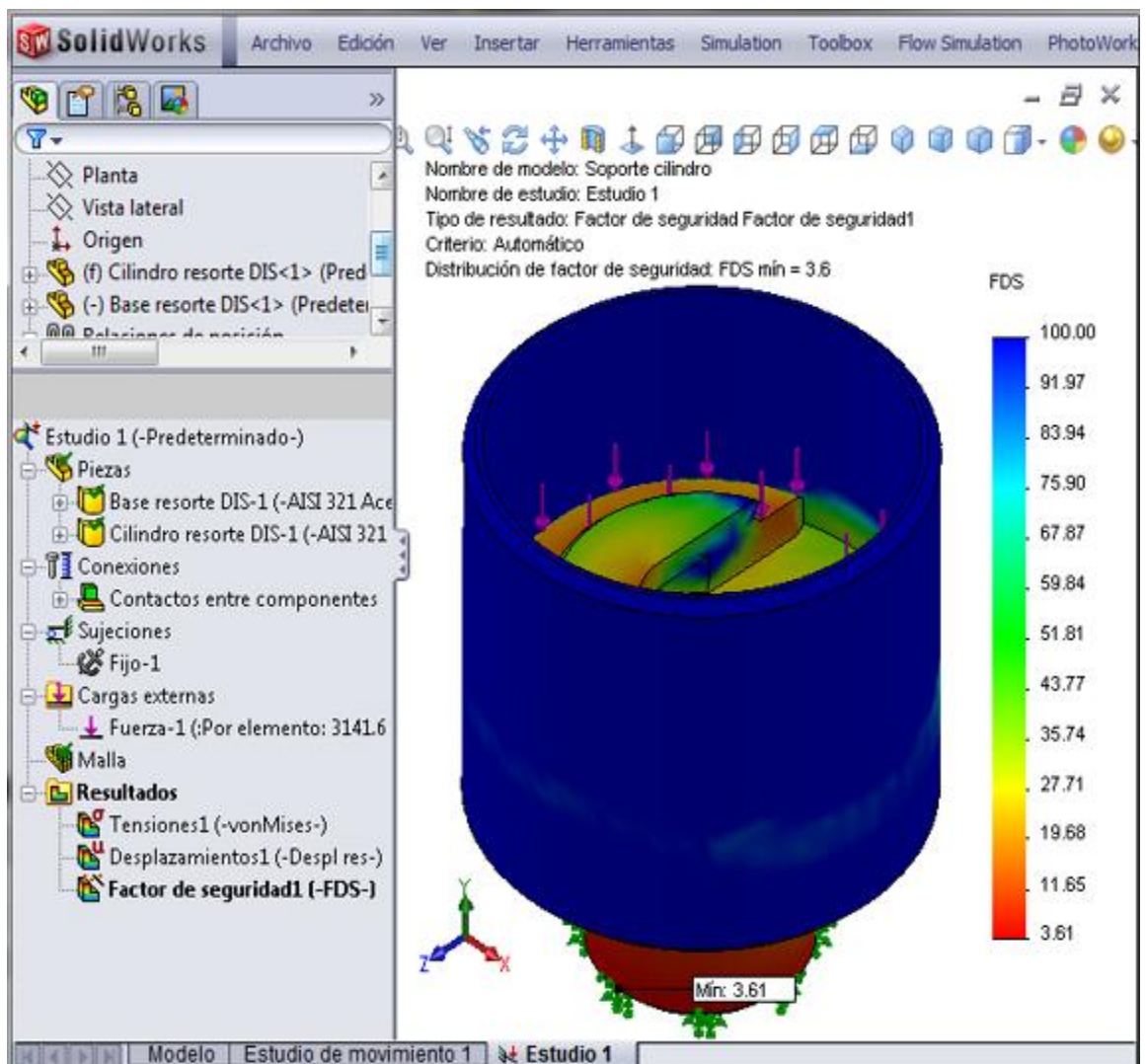


Figura 3.11 Desplazamientos resultantes en el soporte del pistón.

Al analizar la figura 3.11 se determina que los mayores desplazamientos en el soporte del pistón se produce en el extremo superior del mismo y su valor máximo es de 0.00591 mm, que es un valor muy bajo y por lo mismo se considera que no afecta de forma importante en el funcionamiento normal de bomba.



**Figura 3.12 Distribución del factor de seguridad en el soporte del pistón.**

En cuanto al factor de seguridad, en la figura 3.12 se muestra su distribución y se observa que los puntos críticos se encuentran en el extremo inferior del mismo donde actúa la palanca, sin embargo; al ser su valor mínimo igual a 3.61, el diseño es confiable.

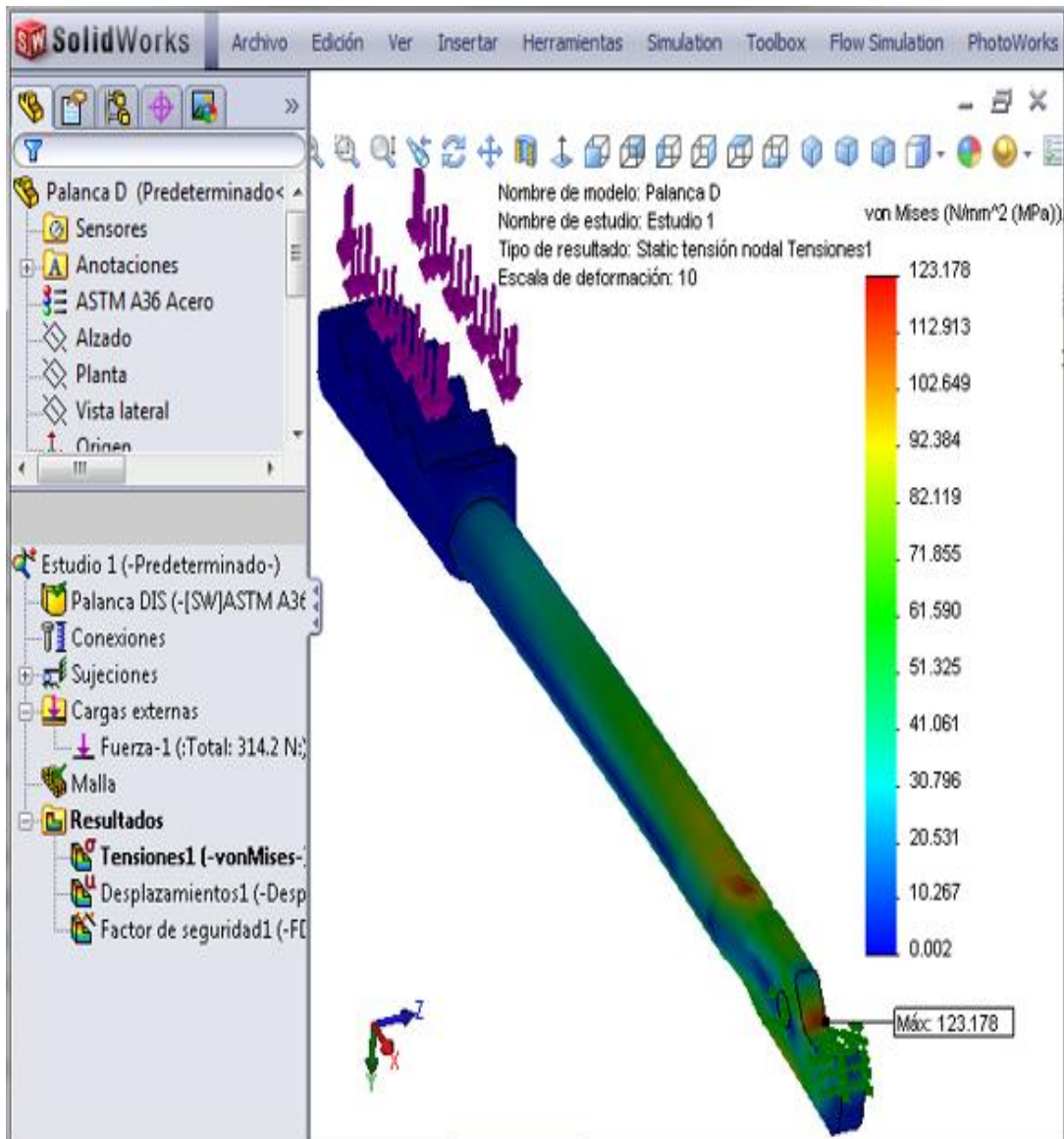
### 3.6.- DISEÑO DE LA PALANCA DE BOMBEO.

Sobre él un extremo de ésta palanca se aplica la fuerza manual necesaria para generar en la bomba la presión máxima de inyección, mientras que en el extremo opuesto dicha fuerza se multiplica y actúa sobre el soporte del pistón empujándolo hacia arriba y comprimiendo el diesel.

La palanca de bombeo fue fabricada con tubo de acero estructural redondo de 7/8 plg de diámetro y 2.0 mm de espesor cuyas propiedades mecánicas son:

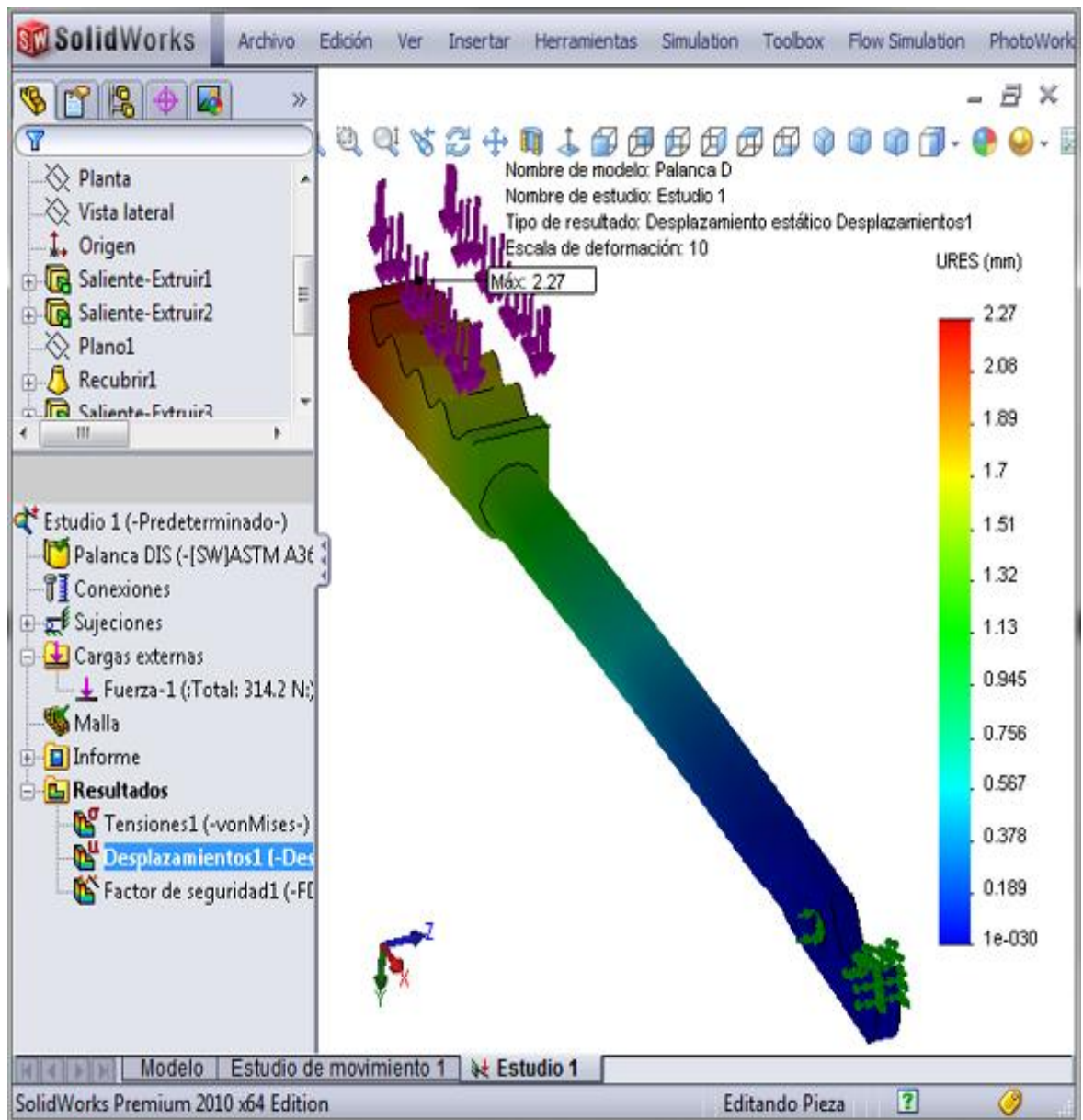
**Tabla3.4 Propiedades del Acero Estructural ASTM A36.**

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Sólido 1(Redondeo3)	[SW]ASTM A36 Acero	1.12764 kg	0.000143649 m <sup>3</sup>
Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor	
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Coefficiente de Poisson	0.26	NA	Constante	
Módulo cortante	7.93e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>	Constante	
Límite de tracción	4e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante	
Límite elástico	2.5e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante	



