



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE
PRUEBAS PARA INYECTORES MECÁNICOS MOTORES
DIESEL”**

**ARELLANO CABRERA HERMAN JONATHAN
FALCONI TORO DIEGO VICENTE**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ARELLANO CABRERA HERMAN JONATHAN
FALCONI TORO DIEGO VICENTE**

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
INYECTORES MECÁNICOS MOTORES DIESEL”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mario Audelo Guevara
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ARELLANO CABRERA HERMAN JONATHAN

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES MECÁNICOS MOTORES DIESEL”

Fecha de Examinación: 2015-06-11

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Mario Audelo Guevara DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FALCONI TORO DIEGO VICENTE

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES MECÁNICOS MOTORES DIESEL”

Fecha de Examinación: 2015-06-11

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Dr. Mario Audelo Guevara DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Herman Jonathan Arellano Cabrera

Diego Vicente Falconi Toro

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a los seres más importantes de mi vida, mis progenitores: Liz Cabrera y Herman Arellano.

A ti Mamá, por darme la vida, por haberme permitido formar parte de ti durante 9 maravillosos meses, por haberme inculcado principios y valores, por velar mis pasos, por hacer lo que fuera necesario para ayudarnos a crecer como persona y así sentirte orgullosa de tus hijos, por ser una madre valiente, luchadora y sobre todo amorosa, por eso y más gracias mamá.

A ti Papá, a quien debo mi admiración, mi respeto, cariño y lealtad, por ser mi ejemplo y el de muchos a seguir, por ser una persona digno de resaltar, que siempre estuvo a mi lado celebrando mis victorias y llorando de mi mano mis derrotas, a quien darle las gracias sería muy poco puesto que no existiría palabras suficientes para expresarte todo lo que tu hijo te agradece por tu entrega y dedicación.

Herman Arellano Cabrera

Dedico en primer lugar a Dios porque ha estado conmigo en cada momento de mi vida, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han cuidado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Es gracias a ellos la persona que soy ahora. A mis hermanos por ser un apoyo incondicional. A mi esposa, compañera y confidente inseparable de cada jornada. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Los amo con mi vida.

Diego Falconi Toro

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar en cada etapa de mi vida, por haberme permitido y por darme el coraje y fortaleza para seguir adelante.

A mis abuelitos Antonio León y Eliza Guerrero, quienes siempre han estado a lo largo de mi camino apoyándome en todo lo que necesitaba y brindándome su más puro y sincero cariño, muchas veces desempeñando el rol de padres.

El agradecimiento a la Escuela Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, a sus Docentes, que con tan alto nivel de preparación supieron dedicarnos su tiempo y compartir con nosotros unos años de sus vidas, para ellos cortos, pero eternos en las nuestras.

Y en especial para todos mis amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera, para culminar con éxito otra etapa de mi vida.

Herman Arellano Cabrera

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino del bien, a mis padres quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos por ser los principales motivadoras de mi vida, a mi esposa por el apoyo incondicional en mi vida, y a toda mi familia que con su apoyo, consejos y motivación han permitido que llegue a la exitosa culminación de mi tesis y todos los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

Diego Falconi Toro

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación técnico-económica.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i>	3
2. SISTEMA DE INYECCIÓN A DIESEL	4
2.1 Introducción del sistema.....	4
2.2 Inyector.....	9
2.2.1 <i>Intensidad del chorro de descarga.</i>	10
2.2.2 <i>Coefficiente angular de descarga.</i>	11
2.2.3 <i>Descarga.</i>	11
2.2.4 <i>Velocidad del chorro.</i>	11
2.2.5 <i>Velocidad media de la descarga.</i>	11
2.2.6 <i>Cantidad de movimiento del chorro.</i>	11
2.2.7 <i>Distribución de combustible.</i>	11
2.2.8 <i>Atomización.</i>	11
2.2.9 <i>Penetración.</i>	11
2.2.10 <i>Penetración total.</i>	11
2.2.11 <i>Pulverización.</i>	11
2.3 Conjunto portainyector	12
2.4 Inyectores de combustible	14
2.4.1 <i>Construcción.</i>	14
2.4.2 <i>Operación.</i>	15
2.4.3 <i>Selladura entre el inyector y la culata.</i>	15
2.5 Constitución de un inyector.....	16
2.6 Tipos de inyectores.....	16
2.6.1 <i>Inyectores mecánicos.</i>	17
2.6.1.1 <i>Inyectores de orificios</i>	17
2.6.1.2 <i>Inyectores de espiga o de tetóns.</i>	18
2.6.2 <i>Inyectores electrónicos</i>	19
2.7 Designación de un tipo de inyector	21
2.7.1 <i>Identificación de los inyectores</i>	22
2.8 Desmontaje y limpieza del inyector del motor	23
2.8.1 <i>Pasos para el desmontaje del inyector:</i>	23
2.8.2 <i>Pasos para la limpieza de un inyector</i>	26
2.8.3 <i>Movimiento de la aguja</i>	30
2.8.4 <i>Mediciones.</i>	30
2.9 Tipos de bancos de pruebas	31
2.9.1 <i>Banco comprobador de inyectores a diesel electrónico</i>	31
2.9.2 <i>Banco comprobador de inyectores a diesel mecánicos</i>	31
2.9.2.1 <i>Equipo Cav</i>	32
2.9.2.2 <i>El equipo Hartridge Nozzle Poptestr.</i>	32
2.9.2.3 <i>Hartridge Nozzle Testmaster.</i>	33

2.10	Funcionamiento del banco de pruebas.....	34
2.10.1	<i>Pruebas mecánicas.</i>	34
2.10.1.1	<i>Control de pulverización.</i>	34
2.10.1.2	<i>Control de presión y tarado.</i>	35
2.10.1.3	<i>Control de goteo.</i>	36
2.10.1.4	<i>Control de fuga de retorno.</i>	36
3.	DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS	37
3.1	Parámetros de diseño	37
3.2	Definición del banco de pruebas	37
3.3	Diseño del soporte de la bomba de inyección lineal.....	37
3.4	Diseño del soporte del motor eléctrico de altas revoluciones	38
3.5	Diseño del soporte para el tanque de combustible	38
3.6	Diseño de la estructura del banco	39
3.7	Diseño de la estructura total del banco	39
3.8	Fuerzas que estará sometida la estructura.....	40
3.8.1	<i>Peso de la bomba que estará presente en la estructura</i>	41
3.8.2	<i>Peso del motor aplicado en la estructura</i>	41
3.8.3	<i>Peso del tanque aplicada a la estructura</i>	42
3.8.4	<i>Análisis de la estructura en el software de elementos finitos</i>	42
3.9	Análisis dos de la estructura	43
3.9.1	<i>Peso de la bomba</i>	44
3.9.2	<i>Peso del motor</i>	44
3.9.3	<i>Peso del tanque</i>	45
3.9.4	<i>Análisis de la estructura en el software de elementos finitos</i>	45
4.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAYOS DEL BANCO DE PRUEBAS	47
4.1	Generalidades	47
4.1.1	<i>Los materiales utilizados para el diseño son:</i>	47
4.1.2	<i>Protección personal a utilizar para la construcción:</i>	48
4.2	Construcción de la estructura del banco	48
4.3	Construcción del soporte de la bomba de inyección lineal	49
4.4	Construcción del soporte del motor eléctrico de altas revoluciones	51
4.5	Construcción del soporte para el tanque de combustible	52
4.6	Proceso de montaje e instalación del banco de pruebas	53
4.7	Cuadros de procesos de construcción para un banco de pruebas de inyectores mecánicos, motores diesel.....	59
4.8	Elementos que componen el banco de pruebas	59
4.8.1	<i>Depósito de combustible.</i>	59
4.8.2	<i>Manguera de baja presión.</i>	60
4.8.3	<i>Filtro de combustible</i>	60
4.8.4	<i>Bomba lineal mecánica</i>	61
4.8.5	<i>Cañerías de alta presión.</i>	62
4.8.6	<i>Inyectores.</i>	62
4.8.7	<i>Probeta.</i>	63
4.8.8	<i>Interruptor eléctrico.</i>	63
4.8.9	<i>Motor eléctrico.</i>	64
4.8.10	<i>Banda de distribución.</i>	64
4.8.11	<i>Polea.</i>	65

5.	VERIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS	66
5.1	Parámetros del sistema	66
5.2	Verificación y funcionamiento del equipo	66
5.3	Líquido de ensayo.....	66
5.4	Caudal de la bomba	67
5.5	Ajuste de la velocidad.....	69
5.6	Ajuste de la velocidad de ralentí.....	69
5.7	Inspección del circuito de baja presión.....	70
5.8	Inspección del circuito de baja presión de retorno	72
5.9	Inspección del circuito de alta presión	72
5.10	Régimen de trabajo y combustible	74
5.11	Mejores resultados con estos requerimientos	74
6.	ANÁLISIS DE COSTOS	75
6.1	Costos directos.....	75
6.2	Costos indirectos.....	76
6.3	Costos totales	77
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
7.1	Conclusiones.....	78
7.2	Recomendaciones	78

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Identificación de inyectores	23
2 Semanas de trabajo	59
3 Costos directos	76
4 Costos indirectos.....	76
5 Costos totales	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Primer tiempo o admisión 5
2	Segundo tiempo o compresión. 6
3	Tercer tiempo o combustión..... 7
4	Cuarto tiempo o escape 7
5	Diagrama P-V del ciclo Diesel teórico..... 8
6	Motor de inyección directa. 9
7	Inyector de manera esquemática 9
8	Toberas 13
9	Despiece de un inyector 15
10	Constitución de un inyector..... 16
11	Inyector de orificio 17
12	Inyector de espiga..... 18
13	Inyector pintaux..... 19
14	Inyectores electrónicos 20
15	Designación de un inyector 22
16	Identificación de los inyectores 22
17	Inyector montado en el motor 23
18	Desmontaje de un inyector 24
19	Desconexión de un inyector 24
20	Desmontaje de los tornillos de fijación del inyector 25
21	Inyector desmontado 25
22	Inyector asegurado a un banco 26
23	Limpieza de la espiga 26
24	Limpieza de la aguja del inyector..... 27
25	Limpieza del canal del inyector..... 27
26	Limpieza del canal de guía 28
27	Limpieza de la tobera 28
28	Aguja del inyector sumergida en gasóleo..... 29
29	Control de deslizamiento de la aguja 29
30	Medición de la elevación de la aguja 30
31	Kit de limpieza de inyectores 31

32	Banco comprobador de inyectores a diesel electrónico	31
33	Banco de pruebas tipo Cav	32
34	Equipo Hartridge Nozzle Poptest	33
35	Equipo Hartridge Nozzle Testmaster	33
36	Ajuste de presión de los inyectores	35
37	Control de presión y tarado	36
38	Soporte de la bomba de inyección lineal	38
39	Soporte del motor eléctrico de altas revoluciones	38
40	Soporte para el tanque de combustible	39
41	Diseño de la estructura del banco	39
42	Diseño de la estructura total del banco	40
43	Peso de la bomba	41
44	Peso del motor	41
45	Peso del tanque	42
46	Deformación total	42
47	Factor de seguridad	43
48	Peso de la bomba en la estructura	44
49	Peso del motor en la estructura	44
50	Peso del tanque presentes en la estructura	45
51	Deformación total en la estructura	45
52	Factor de seguridad de la estructura	46
53	Corte de tuberías	49
54	Proceso de suelda de la estructura	49
55	Construcción del soporte de la bomba de inyección lineal	50
56	Limpieza y adecuación del soporte de la bomba lineal	51
57	Construcción del motor eléctrico de altas revoluciones	52
58	Construcción del soporte para el tanque de combustible	52
59	Colocación de la bomba de inyección	53
60	Acople entre cañería y bomba	54
61	Ensamblaje del filtro de combustible	54
62	Apriete de la cañería de salida de la bomba principal	55
63	Ajuste de cañerías de salida de la bomba	55
64	Ajuste del inyector y cañería	56
65	Colocación de las mangueras de retorno	56
66	Ubicación del motor eléctrico en la estructura	57

67	Regulación del motor	57
68	Colocación del tanque de combustible en la estructura	58
69	Apoyos del banco de pruebas	58
70	Tanque de combustible.....	60
71	Manguera de baja presión.....	60
72	Filtro de combustible.....	61
73	Bomba lineal mecánica	62
74	Cañería de alta presión	62
75	Inyectores	63
76	Probeta.....	63
77	Interruptor eléctrico	64
78	Motor eléctrico	64
79	Banda de distribución	65
80	Polea	65
81	Reglaje del caudal en banco de ensayo	68
82	Puntos de ajuste de la bomba	70
83	Circuito de baja presión.....	70
84	Válvula de regulación.....	71
85	Obturación entre bomba eléctrica y filtro.....	71
86	Circuito de baja presión de retorno	72
87	Acrómetro o indicador de presión máxima	73
88	Comprobador de presión, a punto de ser utilizado	73
89	Comprobador de presión	73

LISTA DE ABREVIACIONES

API	Instituto Americano del Petróleo
ANSI	Instituto Nacional Americano Estándar (American National Estándar Institute)
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
AWS	Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society)

LISTA DE ANEXOS

- A** Formato de prácticas de laboratorio
- B** Guía de laboratorio control de estanqueidad del asiento
- C** Guía de laboratorio control de pulverización, dirección del chorro, y ruido
- D** Perfiles estructurales
- E** Manual de mantenimiento y operación

LISTA DE PLANOS

- 1 Soporte de la bomba de inyección lineal
- 2 Soporte del motor eléctrico
- 3 Soporte del tanque de combustible
- 4 Estructura del banco de pruebas
- 5 Ensamble de soporte en el banco de pruebas

RESUMEN

A diferencia de un motor a gasolina, el motor diésel funciona por autoencendido, en el proceso de compresión se calienta el aire aspirado en los cilindros a una temperatura de entre 700 °C y 900 °C aproximadamente, lo cual provoca un encendido automático al inyectar combustible. Un motor diesel necesita una mayor compresión (relación de compresión 20-24:1) y una estructura más estable que un motor de gasolina. Los elementos que resultan afectar directamente el funcionamiento del motor son los inyectores, los cuales necesitan tener un mantenimiento preventivo.

El banco de pruebas para inyectores mecánicos de motores diesel, satisface con las necesidades que debe cumplir un equipo de estas características siendo eficaz, silencioso y seguro; las pruebas que podemos realizar en el banco permiten tener un criterio preciso sobre las anomalías y fallas que posee un inyector mecánico.

El equipo consta de una bomba lineal mecánica, bomba manual, cañerías de alta presión, filtro de combustible, probetas, control de inyección y una polea de 9 pulgadas. La parte eléctrica se encuentra en un cajetín de control para el encendido del banco y el motor eléctrico de 110 voltios de 1 hp de altas revoluciones y con una polea de salida de 2 pulgadas. En la parte inferior se ubica el tanque de combustible con sus respectivas cañerías de retorno.

El diseño de la estructura del banco de pruebas, tiene un factor de seguridad suficiente para el trabajo que este va a desempeñar. Su manipulación debe ser realizada de acuerdo al manual de operación y mantenimiento tomando en cuenta el uso del equipo de protección personal (EPP) y las herramientas adecuadas.

El equipo en funcionamiento, permite la verificación del estado de los inyectores, presentando en forma visual el mecanismo de trabajo y la presencia de anomalías.

ABSTRACT

In contrast with a gasoline engine, the diesel engine operates by auto-ignition, in the compression process, the sucked air is heated in the cylinder at a temperature of between 700 °C and 900 °C, approximately, causing an automatic ignition by injecting fuel. A diesel engine needs a higher compression (compression ratio 20-24:1) and a more stable structure than a gasoline engine. The elements that are directly affecting the operation of the engine are injectors, which need to have a preventive maintenance.

The test bench for mechanical injectors of diesel engines, meets the needs to be met by such equipment to be efficient, silent and safe; the tests that can be performed on the bench allowed to have an accurate judgment about anomalies and failures it has a power injector.

The equipment consists of a mechanical linear pump, hand pump, high pressure pipes, fuel filter, test tubes, injection control and a pulley of 9 inches. The electrical part is in a control box to turn on the bench and a 110-volt electric motor of 1 hp high-revving and with output pulley 2 inches. At the bottom is located, the fuel tank with its respective return pipes.

The design of the structure of the test bench, has a sufficient safety factor for work this is going to perform. Handling should be performed according to the operation and maintenance manual taking into account the use of personal protective equipment (PPE) and the right tools.

The operating equipment, allows checking the status of the injectors, visually presenting the working mechanism and the presence of anomalies.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El motor diésel fue inventado en el año 1893, por el ingeniero alemán Rudolf Diesel, empleado de la firma MAN, que por aquellos años ya estaba en la producción de motores y vehículos de carga rango pesado.

Rudolf Diesel estudiaba los motores de alto rendimiento térmico, con el uso de combustibles alternativos en los motores de combustión interna. Su invento le costó muy caro, por culpa de un accidente que le provocó lesiones a él y a sus colaboradores y que casi le costó la vida porque uno de sus motores experimentales explotó.

Durante años Diesel trabajó para poder utilizar otros combustibles diferentes a la gasolina, basados en principios de los motores de compresión sin ignición por chispa, cuyos orígenes se remontan a la máquina de vapor y que poseen una mayor prestación.

Así fue como a finales del siglo XIX, en el año 1897, MAN produjo el primer motor conforme los estudios de Rudolf Diesel, encontrando para su funcionamiento, un combustible poco volátil, que por aquellos años era muy utilizado, el aceite liviano, más conocido como fuel oil que se utilizaba para alumbrar las lámparas de la calle.

Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible para arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia de los motores diesel depende, en general, de los mismos factores que los motores Otto, y es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40%. Este valor se logra con un grado de compresión de 14 a 1, siendo necesaria una mayor robustez, y los motores diesel son, por lo general, más pesados que los motores Otto. Esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de utilizar combustibles más baratos.

Los motores diésel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min). No obstante, algunos tipos de motores diesel trabajan a velocidades similares que los motores de gasolina.

Existen en el mercado a la venta bancos de pruebas para inyectores mecánicos de motores diesel los cuales tienen costos demasiados elevados lo que hace que no sea accesible para todos los talleres mecánicos.

En el mercado ecuatoriano encontramos una gran gama de precios de bancos de pruebas para inyectores mecánicos cuyo costo se encuentra en un rango entre 8000 y 12000 dólares americanos.

1.2 Justificación técnico-económica

Esta tesis tiene como fin facilitar la adquisición de esta herramienta a talleres automotrices del país a un precio accesible a todos, de forma indirecta, a mantener en óptimas condiciones la inyección de combustible en la cámara de combustión, ayudando así al medio ambiente de gases tóxicos que afectan la salud de las personas y del medio ambiente. Como podemos entender este banco de pruebas da muchas ventajas en lo referente a lo económico, social y al medio ambiente.

Hemos visto la necesidad de investigar el funcionamiento de esta herramienta, para plantear un diseño que nos permita dar todas las facilidades y seguridad en los trabajos realizados, además que su costo sea accesible a la mayoría de talleres.

Este equipo le permitirá al técnico tener la garantía en su utilización y en la limpieza de los inyectores.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir un banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Estudiar los sistemas de inyección a diesel.

Modelar y simular el banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel.

Seleccionar los materiales según sus propiedades y características.

Construir el banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel.

Verificar el banco de pruebas de inyectores mecánicos para motores diesel.

CAPÍTULO II

2. SISTEMA DE INYECCIÓN A DIESEL

2.1 Introducción del sistema

A diferencia del motor de gasolina, el motor diésel funciona por autoencendido. Por el proceso de compresión se calienta el aire aspirado en los cilindros a una temperatura de entre 700 °C y 900 °C aproximadamente, lo cual provoca un encendido automático al inyectar combustible. Por lo tanto, un motor diésel necesita una mayor compresión (relación de compresión 20-24:1) y una estructura más estable que el motor de gasolina. Para alcanzar la temperatura necesaria incluso en condiciones de funcionamiento adversas (arranque en frío o helada), deberá aplicarse más calor a la cámara de combustión.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, compresión. El combustible diésel se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

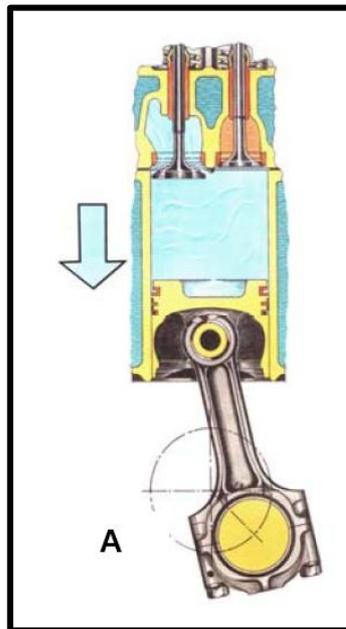
La evolución inmediata del motor diésel llegó de la mano de BOSCH, que en 1927 comenzó la fabricación en serie de su primera bomba de inyección para los motores MAN. El motor diésel es uno de los tipos de motor de combustión interna, cuyo consumo específico muy bajo y el uso de un combustible habitualmente más barato y menos peligroso que la gasolina le han situado en un lugar privilegiado.