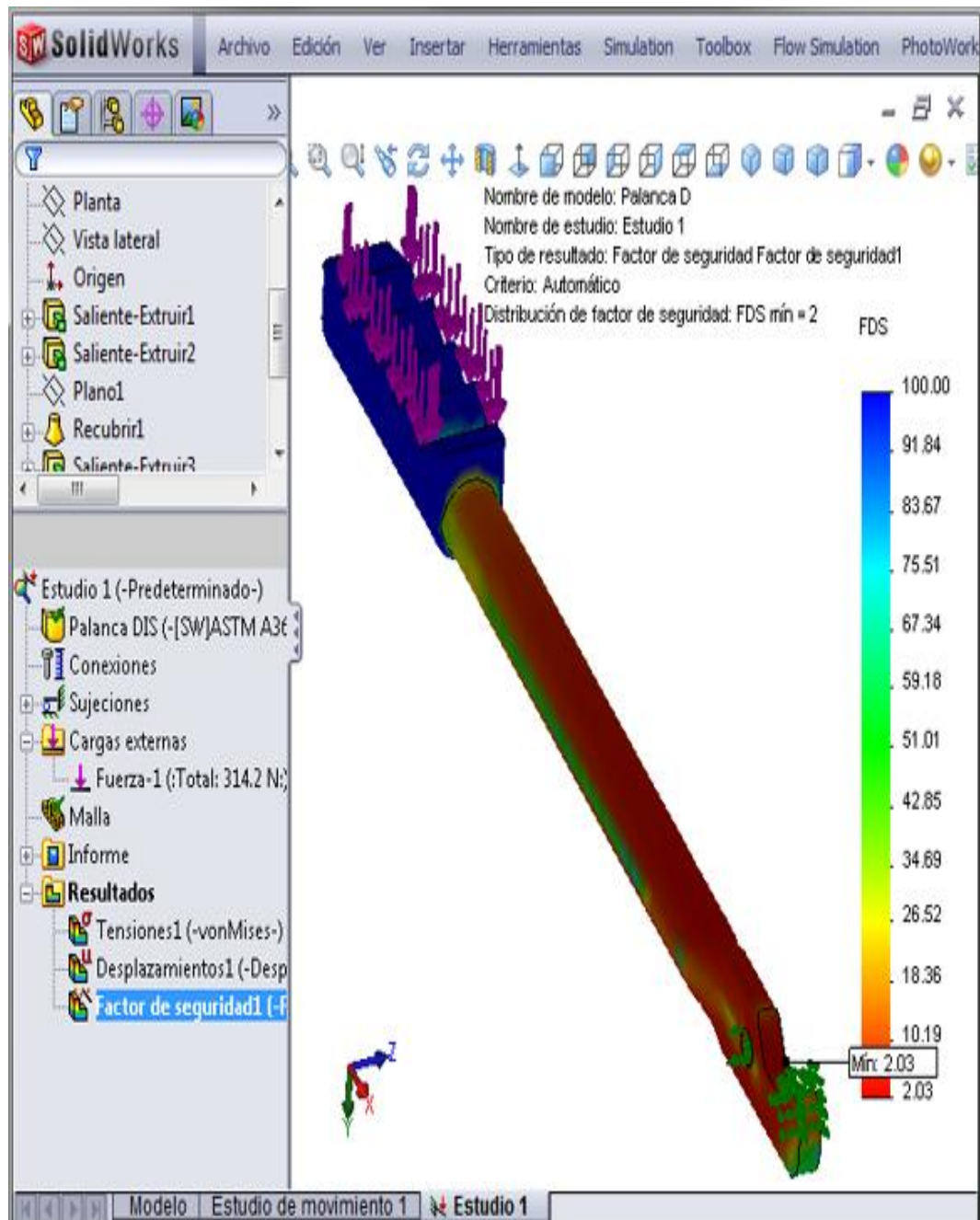
**Figura 3.13 Tensión de Von Mises en la palanca de bombeo.**

En la figura 3.13 se observa que la máxima tensión de Von Mises se produce en el extremo inferior de la palanca de bombeo en la zona de menor sección y su valor es de 123.178MPa, sin embargo, éste esfuerzo es menor que el límite elástico del material de 250.0MPa, por lo tanto, la palanca puede resistir dicho esfuerzo sin fallar.



**Figura 3.14 Desplazamientos resultantes en la palanca de bombeo.**

Al analizar la figura 3.14 se determina que el desplazamiento máximo se produce en el extremo superior de la palanca donde se aplica la fuerza manual de bombeo y su valor es de 2.27 mm, por tanto, se considera que dicho desplazamiento no compromete el funcionamiento de la bomba.



**Figura 3.15 Distribución del factor de seguridad en la palanca de bombeo.**

Con respecto al factor de seguridad, en la figura 3.15 se muestra su distribución y se observa que su valor mínimo es de 2.03, por lo que se concluye que el diseño de la palanca de bombeo es seguro.



### 3.7.- DISEÑO DEL SOPORTE PARA EL DESMONTAJE DE LOS INYECTORES.

Este elemento se encuentra sujeto a la estructura soporte y se utiliza para sujetar los inyectores mientras se los desarma o mientras se regula la presión de inyección de los mismos.

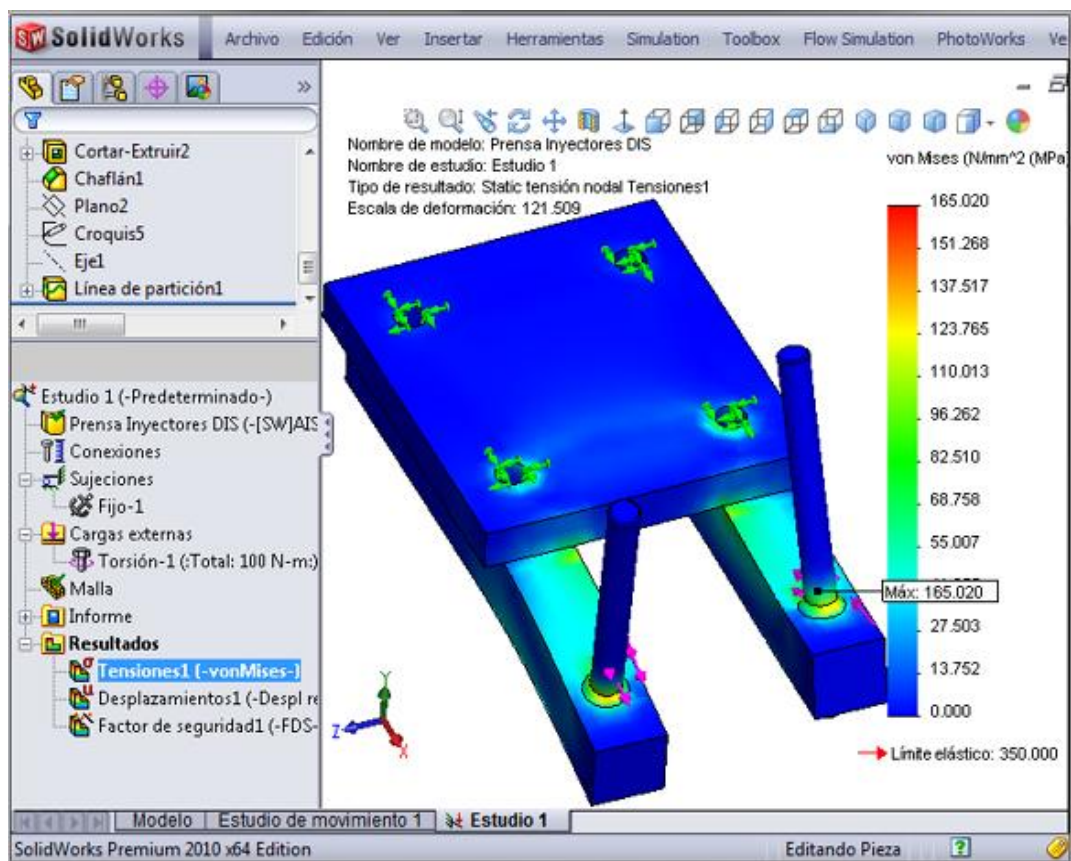
El soporte para el desmontaje de los inyectores, debe ser lo suficientemente rígido para resistir el torque máximo requerido para desmontar o calibrar los inyectores  $T = 100 \text{ N} \cdot \text{m}$ , por lo que fue fabricado con acero AISI 1020 laminado en frío.

**Tabla3.5 Propiedades del Acero AISI 1020 laminado en frío.**

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Sólido 1(Cortar-Extruir2)	[SW]AISI 1020 Acero laminado en frío	0.948794 kg	0.000120558 m <sup>3</sup>
Nombre de propiedad		Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico		2.05e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de Poisson		0.29	NA	Constante
Módulo cortante		8e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad		7870	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción		4.2e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico		3.5e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de dilatación térmica		1.2e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica		51.9	W/(m.K)	Constante
Calor específico		486	J/(kg.K)	Constante

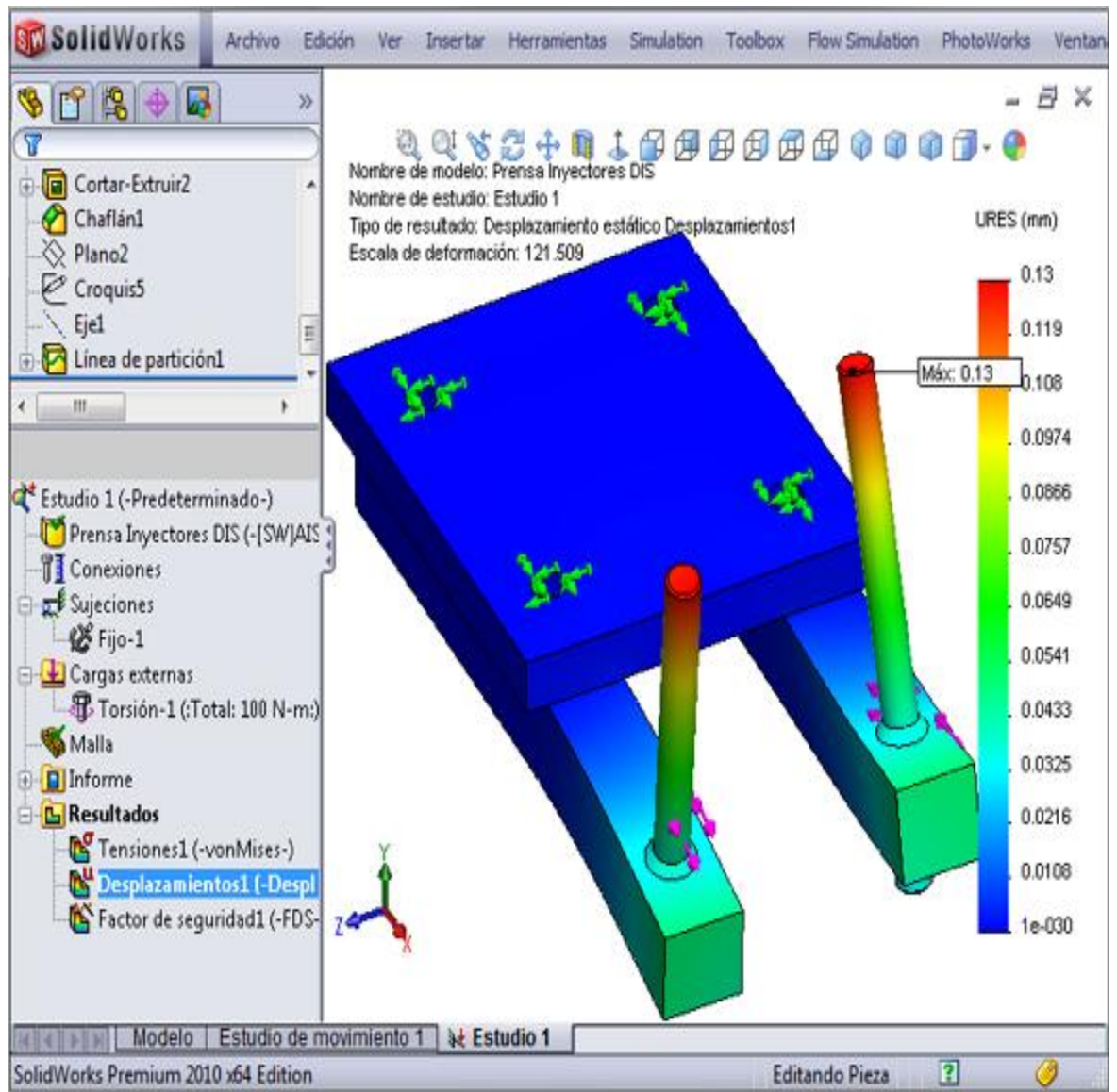
Restringido el modelo del soporte para el desmontaje de los inyectores y asignadas las cargas que soporta, mallamos y ejecutamos su análisis de esfuerzos, obteniéndose los siguientes resultados:

Al analizar la figura 3.16 observamos que la máxima tensión de Von Mises se produce en la base de los cilindros verticales que sirve de soporte para los inyectores y su valor es de 165.020 MPa, sin embargo esta tensión es menor que el límite de fluencia del material de 350 MPa, por lo tanto la puede resistir dicho esfuerzo sin fallar.