Para quemar el combustible, el motor diesel utiliza la elevada temperatura que alcanza el aire al ser comprimido en la carrera de compresión de los motores de cuatro tiempos (admisión, compresión, combustión y escape).

Primer tiempo o admisión.- El pistón efectúa su primera carrera o desplazamiento desde el PMS al PMI, aspirando solo aire de la atmosfera, debidamente purificado a través del filtro. El aire pasa por el colector y la válvula de admisión, se abre instantáneamente y permanece abierta, con el objetivo de llenar todo el volumen del cilindro.

Durante este tiempo, la muñequilla del cigüeñal gira 180°. Al llegar el pistón al PMI la válvula de admisión se cierra en teoría.

Figura 1. Primer tiempo o admisión



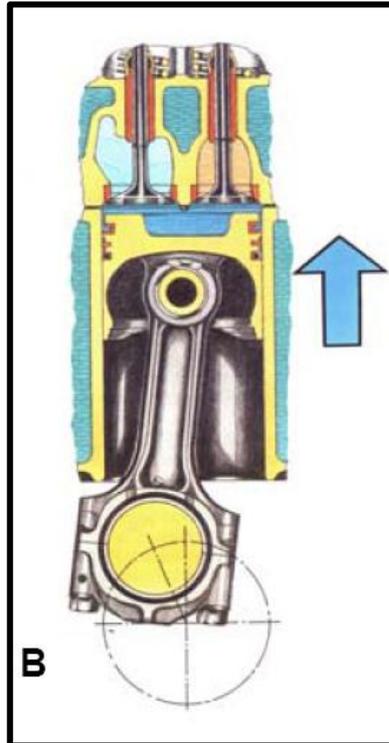
Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/images/aulaformacion/commonrail/altaresolucion/admision.jpg>

Segundo tiempo o compresión.- Las válvulas de admisión y escape están totalmente cerradas, el pistón comprime el aire a gran presión, quedando solo aire alojado en la cámara de combustión.

La muñequilla del cigüeñal gira otros 180° y completa la primera vuelta del árbol del motor.

La presión alcanzada en el interior de la cámara de combustión mantiene la temperatura del aire por encima de los 600 °C, superior al punto de inflamación del combustible, para lo cual la relación de compresión tiene que ser de 22.

Figura 2. Segundo tiempo o compresión.



Fuente: <http://www.talldemecanica.com/talldemecanica/images/aulaformacion/commonrail/altaresolucion/compresion.jpg>

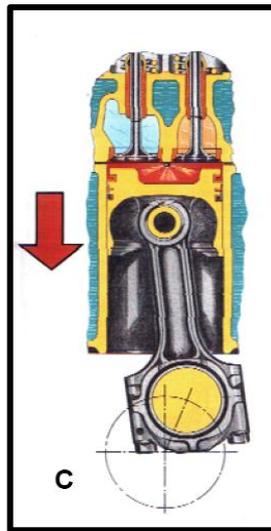
Tercer tiempo o combustión.- Al final de la compresión con el pistón en el PMS se inyecta el combustible en el interior del cilindro finamente pulverizado, en una cantidad que es regulada por la bomba de inyección.

Como la presión en el interior del cilindro es muy elevada, para que el combustible pueda entrar la inyección debe realizarse a una presión muy superior, entre 150 y 300 atmósferas.

El combustible, que debido a la alta presión de inyección sale finamente pulverizado, se inflama en contacto con el aire caliente, produciéndose la combustión interna del mismo.

Se eleva entonces la temperatura interna, la presión mientras dura la inyección o aportación de calor se supone constante y a continuación, se realiza la expansión y desplazamiento del pistón hacia el PMI. Durante este tiempo, la muñequilla del cigüeñal gira otros 180°.

Figura 3. Tercer tiempo o combustión

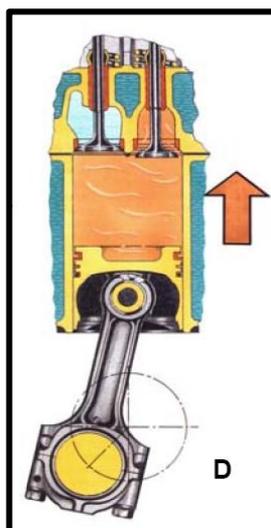


Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/images/aulaformacion/commonrail/altaresolucion/combustion.jpg>

Cuarto tiempo o escape.- La válvula de escape permanece abierta. El pistón, durante su recorrido ascendente, expulsa a la atmósfera los gases remanentes que no han salido, efectuando el barrido de gases quemados lanzándolos al exterior.

La muñequilla del cigüeñal efectúa otro giro de 180°, completando las dos vueltas del árbol motor que corresponde al ciclo completo de trabajo.

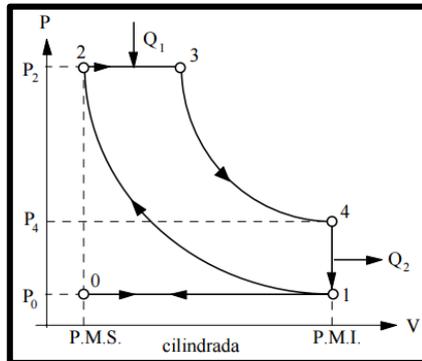
Figura 4. Cuarto tiempo o escape



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/images/aulaformacion/commonrail/altaresolucion/escape.jpg>

Si lo representamos en un eje de sistemas coordenados **P-V** el funcionamiento teórico de estos motores queda determinado por el diagrama de la siguiente figura:

Figura 5. Diagrama P-V del ciclo Diesel teórico



Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/images/aulaformacion/commonrail/altaresolucion/escape.jpg>

0-1.- Admisión (Isóbara): Durante la admisión el cilindro se llena totalmente de aire que circula sin rozamiento por los conductos de admisión, por lo que se puede considerar que la presión se mantiene constante e igual a la presión atmosférica. Es por lo que esta carrera puede ser representada por una transformación isóbara **P = K**.

1-2.- Compresión (Adiabática): Durante esta carrera el aire es comprimido hasta ocupar el volumen correspondiente a la cámara de combustión y alcanza el punto (2) presiones del orden 50 kp/cm².

2-3.- Inyección y combustión (Isóbara): Durante el tiempo que dura la inyección, el pistón inicia su descenso, pero la presión del interior del cilindro se mantiene constante.

3-4.- Expansión: la presión interna a medida que el cilindro aumenta de volumen.

4-1.- Primera fase de escape (Isócara): En el punto 4 se abre instantáneamente la válvula de escape y los gases quemados salen al exterior.

1-0.- Segunda fase del escape (Isóbara): Los gases residuales que quedan en el interior del cilindro son expulsados al exterior por el pistón durante su recorrido 1-0 hasta el PMS. Al llegar a él la válvula de escape se cierra instantáneamente y se abre la de admisión para iniciar un nuevo ciclo.

2.2 Inyector

El inyector diésel es el componente del sistema de inyección, que se encarga de introducir el combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión. Es un conjunto de piezas dentro de un cuerpo de acero que atraviesa el cuerpo metálico de motor y penetra hasta el interior de la cámara de combustión, por el extremo externo se acopla el conducto de alta presión procedente de la bomba de inyección.

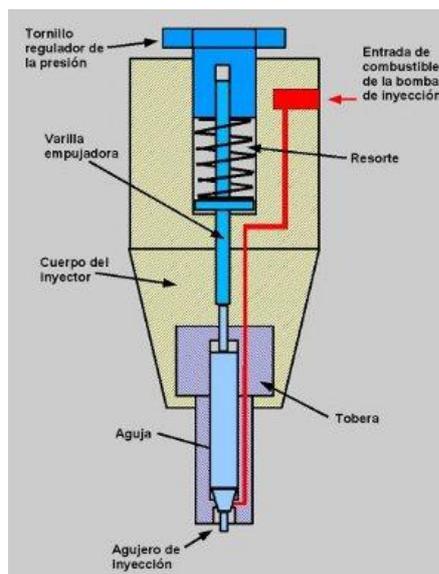
Figura 6. Motor de inyección directa.



Fuente: (POURBAIX, y otros, 1996)

El cuerpo del inyector aparece seccionado. Observe como una pieza en forma de cilindro terminado en punta entra a la cámara de combustión, esta pieza se conoce como tobera y es la encargada de pulverizar el combustible para formar el aerosol.

Figura 7. Inyector de manera esquemática



Fuente (POURBAIX, y otros, 1996)

El combustible procedente de la bomba de inyección se alimenta a una entrada del inyector, este combustible, a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector (señalados en rojo) se conduce hasta una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida al ser empujada a través de una varilla por un resorte. De esta manera el paso del combustible a la cámara de combustión está bloqueado.

Cuando la presión en el conducto de entrada crece lo suficiente por el empuje de la bomba de inyección, la presión puede vencer la fuerza del resorte y levantar la aguja, de esta forma se abre el pequeño conducto de acceso a la cámara, y el combustible sale muy pulverizado por el extremo inferior.

Observe que la presión del combustible actúa sobre un área pequeña de la parte inferior de la aguja, una vez que la presión vence la fuerza del resorte entra a la cámara donde está la parte cilíndrica de la aguja que tiene mayor área, la fuerza de empuje crece y la aguja es apartada de su asiento de manera abrupta. Este efecto garantiza que la apertura del inyector de haga muy rápidamente lo que es deseable.

Un tornillo de regulación sobre el resorte permite comprimirlo en mayor o menor grado y con ello establecer con exactitud la presión de apertura del inyector. Estas presiones en el motor Diesel pueden estar en el orden de hasta más de 400 Kg/cm².

En vista de la importancia capital que tienen las características de la inyección de combustible, para asegurar que el motor de inyección solida desarrolle una potencia adecuada con buen rendimiento, han sido objetos de estudio e investigaciones sistemáticas.

Las características de la inyección de combustible en la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (A.S.M.E.), es fundamental para el estudio de la combustión y en la cual los factores que intervienen en la inyección son definidos cuidadosamente. (ADAMS, 1980)

2.2.1 *Intensidad del chorro de descarga.* Es la cantidad q de combustible, en peso, que atraviesa un orificio en un segundo de tiempo.

2.2.2 *Coeficiente angular de descarga.* es el peso del combustible que atraviesa el orificio, mientras el eje cigüeñal gira un grado de su camino.

2.2.3 *Descarga.* Es el peso Q del líquido inyectado del inicio al final de un periodo completo de inyección.

2.2.4 *Velocidad del chorro.* Se mide refiriéndola al orificio; se distinguen así: velocidad de salida (que es la medida en el orificio de salida), y velocidad extrema (que es la medida en la partícula del chorro más alejada del orificio)

2.2.5 *Velocidad media de la descarga.* Es la relación entre la cantidad de movimiento M del chorro y la descarga Q .

2.2.6 *Cantidad de movimiento del chorro.* Es la suma de las proyecciones de las cantidades de movimiento, década una de las partículas que constituyen el chorro, sobre el eje de éste.

2.2.7 *Distribución de combustible.* Es la relación del volumen del aire al de la mezcla carburada.

2.2.8 *Atomización.* Es el tamaño de las gotas en las cuales se rompe el chorro de combustible.

2.2.9 *Penetración.* Es la distancia del orificio a la cual llega una gota de combustible en un cierto momento del período de inyección.

2.2.10 *Penetración total.* Es la distancia del orificio a la cual se para una partícula de aceite; esto es la distancia a la cual se anula la velocidad de la partícula.

2.2.11 *Pulverización.* El orificio se inyecta a través de orificios muy pequeños, practicados en la tobera; la presión de inyección es muy alta, con el objeto de conseguir una elevada velocidad. Los orificios de las toberas se trazan de manera que al salir el chorro de combustible, éste se rompa en gotitas y se proyecte en la cámara de combustión. El chorro pulverizado se produce por la contracción de la vena al atravesar

el orificio, y por la velocidad y presión a que está sometido el combustible. (ADAMS, 1980)

2.3 Conjunto portainyector

El inyector propiamente dicho está encerrado en un soporte. Inyector Bosch- Inyector Cav. (POURBAIX, y otros, 1996)

Cuando la bomba de inyección empuja al combustible bajo presión, éste levanta la aguja y salta fuera del inyector. La presión de inyección puede ser regulada por medio de un tornillo de reglaje inmovilizado por una contratuerca. La presión de inyección deberá ser tanto mayor cuanto más comprimido este el muelle por este tornillo de reglaje. Una varilla de control desmontable tiene por objeto permitir el control del funcionamiento del inyector durante la marcha. Para ello basta poner un dedo sobre esta varilla, que debe levantarse ligeramente en cada inyección. Como la presión es muy elevada, una pequeña cantidad de aceite escapa a lo largo de la aguja del inyector. Por consiguiente hay previsto un conducto de retorno del aceite.

El inyector propiamente dicho se compone de la aguja y del cuerpo, fijado al inyector por medio de una tuerca racor. (POURBAIX, y otros, 1996)

Toberas. Las toberas son un componente crítico del sistema de inyección. Hoy en día los motores diesel están equipados con sistemas de alto rendimiento que requieren una tobera que atomice el combustible bajo presiones extremas. Bosch y Zexel son reconocidos fabricantes de sistemas de inyección diesel; con una historia de distinción y excelencia, fabricando toberas con precisión de milésimas de milímetro. Los procesos de producción de Bosch y Zexel tienen la más alta tecnología y son las únicas que pueden producir toberas garantizando la mejor calidad de las funciones.

Solamente utilizando correctamente los inyectores, se garantiza perfecta combustión, bajo consumo de combustible, gran performance y total control de emisión de contaminantes. Las toberas Bosch y Zexel son diseñadas para cumplir con las demandas de los motores de hoy en día. Cada tobera es 100% nueva y diseñada con una exacta precisión y durabilidad, para entregar un servicio confiable, duradero y consistente.

Características:

- Orificios de atomización precisos.
- Construcción de aleación y acero cromado con tratamiento térmico.
- Espacio de aguja y cuerpo.
- Afinado superficial por medio hidráulico.
- Aguja con diseño de doble ángulo.

Beneficios:

- Exactitud en la entrega de combustible, para un óptimo régimen de emisiones y potencia.
- Máxima durabilidad.
- Asegura un rendimiento hidráulico apropiado para una máxima eficiencia de combustible.
- Permite tener una superficie más suave para el paso de combustible, lo que resulta en un mejor rendimiento de la tobera.
- Asegura un punto de contacto preciso para un mejor sellado con el cuerpo de la tobera.

Figura 8. Toberas



Fuente:http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Diesel/Catalogo%20Toberas%20Equador_6_008_CT1_167_03_2011.pdf

Los motores actuales están equipados con inyectores que deben inyectar combustible bajo condiciones de presión extrema, de altas sollicitaciones mecánicas y térmicas. Por esta razón es vital para el sistema que se utilice inyectores de calidad, 100% nuevos, asegurando economía de combustible y óptima performance del motor.

El cumplimiento de todas las elevadas prestaciones exige un gran know-how en lo referente al desarrollo, conocimiento de materiales, producción y técnicas de medición.

En vista del desarrollo de motores y sistemas de inyección extremadamente dinámicos, nuevos y resistentes con una elevada capacidad funcional, se precisa mantener un perfeccionamiento técnico en la fabricación de toberas e inyectores, generando soluciones innovadoras.

2.4 Inyectores de combustible

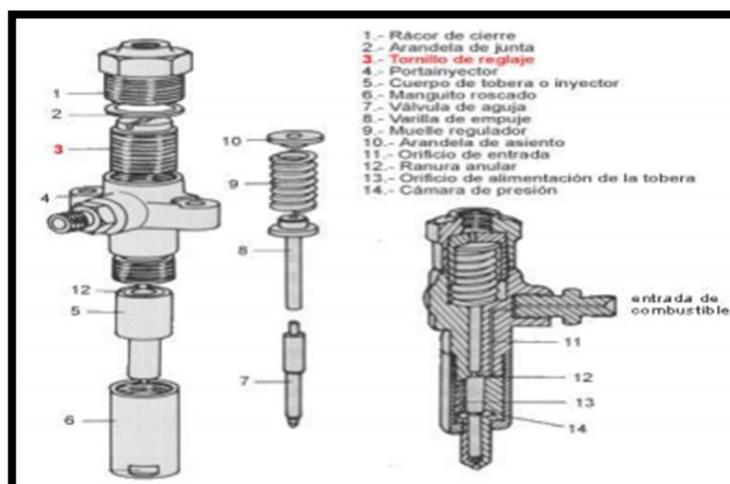
La inyección de combustible es un sistema de alimentación de motores de combustión interna, alternativo al carburador en los motores de explosión, que es el que usan prácticamente todos los automóviles europeos desde 1990, debido a la obligación de reducir las emisiones contaminantes y para que sea posible y duradero el uso del catalizador a través de un ajuste óptimo del factor lambda.

Este sistema es utilizado, obligatoriamente, en el ciclo del diésel desde siempre, puesto que el combustible tiene que ser inyectado dentro de la cámara en el momento de la combustión (aunque no siempre la cámara está sobre la cabeza del pistón).

2.4.1 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 9. Despiece de un inyector



Fuente:http://1.bp.blogspot.com/_axN_3wqdNE/TC1ibdNk6II/AAAAAAAAABE/4W3pspVzwiE/s1600/injector-por-partes1.jpg

2.4.2 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 10 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.

2.4.3 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. (<http://repositorio.espe.edu.ec>)

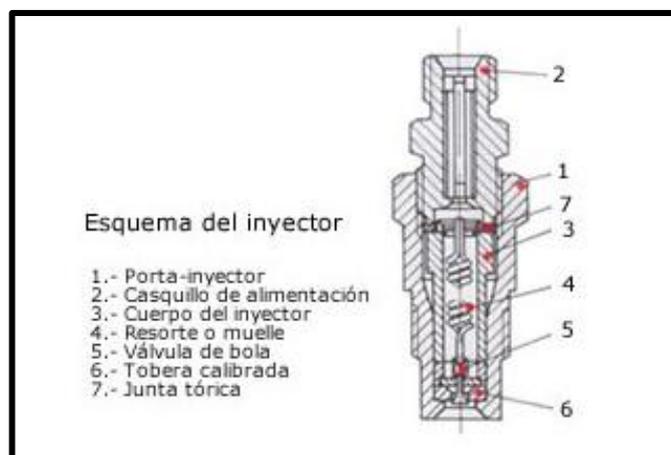
2.5 Constitución de un inyector

El inyector pulveriza en la cámara de combustión la dosis de combustible enviada por la bomba a una relación de compresión alta 22-24 a 1.

La estructura de los inyectores depende de los fenómenos de la combustión. Estos elementos son los que sirven de base al constructor para determinar la presión del inyector, que debe ser mayor a la del aire comprimido en la cámara de combustión, la forma y orientación del chorro del combustible y la finura de su pulverización.

Durante mucho tiempo se emplearon los inyectores constituidos simplemente por una tubería con orificio de muy poca sección, o sea la tobera abierta. Con este tipo de inyector no se logra una pulverización muy fina, ya que la presión que se utiliza es relativamente baja. Además, la inyección no se para siempre de forma absolutamente perfecta cuando cesa la presión de la bomba.

Figura 10. Constitución de un inyector



Fuente:<http://www.aficionadosalamecanica.com/images-mercedes/injector-esquema.jpg>

2.6 Tipos de inyectores

Existe una gran variedad de inyectores en el mercado actual, cada uno con características específicas, pero todos enfocados al mismo objetivo.

Dentro del tipo de inyector tenemos dos en especial:

- Inyectores mecánicos.
- Inyectores electrónicos.

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

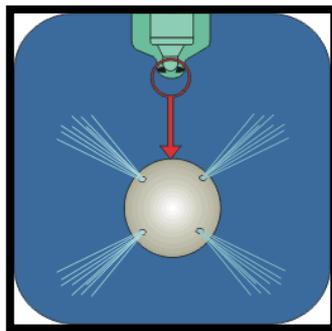
Este tipo de inyectores a la vez se divide en:

- Inyectores de orificios.
- Inyectores de espiga o de tetón.
- Inyector pintaux.

2.6.1.1 *Inyectores de orificios.* Hay inyectores con uno o más orificios. El inyector de un orificio se aplica, lo mismo que el de tetón, en el caso en que la inyección es indirecta (anticámara o cámara de turbulencia). Por el contrario para inyección directa se utilizan inyectores con varios orificios (2 a 7 de 0,2 mm de diámetro). Naturalmente, estos orificios se obturan fácilmente. Por esto se dispone en la tubería un filtro suplementario (cartucho filtrante).

La introducción de la aguja en el cuerpo del inyector es de la máxima importancia. En efecto, la aguja se debe introducir cuidadosamente a mano en el cuerpo del inyector al mismo tiempo que se la gira suavemente. Nunca se deben utilizar agujas y cuerpos de inyectores que no corresponden, ya que la aguja y el cuerpo forman un par. Cuando los orificios están obturados solo se les puede destapar utilizando una aguja destinada a este uso o limpiándola con un líquido a presión.

Figura 11. Inyector de orificio

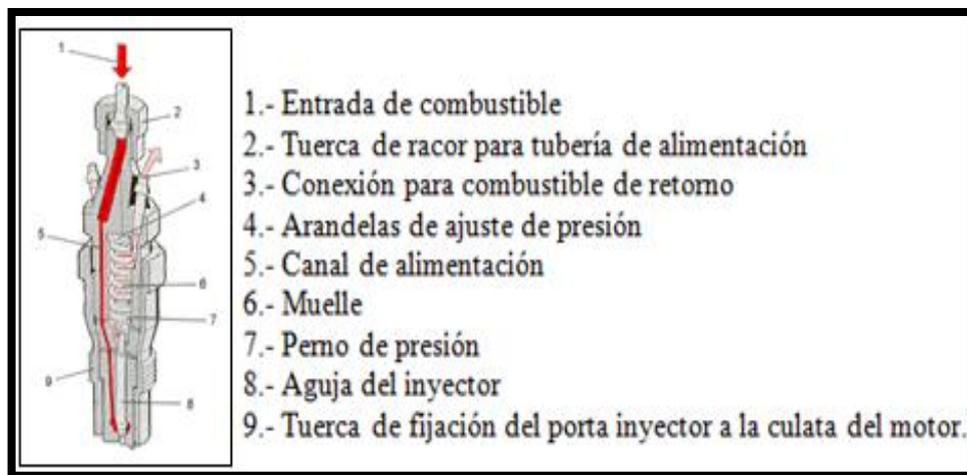


Fuente: (POURBAIX, y otros, 1996)

2.6.1.2 Inyectores de espiga o de tetón. Este inyector es muy sencillo y presenta la ventaja de que él mismo se limpia. Como el combustible se escurre a lo largo del tetón que cierra el orificio, es difícil que se forme depósito o que se obstruya. Sin embargo, este tipo no conviene en motores de inyección directa; en efecto, en estos motores el combustible debe ser inyectado a una presión muy elevada y la pulverización debe ser muy fina. Solo se exceptúan de esta regla los motores Diesel Junkers.

El inyector con tetón con estrangulamiento en la punta de la aguja da un chorro cónico.

Figura 12. Inyector de espiga



Fuente: (POURBAIX, y otros, 1996)

2.6.1.3 Inyector pintaux. Ha sido ideado especialmente por la firma C.A.V. para la cámara de turbulencia de Ricardo-Comet. El inyector central tiene una aguja con estrangulamiento. La parte cilíndrica central se adapta perfectamente en la abertura del inyector.

Cuando la aguja se empuja hacia arriba, el inyector central queda aún cerrado en una distancia c antes de que comience la inyección.

Por su parte, el inyector auxiliar b comienza inmediatamente la inyección, y principalmente contra la parte más caliente de la cámara de turbulencia.

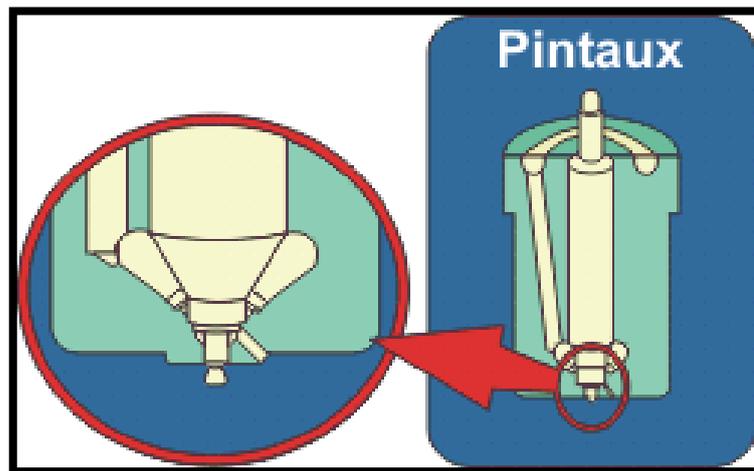
El resultado es que el combustible eyectado finamente a alta presión no experimenta más que un pequeño retardo en el encendido.

Cuando comienza la inyección central, el inyector auxiliar ha cebado ya la combustión, por lo que no se produce “golpeo Diesel”; sin embargo se produce en donde una cantidad mayor de combustible inyectado por una abertura mayor, provoca un retardo más importante en el encendido.

Cuando el número de revoluciones es mínimo, el inyector auxiliar proporciona la mayor cantidad de combustible a 400 r.p.m. la relación es de 1:6.

Por el contrario, en régimen de velocidad más elevado, el inyector auxiliar no proporciona más que una pequeña cantidad de combustible; debido a su avance, influye sin embargo favorablemente sobre la combustión.

Figura 13. Inyector pintaux



Fuente: (POURBAIX, y otros, 1996)

2.6.2 Inyectores electrónicos. La inyección electrónica es una forma de inyección de combustible, tanto para motores de gasolina, en los cuales lleva ya varias décadas implantadas, como para motores diésel, cuya introducción es relativamente más reciente.

Se puede subdividir en varios tipos (monopunto, multipunto, secuencial, simultánea) pero básicamente todas se basan en la ayuda de la electrónica para dosificar la inyección del carburante y reducir la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera y a la vez optimizar el consumo.

Este sistema ha reemplazado al carburador en los motores de gasolina. Su introducción se debió a un aumento en las exigencias de los organismos de control del medio ambiente para disminuir las emisiones de los motores.

En los motores diésel ha sustituido a la bomba inyectora, con inyectores mecánicos, por una bomba de alta presión con inyectores electrohidráulicos.

Su importancia radica en su mejor capacidad respecto al carburador para dosificar el combustible y dosificar la mezcla aire / combustible, es decir el factor lambda de tal modo que quede muy próxima a la estequiométrica (14,7:1 para la gasolina), es decir factor lambda próximo a 1 lo que garantiza una muy buena combustión con reducción de los porcentajes de gases tóxicos a la atmósfera. La relación estequiométrica es la proporción exacta de aire y combustible que garantiza una combustión completa de todo el combustible. En este caso el factor lambda es igual a 1.

Figura 14. Inyectores electrónicos



Fuente:<http://estaticos.qdq.com/swdata/photos/389/389080519/d121df45818c45e3a559cb3f904d764f.jpg>

Funcionamiento en inyección diésel.- En este caso la diferencia mayor está en la presión de combustible, la cual puede oscilar entre 400 y 2000 bar, según los requerimientos del motor en cada momento. Esto se logra con una bomba mecánica de alta presión accionada por el motor. Por otra parte el control de los inyectores es electrónico, aunque la operación es hidráulica, mediante unas válvulas

diferenciales en el interior del inyector. En este caso mucho más que en el motor de gasolina la limpieza del combustible y la ausencia de agua del mismo son esenciales. Para ello hay un filtro con separador de agua incluido.

Los datos esenciales para regular el combustible son: el régimen motor (para sincronizarlo con el funcionamiento de las válvulas y generar el orden de inyección requerido por el número de cilindros del motor) y la posición del pedal de acelerador.

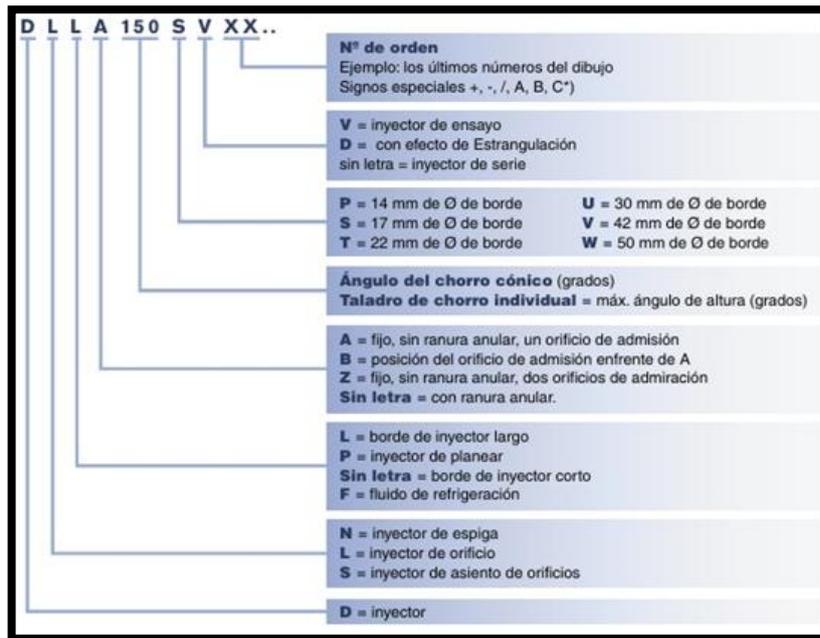
En los motores diésel, al no haber mariposa, el aire no es regulado por el conductor y por tanto no es medido para esta función, sino para la regulación de un tipo de contaminante (el óxido de nitrógeno NOx).

2.7 Designación de un tipo de inyector

Es importante tener en cuenta algunos parámetros para la designación de un tipo de inyector:

- Cada inyector se adapta al respectivo tipo de motor, esto significa óptima combustión, pocas sustancias contaminantes y plena potencia del motor.
- Los inyectores se rigen exactamente por las tolerancias acordadas con el fabricante de motores, que corresponden a 0.005 mm. 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. (<http://www.inecciondiesel.cl>)

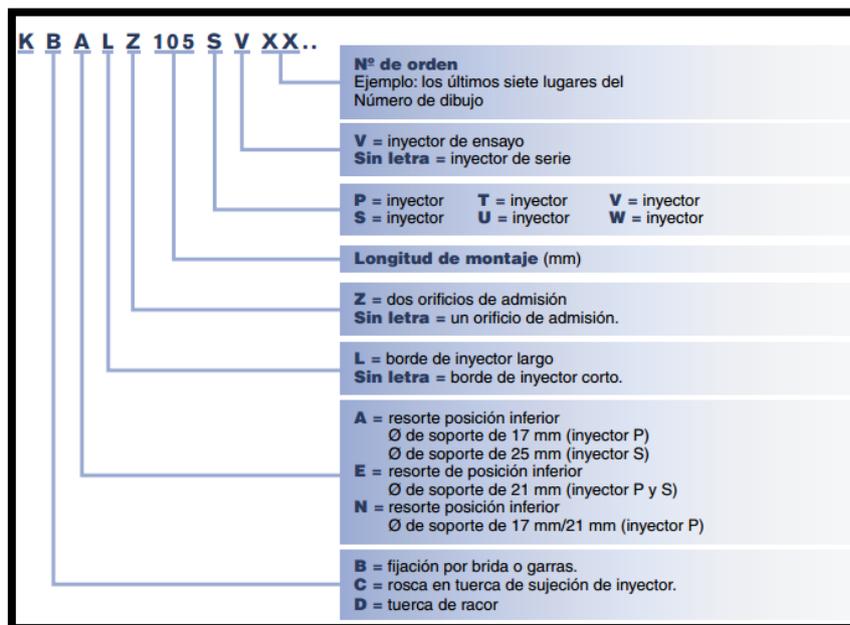
Figura 15. Designación de un inyector



Fuente:http://www.inyecciondiesel.cl/web/documentos/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n_Diesel.pdf

2.7.1 Identificación de los inyectores. Todos los inyectores constan de una referencia grabada en su cuerpo, dando a conocer sus características y ficha técnica.

Figura 16. Identificación de los inyectores



Fuente:http://www.inyecciondiesel.cl/web/documentos/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n_Diesel.pdf

Tabla 1. Identificación de inyectores

Marca	Localización marca y referencia	Posibles referencias
Bosch	El cuerpo del inyector	KBAL78P49 KBE58S4/4 KBEL108P82 KCA30S50
Lucas		Roscado: LCR67054, LRC67330, RKB45SD5422 Electrónicos: LDCR02001AB, LDC-009R01AA2
Diesel Kiki "Zekel"		41-1121 71-1271
Nippondenso		3780-9H
Stanadyne		27333
		33408

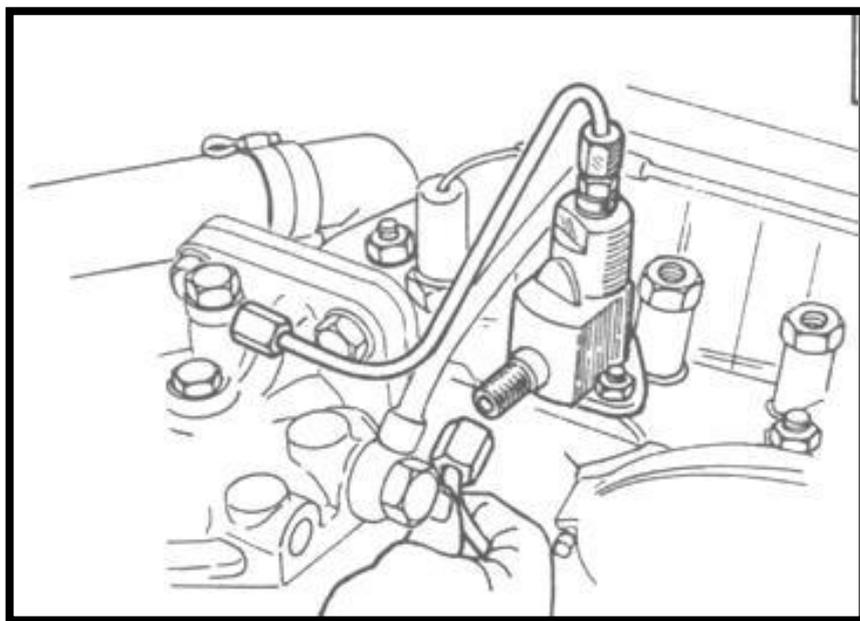
Fuente: <http://www.catalogobosch.com/>

2.8 Desmontaje y limpieza del inyector del motor

2.8.1 Pasos para el desmontaje del inyector:

Paso 1.- Primero quitamos el conjunto del inyector desenroscando el racor de la tubería de alta presión que viene de la bomba lineal o rotativa.

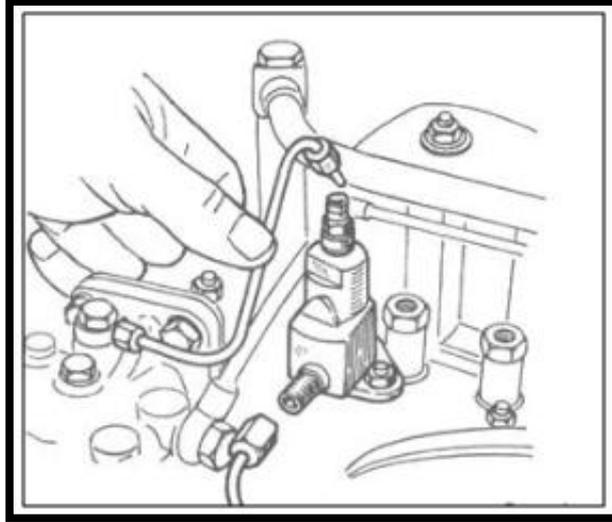
Figura 17. Inyector montado en el motor



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 2.- Retiramos la tubería de rebose, que se encuentra en la parte superior del inyector. Esta tubería vuelve al filtro principal de combustible.

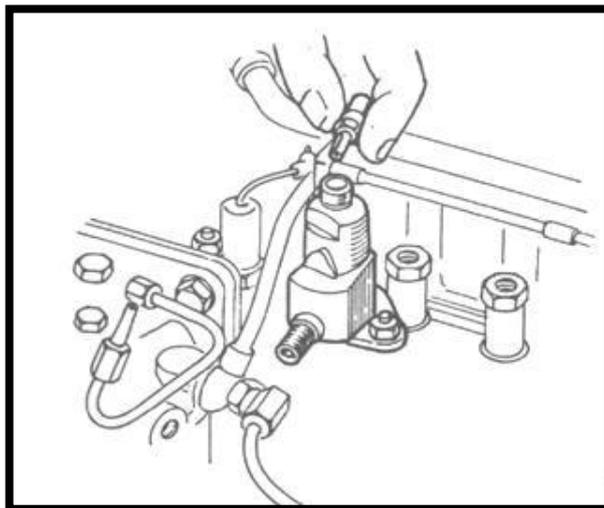
Figura 18. Desmontaje de un inyector



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 3. Retiramos el fragmento de unión con su arandela para su renovación para el montaje para mayor seguridad.

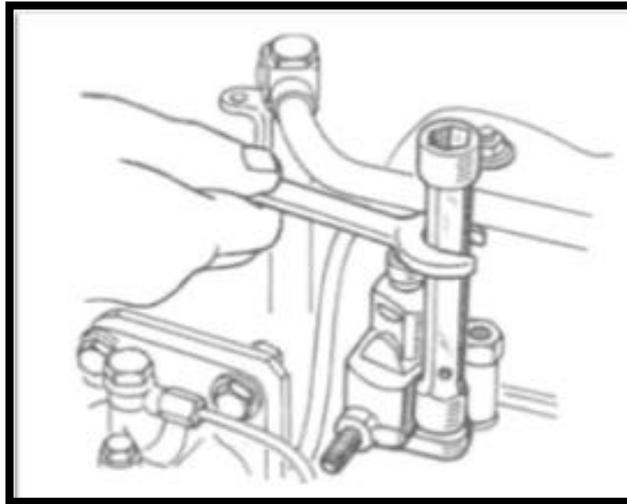
Figura 19. Desconexión de un inyector



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 4. Con una llave de boca o una llave tubo empezamos el desmontaje de la portatobera, quitando así los dos tornillos de fijación que poseen los inyectores.

Figura 20. Desmontaje de los tornillos de fijación del inyector

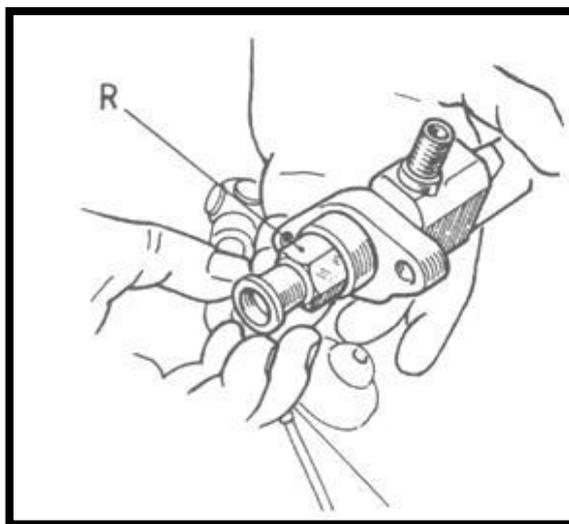


Fuente:<http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 5. Cuando retiramos estos dos tornillos todo el conjunto sale de su alojamiento y podremos retirarlo con facilidad sin inconvenientes algunos. Siempre tenemos que estar pendiente de la arandela de cobre que viene en el inyector para su buen ajuste, evitando así fugas en el momento de cumplir con su función.

Es importante cambiar la arandela en cada desmontaje del inyector para asegurarse de que va a cumplir su misión de estanqueidad con toda eficiencia. La zona hexagonal señalada con R es la que separa al inyector con el porta-inyector.

Figura 21. Inyector desmontado

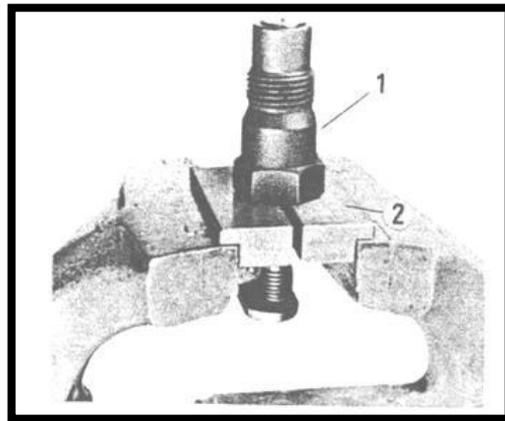


Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

2.8.2 Pasos para la limpieza de un inyector

Paso 1. Cuando trabajamos con piezas que contienen en su interior elementos muy finos. Es bueno asegurarse de trabajar con delicadeza. Para desmontar el inyector de la porta-inyector es conveniente poner todo este conjunto en una entenalla que este previamente limpia al trabajo a realizarse con sus mordazas respectivas (2). Con la ayuda de una llave ponemos separar estas dos piezas (1).