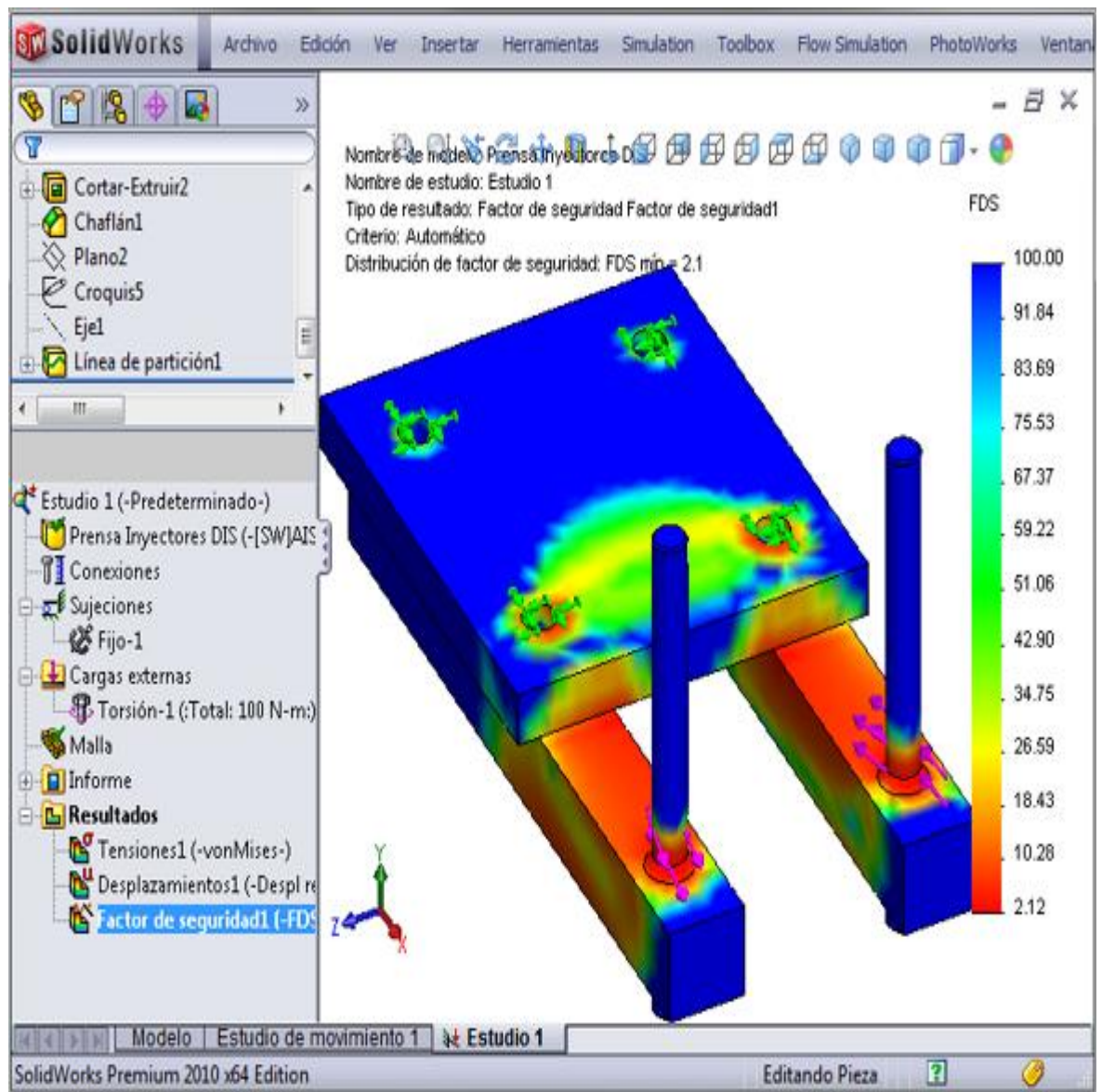
**Figura 3.16 Tensión de Von Mises en el soporte para el desmontaje de los inyectores.**

En la figura 3.17 se observa que los mayores desplazamientos en soporte para el desmontaje de los inyectores se producen en el extremo superior de los cilindros verticales que sirven para sujetar los inyectores y el valor máximo es de 0.130 mm por lo que se puede concluir que no compromete el adecuado funcionamiento del mismo.



**Figura 3.17 Desplazamientos resultantes en el soporte para el desmontaje de los inyectores.**

La distribución del factor de seguridad se muestra en la figura 3.18, y se observa que las zonas críticas se encuentran en la base de los cilindros verticales que sirven para sujetar los inyectores, su valor mínimo es de 2.12 y por lo tanto, se considera que el diseño es seguro.



**Figura 3.18 Distribución del factor de seguridad en el soporte para el desmontaje de los inyectores.**

### **3.8.- DISEÑO DEL RESORTE PARA EL RETORNO DEL PISTÓN.**

Este resorte se encuentra en el interior de la carcasa de la bomba manual y cuando está comprimido ejerce una fuerza sobre el extremo inferior de la palanca la que permite que el pistón de bombeo regrese a su posición inicial, por lo tanto debe vencer la fuerza de la palanca.

$$F_{pal} = 314.2 \text{ N} = 70.6 \text{ lbf}$$

El resorte será fabricado con alambre de acero para servicio severo ASTM A231 y en base a las mediciones realizadas en el ensamblaje del banco de pruebas en SolidWorks, el resorte debe cumplir con las siguientes características dimensionales:

$$L_f = \text{longitud libre} = 60 \text{ mm} = 2.37 \text{ plg}$$

$$L_o = \text{longitud de operación} = 40 \text{ mm} = 1.57 \text{ plg}$$

$$D_m = \text{diámetro medido del resorte} = 25 \text{ mm} = 1.0 \text{ plg}$$

La constante del resorte viene dado por:

$$k = \frac{F_{pal}}{L_f - L_o}$$

$$k = \frac{70.6}{2.37 - 1.57}$$

$$k = 0.8 \text{ lbf/plg}$$

De la tabla del anexo C se asume un resorte calibre # 9 que tiene un diámetro del alambre  $D_w = 0.1483 \text{ plg}$ .

Para que el diseño sea adecuado el índice del resorte  $C$  debe estar entre 5 y 12.

$$C = \frac{D_m}{D_w}$$

$$C = \frac{1.0}{0.1483} = 6.74$$

Por lo tanto, el diámetro asumido del alambre es correcto

El factor de Wahl se obtiene a partir de:

$$K = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C}$$

$$K = \frac{4 \cdot 6.74 - 1}{4 \cdot 6.74 - 4} + \frac{0.615}{6.74}$$

$$K = 1.22$$

A medida que el resorte se comprime por acción de la fuerza de la palanca, en el alambre se desarrollan esfuerzos de corte por torsión  $T_o$ .

$$T_o = \frac{8KFD_m}{\pi D_w^3}$$

$$T_o = \frac{8 \cdot 1.22 \cdot 70.6 \cdot 1}{\pi \cdot 0.1483^3}$$

$$T_o = 67250 \text{ psi} = 67.25 \text{ kpsi}$$

En la figura del anexo D se determina que para un diámetro del alambre de 0.1483 plg, el esfuerzo de corte permisible para el acero ASTM A231 es de 103 kpsi.

$$T_{\text{perm}} > T_o$$

Debido a que el esfuerzo permisible es mayor que el esfuerzo de operación, el resorte resistirá dicho esfuerzo sin fallar.

La deflexión de operación del resorte se obtiene de:

$$f_o = L_f - L_o$$

$$f_o = 2.37 - 1.57$$

$$f_o = 0.80 \text{ plg}$$

Por lo tanto, el número de bobinas activas del resorte es:

$$N_a = \frac{f_o \cdot G \cdot D_w}{8 \cdot F \cdot C^3}$$

$$N_a = \frac{0.8 \cdot 11.2 \cdot 10^6 \cdot 0.1483}{8 \cdot 70.6 \cdot 6.74^3}$$

$$N_a = 7.7 \text{ espiras}$$

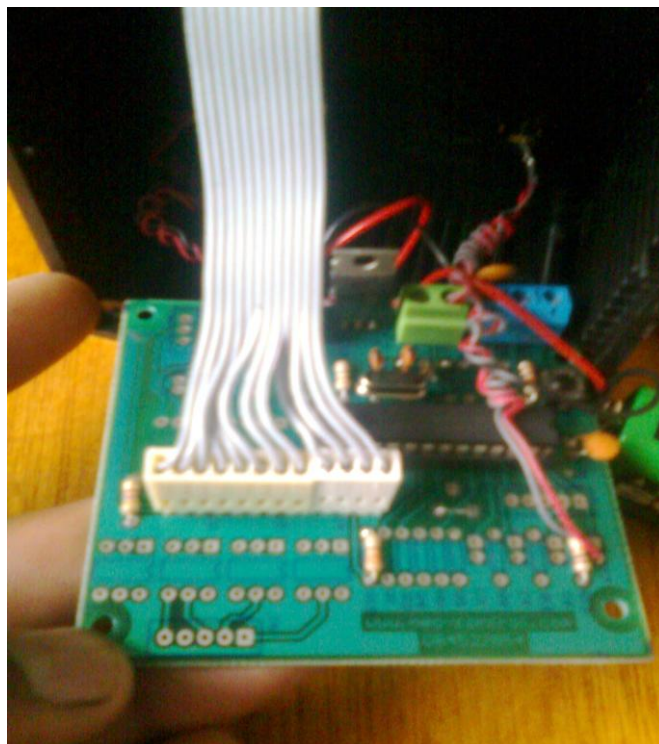
Para mejorar su estabilidad, el resorte tendrá sus extremos a escuadra y esmerilados, por lo tanto, el número total de espiras es:

$$N_t = N_a + 2$$

$$N_t = 9.7 \text{ espiras}$$

### **3.9.- DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA CALCULAR EL ÁNGULO DEL CONO DE PULVERIZACIÓN.**

Esta tarjeta fue construida con elementos electrónicos fundamentalmente como son un LCD de 20 x 4 el cual nos permitirá visualizar la altura del inyector el radio ingresado y el ángulo calculado consta de un micro controlador de 16F876 A en el cual se encuentra almacenado todo el programa que se muestra en el anexo E, utilizamos un sensor infrarrojo Sharp que tiene un alcance de 400 mm de distancia con un punto ciego de 40 mm ,en el cual no mide, consta de dos pulsadores, uno para calcular y el otro que receta, también un potenciómetro de alta precisión que nos servirá para el ingreso del radio, y además consta de todos los elementos protectores necesarios para la conexión como son resistencias, condensadores etc. Y una batería que nos hace funcionar a nuestro circuito como se muestra en la (figura 3.19.)



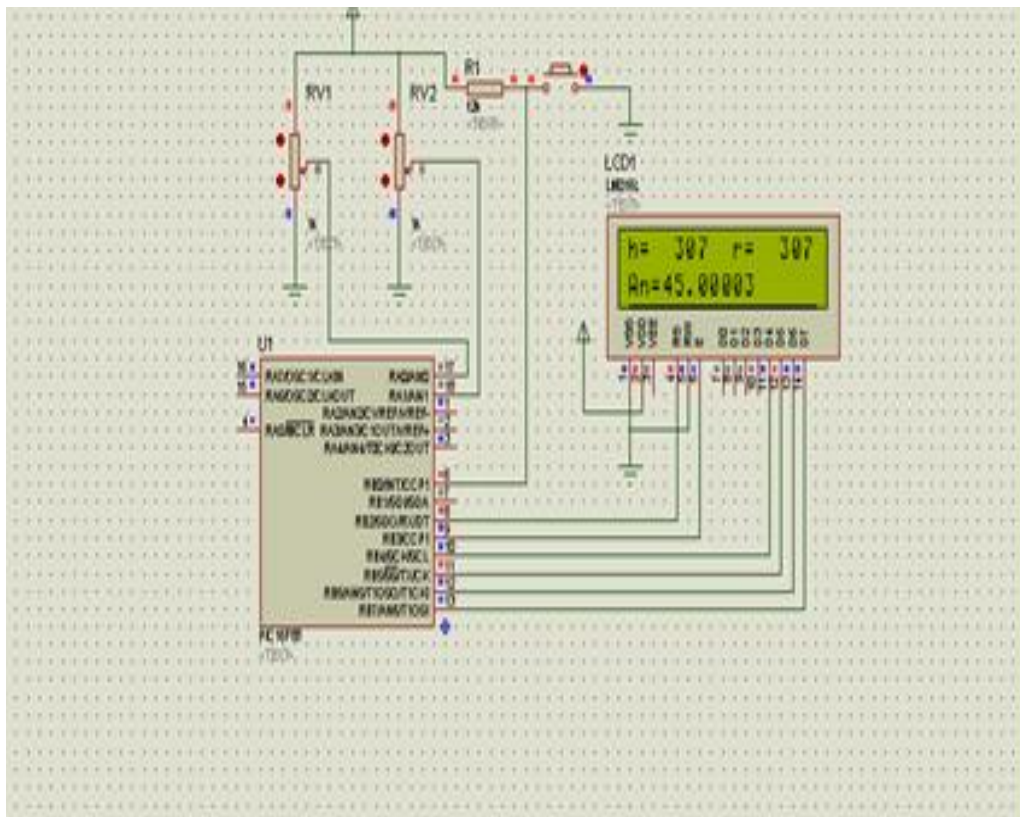
**Figura 3.19 Tarjeta con los elementos.**



### 3.9.1 Desarrollo

Para la realización de este proyecto hemos visto necesario como herramienta de programación la utilización del programa microcode studio ya que es un programa que permite realizar la programación de un alto lenguaje.

Una vez terminado el programa completamente se realiza la simulación en el proteus el cual es un software que nos permite simular un funcionamiento real de todos los componentes del circuito como se puede ver en la (figura 3.20)



**Figura 3.20 Simulación en Proteus.**

Una vez realizado todas las pruebas y comprobado el correcto funcionamiento en el simulador procedemos a quemar el pic 16F876 A

con la programación que se encuentra grabada en el pic se obtiene como resultado final la visualización de datos en una pantalla LCD ya terminado el circuito como se muestra en la figura 3.21 y con su sensor de distancia.