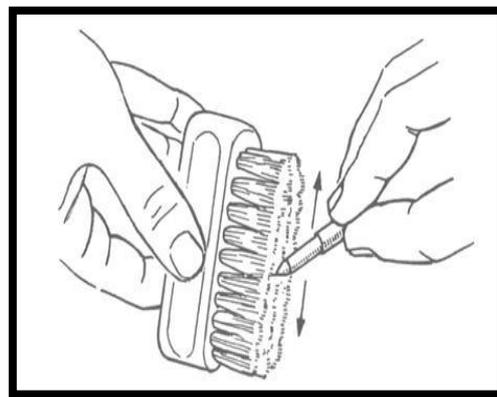
Figura 22. Inyector asegurado a un banco



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 2. Con un cepillo de alambre, limpiamos el contorno de la espiga y de forma más delicada limpiamos también el cono del asiento. Las cerdas del cepillo estarán empapadas en combustible, una vez que terminamos de limpiar la espiga se deberá sumergir de nuevamente en un nuevo líquido limpio.

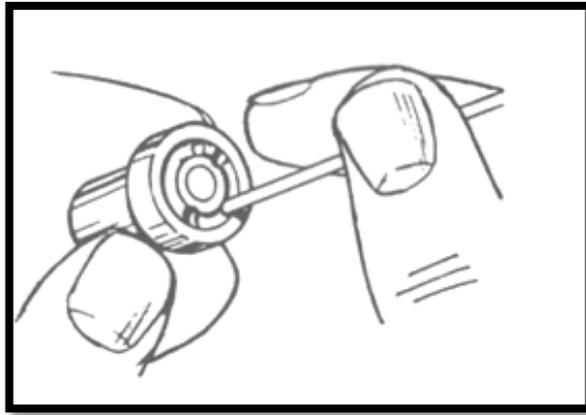
Figura 23. Limpieza de la espiga



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 3. Como podemos observar en el gráfico, la limpieza del canal de alimentación es muy importante ya que evitamos que se tapone retirando cualquier escoria que haya quedado en su espacio anular.

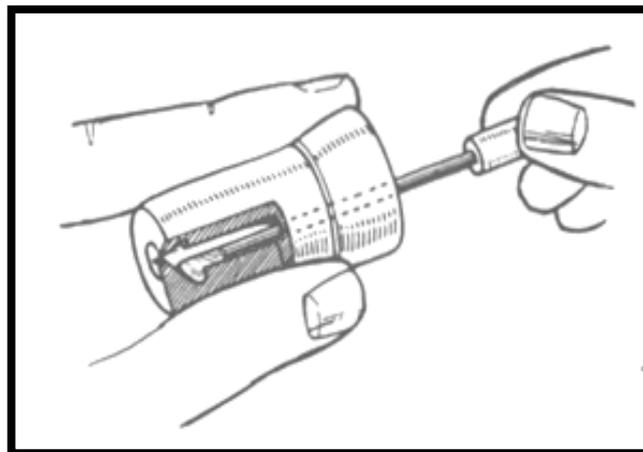
Figura 24. Limpieza de la aguja del inyector



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 4. A continuación limpiamos el canal de guía de la espiga, haciéndolo muy delicadamente sin rayarle la misma por la que esta se desliza. Este trabajo lo realizamos con la ayuda de un vástago limpiador.

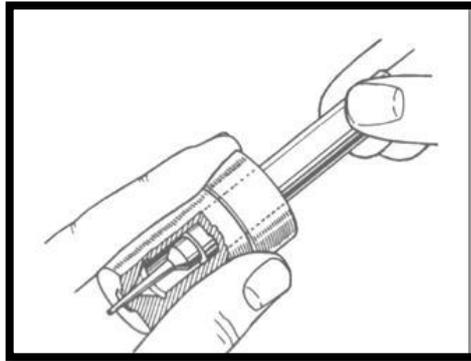
Figura 25. Limpieza del canal del inyector



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 5. Es importante limpiar todo el interior de la tobera, retirando así cualquier residuo de carbón, con la ayuda de una aguja limpiamos los ángulos y la conicidad del asiento de la espiga, teniendo esta la misma forma de la punta.

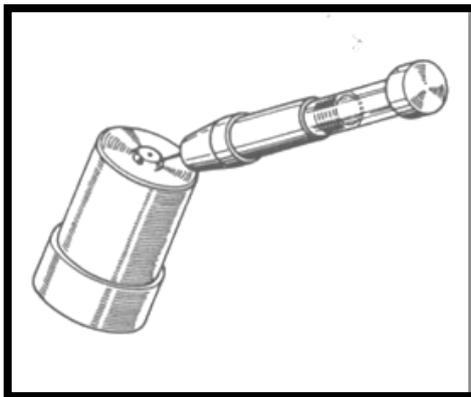
Figura 26. Limpieza del canal de guía



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 6. A continuación es importante limpiar los orificios del inyector, haciéndolo con una herramienta adecuada para ese trabajo, un porta alambre. Teniendo el alambre el mismo diámetro que el de los orificios caso contrario podría quedarse atascado y ocasionar problemas a la hora de funcionar.

Figura 27. Limpieza de la tobera



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

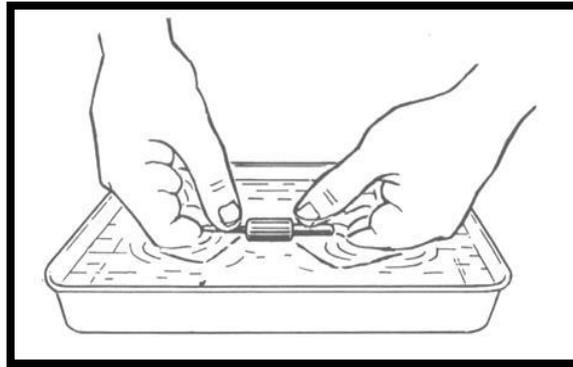
Paso 7. Dentro del inyector tenemos la aguja, que es un componente muy delicado, al que se le exige un cierre perfecto ya que si este gotea provoca desperfectos en el funcionamiento del motor, y la imprecisión de la dirección del chorro. Es importante tener en cuenta que la mayoría de expertos aconsejan que no sea tocada con las manos. Es importante una vez retirada, ponerla en un recipiente lleno de combustible para evitarle la oxidación, la suciedad y posibles averías por golpes. Cuando terminemos la limpieza del conjunto se procede al control del inyector, para comprobar que funciona correctamente y no tiene anomalías.

Es importante ver que la punta de la espiga no tenga deformaciones, ralladuras o zonas que pronostiquen calentamiento excesivo. Si existiera alguna rareza de las mencionadas, el inyector sería dado de baja.

Siempre tener en cuenta que el asiento fijo en el que se apoya la espiga debe ser revisado con precaución, atentos de ver alguna abolladura. Si después de todas estas pruebas el inyector se ve apto para su trabajo, será necesario realizar todavía el control del deslizamiento de la espiga en el interior de su guía en el cuerpo del inyector.

Sumergimos la aguja del inyector y el cuerpo del mismo cada una por su lado en una lavacara de combustible limpio y luego la aguja en su canal en el cuerpo del inyector.

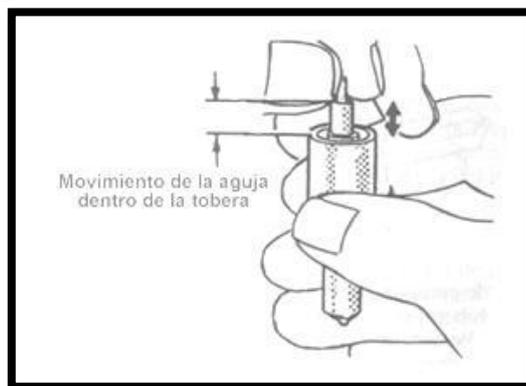
Figura 28. Aguja del inyector sumergida en gasóleo



Fuente:<http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/>

Paso 8. Una vez unido el conjunto procedemos a retirarlo de la lavacara de combustible, sosteniendo al inyector en forma vertical, habiendo levantado previamente la aguja del inyector para ver si se desliza hasta el fondo de su asiento.

Figura 29. Control de deslizamiento de la aguja



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

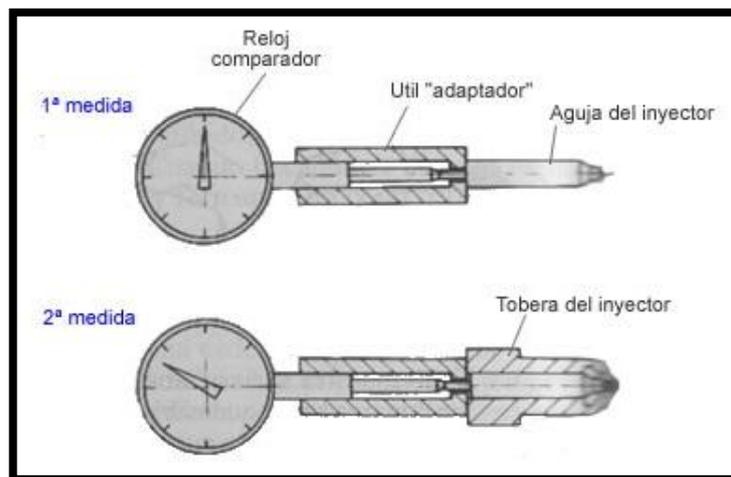
2.8.3 *Movimiento de la aguja.* La maniobra se debe repetir algunas veces, girando la aguja por series repetidas. Si la aguja se hunde exorbitantemente rápido es señal de excesivo juego y si lo hace perezosamente, o no termina de llegar al fondo, será señal de que no está acoplándose correctamente.

2.8.4 *Mediciones.* Con la ayuda de un reloj comparador se verificara la elevación de la aguja, en una primera medida, se acopla el adaptador en la zona rayada al extremo posterior de la aguja y se sitúa el reloj comparador encima de él, de tal forma que su palpador afirme contra el extremo de la aguja, efectuando la lectura en estas condiciones de uso controlando así su estado de trabajo.

Luego colocamos la aguja en la tobera, afirmando esta contra el adaptador y el palpador del reloj comparador contra el sobrado de la aguja, realizando una nueva y mejor lectura.

El levantamiento de la aguja, nos da la diferencia de las medidas antes mencionadas, que debe ser el estipulado por el fabricante. Caso contrario se deberá sustituir el conjunto de aguja y tobera.

Figura 30. Medición de la elevación de la aguja



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

Como podemos observar tenemos un kit de limpieza para inyectores, con la primacía de ser delicados y no dañar en las partes tan delicadas. Es importante tener herramientas adecuadas para realizar un buen trabajo y una buena limpieza.

Figura 31. Kit de limpieza de inyectores



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

2.9 Tipos de bancos de pruebas

En la actualidad existen diversos diseños, cada uno con características diferentes con el mismo objetivo, la comprobación de los inyectores. Estos bancos tienen la finalidad de ver si se sustituyen dichos elementos o todavía poseen las características que lo hacen aptos para su trabajo.

2.9.1 Banco comprobador de inyectores a diesel electrónico. Este banco de pruebas ha sido diseñado para lo que el cliente requiera referente a bombas e inyectores diesel. Este banco adopta alta calidad, alta confiabilidad, poco ruido, ahorro de energía, esfuerzo de torsión de alto rendimiento, función de protección y operación fácil.

Figura 32. Banco comprobador de inyectores a diesel electrónico



Fuente: <http://www.capris.cr/imagenes/cache/189230-500x500.jpg>

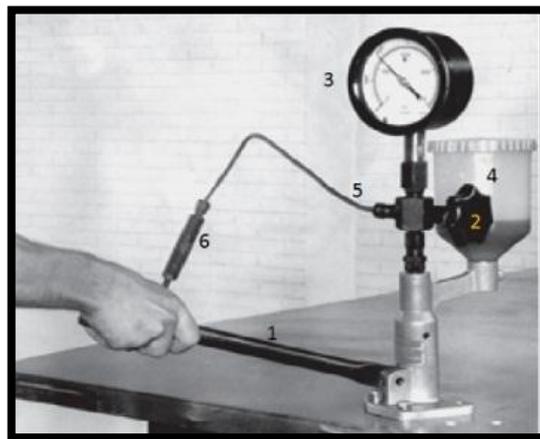
2.9.2 Banco comprobador de inyectores a diesel mecánicos. Estos tipos de comprobadores mecánicos, fueron los primeros en ser utilizados para mejorar el

rendimiento del motor haciendo que los inyectores funcionaran correctamente sin inconveniente alguno. Dentro de estos tenemos:

- Equipo Cav
- El equipo Hartridge Nozzle Poptest
- Hartridge Nozzle Testmaster

2.9.2.1 *Equipo Cav.* Para todos los motores, el ajuste de la presión se hace variando el espesor de calce que va montado sobre el resorte actuador. Aumentándose el espesor del calce, aumenta la presión y vice-versa. Es importante indicar que la construcción de los inyectores, además de la variación de marcas (CAV y Bosch), varía de acuerdo con el modelo y aplicación del motor.

Figura 33. Banco de pruebas tipo Cav



Fuente: <http://2.bp.blogspot.com>

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

2.9.2.2 *El equipo Hartridge Nozzle Poptest.* Este equipo se ha diseñado para probar inyectores de automóviles tradicionales. Es muy sencillo y su diseño compacto hace que sea fácil de operar y mantener.

Principales características

- Pruebas de todos los tipos de inyectores de automoción
- Filtro del depósito de aceite
- Regulador de volumen
- Se suministra con conectores adecuados para la mayoría de los tipos de inyectores

Beneficios

- Compacto y portátil
- Fácil de operar y mantener

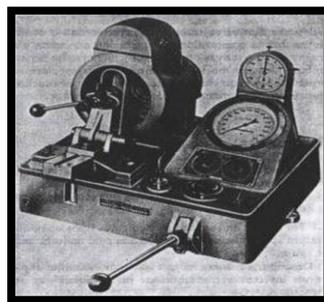
Figura 34. Equipo Hartridge Nozzle Poptest



Fuente: <http://www.hartridge.com/wp-content/uploads/2011/12/hh560.jpg>

2.9.2.3 Hartridge Nozzle Testmaster. Durante muchos años satisfacían la demanda de un bajo costo pero unidad de prueba sofisticada, para el análisis de rendimiento de la tobera del inyector y después de reacondicionamiento. Aunque la unidad HH601 ya no se produce, BTL puede ofrecer unidades de segunda mano que siguen para proporcionar una alternativa de bajo costo razonable a los talleres que cuidan su presupuesto.

Figura 35. Equipo Hartridge Nozzle Testmaster



Fuente: <http://www.btlrus.com/images/hh601.gif>

2.10 Funcionamiento del banco de pruebas

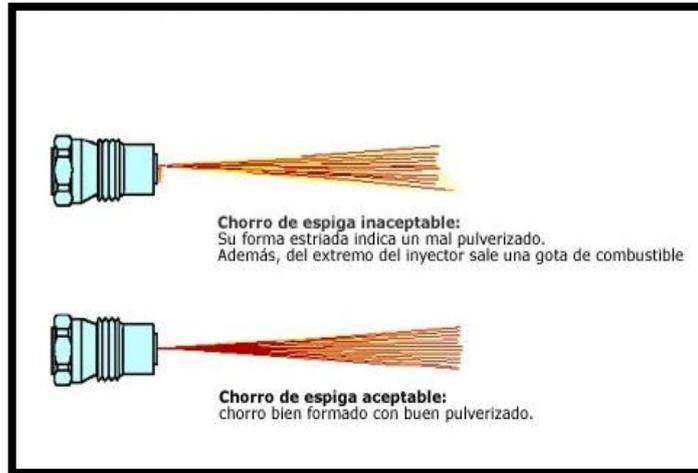
2.10.1 Pruebas mecánicas. Si queremos comprobar el perfecto funcionamiento del inyector sin tener que desarmarlo, nos bastara con desmontarlo del motor y utilizar uno de los comprobadores que hay para esta función. La comprobación del funcionamiento consiste en determinar si el inicio de la inyección se produce a la presión estipulada y la pulverización obtenida es correcta. Para realizar estas verificaciones se dispone de un comprobador, en el que se sitúa el inyector en un acoplamiento adecuado, conectando al mismo un tubería de alta presión que le hace llegar combustible desde una bomba manual, a una determinada presión, indicada por un manómetro. La prueba del inyector se efectúa en varias fases, que son las siguientes:

- Control de pulverización.
- Control de presión y tarado.
- Control de goteo.
- Control de fuga de retorno.

2.10.1.1 Control de pulverización. Montado el inyector sobre el comprobador de manera que vierta el chorro sobre la cámara, o un recipiente, se accionara la palanca de mando hasta conseguir la inyección de combustible en un chorro continuo. Accionando la palanca con una secuencia rápida, se observara el chorro de combustible vertido y la dispersión del mismo, que debe formar un cono incidiendo en la bandeja. Irregularidades en la forma o disposición del chorro implican el desmontaje del inyector y la limpieza del mismo con las herramientas apropiadas, cuidando de no rayar las superficies. Al tiempo que se realiza esta prueba, se analizara también el ruido que se produce en la inyección, cuyas características dan idea del estado del inyector. Para que el inyector pulverice correctamente el combustible, es preciso que su aguja oscile hacia atrás y hacia adelante a una frecuencia muy elevada en la fase de inyección. Esta vibración emiten un ruido muy suave, que puede percibirse accionando la bomba con una cadencia de uno o dos bombeos por segundo. Este zumbido desaparece cuando la cadencia es más rápida, siendo sustituido por un silbido que puede percibirse a partir de cuatro o seis bombeos por segundo. Hasta la aparición del silbido, la pulverización que se obtiene está a veces incorrectamente repartida o deshilachada. Cuando la

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

Figura 36. Ajuste de presión de los inyectores



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

2.10.1.2 Control de presión y tarado. Accionando la palanca de mando de la bomba con una cadencia aproximada de 60 emboladas por minuto, se observará la lectura máxima alcanzada en el manómetro, que corresponde a la presión de tarado del inyector, la cual debe ser la estipulada por el fabricante.

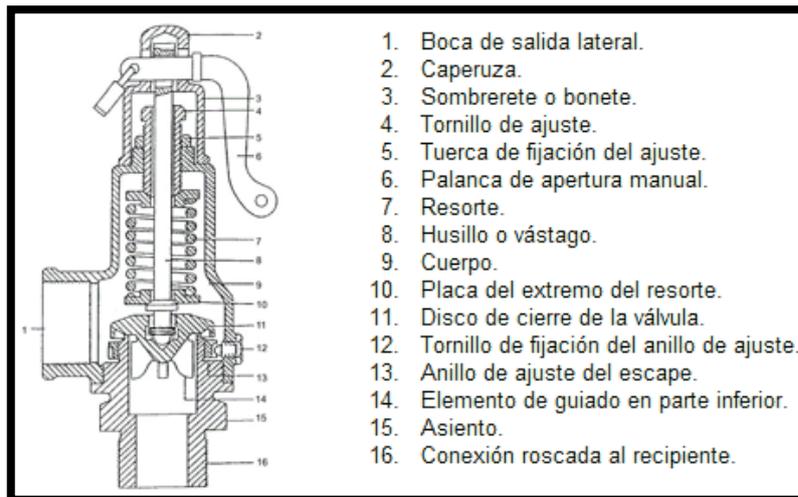
Si la presión de apertura es superior a la prescrita, es síntoma de que la aguja del inyector está "pegada", o a una obstrucción parcial de la tobera, o bien a una precarga incorrecta del muelle de presión.

Si la presión es inferior a la prescrita, lo cual suele suceder cuando el inyector ha funcionado más de 50.000 km, ello suele ser debido a falta de tensión del muelle de presión o rotura del mismo.

En cualquier caso, deberá procederse al desmontaje y limpieza del inyector y al tarado del mismo a la presión correcta.

Esta operación de tarado se realiza apretando o aflojando el tornillo de reglaje o interponiendo calces calibrados (arandelas) entre el muelle y la carcasa, según los casos.

Figura 37. Control de presión y tarado



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_alivio_de_presioDiagrama.gif

2.10.1.3 Control de goteo. Accionando lentamente la palanca de mando de la bomba de manera que la presión se mantenga por debajo de la de tarado y próxima a este valor, se constatará que no existe goteo del inyector. Lo contrario indica un defecto de estanqueidad que implica el desmontaje y limpieza del inyector, principalmente la superficie cónica de asiento de la aguja. Si con esta operación no se corrige el goteo, deberá sustituirse la tobera.

2.10.1.4 Control de fuga de retorno. Accionando la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bar por debajo de la de tarado, se cerrará la válvula de paso de combustible que está provisto el comprobador. En estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comparador, que indica el nivel de fuga de retorno. Generalmente se considera correcto un inyector, en cuando a nivel de fuga de retorno, si la presión se mantiene por encima de 50 bar más de seis segundos, partiendo de una presión de 100 bar.

La fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera, hacia el retorno. Esta fuga debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes. Si es pequeña, indica una escasa holgura entre la aguja y la tobera. Si la fuga es excesiva, indica mayor holgura de la necesaria y deberá sustituirse o repararse la tobera.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1 Parámetros de diseño

Consiste en determinar las propiedades consecuentes de aquellos elementos que influyen en la división del trabajo, no hay que entender tan sólo las características exteriores, sino, sobre todo.

3.2 Definición del banco de pruebas

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo.

Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción.

Es un método para probar un módulo particular en forma aislada.

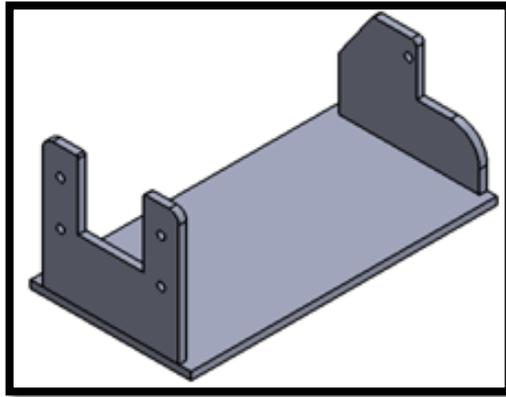
Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad.

3.3 Diseño del soporte de la bomba de inyección lineal

El diseño se realizó de acuerdo a la representación de la bomba lineal con el fin que la estructura no interviniera en accionamientos posteriores de la misma.

Esta va fijada en la parte superior de la estructura del banco de pruebas.

Figura 38. Soporte de la bomba de inyección lineal

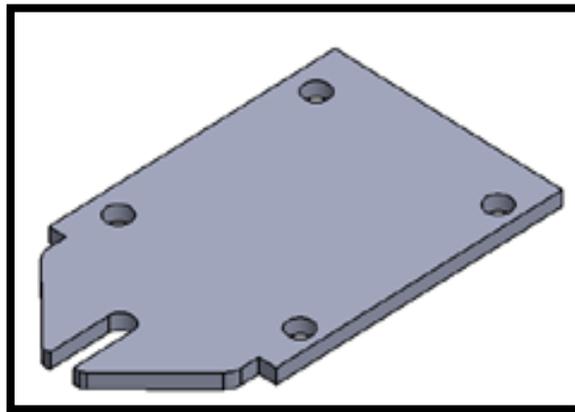


Fuente: Autores

3.4 Diseño del soporte del motor eléctrico de altas revoluciones

Se lo realizo acorde a la base del motor eléctrico de altas revoluciones, lo que nos brinda una fijación segura del mismo y no le permita excesivas vibraciones. La forma de U prolongada sirve como regulación para templar la banda que trasmite el movimiento a la polea de la bomba lineal.

Figura 39. Soporte del motor eléctrico de altas revoluciones

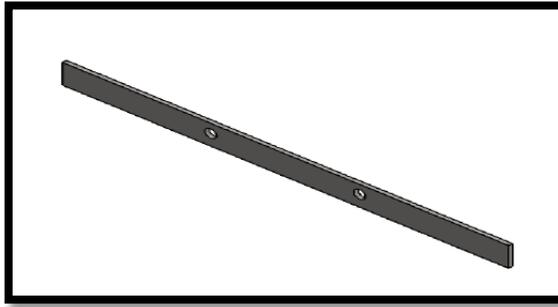


Fuente: Autores

3.5 Diseño del soporte para el tanque de combustible

Son dos derribas metálicas que mantienen sujeto al tanque de combustible por medio de dos pernos en cada lado, su separación de cada agujero la tomamos del tanque y su tamaño es suficiente para mantener estable al depósito de combustible.

Figura 40. Soporte para el tanque de combustible



Fuente. Autores

3.6 Diseño de la estructura del banco

Realizamos una estructura que no ocupe mucho espacio, que todos sus elementos sean fáciles de instalar y desinstalar y que a primera vista apruebe sus espectadores.

Figura 41. Diseño de la estructura del banco

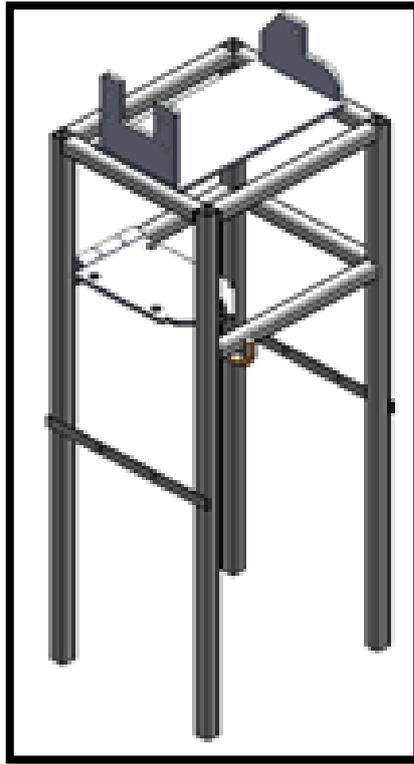


Fuente: Autores

3.7 Diseño de la estructura total del banco

Una vez que tuvimos cada pieza diseñada en su totalidad, empezamos a unir toda la estructura, dejándola lista para la instalación de sus elementos, la cual sería sometida a unas pruebas de deformación total y factor de seguridad.

Figura 42. Diseño de la estructura total del banco



Fuente: Autores

3.8 Fuerzas que estará sometida la estructura

Este análisis se lo realiza en el software de elementos finitos donde que la estructura estará sometida a las siguientes fuerzas:

- La bomba tendrá un peso de 70 N
- El motor con un peso de 100 N
- El tanque con un peso de 45.5 N

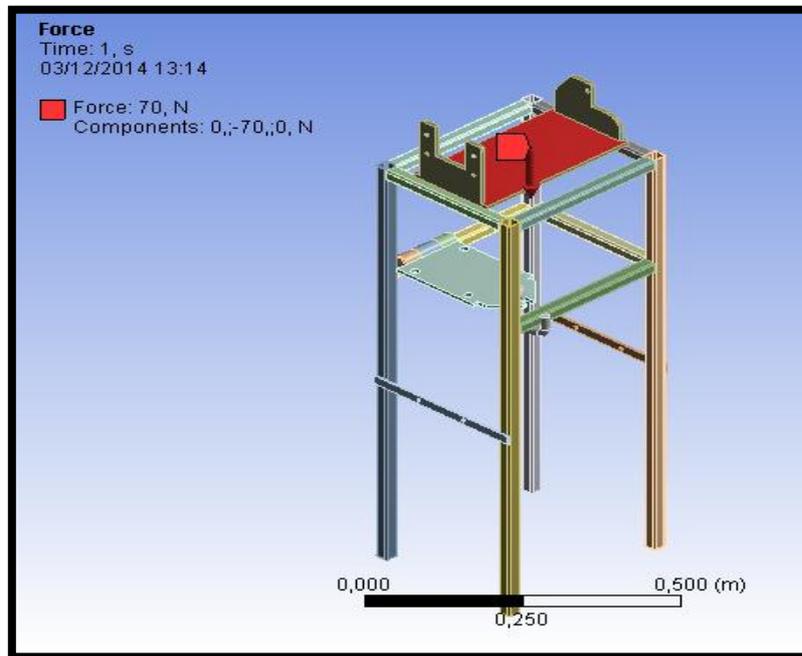
Las siguientes fuerzas van a ser aplicadas a cada soporte del banco de pruebas, distribuyendo su peso en uniformidad y observando así, los resultados; siendo estos favorables para nuestro diseño de equipo.

Dentro del análisis tenemos el factor de seguridad y la deformación total que sufriría el banco de pruebas.

Por el color dominante que tengamos como resultado, es fácil darse cuenta si nuestro equipo se encuentra operativo o no.

3.8.1 *Peso de la bomba que estará presente en la estructura*

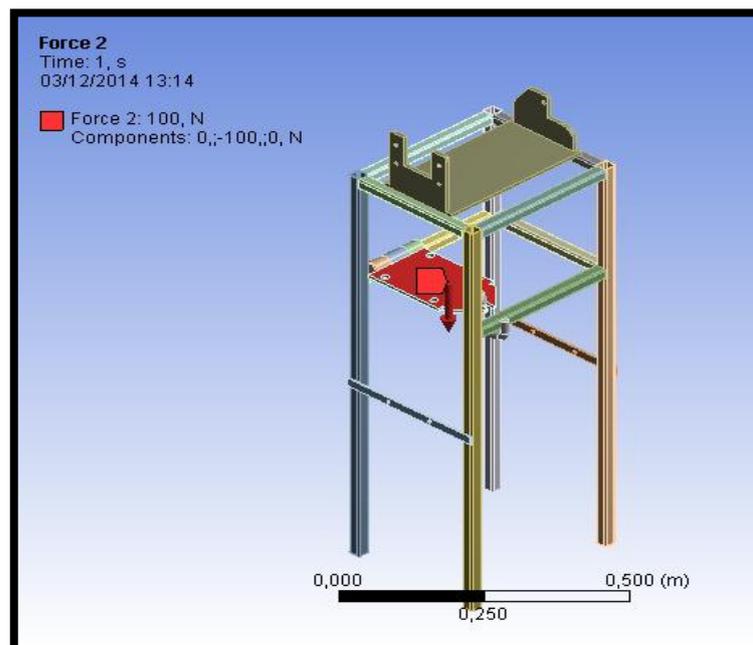
Figura 43. Peso de la bomba



Fuente: Autores

3.8.2 *Peso del motor aplicado en la estructura*

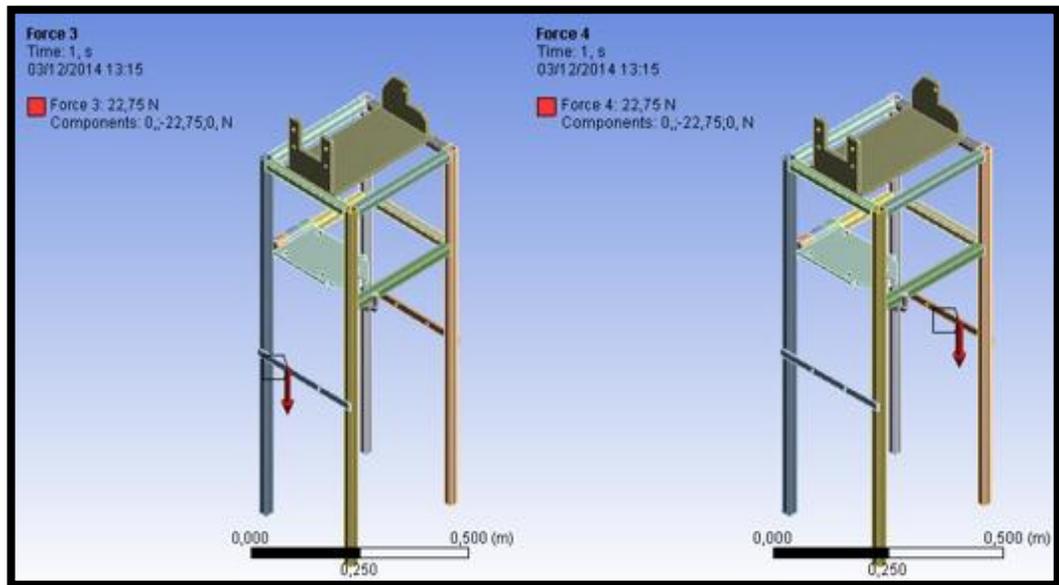
Figura 44. Peso del motor



Fuente: Autores

3.8.3 *Peso del tanque aplicada a la estructura*

Figura 45. Peso del tanque

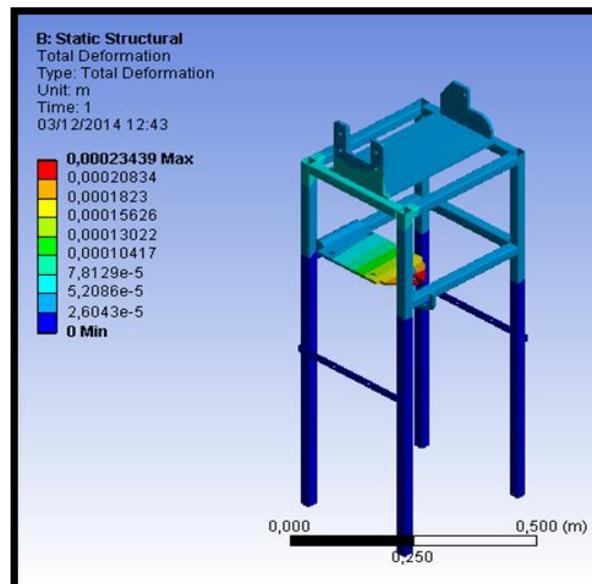


Fuente: Autores

3.8.4 *Análisis de la estructura en el software de elementos finitos*

- Análisis de deformación

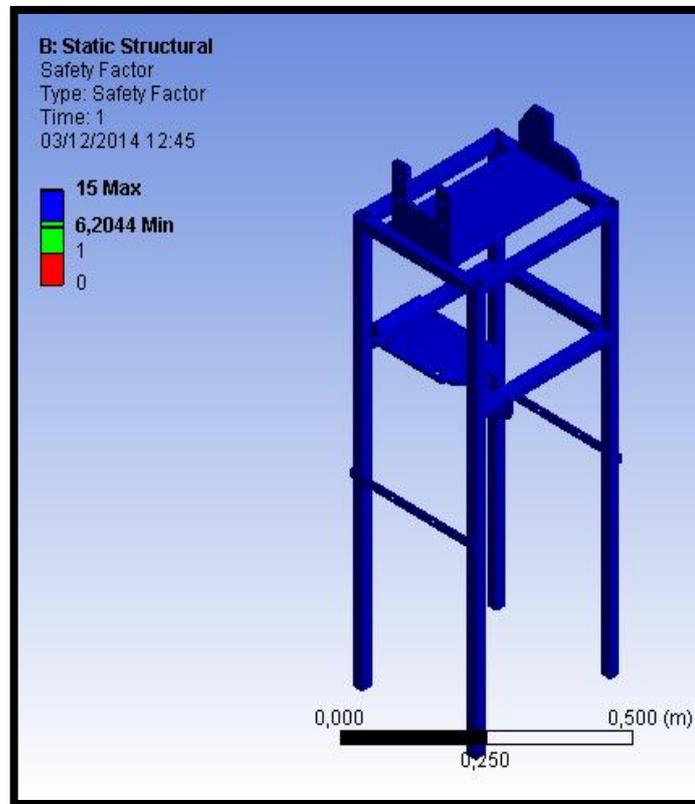
Figura 46. Deformación total



Fuente: Autores

- Factor de seguridad

Figura 47. Factor de seguridad



Fuente: Autores

3.9 Análisis dos de la estructura

Fuerzas que estén presentes en la estructura:

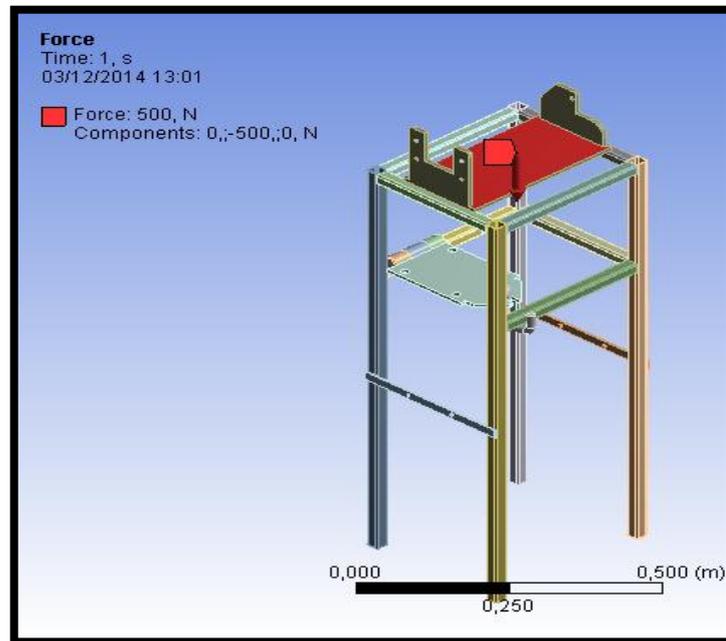
- Peso de la bomba = 500 N
- Peso del motor = 600 N
- Peso del tanque = 200 N

En esta segunda prueba, las fuerzas aplicadas son más excedidas, y podremos observar que no hay inconvenientes.

El banco de pruebas se encuentra operativo para desempeñar sus funciones sin ningún inconveniente.

3.9.1 *Peso de la bomba*

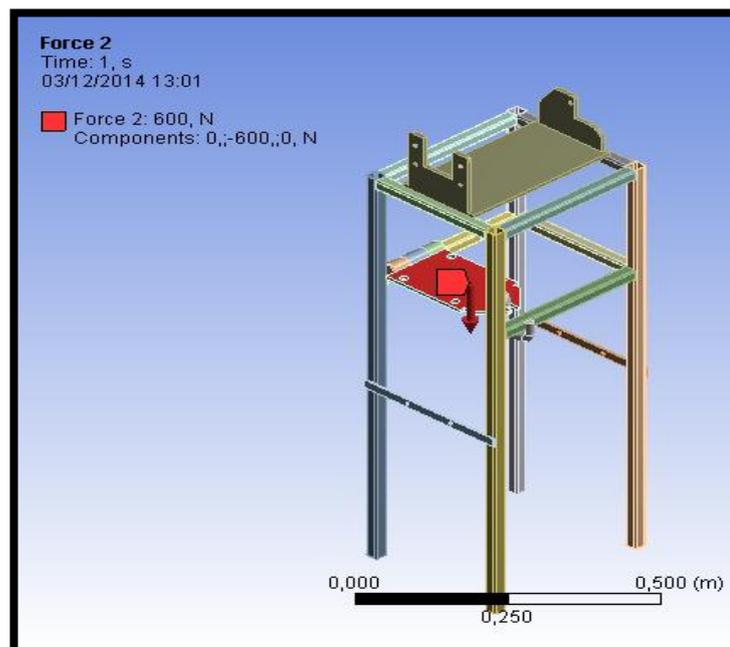
Figura 48. Peso de la bomba en la estructura



Fuente: Autores

3.9.2 *Peso del motor*

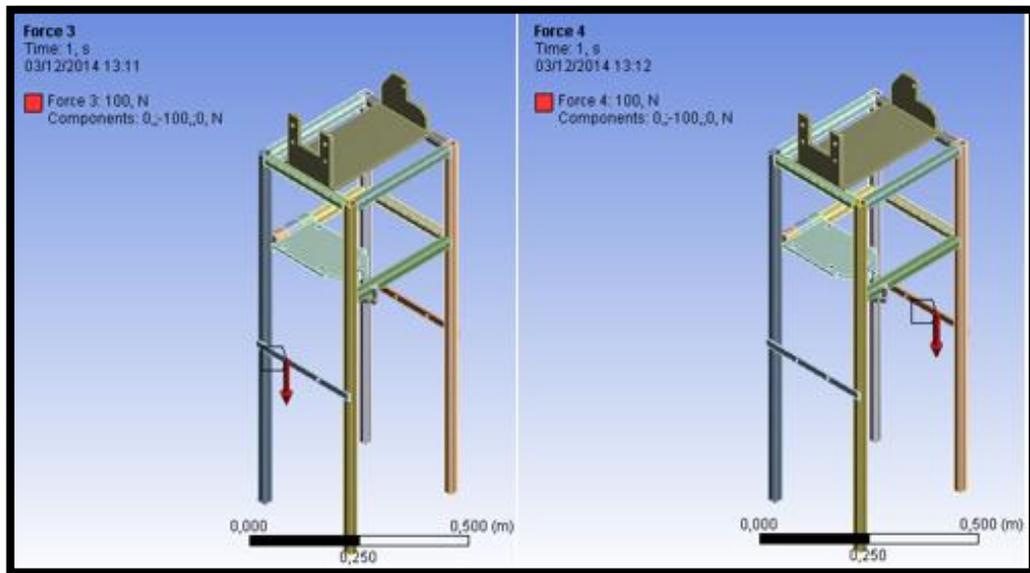
Figura 49. Peso del motor en la estructura