**Figura 3.21 Circuito finalizado.**

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

#### **4.1.- GENERALIDADES.**

Este capítulo se especificaran los materiales medidas, tolerancias y instalación del banco de pruebas para la realización de este proyecto se utilizara elementos mecánicos tomando en cuenta su función específica la utilización más apropiada y el mantenimiento respectivo.

En el presente proyecto se realizo cálculos de diseño mecánico, selección y construcción de los diferentes elementos que conforman el respectivo banco.

#### **4.2.- CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO.**

Aquí vamos hablar específicamente lo que es la construcción de la estructura del banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel, sus medidas se encuentran en los planos con sus especificaciones, sin embargo vamos a describir brevemente el proceso de corte y medidas de los materiales utilizados.

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

Primero se procede al corte de tubo cuadrado de 30mm de diámetro por 2mm de espesor que nos servirán como soporte de nuestro banco, el tipo de acero estructural ASTM A36, siendo un metal soldable. La longitud de

corte es de 680 milímetros por 430 milímetros como se lo ve en la figura 4.1.



**Figura 4.1 Corte del tubo de la estructura.**

Luego de realizar el corte de los tubos se procedió a soldarlos verificando las medidas exactas de los planos colocándolos en un ángulo recto, el tipo de suelda que se utilizo es SMAW, el tipo de electrodo usado es el E6011 AGA se soldó con un amperaje no mayor de 150 amperios como se muestra en la figura 4.2.



**Figura 4.2 Suelda de los tubos**

Como segundo paso se realizo el corte de los apoyos de la estructura, es de un tubo cuadrado de 30milímetros por 2 milímetros de espesor y sus características son las mismas, especificadas anteriormente con el mismo tipo de material y el mismo proceso de soldadura como se muestra en la figura 4.3.



**Figura 4.3 Suelda de los tubos de apoyos.**

Una vez terminado este proceso con las medidas especificadas y los cálculos de diseño realizados mostramos en la figura 4.4 el marco estructural con sus respectivos soportes.



**Figura 4.4 Marco Estructural.**

Según el diseño de nuestro banco procedemos a la medición y al corte de los ángulos que vamos a utilizar, los dos primeros de 25X3 milímetros el primer ángulo con una longitud de 90 milímetros y el segundo con una longitud de 260 milímetros, los dos ángulos siguientes son de 30X3 milímetros con una longitud de 370 milímetros, por ultimo dos ángulos de 25X2 milímetros con una longitud de 370 milímetros como se ve en la figura 4.5 el corte de los ángulos lo realizamos con una sierra eléctrica.



**Figura 4.5 Corte de los ángulos.**

Observando los planos de nuestra estructura de la mesa soporte procedemos a soldar y a la ubicación de los ángulos mencionados anteriormente como se muestra en la (figura4.6.)



**Figura 4.6 Montaje de los ángulos.**

Procedemos a realizar el corte de las platinas para las bases de los soportes de la estructura antes mencionado de 70X40 milímetros y 5 milímetros de espesor, realizando respectivamente sus orificios de 3/8 in de diámetro ya que están sujetas al suelo para que no exista vibración en la estructura de la mesa y procedemos a soldar como se muestra en la (figura 4.7.)



**Figura 4.7 Montaje de los soportes.**

A continuación ubicamos en la parte superior de la estructura de la mesa una T de 25X25X3 mm que servirá para el soporte de la cañería que va acoplado al inyector de esta manera evitaremos que exista vibración como se muestra en la (figura 4.8)



**Figura 4.8 Estructura terminada.**

Luego procedemos a colocar el tol en la parte superior para pintar y dar los últimos acabados para la presentación total de la estructura del banco de pruebas.

#### **4.3 CONSTRUCCIÓN DEL PISTÓN DE BOMBEO.**

El pistón fue fabricado con acero inoxidable AISI 321, que fue elaborado en un torno y dados todos sus acabados correspondientes como se muestra en la (figura 4.9)



**Figura 4.9 Pistón de bombeo terminado.**



#### **4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE DEL PISTÓN DE BOMBEO**

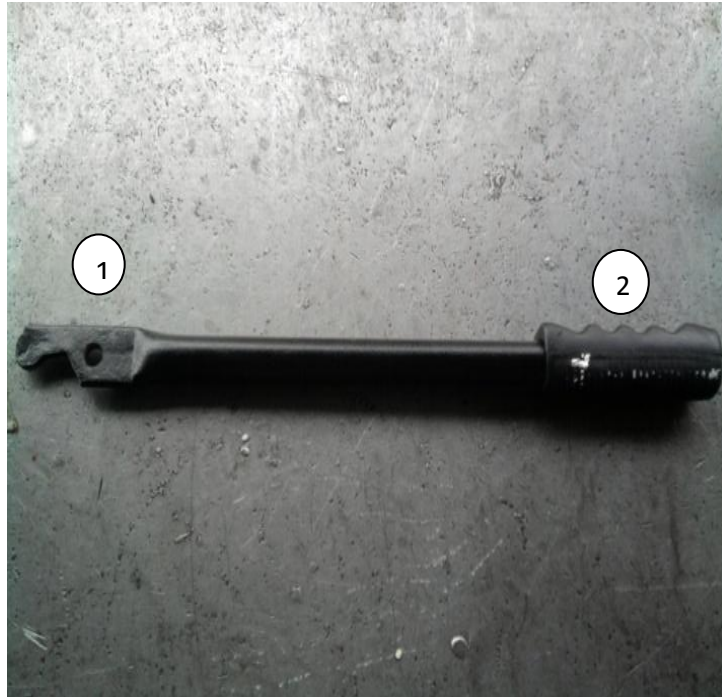
Este elemento fue elaborado con el acero inoxidable AISI 321 de la misma forma del pistón ya que este elemento es el que lo soporta al pistón y lo envía hacia arriba con una determinada fuerza como se menciono anteriormente como se indica en la (figura 4.10)



**Figura 4.10 Soporte del pistón.**

#### **4.5 CONSTRUCCIÓN DE LA PALANCA DE BOMBEO.**

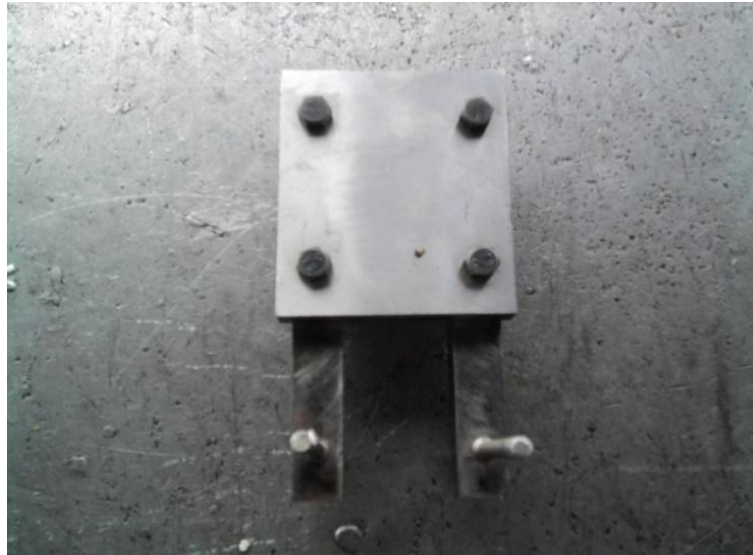
Fue fabricado con tubo de acero estructural redondo de 7/8 plg de diámetro y 2.0 mm de espesor en la parte (1) de la palanca, aplastamos el tubo para dar una forma específica ya que esta parte es la que va a ingresar en el probador para el accionamiento del banco, como se muestra en la figura 4.11, realizamos también un agujero que servirá para el pasador de seguro de la palanca, en la parte (2) ubicamos una protección para el que acciona la palanca, sus medidas vienen especificadas en los planos.



**Figura 4.11 Palanca de bombeo.**

#### **4.6 CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE PARA EL DESMONTAJE DE LOS INYECTORES.**

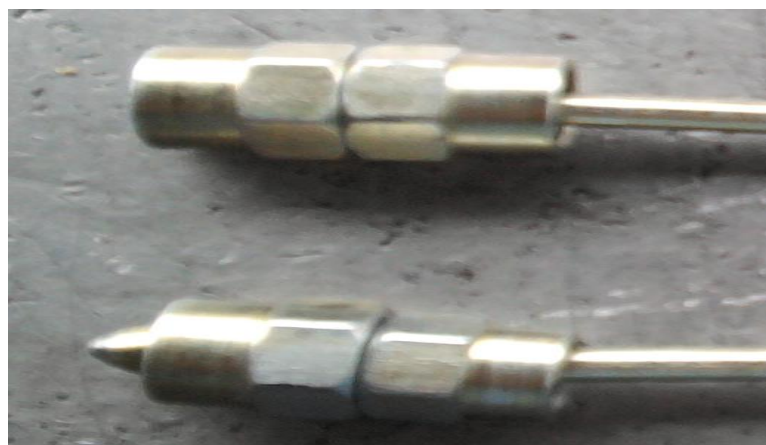
El material es un acero AISI 1020 laminado en frío, tiene cuatro pernos de sujeción con la plancha y en sus extremos dos barras de acero que servirá para sujetar al inyector como se muestra en la figura 4.12, sus medidas están especificadas en los planos.



**Figura 4.12 Soporte de inyectores.**

#### **4.7 CONSTRUCCIÓN DE LOS ACOPLES**

Para la construcción de los acoples se cuenta con acero SAE 1018 de  $\frac{3}{4}$  pulg. El cual se lo procede a maquinarse en un torno hasta darles la forma y textura adecuada como se muestra en la (figura 4.13).



**Figura 4.13 Acoples.**

#### **4.8 PROCESO DE MONTAJE INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

Luego de realizar la selección y la construcción de los elementos procedemos al ensamblaje total del banco de pruebas como se indica en la (figura 4.14.)



**Figura 4.14 Banco terminado.**

#### **4.9 CUADROS DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.**

## CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.

DIAGRAMA DE PROCESOS

MÉTODO ACTUAL     MÉTODO PROPUESTO    FECHA: 01-08-2010    PÁGINA 1 DE 4

DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:

**ESTRUCTURA PARA EL BANCO DE PRUEBAS.**

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:

**COSTRUCCIÓN**

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS		
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	POR QUE CUANDO	DIA-GRAMA DE FLUJO	
<input type="radio"/> OPERACIONES	9								
<input checked="" type="checkbox"/> TRANSPORTE	2						QUÉ DONDE QUIEN COMO		
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	9								
<input type="checkbox"/> RETRASOS									
<input checked="" type="checkbox"/> ALMACENAM.	2						ESTUDIADO POR:		
DIST. RECORRID.		FT		FT		FT	DIEGO LASCANO JULIO MONTACHANA		
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENAMIENTO		DIST. EN. KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI I	CÁLCULO DE TIEMPO/COSTO O
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1		
2	MEDICIÓN PLATINA, TUBO ÁNGULO		METRO Y CALIBRADOR	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
3	CORTE		AMOLADORA	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		20		
4	DESBASTE			<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>				
5	DOBLADO			<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>				
6	PERFORADO		TALADRO	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		16		
7	MEDICIONES			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		25		
8	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		35		
9	PULIDO			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		15		
10	FONDO			<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		
11	PINTADA		SOPLATE	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		
12	PEGADO DE ADHESIVOS			<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>				
13	ALMACENAMIENTO		TALLER	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		

## CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.

DIAGRAMA DE PROCESOS

MÉTODO ACTUAL  MÉTODO PROPUESTO FECHA: 01-08-2010 PÁGINA 2 DE 4

**DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:**  
SOPORTE PARA DESMONTAR INYECTORES.

**DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:**  
CONSTRUCCIÓN

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	POR QUE CUANDO	DIA-GRAMA DE FLUJO
○ OPERACIONES	9							
⇒ TRANSPORTE	3						QUÉ DONDE QUIEN COMO	
□ INSPECCIONES	8							
◇ RETRASOS								
▽ ALMACENAM.	4						ESTUDIADO POR:	
DIST. RECORRID.		FT		FT		FT	DIEGO LASCANO JULIO MONTACHANA	

PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENAMIENTO	DIST. EN. KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULO DE TIEMPO/COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	CARRO DE MANO	● ⇒ □ D ▽		4		
2	MEDICIÓN DE LA PLANCHA, Y BARRA DE SOPORTE.	CALIBRADOR	● ⇒ □ D ▽				
3	CORTE	AMOLADORA, CIERRA	● ⇒ □ D ▽		3		
4	DESBASTE	TORNO	● ⇒ □ D ▽				
5	DOBLADO		○ ⇒ □ D ▽				
6	PERFORADO	TALADRO	● ⇒ □ D ▽		10		
7	MEDICIONES		● ⇒ □ D ▽		5		
8	SOLDADO	SMAW	○ ⇒ □ D ▽				
9	PULIDO		○ ⇒ □ D ▽				
10	FONDO		● ⇒ □ D ▽				
11	PINTADA		● ⇒ □ D ▽				
12	PEGADO DE ADHESIVOS		○ ⇒ □ D ▽				
13	ALMACENAMIENTO	TALLER	● ⇒ □ D ▽		1		

## CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.

DIAGRAMA DE PROCESOS

MÉTODO ACTUAL    MÉTODO PROPUESTO   FECHA: 01-08-2010   PÁGINA 3 DE 4

**DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:**  
PALANCA DE BOMBEO.

**DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:**  
COSTRUCCIÓN

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS		DIA-GRAMA DE FLUJO
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	POR QUE	CUANDO	
○ OPERACIONES	7								
⇒ TRANSPORTE	2						QUÉ DONDE	QUIEN COMO	
□ INSPECCIONES	6								
⊖ RETRASOS									
▽ ALMACENAM.	5						ESTUDIADO POR:		
DIST. RECORRID.		FT		FT		FT	DIEGO LASCANO JULIO MONTACHANA		

PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCION RETRASO ALMACENAMIENTO	DIST. EN. KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULO DE TIEMPO/COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	CARRO DE MANO	● ⇒ □ ⊖ ▽		1		
2	MEDICIÓN, TUBO REDONDO	FLEXOMETRO, ESCUADRA	● ⇒ □ ⊖ ▽		3		
3	CORTE	CIERRA, AMOLADORA	● ⇒ □ ⊖ ▽		2		
4	DESBASTE		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
5	DOBLADO		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
6	PERFORADO		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
7	MEDICIONES	FLEXOMETRO	● ⇒ □ ⊖ ▽		3		
8	SOLDADO		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
9	PULIDO		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
10	FONDO		● ⇒ □ ⊖ ▽		1		
11	PINTADA		● ⇒ □ ⊖ ▽		1		
12	PEGADO DE ADHESIVOS		○ ⇒ □ ⊖ ▽				
13	ALMACENAMIENTO	TALLER	● ⇒ □ ⊖ ▽		1		

## CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.

DIAGRAMA DE PROCESOS

MÉTODO ACTUAL  MÉTODO PROPUESTO FECHA: 01-08-2010 PÁGINA 3 DE 4

**DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:**  
PISTÓN DE BOMBEO Y SOPORTE DEL PISTÓN

**DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:**  
COSTRUCCIÓN

RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANALISIS		DIA-GRAMA DE FLUJO
	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	NUM.	TIEMPO	POR QUE	CUANDO	
<input type="radio"/> OPERACIONES	8								
<input checked="" type="checkbox"/> TRANSPORTE	2						QUÉ DONDE	QUIEN COMO	
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	8								
<input type="checkbox"/> RETRASOS									
<input checked="" type="checkbox"/> ALMACENAM.	5						ESTUDIADO POR:		
DIST. RECORRID.		FT		FT		FT	DIEGO LASCANO JULIO MONTACHANA		

PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCION RETRASO ALMACENAMIENTO	DIST. EN. KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULO DE TIEMPO/COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1		
2	MEDICIÓN, BARRA DE ACERO	CALIBRADOR	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		8		
3	CORTE	CIERRA	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		6		
4	DESBASTE	TORNO	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
5	DOBLADO		<input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
6	PERFORADO	TALADRO	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1		
7	MEDICIONES	CALIBRADOR	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		4		
8	SOLDADO		<input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
9	PULIDO	TORNO	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		2		
10	FONDO		<input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
11	PINTADA		<input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
12	PEGADO DE ADHESIVOS		<input type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
13	ALMACENAMIENTO	TALLER	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		1		



# **CAPÍTULO V**

## **5. PRÁCTICAS Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO**

### **5.1. OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

#### **CONDISIÓN DEL EQUIPO:**

- Banco de Pruebas en buen estado.

#### **PROCEDIMIENTO:**

##### **Parte Mecánica.**

1. Revisar que el probador este correctamente acoplado al banco.
2. Asegúrese que el nivel del diesel en el reservorio sea el correcto.
3. Conecte el acople en el probador que se vaya a utilizar adecuadamente.
4. Conecte el acople en el inyector y verifique que no exista fugas de gasóleo.
5. Accionando la palanca varias veces purgamos el circuito del banco.
6. Asegúrese que el manómetro este encerado.
7. Abra la válvula reguladora.
8. Después de estos pasos el banco está listo para ser utilizado.

## **5.2 PRÁCTICA 1. RECONOCIMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL INYECTOR ARMADO Y DESARMADO.**

### **HERRAMIENTAS:**

- Herramientas especiales para los inyectores mecánicos.
- Llave de pico.

### **MATERIALES:**

- Solvente de limpieza.
- Gasóleo.
- Franela.

### **CONDICIONES DEL EQUIPO:**

- Los inyectores deben estar limpios.
- En lo posible se debe disponer de inyectores con todos sus elementos.

### **PROCEDIMIENTO:**

1. Colocar el dispositivo de desmontaje del porta inyector en el banco de trabajo (Fig. 5.1).



**Figura 5.1 Dispositivo de desmontaje**

2. Posicionar el porta inyector sobre el dispositivo de desmontaje y remover la tuerca de retención usando la llave de acuerdo al tipo de inyector (Fig. 5.2).



**Figura 5.2 Desmontaje de la tuerca de retención**

3. Una vez retirada la tuerca de retención levantar la tobera (Fig. 5.3).



**Figura 5.3 Desmontaje de la tobera**

4. Remover el espaciador y la pieza de levantamiento (Fig. 5.4).



**Figura 5.4 Desmontaje del espaciador**

5. Remover el muelle y arandela de ajuste de presión (Fig. 5.5).



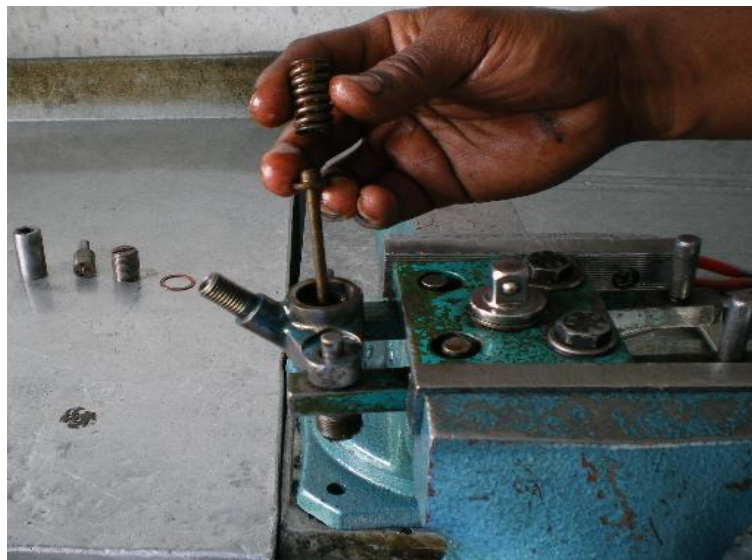
**Figura 5.5 Desmontaje del muelle y arandela**

6. Ubicar la porta inyector con la tobera hacia abajo y remover la tuerca de tapa y la arandela de sello (Fig. 5.6).



**Figura 5.6 Desmontaje de la tuerca y la tapa**

7. Retirar el tornillo de ajuste, el resorte y la barra de empuje (Fig. 5.7).



**Figura 5.7 Desmontaje del resorte y la barra de empuje**

8. Limpiar los componentes de inyector en un equipo de ultra sonido o lavar manualmente con diesel (Fig. 5.8).



**Figura 5.8 Limpieza de los componentes**

**NOTA:**

No pasar el cepillo de alambres por los orificios de la tobera y poner todas las partes del inyector en el orden de desarmado sobre el banco.

**5.2.1 Inspección visual**

Si en la tobera se observa coloración azulada, orificios de inyección con aristas dañadas o corroídas y señales de escoria en la cúpula del cuerpo del inyector, reemplazarlo por un nuevo.

Para realizar el examen visual de los orificios de inyección, se recomienda un lente de aumento.

**5.2.2 Montaje**

Para el montaje se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ubicar el porta inyector en el dispositivo de montaje con la tobera hacia arriba (fig.5.9)



**Figura 5.9 Montaje del porta inyector**

2. Colocar el muelle y la arandela de presión (Fig. 5.10).



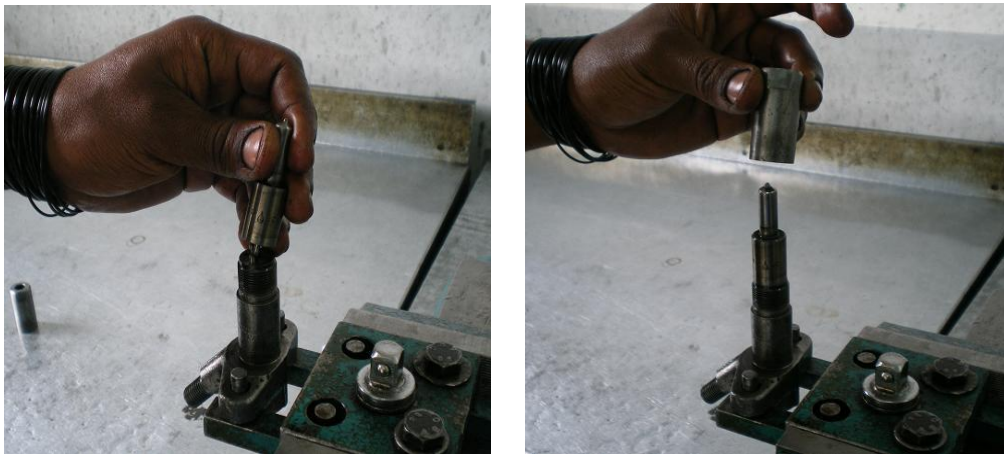
**Figura 5.10 Montaje del muelle y la arandela de presión**

3. Ensamblar el espaciador y la pieza de levantamiento (Fig. 5.11).



**Figura 5.11 Montaje del espaciador y la pieza de levantamiento**

4. Ensamble la tobera y la tuerca (Fig. 5.12).



**Figura 5.12 Montaje del la tobera y la tuerca**

5. Apretar la tuerca de retención de ajuste. (Fig. 5.13).





**Figura 5.13 Montaje de la tuerca de retención**

6. Instalar la barra de empuje, el resorte y el tornillo de ajuste en el cuerpo de porta inyector girando el mismo (Fig. 5.14).



**Figura 5.14 Montaje de la barra de empuje y el resorte**

7. Instalar la arandela de sello y la tuerca de tapa en el tornillo de ajuste (Fig. 5.15).



**Figura 5.15 Montaje de la arandela y tuerca de la tapa**

#### **CONCLUSIONES:**

- Los inyectores mecánicos disponen de elementos sencillos y fácilmente instalables.
- El desarmado de los inyectores se realiza con la ayuda de una herramienta especial para la sujeción y mejor manipulación.
- El armado de los inyectores es muy sencillo y rápido teniendo en cuenta que sus elementos estén en buen estado.

#### **RECOMENDACIONES:**

- En el momento de desarmar los inyectores se debe tener mucho cuidado de no extraviar ni de confundir los elementos con otros que no sean de otro inyector desarmado.
- Hay que manipular los elementos internos de los inyectores de sus bornes ya que son muy sensibles y podrían atrapar impurezas.
- La limpieza de los inyectores y sus elementos es muy indispensable para evitar cualquier tipo de daños internos.
- Evitar todo contacto con sustancias que vayan a causar daño al inyector.

### **5.3 PRÁCTICA 2. PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR.**

#### **HERRAMIENTAS:**

- Banco de pruebas de inyectores mecánicos.
- Llave contratuerca del inyector.
- Llave mixta 15/16 in.
- Destornillador plano.
- Soporte de inyectores diesel.

#### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.
- Solvente de limpieza.

#### **CONDICIONES DEL EQUIPO.**

- Los inyectores deben estar en buen estado.
- El banco de pruebas en buen estado.

#### **PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar el inyector correctamente en el banco de pruebas.

**NOTA.-** El combustible pulverizado es inflamable, deben mantenerse alejado el vapor de llamas y chispas. No colocar las manos o los brazos cerca de la punta de tobera ya que puede ser muy perjudicial para la salud.

2. Cierre la válvula del indicador y accione la palanca con pulsaciones rápidas para purgar el comprobador y el inyector.

3. Se abre la válvula de desconexión para que el manómetro intervenga en la medición de la presión.
4. Procedemos a accionar la palanca varias veces hasta obtener la pulverización del inyector y llegado a este punto se toma nota del valor de la presión señalada por el manómetro.
5. El valor debe coincidir con el indicado por el fabricante o estar dentro de sus tolerancias. Si el valor no está en los rangos del fabricante procedemos a la calibración del inyector.
6. De acuerdo al tipo de inyector procedemos a la calibración en el caso de inyector de regulación por tornillo se procede a calibrar al inyector en el mismo banco hay que aflojar la contratuerca y regular la posición del tornillo de esta manera estamos variando la longitud del muelle del inyector y así aumentamos o disminuimos la presión que necesitamos.
7. Luego de realizar este procedimiento volvemos a someter al inyector a otra prueba en el banco de esta manera verificamos la calibración del inyector de acuerdo a las tablas de presiones dadas por el fabricante.

**NOTA.-** En caso de calibrar inyectores que no tengan tornillo de regulación necesariamente tenemos que desmontar el inyector del banco de pruebas.

Colocamos el inyector en el soporte de desmontaje y procedemos a aflojar la tuerca del cuerpo del inyector para de esta manera adoptar la medida de la aportación de arandelas de compensación que pueden ser de diferentes groesos así este trabajo consiste en

conseguir colocar arandelas del grueso adecuado para mantener al inyector dentro de las presiones que se lo exigen colocamos el inyector nuevamente en el banco y revisamos que la regulación o la variación del muelle estuvo correcto del inyector.

8. Desmontamos el inyector del banco ya calibrado para su funcionamiento.

### **CONCLUSIONES:**

- Todo inyector que se desee calibrar deberá ser colocado en el banco de pruebas para verificar la calibración a la que se encuentre inicialmente y cumplir con las normas del fabricante.
- La presión de inyección junto con el caudal de pulverización son los parámetros esenciales para el correcto funcionamiento del motor.
- Con la calibración de los inyectores se logra controlar diferentes parámetros de funcionamiento en el motor como son la temperatura, consumo de combustible, emisiones, potencia.