Fuente: Autores

3.9.3 *Peso del tanque*

Figura 50. Peso del tanque presentes en la estructura

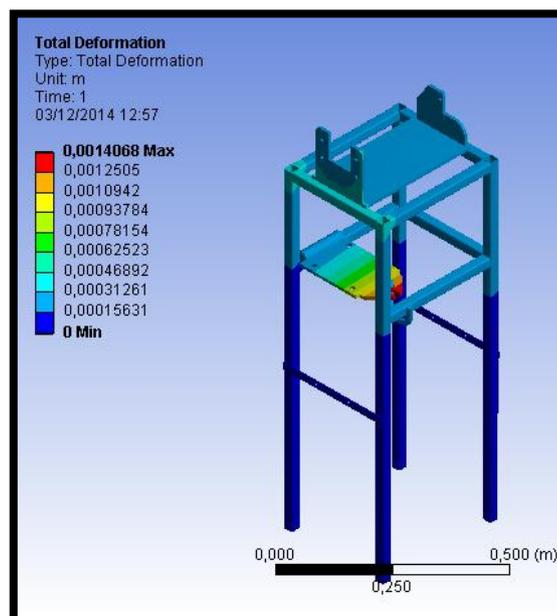


Fuente: Autores

3.9.4 *Análisis de la estructura en el software de elementos finitos*

- Deformación total

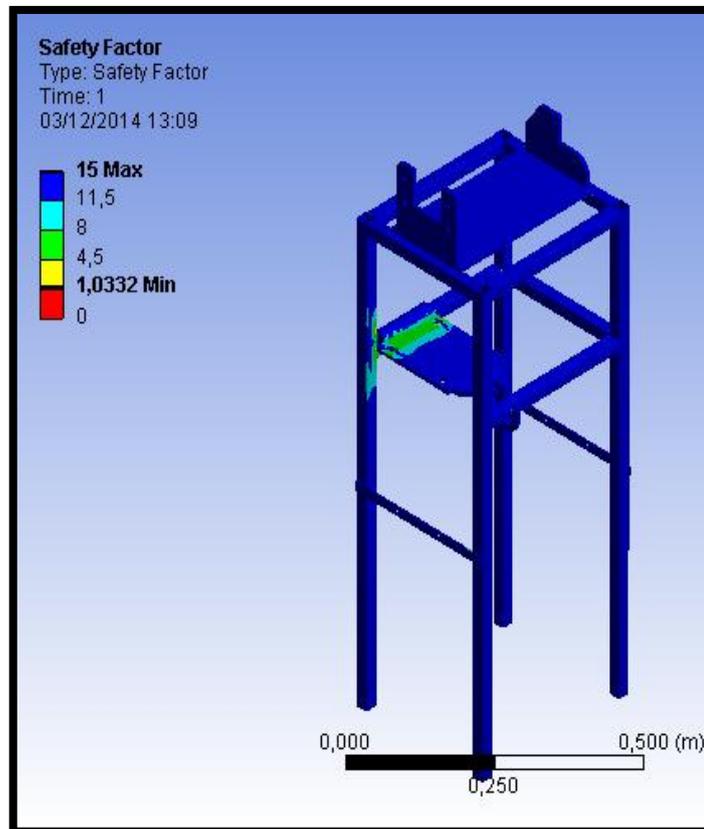
Figura 51. Deformación total en la estructura



Fuente: Autores

- Factor de seguridad

Figura 52. Factor de seguridad de la estructura



Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN Y ENSAYOS DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1 Generalidades

Antes de construir y diseñar las diferentes estructuras del banco de pruebas, se observó algunos diseños cotidianos que hay en el mercado y pensar; ¿qué falencias podían tener? o ¿qué incomodidad traía consigo?, todo esto en el momento de ocupar un espacio en el taller y la facilidad de su traslación.

Las expectativas impregnadas en un gran reto al darle énfasis, nos conllevó a buscar propiedades de ciertos elementos, que nos servirán para mejorar el diseño y su movilidad, algo eficiente y fácil de manejar.

Fue entonces cuando nació la idea de crear nuestro propio diseño, uno que sea capaz de sobrepasar con las expectativas, que tenga la misma eficacia y eficiencia que los demás bancos existentes en el mercado, pero sobre todo lo más importante es, que su costo sea más accesible para quienes requiera de este servicio.

4.1.1 *Los materiales utilizados para el diseño son:*

- Bomba de inyección lineal mecánica marco Denso Japonesa
- Cuatro inyectores mecánicos a diesel
- Motor eléctrico de alta revoluciones
- Depósito de combustible
- Tubo cuadrado galvanizado
- Poleas de aluminio
- Soldadora mig
- Soldadora eléctrica
- Pernos anticorrosivos
- Pintura esmalte en aerosol color negro

- Tapones de caucho para los asientos del banco
- Pulidora
- Discos de cortes
- Electrodo
- Amoladora
- Taladro
- Cepillo de acero
- Cierre manual
- Manguera
- Cable eléctrico
- Enchufe

4.1.2 *Protección personal a utilizar para la construcción:*

- Overol
- Guantes
- Gafas
- Zapatos punta de acero
- Mascarilla
- Mandil de cuero

4.2 Construcción de la estructura del banco

El diseño de la estructura del banco de pruebas, consiste en ocupar un espacio menor y tener un peso manipulable. Una vez que se toma en cuenta estos dos parámetros importantes se procede con la construcción, eligiendo un tubo de una pulgada cuadrada por 1.5 centímetros de grosor y 6 metros de longitud, ya que su peso es muy liviano y también es muy resistente a la deformación según la estructura del mismo.

Se cortó según las medidas necesarias previo a su diseño, utilizando una amoladora con disco de corte Norton N7, gastando un total de 5 discos para todos los cortes totales del diseño tanto en tubería como placa de acero.

Figura 53. Corte de tuberías



Fuente: Autores

Una vez listo con los tubos, se procede a puntear toda la estructura hasta que tenga forma previa al diseño y una vez ahí comenzamos a rematar toda la estructura con una soldadora mig de marca CEBORA, ya que es lo ideal por el espesor del tubo y porque deja un cordón excelente y sin tanto brote ni escoria.

Figura 54. Proceso de suelda de la estructura



Fuente: Autores

4.3 Construcción del soporte de la bomba de inyección lineal

Para construir el soporte de la bomba de inyección que está soldada al diseño de la estructura del banco de pruebas, se debe tener muy en cuenta algunos aspectos como son: facilidad de colocación y descolocación de la bomba de inyección, que la palanca de mando de la bomba tenga su juego libre y sin obstrucción, además que las medidas a tomar sean exactas ya que se necesitaba mucha precisión para que la construcción se realice de la mejor manera.

Una vez tenido en cuenta estos aspectos se empieza a construir el soporte de la bomba de inyección.

Se utiliza una plancha de acero de 8 mm de espesor ya que nos brindaba firmeza y una gran sujeción a la bomba de inyección.

Esta deberá tener dos partes soldadas, una será para la parte frontal de la bomba en la cual iba sujeta con 4 pernos 9/16 de pulgada, con una forma de U cuadrada, con las siguientes medidas: de alto que es 13,5 cm, su largo es 14 cm, la U tiene una separación de 6,7 cm, la otra plancha es soldada en la parte posterior tiene forma de bota, con una forma diferente a la frontal, por el accionamiento de mando de la bomba, sus medidas son: de alto es 10,5 cm, su largo es 14,5 cm, un agujero para perno de 9/16 de pulgada, la forma de la bota tiene a altura de 5,3 cm.

Se usó una soldadora eléctrica MILLER y el electrodo a utilizar fue el 6013 por sus características.

Figura 55. Construcción del soporte de la bomba de inyección lineal



Fuente: Autores

La plancha base tiene sus medidas de largo 31,5 cm y su ancho es 16,5 cm. Una vez soldadas sus dos partes (frontal y posterior) es muy importante pasar una pulidora de cepillo redondo de láminas de acero, para sacar toda la escoria que deja la suelda eléctrica; además de esto se limpia el óxido que contenía la plancha donde quedará listo para el siguiente proceso que sea el pintado de la misma.

Figura 56. Limpieza y adecuación del soporte de la bomba lineal



Fuente: Autores

4.4 Construcción del soporte del motor eléctrico de altas revoluciones

Para esta construcción, se deberá tomar en cuenta la banda de por medio, que toca ajustar y desajustar, por lo cual se nos vino una idea asombrosa y única, diferente a las corredizas ordinarias para templar bandas.

Se utilizara una bisagra industrial de 30 cc x 1 pulgada, el cual da un movimiento de giro para la posición del motor y por ende una ubicación correcta a la polea, esta consta con una placa base de acero de 8mm de espesor, de largo tiene 17 cm, de ancho tiene 13,5 cm, consta de cuatro agujeros de 9/16 de pulgada, en la cual el motor asentaría para su sujeción a la plancha por medio de pernos 9/16 de pulgada, con arandelas planas y tuercas de apriete, y por el otro lado la base iría soldado con la bisagra ya que estaría soldado con la estructura del banco de pruebas.

Ha esta va unido una placa adicional de acero de 8mm de espesor, que tiene una entrada en forma de U prolongada, su medida de largo es 6 cm y de ancho es 11,5 cm, sirve para la regulación de la banda y consta de dos contratueras para que su ajuste sea seguro, ya que de esto depende la transmisión del movimiento a la bomba de inyección.

Estas uniones se hicieron con electrodos 6013, utilizando un voltaje adecuado y utilizando una suelda MILLER, todo esto gracias a sus características.

Figura 57. Construcción del motor eléctrico de altas revoluciones



Fuente: Autores

4.5 Construcción del soporte para el tanque de combustible

Para esto utilizamos dos láminas de hierro de 3 mm de espesor, de largo tienen 30,5 cm, de ancho tiene 1,9 cm, las cuales soldamos a la estructura del soporte del banco de pruebas, utilizando una soldadora mig, teniendo en cuenta la separación de los agujeros que vienen en el depósito de combustible y agujereando con broca de 5/16 de pulgadas para luego ponerlos con pernos, arandelas y tuercas respectivamente.

Después de ser soldadas se procede a quitar su óxido y cualquier residuo por la soldadora como es el alambre y por último se pinta de color negro y con pintura esmalte en aerosol.

Figura 58. Construcción del soporte para el tanque de combustible



Fuente: Autores

4.6 Proceso de montaje e instalación del banco de pruebas

En el proceso de montaje e instalación para el banco de pruebas vamos a necesitar llaves mixtas milimétricas y en pulgadas, de diferentes medidas como son (10 mm, 17 mm, 14 mm, 9/16 in, 7/8 in) además de esto un alicate para las abrazaderas.

Primero empezamos colocando la bomba de inyección en su soporte, ubicando así los pernos que la sujetan a la misma, con la llave número 9/16 de pulgada necesitando otra para el apriete sosteniéndola por la parte de atrás.

De igual manera hacemos lo mismo con la parte trasera de la bomba que es donde va sujeta solo un perno de la misma medida.

Estas llevan arandelas de presión para evitar desajustes en caso de vibración de la bomba.

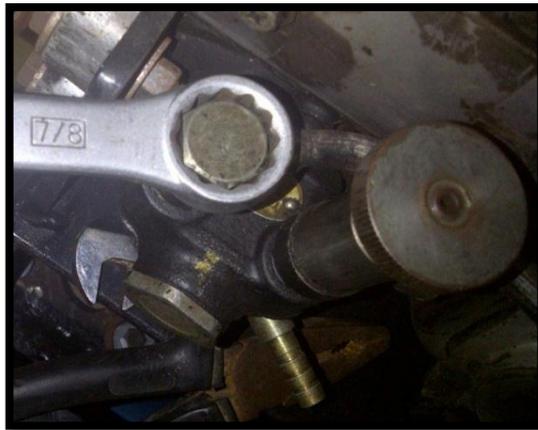
Figura 59. Colocación de la bomba de inyección



Fuente: Autores

De la bomba manual sale una cañería que va sujeta al filtro de combustible, esta se ajusta con una llave 7/8 de pulgada y lleva de por medio una arandela plana de cobre, que sirve para un mejor acople entre la cañería y la bomba manual, evitando así cualquier fuga de combustible.

Figura 60. Acople entre cañería y bomba

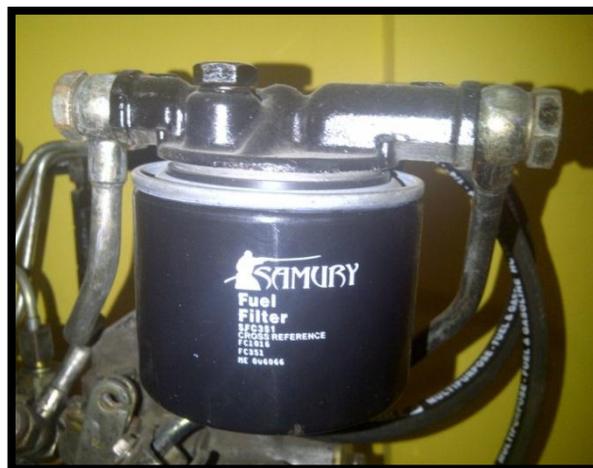


Fuente: Autores

Luego colocamos el filtro en medio de las cañerías de entrada y salida del combustible con una llave 7/8 de pulgada, dando un apriete lo suficientemente seguro como para que no se riegue combustible en el momento de su funcionamiento.

Además de esto va intermedia una arandela de cobre para una mejor firmeza en ambos lados.

Figura 61. Ensamblaje del filtro de combustible



Fuente: Autores

Por último la cañería de salida va ubicada en la bomba principal, de la misma forma se aprieta con una llave 7/8 de pulgada, lleva una arandela de por medio de cobre, que da un mejor acople entre las dos superficies y evita fugas de combustible.

Figura 62. Apriete de la cañería de salida de la bomba principal



Fuente: Autores

Las cañerías que salen de la bomba a los inyectores se ajustan con una llave de 17 mm y se hace lo mismo para las cuatro. El apriete se hace una por una según la cañería que se vaya colocando, no tan brusco ya que se puede aislar la rosca, perdiendo presión para dicho inyector y un mal funcionamiento del banco de pruebas.

Figura 63. Ajuste de cañerías de salida de la bomba



Fuente: Autores

Luego procedemos a ubicar los inyectores de la misma forma que las cañerías, uno por uno, y dando un apriete considerable. Para esto utilizamos una llave de 17 mm con el ajuste correcto para no tener fugas en el sistema.

Figura 64. Ajuste del inyector y cañería



Fuente: Autores

Después comenzamos con las mangueras de retorno de combustible, que salen de los inyectores y van hacia el tanque o depósito. Estas llevan dos abrazaderas en cada inyector por lo cual tenemos que poner 8 abrazaderas en total. Su apriete es inmediato una vez colocada esta se ajusta por sí misma. Para esto necesitamos un alicate.

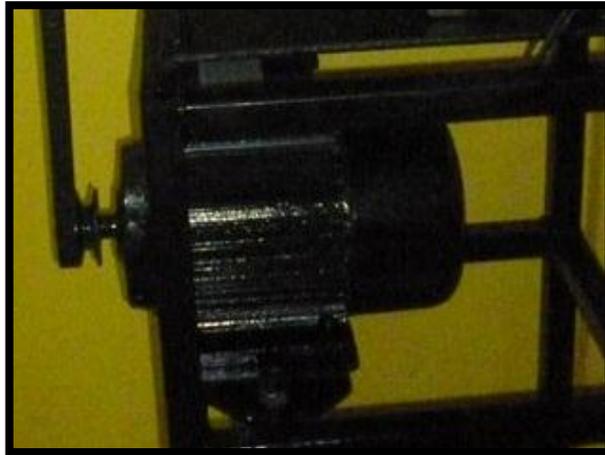
Figura 65. Colocación de las mangueras de retorno



Fuente: Autores

Después de esto colocamos el motor eléctrico de altas revoluciones en la parte intermedia de la estructura del banco de pruebas. Esta va sujeta con 4 pernos, 4 arandelas planas y 4 arandelas de presión. Su apriete se hace con una llave número 14 milimétrica y nos podemos ayudar con otra por la parte de abajo en el momento de estar ajustando.

Figura 66. Ubicación del motor eléctrico en la estructura



Fuente: Autores

Este motor tiene una regulación que se ajusta según el tiempe de la banda, esto se lo realiza mediante una tuerca por medio de una llave número 22 y luego se le pone una contra tuerca para mayor seguridad.

Figura 67. Regulación del motor



Fuente: Autores

En la parte inferior de la estructura va ubicado el tanque de combustible, que se encarga de abastecer a todo el sistema del banco de pruebas. Este va sujeto a dos pernos con sus respectivas arandelas por cada lado en total son 4 los que sujetan al depósito.

Esto lo realizamos por medio de una llave número 10 milimétrica dándole un ajuste normal para que quede bien sujeto.

Figura 68. Colocación del tanque de combustible en la estructura



Fuente: Autores

En los apoyos del banco de pruebas tenemos unos cauchos que van colocados en la parte inferior, para que sirva como amortiguador de las vibraciones pequeñas, están van ubicada entre el tubo y el piso. Total son cuatro cauchos para la estructura del banco de pruebas.

Figura 69. Apoyos del banco de pruebas



Fuente: Autores

4.7 Cuadros de procesos de construcción para un banco de pruebas de inyectores mecánicos, motores diesel

Tabla 2. Semanas de trabajo

Semanas de trabajo	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Construcción del soporte de la bomba de inyección.	x			
Construcción del soporte del motor eléctrico.		x		
Construcción del soporte del tanque de depósito.			x	
Construcción de la estructura del banco de pruebas				x

Fuente: Autores

4.8 Elementos que componen el banco de pruebas

Los elementos que forman parte del banco didáctico son:

- Depósito de combustible
- Manguera de baja presión
- Filtro de combustible
- Bomba lineal mecánica
- Cañerías de alta presión
- Inyectores
- Probetas
- Interruptor eléctrico
- Motor eléctrico
- Banda de transmisión
- Polea

4.8.1 Depósito de combustible. Es un contenedor seguro para líquidos inflamables, que suele formar parte del sistema del motor, y en el cual se almacena el combustible,

que es propulsado mediante la bomba de combustible o liberado como gas a presión en un motor.

Los depósitos de combustible varían considerablemente de tamaño y complejidad, desde un diminuto depósito de butano para un mechero hasta el depósito externo de combustible criogénico multicámara de un transbordador espacial.

Figura 70. Tanque de combustible



Fuente: Autores

4.8.2 *Manguera de baja presión.* Estas están diseñadas para usarse en diferentes aplicaciones con presiones de operación por debajo de 300 psi. Su refuerzo es generalmente un textil. Son utilizadas en equipo hidráulico de baja presión y también para conducir fluidos de base petróleo, combustible diesel, aceite lubricante caliente, aire, agua y anticongelantes de glicol.

Figura 71. Manguera de baja presión



Fuente: Autores

4.8.3 *Filtro de combustible.* Los filtros de combustible tienen que evitar el ingreso de partículas sólidas a los inyectores y el motor. La función del filtro de combustible diesel

es la de proteger el sistema de inyección en los vehículos diesel. Los filtros diesel eliminan las impurezas presentes en el combustible que pueden proceder de diferentes fuentes:

- Contaminación durante la producción, el transporte, el almacenamiento, las reparaciones, etc.
- Entrada de las partículas a través del sistema de ventilación del depósito de combustible.
- Contaminación con las impurezas y la oxidación presentes en el depósito o en los conductos de combustible.
- Condensación de agua en el depósito de combustible debido a las variaciones de temperatura.

Figura 72. Filtro de combustible



Fuente: Autores

4.8.4 Bomba lineal mecánica. La bomba inyectora es el elemento encargado de alimentar de combustible un motor Diesel. De este modo alcanza la temperatura ideal para provocar la inflamación del combustible. El combustible tiene que ser introducido en la cantidad exacta para que la combustión sea perfecta y el motor tenga un correcto funcionamiento. Son de accionamiento mecánico o eléctrico. Su única misión es la de mantener el combustible a la presión establecida sobre la bomba inyectora.

Figura 73. Bomba lineal mecánica



Fuente: Autores

4.8.5 *Cañerías de alta presión.* Estos tubos son de paredes muy gruesas relativas al diámetro exterior del tubo y están hechos de acero resistente para evitar su expansión durante el trabajo. Es común que el diámetro exterior sea a 6 mm mientras el interior sea de menos de 2.

La conexión tubo-bomba, tubo-inyector se hace con una sólida tuerca de capacete que aprieta el extremo ensanchado y redondeado en frío del propio tubo de acero contra una oquedad del asiento sin que medie empaque elástico alguno.

Figura 74. Cañería de alta presión



Fuente: Autores

4.8.6 *Inyectores.* Es un elemento componente del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir una determinada cantidad de combustible en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente

posible dentro del aire contenido en la cámara. El comienzo y fin de la inyección deben ser bien definidos, no permitiendo goteos posteriores de combustible.

Figura 75. Inyectores



Fuente: Autores

4.8.7 *Probeta.* Es un instrumento volumétrico que consiste en un cilindro graduado de vidrio que permite contener líquidos y sirve para medir volúmenes de forma aproximada. Está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro y tiene una graduación desde 5 ml hasta el máximo de la probeta, indicando distintos volúmenes. En la parte inferior está cerrado y posee una base que sirve de apoyo, mientras que la superior está abierta (permite introducir el líquido a medir) y suele tener un pico (permite verter el líquido medido).

Figura 76. Probeta



Fuente: Autores

4.8.8 *Interruptor eléctrico.* Es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. En el mundo moderno sus tipos y aplicaciones son innumerables, van desde un simple interruptor que apaga o enciende

una bombilla, hasta un complicado selector de transferencia automático de múltiples capas, controlado por computadora.

Figura 77. Interruptor eléctrico



Fuente: Autores

4.8.9 *Motor eléctrico.* Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.

Figura 78. Motor eléctrico



Fuente: Autores

4.8.10 *Banda de distribución.* Es uno de los más comunes métodos de transmisión de la energía mecánica entre un piñón de arrastre y otro arrastrado, mediante un sistema de dentado mutuo que posee tanto la correa como los piñones, impidiendo su deslizamiento mutuo.

Figura 79. Banda de distribución



Fuente: Autores

4.8.11 *Polea*. Es el punto de apoyo de una cuerda que moviéndose se arrolla sobre ella sin dar una vuelta complete, actuando en uno de sus extremos la resistencia y en otro la potencia.

Figura 80. Polea



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. VERIFICACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

5.1 Parámetros del sistema

El banco de pruebas para inyectores consiste en una bomba de inyección de accionamiento mecánico, que nos permitirá comprobar la abertura de los inyectores, de la misma forma regulándolo para su mejor funcionamiento, verificando la calidad y la forma de pulverización de inyección.

5.2 Verificación y funcionamiento del equipo

Para la verificación y funcionamiento del banco de pruebas es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Líquido de ensayo
- Caudal de la bomba
- Ajuste de la velocidad
- Ajuste de la velocidad de ralentí
- Inspección del circuito de baja presión
- Inspección del circuito de baja presión de retorno
- Inspección del circuito de alta presión
- Régimen de trabajo y combustible

5.3 Líquido de ensayo

Como líquido de ensayo suele emplearse el mismo gasóleo que se emplea como combustible en los motores, pero cada vez hay más tendencias a sustituirlo por productos especialmente preparados con este fin que presentan serias ventajas con respecto al combustible corriente. Las principales son: el carácter antioxidante y por lo tanto el protector de las superficies metálicas y el bajo coeficiente de aromáticos que limitan la contaminación del ambiente.

En cambio debe manejarse con cierto cuidado, pues enciende con mayor facilidad el gasóleo del surtidor sin aditivos.

En principio la Sociedad ISO de normalización exige las siguientes características:

1. Masa específica: $0,830 \pm 0,005$ (ISO-3675)
2. Viscosidad cinemática: 2,45 a 2,75 cSt a 40 °C (ISO-3104)
3. Protección antioxidante > 50 horas sobre plaquetas (según ASTM-D1748)
4. Componentes aromáticos < 12 % (ASTM-2140)
5. Tendencia a emulsionar 50 ml máx. (ASTM-D892) A 24 °C.
6. Tamaño máximo de las partículas sólidas < 0,47 μm .

El líquido de ensayo debe ser un aceite mineral refinado, desodorizado, conteniendo aditivos antiemulsionantes así como estabilizantes y anticorrosivos. Conviene que contenga aditivos antidesgaste.

El líquido de ensayo no debe irritar en lo más mínimo la piel. Hoy día se va empleando como unidad de viscosidad el centistoke (cSt) pero en unidades S.I. en las que $1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$.

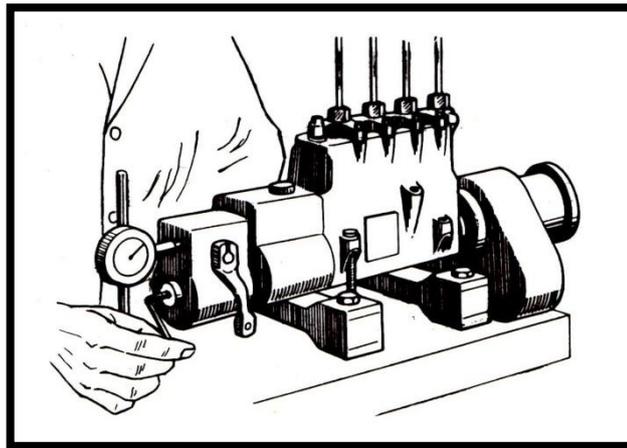
5.4 Caudal de la bomba

Se monta en el banco la bomba completa y desde luego acoplada por el tubo de impulsión al inyector de prueba o definitivo según sean las instrucciones del fabricante.

Se hace girar la bomba a las velocidades y en las condiciones que cada fabricante indica en su hoja de ensayo y se comprueban los caudales vertidos en las probetas por cada inyector.

Han de quedar instalados y dentro de las tolerancias admitidas en la Hoja ya citada. Si no fuese así, se tendrían que hacer girar sobre si mismos los pistones que no dan bastante caudal para que presenten ante la lumbrera una generatriz mayor, hasta que lográsemos cumplir las tolerancias señaladas en la Hoja del fabricante.

Figura 81. Reglaje del caudal en banco de ensayo



Fuente: Juan Miralles de Imperial

Si no se tiene ninguna operación conviene comprobar la igualdad de caudales por lo menos a la velocidad máxima o nominal a 80% de carrera útil de inyección y a 50% y también a la velocidad mínima o de ralentí y 10 o 15 %. No deben admitirse diferencias superiores a un 4 % entre la línea que inyecta más y la que menos.

Al final, daremos unas orientaciones concretas para aplicar en los casos en que sea imposible conocer los datos del fabricante.

Si la bomba no tiene eje de levas y pertenece a un motor de varios cilindros, se debe probar individualmente cada bomba pero consiguiendo los ajustes de valores como si estuviesen paralelos con sus hermanas.

Luego sobre el motor se tendrán que empalmar las cremalleras llevando buen cuidado de repartir bien y luego comprobar los caudales.

En general, para aumentar el caudal se debe roscar y para disminuirlo desenroscar los topes de los muelles del regulador.

Antes de verificar el caudal se debe haber comprobado la acción y posición de la palanca de paro.

En los motores grandes y lentos con bomba de inyección individual suelen instalarse pirómetros indicadores de la temperatura de los gases de escape, a la salida de cada

válvula, o lumbrera de escape. En ese caso la regulación de la igualdad de caudales se hace consiguiendo que las temperaturas de escape sean iguales. Por nuestra parte no recomendaríamos ese método, ya que las temperaturas de escape suelen quedar muy influenciadas por la posición de cada cilindro con respecto a la salida general.

En ese caso, un método mejor consiste en abrir la purga de cada inyector sucesivamente, mientras que el motor trabaja a una carga constante y comprobar la pérdida de vueltas que provoca la falta de alimentación en cada cilindro.

Finalmente, el método mejor para estos casos es sacar el diagrama de indicador de cada cilindro y comparar sus gruesos o conectar el indicador integrador de presión media efectivo para poder igual valores.

5.5 Ajuste de la velocidad

Este ensayo consiste en comprobar las carreras que el regulador permite a la cremallera de regulación de caudal a las velocidades preestablecidas que suelen ser la máxima y la mínima.

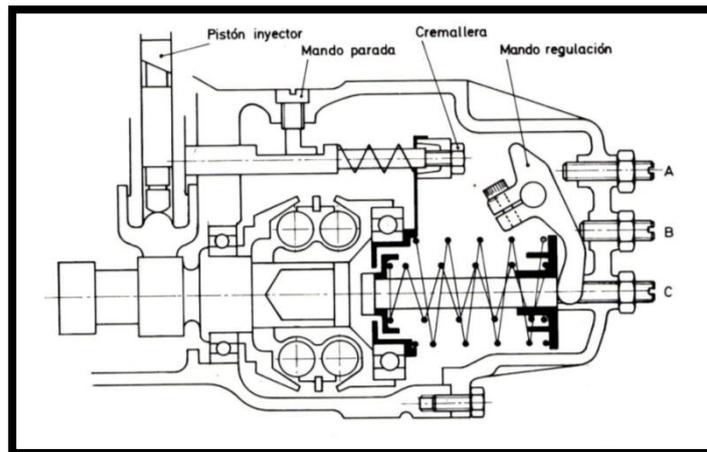
Para ello se debe hacer subir muy suavemente la palanca de mando o aceleración, teniendo la velocidad de giro fijada, y apreciar los momentos en que la cremallera comienza a retroceder u avanzar tomando buena nota de ellos y del recorrido. Si se debe retocar, se puede actuar sobre el tope de cremallera (solo reduce la carrera por su límite superior) o las arandelas del reglaje de la deslizadora.

Recordemos la ausencia de huelgos y de puntos duros en todos estos mecanismos. En la siguiente figura se aprecian más claramente los puntos de reglaje que veremos con más detalles al hablar de los reguladores.

5.6 Ajuste de la velocidad de ralentí

Es un ajuste igual que el anterior pero sobre un muelle que actúa en las bajas velocidades, el B en la siguiente figura gracias a la posición que toma el mando. El caudal en este caso suele estar cerca de 1/5 del de plena carga.

Figura 82. Puntos de ajuste de la bomba



Fuente: Juan Miralles de Imperial

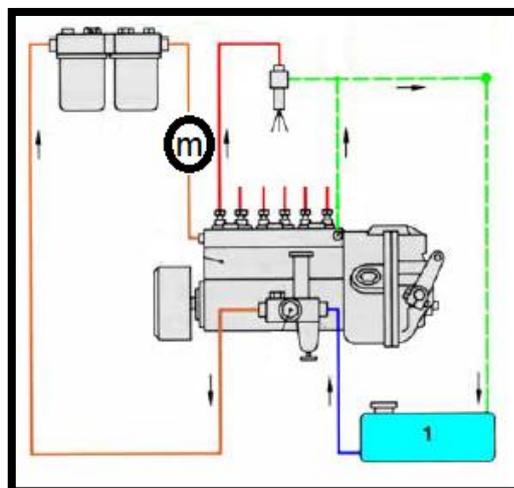
Puntos de ajuste de la bomba:

- A. Reglaje del tope de velocidad
- B. Reglaje de la posición mínima del mando “ralentí”
- C. Reglaje del caudal o límite de carga

5.7 Inspección del circuito de baja presión

Ubicar un manómetro de presión entre el filtro y la bomba de alta presión con el motor en marcha las presiones deben ser comprendidas entre 1.5 y 3.5 bares de sobrepresión.

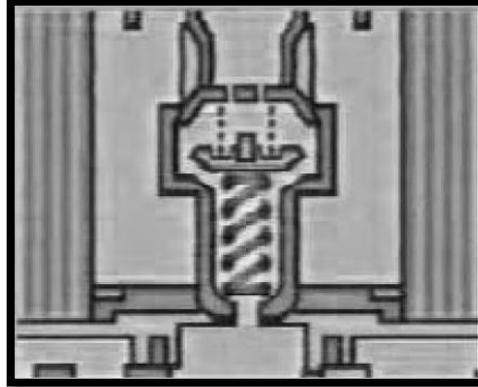
Figura 83. Circuito de baja presión



Fuente: Juan Miralles de Imperial

Si la presión es superior la avería estará posiblemente en la válvula de regulación de la presión con un tarado demasiado alto.

Figura 84. Válvula de regulación

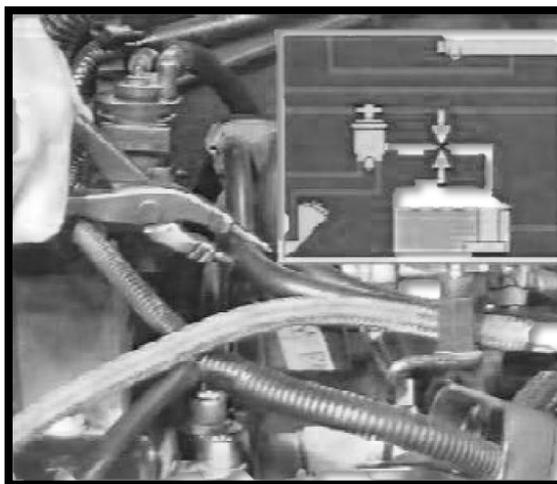


Fuente: Juan Miralles de Imperial

Si la presión es menor a la establecida la avería podría ser un problema de regulación en el tarado de la válvula o por un funcionamiento inadecuado de la bomba eléctrica de cebado.

Cuando paramos el motor y la presión residual disminuye del indicado por el fabricante, para este caso arrancaremos el motor y obturamos la tubería existente entre la bomba eléctrica y el filtro con una pinza, y si al detener al motor el valor de la presión se mantiene, sustituir la bomba por falta de estanqueidad en la válvula anti-retorno.

Figura 85. Obturación entre bomba eléctrica y filtro

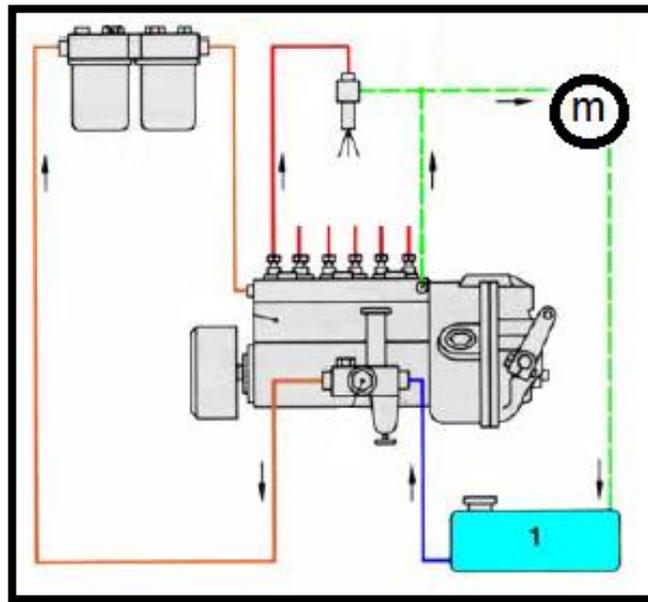


Fuente: Juan Miralles de Imperial

5.8 Inspección del circuito de baja presión de retorno

Otro valor a medir es la presión existente de retorno de combustible, conectar el manómetro entre la tubería de retorno de la bomba y el filtro de combustible el valor debe estar entre 0.2 y 0.9 bares, con el motor parado; y cuando ponemos en marcha el motor el valor no debe ser superior a 1.2 bares.

Figura 86. Circuito de baja presión de retorno



Fuente: Juan Miralles de Imperial

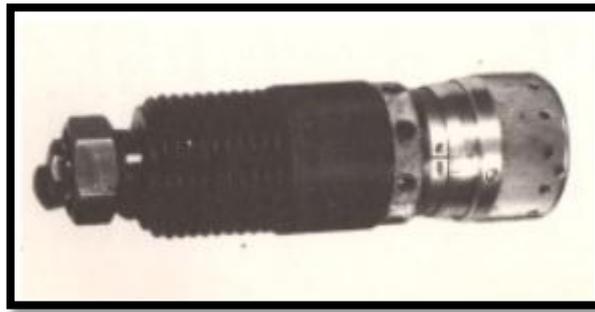
5.9 Inspección del circuito de alta presión

Debido a las altas presiones existentes en la rampa, no se puede colocar un manómetro acoplado a la entrada de esta porque sería muy riesgoso.

En fase de arranque del motor, la presión debe ser superior a 150 bares y con revoluciones del motor superiores a las 200, en estado de ralentí la presión alcanzada será de 298 bares y esta presión debe aumentar conforme a las necesidades de carga del motor.

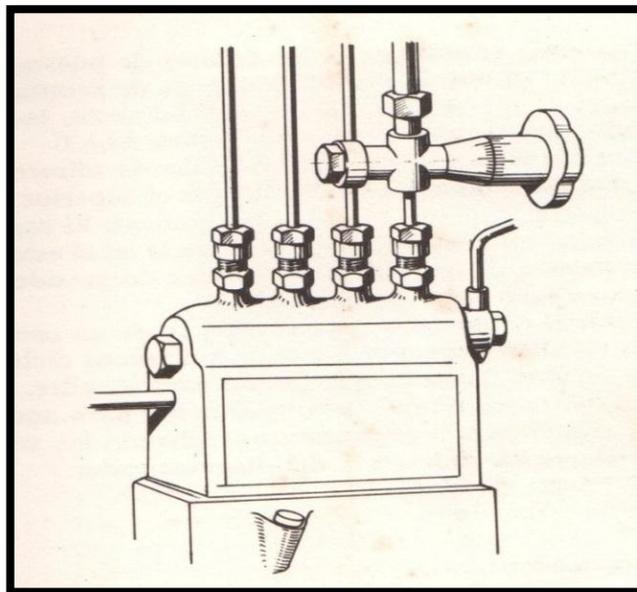
Es conveniente disponer de un aparato medidor llamado “acrómetro” o indicador de presión máxima. Se coloca en lugar del inyector o en la toma de indicador.

Figura 87. Acrómetro o indicador de presión máxima



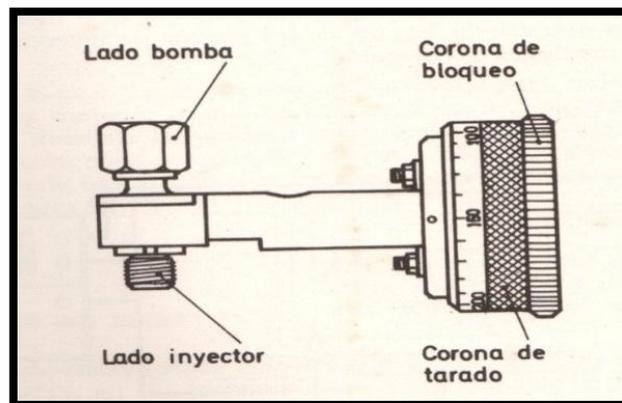
Fuente: Juan Miralles de Imperial

Figura 88. Comprobador de presión, a punto de ser utilizado



Fuente: Juan Miralles de Imperial

Figura 89. Comprobador de presión



Fuente: Juan Miralles de Imperial

5.10 Régimen de trabajo y combustible

Es interesante saber que pegaso hace algunas recomendaciones diferenciando las exigencias de los motores, según se destinen a:

- Cargas variable y regímenes bajos.
- Carga elevada y regímenes altos.

En el primer caso se deben emplear gasóleos algo más volátiles (90 % destilado 290 a 300 °C) mientras que el segundo los aceptan más pesados (90 % destilado a 330/350 °C) pero teniendo en cuenta que cuanto más frío sea el aire ambiente más volátil debe ser la fracción que empleamos.

5.11 Mejores resultados con estos requerimientos

- Conductos de impulsión entre bombas e inyector tan cortos como sea posible para evitar los efectos de las ondas de presión.
- Válvulas de descarga con la mínima reabsorción posible, para no estar a la merced de inyecciones irregulares provocadas por puntos de vaporización.
- Accionamientos de gran radio con poco par y mínimos juegos, para evitar imprecisiones mecánicas y despegues de mecanismos.
- Toma de accionamiento lo más cerca posible del volante, para evitar diferencia en la velocidad de inyección de los distintos cilindros provocadas por la gran elasticidad torsional y por el movimiento alternativo del cigüeñal.

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costo es simplemente, el proceso de identificación de los recursos necesarios para llevar a cabo la labor o proyecto del voluntario.

El análisis de costo determina la calidad y cantidad de recursos necesarios.

Entre otros factores, analiza el costo del proyecto en términos de dinero.

Con frecuencia, los voluntarios suponen que cuentan con los recursos necesarios y que el costo es tan bajo que no es necesario realizar el análisis.