### **RECOMENDACIONES:**

- Asegúrese que la contratuerca este ajustada para que no varíe la calibración del inyector.
- Debemos controlar el régimen de calibración mediante las tablas de presiones dadas por el fabricante.

## **5.4 PRÁCTICA 3. CONTROL DE ESTANQUEDAD DEL ASIENTO.**

### **HERRAMIENTAS:**

- Banco de pruebas de inyectores mecánicos.

### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.

### **CONDICIONES DEL EQUIPO.**

- Los inyectores deben estar en buen estado.
- El banco de pruebas en buen estado.

### **PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar el inyector correctamente en el banco de pruebas.

NOTA.- Esta práctica consiste en comprobar hasta qué punto el inyector se cierra a presiones ligeramente inferiores a la presión de funcionamiento.

2. Hay que secar bien la punta del inyector.
3. Bajamos la palanca de accionamiento del banco hasta lograr la presión según la especificación del fabricante.
4. En el momento que llegue esta especificación se cierra la válvula de desconexión del manómetro.

5. Observamos la punta del inyector que no debe gotear ni siquiera hallarse húmedo en su punta.
6. Si esto ocurre a la perfección nos damos cuenta que el inyector en su interior mantiene la presión y la aguja cierra perfectamente sobre su asiento.
7. En caso que el inyector gotee esto es señal de que hay falta de estanqueidad y procederá a cambiar la aguja.

#### **CONCLUSIONES:**

- Todo inyector mecánico diesel se debe probar su estanqueidad para que no exista ninguna anomalía en el funcionamiento cuando esté instalado en el motor.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Para hacer dicha prueba nosotros debemos fijarnos que la presión no debe ser mayor a la dada por el fabricante ya que si excedemos la presión esta prueba no sería válida.

## **5.5.- PRÁCTICA 4. CONTROL DE PULVERIZACION, DIRECCION DEL CHORRO, Y RUIDO.**

### **HERRAMIENTAS:**

- Banco de pruebas de inyectores mecánicos.

### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.

### **CONDICIONES DEL EQUIPO.**

- Los inyectores deben estar en buen estado y limpios.
- El banco de pruebas en buen estado.

### **PROCEDIMIENTO.**

**Nota.-** Para estas prácticas el valor de la presión del manómetro no nos interesa.

1. Colocar el inyector correctamente en el banco de pruebas.
2. Accionamos la palanca de bomba de una manera breve y enérgica unas dos veces por segundo y observamos el tipo de chorro que debe ser compacto en el caso de los inyectores de espiga, en los de orificios la salida del chorro debe ser igual y en el ángulo que ya está determinado por el fabricante.
3. Luego de comprobar el chorro procedemos a accionar la palanca de la bomba varias veces más y escuchamos como el inyector rechina esto nos quiere decir que el inyector se encuentra en buen estado.



## **CONCLUSIONES:**

- En esta prueba debemos darnos cuenta que las direcciones de los chorros de pulverización no van a hacer iguales ya que existen diferentes tipos de inyectores y estos van a variar.

## **RECOMENDACIONES:**

- Tomar las debidas precauciones y normas de seguridad en el momento de ver la dirección del chorro de pulverización ya que puede afectarnos.

## **5.6.- PRÁCTICA 5. MEDICIÓN DEL ÁNGULO DEL CONO DE PULVERIZACIÓN DEL INYECTOR.**

### **HERRAMIENTAS:**

- Banco de pruebas de inyectores mecánicos.

### **MATERIALES:**

- Guaípe limpio.

### **CONDICIONES DEL EQUIPO.**

- El banco de pruebas en buen estado.

### **PROCEDIMIENTO.**

1. Para realizar la medición de este ángulo procedemos a colocar el inyector en forma perpendicular a donde vayamos a pulverizar.
2. Realizamos la pulverización del inyector.
3. Tomamos la medida del radio que pulveriza el inyector.
4. El valor medido procedemos a introducir en nuestro programa que realizamos mediante el potenciómetro.
5. Luego aplastamos el pulsador y nos sale la distancia que se encuentra el inyector y también nos calcula el ángulo de pulverización.

### **CONCLUSIONES:**

- Esta prueba es muy fácil de realizarla ya que podemos ir poniendo el radio que nosotros queramos y variando la distancia y nos va a calcular el ángulo inmediatamente.

## **RECOMENDACIONES:**

- Hay que tener en cuenta que el sensor que mide la distancia entre el inyector y a donde se va a pulverizar tiene un punto ciego que mide a partir de 4 centímetros de donde se lo ubique y lo máximo de alcance es de 40 centímetros.

## **5.7.- CUESTIONARIOS:**

1. Internamente como funciona un inyector.
- 2.Cuál es la función principal de la tobera.
3. Cual es la temperatura de la punta de la tobera del inyector.
4. Cual es la calibración de los inyectores de tetón y de orificios.
5. Cuando se calibra un inyector mecánico.
6. Que tipos de pruebas se pueden realizar a los inyectores.
7. Que hay que tomar en cuenta en el desmontaje del inyector del vehículo.
8. De que depende que varíe el ángulo del cono de pulverización.
9. Cuales son las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta para las pruebas de los inyectores.
10. Que prueba se debe realizar para comprobar si la aguja del inyector está bien.

## **5.8.- MANUAL DE OPERACIÓN Y CARACTERISTICAS DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.**

### **OBJETIVOS**

Los objetivos que se desean alcanzar con la elaboración de este proyecto son los que mencionamos a continuación:

- Para poder realizar una medición exacta de presión de abertura en las toberas.
- Para evaluar la forma de atomización del chorro de los inyectores.
- Realizar un buen diagnostico y afinamiento en los motores diesel.

Para que los inyectores desempeñen correctamente su función deben probarse y regularse en un equipo de probador de inyectores.

### **Constitución:**

El elemento principal del probador de inyectores es una bomba de alta presión, similar aun a bomba de inyección mono cilíndrica sin eje de accionamiento propio. Se acciona manualmente. Por medio de una palanca.

Los elementos adicionales que completan el equipo son:

1. Un depósito para el gasóleo que alimenta a la bomba para probar inyectores.
2. El manómetro con rango de escala, graduada en Kg./cm<sup>2</sup>, y PSI.
3. Una llave de paso para exclusión del manómetro.
4. Tuberías para conectar los inyectores al probador.

5. Un recipiente para recoger el combustible pulverizado.
6. Accesorios para conectar inyectores de tipos especiales.
7. Inyectores a probar.

### **Descripción de los accesorios:**

1. El depósito y su tapa son, generalmente estampados en plancha. Tratados contra la corrosión y pintados exteriormente. Un pequeño filtro dentro del depósito protege a los elementos de la bomba y los inyectores en prueba.
2. El manómetro a, además de la escala en Kg. /cm., tiene graduada también de escala correspondiente en PSI.
3. El registró una válvula con una entrada de la bomba y dos salidas una para el inyector y otra para el manómetro.

**NOTA.-** Cuando se gira la llave de paso en un sentido, el manómetro es excluido del circuito (se interrumpe el paso del petróleo) girando la llave de paso en sentido contrario la presión llega al manómetro. Incluyendo en el petróleo

4. Las tuberías son para alta presión, con terminales y tuercas de varios tamaños y roscas adaptables a las diversas marcas y tipos de inyectores.
5. El recipiente para recoger el combustible pulverizado es generalmente de plástico transparente para permitir observar la forma del chorro.
6. Los accesorios permiten probar algunos tipos especiales de inyectores que por su constitución, difieren de los modelos comunes.

### **Aplicación:**

Con el probador de inyectores es posible efectuar las siguientes pruebas

- Control de presión y tarado
- Control de estanqueidad
- Control de pulverización y dirección del chorro.

### **Conservación:**

Por ser el equipo comprador de una constitución muy precisa debe manipularse con cuidado y en un lugar apropiado. Protegido contra los efectos del polvo y la humedad.

### **RECOMENDACIONES PARA EL PROBADOR DE INYECTORES**

Para poder obtener el óptimo funcionamiento del probador de inyectores se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- **RESPECTO A SU MANTENIMIENTO**

Dentro del marco de mantenimiento, hay que llevar a cabo los siguientes ensayos de funcionamiento:

1. Revisar el combustible periódicamente.

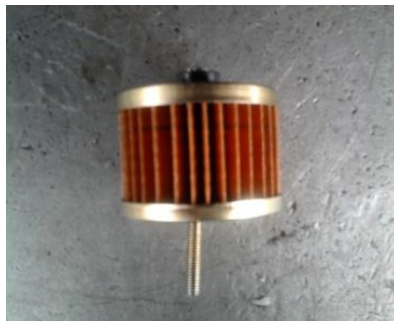
Mantener el tanque lleno de aceite de pruebas ya que esto evitará que ingrese aire a la cámara de combustible del comprobador, garantizando un buen resultado de las pruebas realizadas en el mismo.



2. Evitar que ingresen impurezas en el aceite de prueba.

No utilizar aceite contaminado ya que esto obstaculiza el paso de combustible por los conductos.

3. Reemplazar el filtro del tanque de aceite cada seis meses siempre y cuando esta funcione a una capacidad moderada (ver anexo A9), para evitar la contaminación del aceite de prueba que pasa hacia el plunger evitando el desgaste prematuro de los elementos de precisión que contiene el comprobador.



4. Revisar y comprobar el plunger y la válvula de retención del comprobador cada 18 meses.

Esto permite revisar visualmente si tiene desgaste los elementos y reemplazarlos.



5. Revisar la estanqueidad de la válvula de cierre cada 18 meses.



6. Comprobar el funcionamiento y la exactitud del manómetro cada 18 meses.

Esto permite verificar las lecturas correctas y que el manómetro se encuentre en cero para garantizar la exactitud de las presiones de los inyectores.



7. Revisar periódicamente las cañerías de conexión.

Realizar una inspección visual de las cañerías y verificar si no tiene fisuras, para evitar pérdidas de presión en los inyectores a comprobar.





- **RESPECTO A SU USO**

1. Al trabajar con el probador de inyectores ubicarlo en un lugar seguro contra accidentes.
2. Darle el ajuste necesario para poder medir la presión específica de los inyectores.
3. Trabajar con las normas de seguridad debidas con el probador de inyectores para evitar accidentes.
4. Mantener permanentemente cerrado el vaso para evitar daños al equipo por impurezas que pueden deteriorar la bomba del probador de inyectores.
5. En caso de fallas del probador de inyectores repórtelo al instructor encargado.

**MEDIDAS DE SEGURIDAD**

- Efectuar cada trabajo con el consentimiento del instructor del taller.
- No utilizar los instrumentos sin saber su uso adecuado.
- Usar siempre lentes de seguridad.
- El área de trabajo debe estar limpia y ordenada.
- Tener en cuenta sobre los avisos y normas de seguridad.

## **5.9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES.**

- En base a los datos tomados de un inyector marca daihatsun su presión de pulverización es 130 bar, a una altura de 150 mm y un radio de pulverización de 50 mm su ángulo es 71 grados, lo que cumple con las expectativas de funcionamiento, el resultado en las pruebas es satisfactorio.
- El tamaño y peso del equipo permite transportarla a diferentes sitios donde se requiera su servicio.
- Al momento de realizar la adaptación de los acoples en el comprobador y ponerlo en funcionamiento, se garantiza que no existe pérdidas de presión por fugas lo que afectaría la comprobación.
- El comprobador por ser mecánico, proporciona facilidad de mantenimiento, y su costo de reparación es bajo.
- Los elementos diseñados tienen un factor de seguridad de 2 que van a garantizar que los mismos no fallarán durante el funcionamiento.
- La aplicación del software solidworks nos dio un factor de seguridad de 2.15 en el diseño de la estructura lo cual es correcto para el desempeño del banco de pruebas.
- Se puede medir la altitud por medio de un sensor infrarojo obteniendo resultados confiables.

## **RECOMENDACIONES.**

- Cada vez que sea utilizado el comprobador, vaciar todo el diesel que se encuentre en su interior, esto se hace dando movimientos leves a la palanca de accionamiento.
- Cuando el comprobador este en funcionamiento no colocar las manos en las cañerías de salida de líquido, podrían causar daño físico.
- Secar los acoples en su totalidad cuando se los deje de utilizar, ya que en su interior puede ingresar polvo u otras suciedades, las cuales se pueden adherir con el diesel y taponarlos por completo.
- Verificar que no exista fugas de fluido antes de utilizar el banco.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- El motor diesel en el automóvil / Miguel de Castro.
- El motor del automóvil conocimientos básicos. / DJ Leeming
- Manual de la inyección Diesel / Miguel de Castro.
- Motores del Automóvil / Willian H. Crouse.
- Motores Diesel / John F Dagel
- Diseño de Elementos de Maquinas / Robert L. Mott.P.E.
- Manual de inyectores Bosh Diesel

### Internet:

- [www./todo/ Sistema de inyección diesel.html](http://www./todo/ Sistema de inyección diesel.html)
- [www.sabelotodo.org/automovil/inyectores.html](http://www.sabelotodo.org/automovil/inyectores.html)
- [www.oocities.org/mecanicoweb/26a.htm](http://www.oocities.org/mecanicoweb/26a.htm)
- [www.microcaos.net/.../los-sistemas-de-alimentacion-en-los-motores-diesel/](http://www.microcaos.net/.../los-sistemas-de-alimentacion-en-los-motores-diesel/)
- [es.wikipedia.org/wiki/Inyección\\_de\\_combustible](http://es.wikipedia.org/wiki/Inyección_de_combustible)
- [www.dieselinyeccionmilladoiro.com/](http://www.dieselinyeccionmilladoiro.com/)

# ANEXOS

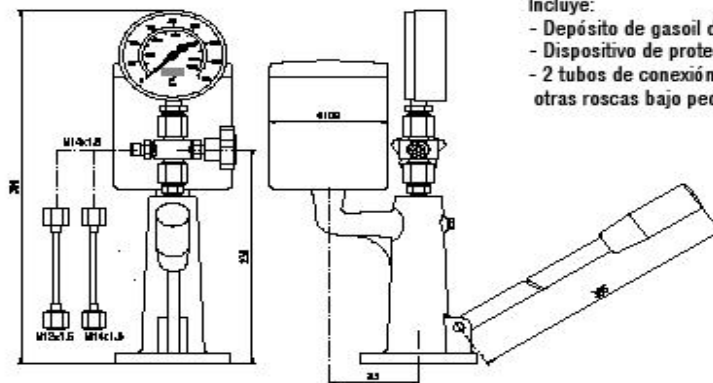
# ANEXO A

## ESPECIFICACIONES DEL BANCO



Poigono El Borao Norte, 1  
50172 Alfajarín (Zaragoza) - Spain  
Tel. 34-976790707 Fax 34-976100150  
E-Mail sales@tdz.com

### COMPROBADOR DE INYECTORES CI-10-403



Presión Máxima: 400 bar-5700 psi.  
(Opción: Manómetro de glicerina de 600 bar)

Incluye:

- Depósito de gasoil de 1 litro con filtro de papel.
- Dispositivo de protección del manómetro.
- 2 tubos de conexión. (Roscas M12x1.5 y M14x1.5 otras roscas bajo pedido.)

# ANEXO B

## CATALOGO DE BOSCH



**BOSCH**

**Contrôleurs  
d'injecteurs  
Bosch**

**Comprobadores  
de inyectores  
Bosch**

### Datos y hechos:

Comprobadores de inyectores	Para inyectores del tamaño	Manómetros		Racor roscado para tubería de inyección de ensayo	Peso en kg	Número de pedido
		bar	pascal			
EFEP 67 D	T, U, V, W	0 - 60,0	0 - 60 MPa	M 14 x 1,5	17,5	0 681 141 014
EFEP 60 H	P, R, S, T	0 - 40,0	0 - 40 MPa	M 14 x 1,5	4	0 681 200 502
EFEP 60 HS 23 (sin manómetro)	p.ej.: inyectores para K <sub>jetronic</sub>	pedir separadamente, véase abajo		M 14 x 1,5	3,7	0 681 200 700
EPS 100	P, R, S, T	0 - 40,0	0 - 40 MPa	M 14 x 1,5	4	0 684 200 704
como EPS 100, pero sin manómetro	p.ej.: inyectores para K <sub>jetronic</sub>	pedir separadamente, véase abajo		M 14 x 1,5	3,7	0 684 200 705



**EPS 100** Modèle avec correction du volume suivant la norme ISO 8954: pour des pressions de contrôle jusqu'à 40 Mpa, pour le contrôle des injecteurs des tailles P, R, S et T.

**EPS 100** Modelo con corrección del volumen conforme con la norma ISO 8954: para presiones de comprobación hasta 40 MPa, para la comprobación de los inyectores de los tamaños P, R, S y T.



**EFEP 60H** pour des pressions de contrôle jusqu'à 40 Mpa, pour le contrôle des injecteurs des tailles P, R, S et T.

**EFEP 60H** para presiones de ensayo hasta 40 MPa, para la comprobación de los inyectores de los tamaños P, R, S y T.



**EFEP 67D** pour des pressions de contrôle jusqu'à 60 Mpa, pour le contrôle des injecteurs des tailles T, U, V et W.

**EFEP 67D** para presiones de inyección hasta 60 MPa, para la comprobación de los inyectores de los tamaños T, U, V y W.

## ANEXO C

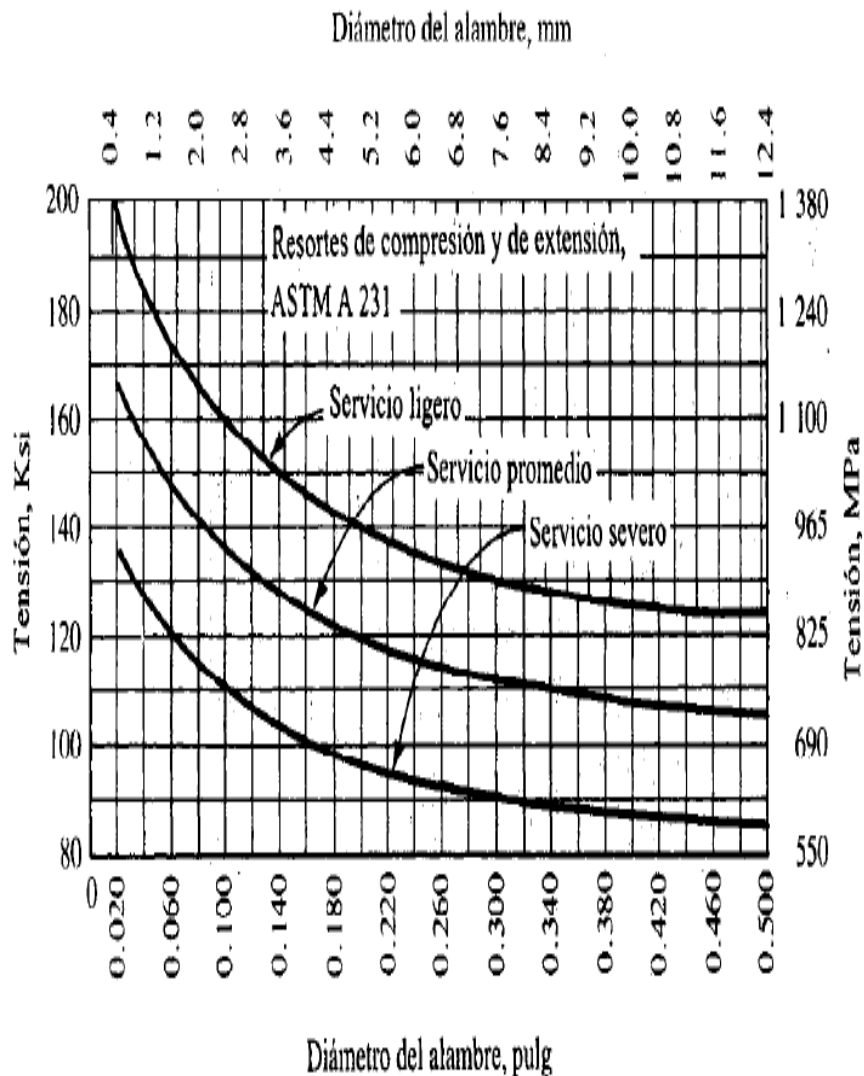
### NÚMERO DE CALIBRE.

<i>Número de calibre de calibre</i>	<i>Número de calibre de alambre U. S. Steel (pulg)<sup>a</sup></i>	<i>Calibre de alambre instrumentos musicales (pulg)<sup>b</sup></i>	<i>Calibre Brown &amp; Sharpe (pulg)<sup>c</sup></i>	<i>Diámetros métricos recomendables (mm)<sup>d</sup></i>
7/0	0.490 0	—	—	13.0
6/0	0.461 5	0.004	0.580 0	12.0
5/0	0.430 5	0.005	0.516 5	11.0
4/0	0.393 8	0.006	0.460 0	10.0
3/0	0.362 5	0.007	0.409 6	9.0
2/0	0.331 0	0.008	0.364 8	8.5
0	0.306 5	0.009	0.324 9	8.0
1	0.283 0	0.010	0.289 3	7.0
2	0.262 5	0.011	0.257 6	6.5
3	0.243 7	0.012	0.229 4	6.0
4	0.225 3	0.013	0.204 3	5.5
5	0.207 0	0.014	0.181 9	5.0
6	0.192 0	0.016	0.162 0	4.8
7	0.177 0	0.018	0.144 3	4.5
8	0.162 0	0.020	0.128 5	4.0
9	0.148 3	0.022	0.114 4	3.8
→10	0.135 0	0.024	0.101 9	3.5
11	0.120 5	0.026	0.090 7	3.0
12	0.105 5	0.029	0.080 8	2.8
13	0.091 5	0.031	0.072 0	2.5
14	0.080 0	0.033	0.064 1	2.0
15	0.072 0	0.035	0.057 1	1.8
16	0.062 5	0.037	0.050 8	1.6
17	0.054 0	0.039	0.045 3	1.4
18	0.047 5	0.041	0.040 3	1.2
19	0.041 0	0.043	0.035 9	1.0
20	0.034 8	0.045	0.032 0	0.90
21	0.031 7	0.047	0.028 5	0.80
22	0.028 6	0.049	0.025 3	0.70



## ANEXO D

### ALAMBRE DE ACERO ASTM A231



Apéndice A-19-4 Tensiones de diseño, alambre de acero ASTM A231, con aleación de cromo y vanadio, calidad de resorte para válvulas. (Reimpreso de Harold Carlson, *Spring Designers Handbook*, p. 147, por cortesía de Marcel Dekker, Inc.)

# ANEXO E

## PROGRAMA

program CONTROL

dim t, k as byte

dim DATO\_1, DATO\_2, DATO, DATO\_S1, DATO\_S2 as word

DIM ang, DATO\_A, valor as float

DIM TXT as char[16]

dim

LCD\_RS as sbit at RC5\_bit

LCD\_EN as sbit at RC4\_bit

LCD\_D7 as sbit at RC3\_bit

LCD\_D6 as sbit at RC2\_bit

LCD\_D5 as sbit at RC1\_bit

LCD\_D4 as sbit at RC0\_bit

dim

LCD\_RS\_Direction as sbit at TRISC5\_bit

LCD\_EN\_Direction as sbit at TRISC4\_bit

LCD\_D7\_Direction as sbit at TRISC3\_bit

LCD\_D6\_Direction as sbit at TRISC2\_bit

LCD\_D5\_Direction as sbit at TRISC1\_bit

LCD\_D4\_Direction as sbit at TRISC0\_bit

'PORTC,3,2,1,0,PORTC,5,5,4) 'Lcd\_Config(PORTA,D7, D6,D5, D4,PORTA,RS,WR,EN )

```

'sub procedure interrupt

'if INTCON.T0IF = 1 then

' PORTC = PORTC and $3F 'off todos 7seg displays

' PORTB = aux[indice] ' publico valor PORTB

' if shifter = 1 then

' PORTC.7 = 1          ' turn on appropriate 7seg. display

' else

' PORTC.6 = 1

' end if

' shifter = shifter << 1 ' mueve shifter al próximo digito

' if (shifter > 2) then

' shifter = 1

' end if

' ' incremento indice

' Inc(indice)

' if (indice > 1) then

' indice = 0          ' turn on 1st, turn off 2nd 7seg.

' end if

' TMRO = 0           ' reset TIMERO value

' T0IF_bit = 0      ' Clear T0IF

'end if

'if PIR1.T1CON = 1 then

' PIR1.T1CON = 0

' Inc(laso)

' if PORTB.7 = 1 then

```

```

' if laso > 10 then
'   laso = 0
'   'PORTC.4 = 0
'   'PORTC.5 = 0
' end if
' else
'   if laso > 5 then
'     laso = 0
'     'PORTC.4 = 0
'     'PORTC.5 = 0
'   end if
' end if
'end if
'end sub

sub procedure inicio
OPTION_REG = $87      'Para PIC16F876A solamente
PCON      = $03

ADCON1   = %11000100  'Todo el puerto A como ADC PIC16F819 RA0,RA1 y RA3
LCD_Init()
LCD_CMD(_LCD_CLEAR)
LCD_CMD(_LCD_CURSOR_OFF)

TRISA    = %00001011   ' PORTA as entrada
TRISB    = %11100011   ' PORTB COMO SALIDA y ENTRADA

TMR0     = 0
PORTA    = 0

```

```

T1CON    = %00110001

PIR1.T1CON = 0

PIE1.T1CON = 1

TMR1H    = 0

TMR1L    = 0

INTCON    = $E0      ' Enable GIE, TOIE

end sub

sub procedure LCD_config

LCD_OUT(1,2,"MEC AUTOMOTRIZ")

LCD_OUT(2,1,"ANGULO INYECCION")

t=0

while t < 200

DELAY_MS(10)

t=t+1

wend

LCD_CMD(_LCD_CLEAR)

LCD_OUT(1,1,"h=")

LCD_OUT(1,10,"r=")

LCD_OUT(2,1,"An=")

end sub

sub procedure convert

wordtostr(DATO, TXT)

end sub

main:

inicio

```

```

LCD_config
while TRUE
'delay_ms(800)
DATO_S1=0
DATO_S2=0
for k=1 to 20
    DATO_1=Adc_Read(0)
    DATO_S1=DATO_1+DATO_S1
    delay_ms(13)
    DATO_2=Adc_Read(1)
    DATO_S2=DATO_2+DATO_S2
    delay_ms(13)
next k
DATO_1=DATO_S1/20
DATO_2=DATO_S2/20
DATO_A= ( 0.00082*(DATO_1*DATO_1)+51.15 - 0.376*DATO_1)*10
FloatToStr(DATO_A, TXT)
LCD_OUT(1,3,TXT)
LCD_OUT(1,8," mm ")
DATO=DATO_2
convert
LCD_OUT(1,12,TXT)
valor=(DATO_A/DATO_2)
if PORTB.7 = 0 then
    ang= (atan(valor))*180/3.14159

```

```
FloatToStr(ang, TXT)
```

```
LCD_OUT(2,4,TXT)
```

```
delay_ms(2500)
```

```
end if
```

```
wend
```

**ARTÍCULO PARA LA REVISTA.**



# BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS PARA MOTORES DIESEL.

Lascano L. Diego F. AUTOR 1

Montachana T. Julio C. AUTOR 1

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército  
Sede Latacunga, Quijano y Ordóñez y Marqués de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

Email: [francis\\_las@yahoo.ec](mailto:francis_las@yahoo.ec), [juliosmont@gmail.com](mailto:juliosmont@gmail.com)

**Resumen.- El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel ubicado en la ciudad de Latacunga, el cual va ser utilizado para la calibración de inyectores mecánicos los mismos que sirven para el correcto funcionamiento en los motores a diesel. Aplicando procesos y tecnología de bajo costo que permitan construir el banco de pruebas manual y que será de un gran aporte.**

## I.- INTRODUCCIÓN

El aporte técnico – teórico – práctico, que se realiza en este proyecto tiene como principal finalidad organizar y conocer el soporte de este tema, tanto en la teoría necesaria, del sistema de inyección para combustibles líquidos, utilizado comúnmente en los motores Diesel, es un sistema de inyección a alta presión. Sirve para inyectar, de acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en

contacto con el aire muy caliente, se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

## II.- FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.

La mayoría de estos bancos de pruebas tienen el mismo propósito y su funcionamiento es similar.

Su funcionamiento es muy sencillo, consta de un depósito de combustible que puede ser bombeado por medio de una palanca manual de accionamiento a una presión muy elevada. Un manómetro indica la presión a que se manda el golpe de palanca, y un codo de adaptación posee un racor para la unión a él del inyector que se va a someter a la prueba. Por último, tiene una válvula de cierre puede desconectar el manómetro del resto del dispositivo. El chorro que producirá el inyector irá a parar a un recipiente de recogida y reboso.

Antes de hacer ninguna prueba es importante tener en cuenta que la presión a que sale el combustible una vez accionada la palanca de accionamiento es enorme. Además

el combustible sale pulverizado, resulta pues muy peligroso que el chorro dé en las manos del operario porque debido a su presión y a lo fino de sus partículas es capaz de penetrar a través de los poros de la piel y causar infecciones.

### III.- PROCEDIMIENTO.

#### a.- Parámetros del sistema.

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

Presión máxima de inyección = 40 MPa(5800 psi)  
 Capacidad del depósito = 1 litro (1000 cm<sup>3</sup>)  
 Tubería de inyección para alta presión= M 14 x 1.5

#### b.- Determinación de cargas.

- La fuerza requerida en el pistón de bombeo viene dada por:

$$P = \frac{F_{pis}}{A}$$

$$F_{pis} = P \cdot A$$

$$F_{pis} = 40 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{\pi \cdot 0.01^2 m^2}{4}$$

$$F_{pis} = 3141.6 N$$

- La fuerza requerida en la palanca:

$$F_{pal} \cdot 350 \text{ mm} = F_{pis} \cdot 35 \text{ mm}$$

$$F_{pal} = 3141.6 N \cdot \frac{35}{350}$$

$$F_{pal} = 314.2 N = 32 \text{ kgf}$$

- La reacción en el pasador de la palanca:

Donde:

$$F_{pal} = 314.2 N = 32 \text{ kgf}$$

$$F_{pis} = 3141.6 N$$

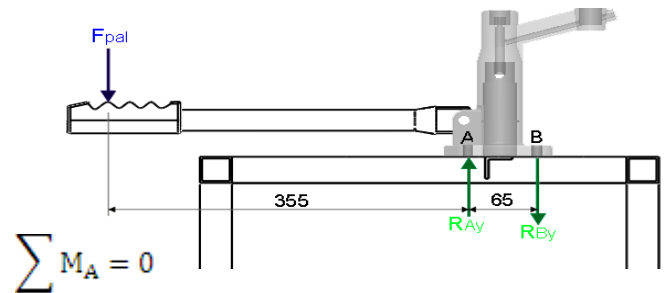
$$\sum F_Y = 0$$

$$-F_{pal} - R_{pas} + F_{pis} = 0$$

$$R_{pas} = 3141.6 - 314.2$$

$$R_{pas} = 2827.4 N$$

- Reacciones generadas en la estructura del soporte:



$$\sum M_A = 0$$

$$F_{pal} \cdot 355 \text{ mm} - R_{By} \cdot 65 \text{ mm} = 0$$

$$R_{By} = \frac{314.2 \cdot 355}{65}$$

$$R_{By} = 1716.0 N$$

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{pal} \cdot 420 \text{ mm} - R_{Ay} \cdot 65 \text{ mm} = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{314.2 \cdot 420}{65}$$

$$R_{Ay} = 2030.0 \text{ N}$$

- Torque aplicado para desmontar el inyector:

$$T = F \cdot d$$

$$T = 35 \text{ kgf} \cdot 0.30 \text{ m}$$

$$T = 10.5 \text{ kgf} \cdot \text{m} \approx 100 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### IV.- MODELADO Y ENSAMBLAJE.

En base a los parámetros calculados en la secciones anteriores y tomando en cuenta los parámetros de diseño procedemos al modelado y ensamblaje de los componentes del banco de pruebas.

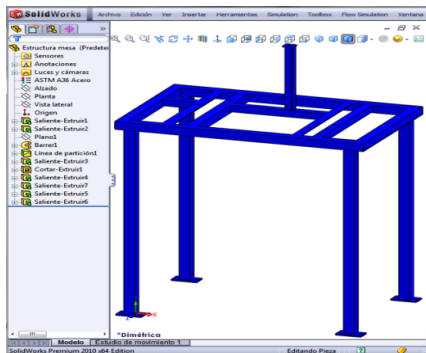


Figura 1. Estructura de soporte.

- Modelo de la carcasa de la bomba manual de inyección.

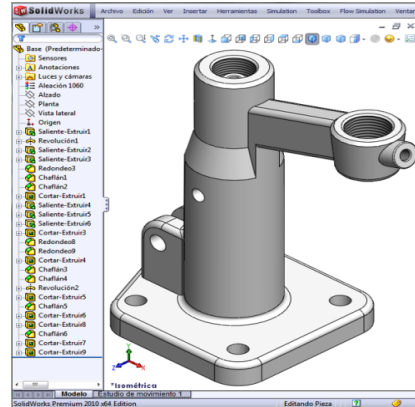


Figura 2. Carcasa de la bomba.

- Palanca de accionamiento de bombeo del banco

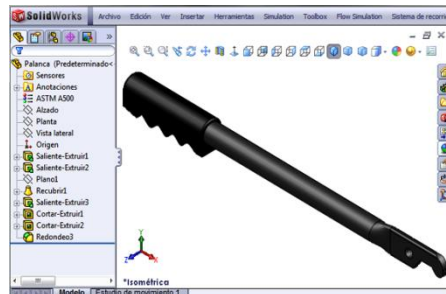
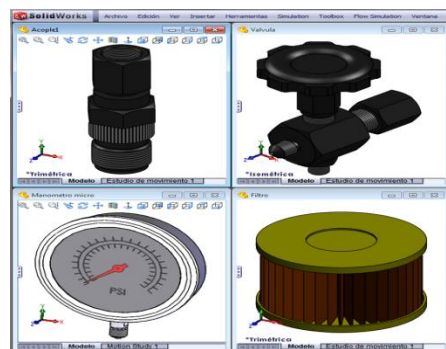


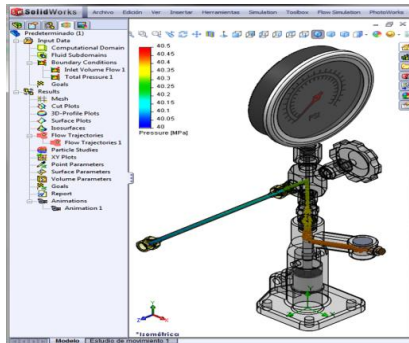
Figura 3. Palanca.

- Selección de elementos de la biblioteca de SolidWorks



**Figura 4. Elementos seleccionados.**

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los diferentes parámetros que son de nuestro interés en el estudio del comprobador de inyectores.



**Figura 5. Diagrama de presión.**

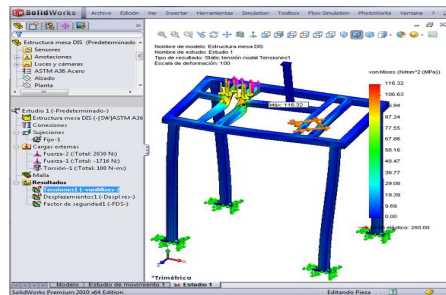
**V.-PARÁMETROS DE DISEÑO.**

Se hace un resumen de los parámetros que se determinaron y que influyen directamente en el diseño del banco:

- Presión máxima de inyección= 40 MPa
- Torque desmontar los inyectores= 100 N m
- Fuerzas de reacción sobre la estructura 1716.0 N y 2030.0 N
- Fuerza en el pistón= 3141.6 N
- Fuerza requerida en la palanca= 314.16 N
- Factor de seguridad mínimo= 2.0

**a.- Diseño de la estructura soporte.**

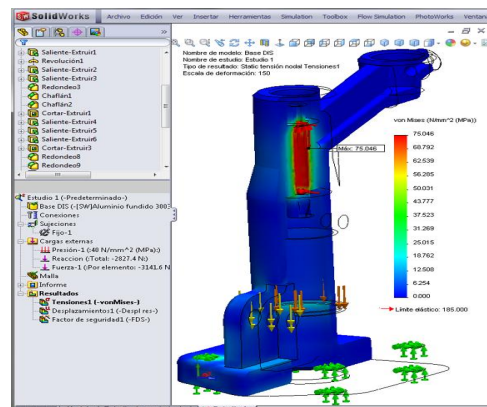
Esta estructura soporta todos los elementos tanto mecánicos como hidráulicos del banco de pruebas y será fabricada con tubo cuadrado estructural de acero ASTM A36.



**Figura.6 Tensión de Von Mises**

**b.- Diseño de la carcasa de la bomba.**

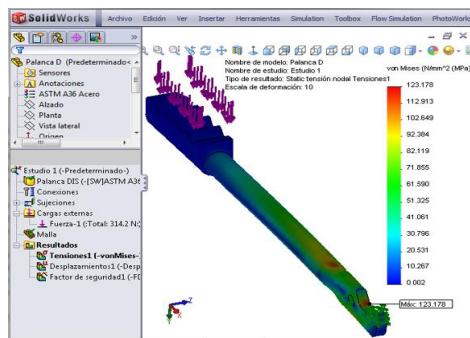
Sobre la carcasa de la bomba de inyección se instalarán todos los elementos internos y externos que componen el sistema de inyección manual, los mismos que deben ser capaces de generar la presión máxima necesaria para activar los inyectores de 40 MPa.



**Figura.7 Tensión de Von Mises de la carcasa**

**c.- Diseño de la palanca de bombeo.**

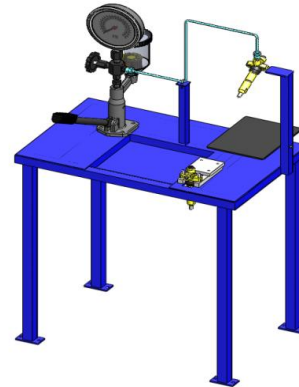
Sobre él un extremo de ésta palanca se aplica la fuerza manual necesaria para generar en la bomba la presión máxima de inyección, mientras que en el extremo opuesto dicha fuerza se multiplica y actúa sobre el soporte del pistón empujándolo hacia arriba y comprimiendo el diesel.



**Figura.8 Tensión de Von Mises palanca.**

## VI.- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN MONTAJE Y INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.

En el presente proyecto se realizo cálculos de diseño mecánico, selección y construcción de los diferentes elementos que conforman el respectivo banco.



**Figura.9 Banco terminado.**

## VII.- CONCLUSIONES.

- El tamaño y peso del equipo permite transportarla a diferentes sitios donde se requiera su servicio.
- La aplicación del software solidworks nos dio un factor de seguridad de 2.15 en el diseño de la estructura lo cual es correcto para el desempeño del banco de pruebas.
- Al momento de realizar la adaptación de los acoples en el comprobador y ponerlo en funcionamiento, se garantiza que no existe pérdidas de presión por fugas lo que afectaría la comprobación.
- El comprobador por ser mecánico, proporciona facilidad de mantenimiento, y

su costo de reparación es bajo.

- Los elementos diseñados tienen un factor de seguridad de 2 que van a garantizar que los mismos no fallarán durante el funcionamiento.

las cuales se pueden adherir con el diesel y taponarlos por completo.

- Verificar que no exista fugas de fluido antes de utilizar el banco.

### **VIII.- RECOMENDACIONES.**

- Cada vez que sea utilizado el comprobador, vaciar todo el diesel que se encuentre en su interior, esto se hace dando movimientos leves a la palanca de accionamiento.
- Cuando el comprobador este en funcionamiento no colocar las manos en las cañerías de salida de líquido, podrían causar daño físico.
- Secar los acoples en su totalidad cuando se los deje de utilizar, ya que en su interior puede ingresar polvo u otras suciedades,

**PLANOS**

Latacunga, Junio del 2011

**LOS AUTORES:**

---

Diego Francisco Lascano López

---

Julio César Montachana Tenorio

**EL DIRECTOR DE CARRERA:**

---

Ing. Juan Castro Clavijo

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:**

---

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar  
Secretario Académico