Sin embargo puede ocurrir que, una vez que el proyecto esté marchando los voluntarios se den cuenta de que los utensilios, el equipo, los materiales y la mano de obra especializada que se requiere para completarlo no están disponibles.

Los costos se dividen en costos directos y costos indirectos.

6.1 Costos directos

Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto.

Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad.

Como por ejemplo, los materiales directos y la mano de obra directa destinados a la fabricación de un producto, o los gastos de publicidad efectuados directamente para promocionar los productos en un territorio particular de ventas.

Tabla 3. Costos directos

Cantidad	Detalle	Precio unitario (USD)	Valor total (USD)
1	Bomba lineal	950	950
1	Motor eléctrico	200	200
1	Tanque de combustible	107.14	107.14
4	Cañerías de alta presión	15	60
4	Inyectores	35	140
4	Toberas	20	80
1	2 m de mangueras	5	5
1	6 m de tubo cuadrado	11	11
1	Filtro de combustible	6	6
10	Rodelas de 14mm	0.45	4.50
8	Abrazaderas de ½ in	0.30	2.40
2	Perno con filtro	10	20
1	Terminal	4.20	4.20
1	Interruptor	2.25	2.25
8	Pernos 3/8 in	0.80	6.40
1	Pintura aerosol	5	5
Total			1603,89

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Son aquellos costos cuya identificación con un objeto de costos específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla. Para imputar los costos indirectos a los distintos departamentos, productos o actividades, es necesario, normalmente, recurrir a algún tipo de mecanismo de asignación, distribución o reparto. Los costos comunes a varios productos, o costos conjuntos, reciben también el tratamiento de costos indirectos.

Tabla 4. Costos indirectos

Detalle	Valor Total (USD)
Inversión de giro del motor eléctrico	25
Laboratorio rectilabmotor	135
Trabajos en torno	80
Alquiler de taller	250
transporte	100
Documentación e investigación	80
Total	670

Fuente: Autores

6.3 Costos totales

Es la sumatoria de los costos directos y costos indirectos, en lo que se ha invertido para la construcción del banco de pruebas de inyectores mecánicos motores diesel, para la escuela de Ingeniería Automotriz.

Tabla 5. Costos totales

Descripción	Valor (USD)
Costos directos	1603.89
Costos indirectos	670
Costo total	2273.89

Fuente: Autores

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se diseñó y construyó el banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diesel, para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Se investigó cada uno de los elementos del banco de pruebas y la función que cumple cada uno de los mismos, para un correcto funcionamiento.

Mediante el software de elementos finitos se pudo seleccionar el tipo de material que se utilizó para la construcción de la estructura y verificar si esta es capaz de soportar los esfuerzos, fatiga y vibración que estarán presentes durante su vida útil.

Se acoplo cada uno de los elementos del banco de pruebas, con los respectivos ajustes que ayudarán a la seguridad del banco y una mayor vida de funcionalidad.

Se elaboró una guía de operación del banco de pruebas con el fin de evitar futuros inconvenientes y una mala práctica del mismo.

7.2 Recomendaciones

Antes de realizar un tema de tesis, se deberá investigar a profundidad las partes que constituyen el proyecto ya que muchas veces se comenten errores que involucran a un nuevo diseño y sobre todo la pérdida de tiempo.

Para cualquier tipo de diseño, se deberá recurrir a la ayuda de software que permita analizar las diferentes estructuras que forman parte del banco de pruebas, donde se pueda realizar los estudios a los esfuerzos que estará sometido.

Se deberá utilizar las herramientas correctas y los equipos de protección personal deben ser obligatorios, de esta manera se puede empezar con la construcción del banco de

pruebas para inyectores mecánicos motores diesel, con el fin de ahorrar tiempo y evitar futuras lesiones.

Tomar en cuenta la función que cumple cada elemento, saber además el tiempo de vida útil de cada uno de ellos ya que si se dañara un componente importante esto produciría, un daño colateral, al banco de pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, Orville. 1980. *MOTORES DIESEL*. Barcelona : Gustavo Gili, 1980. 84-852-0237-X.

BOSCH. Inyección diesel. [En línea]

http://www.inyecciondiesel.cl/web/documentos/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n_Diesel.pdf.

BUITRAGO, Albeiro. Los inyectores diesel. [En línea]

http://albeirobuitrago.blogspot.com.ar/2008/08/inyectores_12.html.

<http://repositorio.espe.edu.ec>. [En línea]

<http://www.inyecciondiesel.cl>. [En línea]

http://www.inyecciondiesel.cl/web/documentos/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n_Diesel.pdf.

LASCANO, Diego y MONTACHANA, Julio. 2011. Desmontaje y limpieza de un inyector.

[En línea] 06 de 2011. [Citado el: 25 de 11 de 2014.]

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3803/1/T-ESPEL-0826.pdf>.

MECÁNICA, Talleres. 2010. El inyector. [En línea] 05 de 05 de 2010. [Citado el: 20 de 11 de

2014.] <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/mercadodiesel/inyectores.html#>.

POURBAIX, J y ALBERTAL, E. 1996. *Motores Diesel*. Mexico : ALFAOMEGA S.A., 1996. 970-15-0195-0.

ANEXOS

ANEXO A
Formato de prácticas de laboratorio



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO DE (SISTEMA DE SEGURIDAD)

PRÁCTICA No 1 PRUEBAS Y CALIBRACIÓN DEL INYECTOR

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE(S): estudiante(s)

CODIGO(S): estudiante(s)

.....
.....

.....
.....

GRUPO No.:

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

.....

.....

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

- Calibrar los inyectores

2.2. ESPECÍFICOS

- Conocer el funcionamiento del inyector mecánico.
- Saber las partes que conforma un inyector mecánico.

3. METODOLOGÍA

El método empleado para esta práctica de laboratorio es el práctico

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

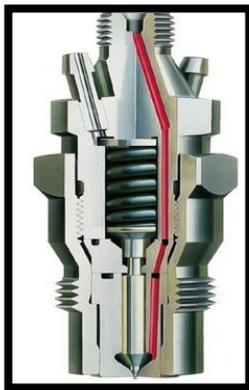
- Equipo de seguridad.
- Herramientas para la extracción del inyector.

5. MARCO TEÓRICO:

El inyector diesel es el componente del sistema de inyección, que se encarga de introducir el combustible finamente pulverizado en la cámara de combustión.

Dependiendo que sean inyectores para motores de inyección directa o indirecta, su construcción y morfología es distinta. Los inyectores llamados de orificios son los de inyección directa y los de tetón de inyección indirecta. Realmente esta característica mencionada es de la tobera, que es el principal componente que se sustituye en el inyector cuando se repara. El inyector es el elemento que nos permite determinar externamente, si un motor es de inyección directa o indirecta.

Figura 1. El inyector



Fuente: <http://www.tallerdeMECÁNICA.com/taller-bosch/cursos/mercadodiesel/inyectores.html#>

Con las primeras gestiones electrónicas para motores diesel se utilizaban inyectores con sensor de movimientos de aguja o inyectores pilotados, o como se denominan vulgarmente, los inyectores con cable. Son inyectores mecánico completamente iguales a los convencionales y pueden ser reparados sin ningún problema.

Su diferencia se encuentra en el hecho de llevar una bobina eléctrica en la parte superior que detecta el movimiento de la aguja de la tobera, lo que supone de hecho el comienzo real de la inyección. (MECÁNICA, 2010)

Los inyectores mecánicos convencionales son reparables todos excepto los de los inyectores de la marca Stanadyne o Carterpillar, que son los llamados de lapicero que no tienen reparación y se sustituyen completos.

6. PROCEDIMIENTO:

Listar las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica, generalmente se utilizará entre otras:

- Retirar el inyector del banco de pruebas
- Toma de datos de presión del inyector
- Revisar y analizar las partes del inyector y reemplazarlos si es necesario
- Armado del inyector
- Calibración correcta del inyector
- Colocación del inyector en el banco de pruebas

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

7.1 Conclusiones

Es importante concluir que gracias a este banco podemos apreciar el orden de encendido del motor para su buen funcionamiento.

7.2 Recomendaciones

Se debe colocar las arandelas de calibración de tal manera que sea preciso para la correcta presión que deberá tener el inyector.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Manual práctico del automóvil (Reparación, mantenimiento y prácticas).
- Juan Miralles de Imperial.
- Manual Ceac del automóvil.

ANEXO B
Guía de laboratorio control de estanqueidad del asiento



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD: MECÁNICA

ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO DE (SISTEMA DE SEGURIDAD)

PRÁCTICA No 2 CONTROL DE ESTANQUEIDAD DEL ASIENTO

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE(S): estudiante(s)

CODIGO(S): estudiante(s)

.....
.....

.....
.....

GRUPO No:

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

.....

.....

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

- Verificar la estanqueidad del inyector

2.2. ESPECÍFICOS

- Comprobar el buen funcionamiento del inyector.
- Conocer el comprobador de estanqueidad de un inyector mecánico.

- Saber las respectivas presiones para realizar una prueba de estanqueidad.

3. METODOLOGÍA

El método empleado para esta práctica de laboratorio es el práctico.

4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Equipo de seguridad.
- Comprobador de estanqueidad de un inyector.

5. MARCO TEÓRICO:

Esta prueba consiste en ver hasta qué punto el inyector mecánico cierra de tal manera que no presente fugas en presiones que estén por debajo durante su funcionamiento y dejar pasar el tiempo en unos 10 segundos para inspeccionar que no exista goteo.

La prueba se lo puede realizar mediante el comprobador de inyectores, en el cual se podrá hacer pruebas de estanqueidad y de pulverizado de un inyector mecánico.

6. PROCEDIMIENTO:

Listar las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica, generalmente se utilizará entre otras:

- Retirar el inyector del banco de pruebas
- Colocamos el inyector en el comprobador
- Aplicamos presión
- Verificamos si existe algún goteo en el inyector

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

7.1 Conclusiones

Es importante hacer esta prueba de estanqueidad para que el motor tenga un mejor desempeño durante su funcionamiento.

7.2 Recomendaciones

Hacer esta prueba para que el sistema de alimentación en los motores diesel tenga un buen funcionamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA:

- Manual práctico del automóvil (Reparación, mantenimiento y prácticas).
- Juan Miralles de imperial.
- Manual Ceac del automóvil.

ANEXO C

Guía de laboratorio control de pulverización, dirección del chorro, y ruido



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD: MECÁNICA**

ESCUELA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO DE (SISTEMA DE SEGURIDAD)

**PRÁCTICA No 3 CONTROL DE PULVERIZACIÓN, DIRECCIÓN DEL
CHORRO, Y RUIDO**

1. DATOS GENERALES:

NOMBRE(S): estudiante(s)

CODIGO(S): estudiante(s)

.....
.....

.....
.....

GRUPO No:

FECHA DE REALIZACIÓN:

FECHA DE ENTREGA:

.....

.....

2. OBJETIVO(S):

2.1. GENERAL

- Comprobar el chorro y ruido del inyector mecánico.

2.2. ESPECÍFICOS

- Comprobar el buen funcionamiento del inyector
- Conocer el tipo de chorro y dirección que deberá tener un inyector
- Conocer el tipo de comprobador de inyectores para esta prueba

3. METODOLOGÍA

El método empleado para esta práctica de laboratorio es el práctico

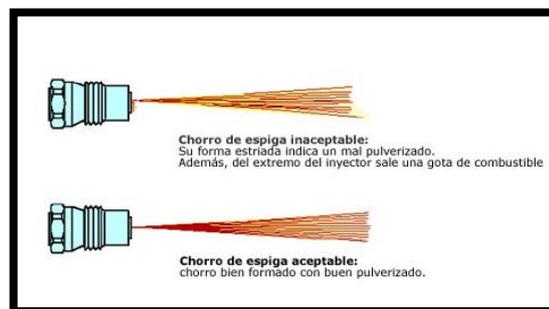
4. EQUIPOS Y MATERIALES:

- Equipo de seguridad
- Comprobador de pulverización de un inyector

5. MARCO TEÓRICO:

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

Figura 1. Chorro de inyectores



Fuente: <http://www.aficionadosalaMECÁNICA.net/images-hazlo/injector-comprob.jpg>

Al tiempo que se realiza esta prueba, se analizara también el ruido que se produce en la inyección, cuyas características dan idea del estado del inyector.

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

6. PROCEDIMIENTO:

Listar las actividades o etapas en forma secuencial para el desarrollo de la práctica, generalmente se utilizará entre otras:

- Retirar el inyector del banco de pruebas
- Colocamos el inyector en el comprobador
- Aplicamos presión
- Verificamos si existe algún goteo en el inyector
- Visualizamos la dirección y el chorro que tiene el inyector
- Calibrar el inyector en caso de ser necesario

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

a. Conclusiones

La prueba de dirección y chorro de un inyector es muy indispensable ya que si en caso de que este no se tiene un correcto pulverizado nos da a entender que el inyector puede estar taponado o los orificios del mismo se encuentran muy abiertos.

b. Recomendaciones

Se deberá hacer los respectivos cambios de filtros en el sistema de alimentación del banco didáctico para la protección de impurezas y alargar la vida útil no solo del inyector sino la bomba que es el componente principal de todo el sistema de inyección.

8. BIBLIOGRAFÍA:

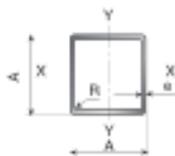
- Manual práctico del automóvil (Reparación, mantenimiento y prácticas).
- Juan Miralles de Imperial.
- Manual Ceac del automóvil.

ANEXO D Perfiles estructurales

PERFILES PARA USOS ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES

Perfiles Cuadrados ASTM A-500

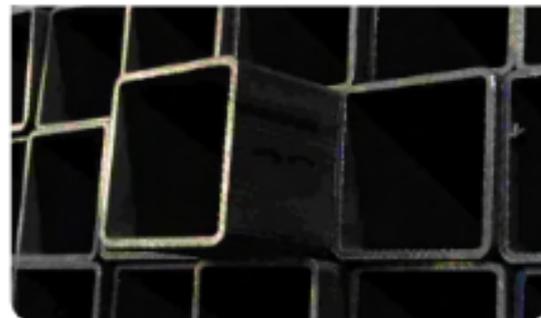
Especificaciones Generales	
Largo normal:	6 m. Otros largos previa consulta.
Recubrimiento:	Negro.
Extremos:	Lisos de máquina.
Calidades normales:	A42-27ES - A37-24ES - SAE 1010 - SAE 1008
Otras dimensiones:	A pedido, previa consulta a CINTAC.



Dimensiones nominales		Peso teórico Kg/m	Area A cm ²	Ejes X-X e Y-Y		
A mm	Espesor mm			I cm ⁴	W cm ³	i cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,0	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	1,5	0,83	1,06	0,58	0,58	0,74
	2,0	1,06	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
	1,5	1,06	1,36	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,0	0,89	1,13	1,57	1,06	1,18
	1,5	1,30	1,66	2,19	1,46	1,15
40	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48

Dimensiones nominales		Peso teórico Kg/m	Area A cm ²	Ejes X-X e Y-Y		
A mm	Espesor mm			I cm ⁴	W cm ³	i cm
50	1,5	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
	4	5,45	6,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79
75	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82
	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
100	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	46,22	3,89
	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79
135	4	16,13	20,55	581,38	86,13	5,32
	5	19,90	25,36	704,23	104,33	5,27

Los productos destacados son fabricados a pedido y lote mínimo.



ANEXO E
Manual de mantenimiento y operación

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

BANCO DE PRUEBA PARA INYECTORES MECÁNICOS MOTORES DIESEL



Presentación

El mantenimiento necesario para los elementos del banco de pruebas de inyectores mecánicos para motor diesel, es muy importante hacer una inspección visual de los elementos para que no existan anomalías en el sistema así anotando ciertas recomendaciones, para mantenerlo cada elemento en perfectas condiciones, para un óptimo funcionamiento del banco así prevenir alguna rareza en el banco y en cada uno de los elementos.

Por tal motivo el manual de mantenimiento tiene por objetivo que los estudiantes que ocupen desarrolle los hábitos de orden, al realizar el mantenimiento del presente banco didáctico de inyectores mecánico ayudándolo a mantener en buen estado y operándolo de una manera correcta, para evitar accidentes o daños de los elementos.

El aceite recomendado para la bomba de inyección lineal es W-30 y el líquido para las pruebas es el mismo combustible o sea diesel.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

 ESPOCH	FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS	FAC.MEC	Versión: 2015
		Fecha de Elaboración: 13/03/2015	
		Fecha de Modificación: 13/03/2015	
Elabora	Revisa	Aprueba	
Autores	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	

Descripción Física	Este banco de prueba didáctico ayuda al aprendizaje y el estudio del funcionamiento de los inyectores mecánicos y la misión que cumplen.
---------------------------	--

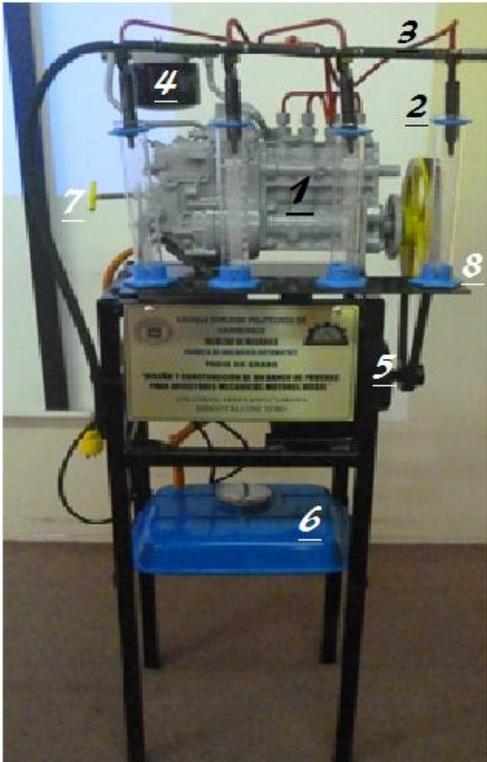
DATOS DEL MODELO		FOTOGRAFÍA
MODELO: J y F	SECCIÓN:	
MARCA: Denso	COLOR: Negro-Azul-Gris	
SERIE: xxx	PAIS DE ORIGEN: Ecuador	
COD: Donado	CAPACIDAD: 750 bar	
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
SERIE BOMBA: ND-PES4A95G321RND484		
DATOS DEL BANCO		
INYECTORES: Mecánicos	BOMBA: Lineal Denso	
VOLTAJE: 110	MOTOR ELECTRICO: 1 HP	
PRESION DEL SISTEMA 220 Bar	Revoluciones del motor: 3450 RPM	
TIPO DE BANCO:		
METALICO	PLÁSTICO	PROTOTIPO CARROCERIA
X		

Figura 1

PARTES IMPORTANTES	
NÚMERO	DENOMINACIÓN
1	BOMBA LINEAL
2	INYECTORES MECÁNICOS
3	CAÑERIAS
4	FILTRO DE COMBUSTIBLE
5	MOTOR ELECTRICO
6	TANQUE DE COMBUSTIBLE
7	ACELERADOR DEL CONTROL DE INYECCIÓN
8	PROBETAS

	FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS	FAC.MEC	Versión: 2015
		Fecha de Elaboración: 13/03/2015	
		Fecha de Modificación: 13/03/2015	
Elabora	Revisa	Aprueba	
Autores	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	

BANCO Y EJECUCIÓN DE LAS TAREAS		
PARTES IMPORTANTES	TAREAS DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
BOMBA LINEAL	Presión	TRIMESTRAL
INYECTORES MECANICOS	Revisión de pulverizado	MES
CAÑERIAS DE ALTA	Inspección visual	Semestralmente
FILTRO DE COMBUSTIBLE	Cambio	MES
MOTOR ELÉCTRICO	Inspección	TRIMESTRAL
TANQUE DE COMBUSTIBLE	Inspección	MES
EJECUCIÓN DE LAS TAREAS		
BOMBA LINEAL		
Medición de la presión		
PROCEDIMIENTO	MATERIALES	
Colocar acrómetro en la salida de la bomba y antes de las cañerías	Acrómetro.- Indicador de presión	
Cebado del sistema		
Encendido del sistema		
Observamos la presión indicada en el acrometro		
Apagamos el sistema		
INYECTORES MECÁNICOS		
Revisión de pulverizado		
PROCEDIMIENTO	MATERIALES	
Colocamos los inyectores en el banco	Probetas graduadas	
Encendemos el sistema		
Observamos la pulverización		
Apagamos el sistema		

	FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS	FAC.MEC	Versión: 2015
		Fecha de Elaboración: 13/03/2015	
		Fecha de Modificación: 13/03/2015	
Elabora	Revisa	Aprueba	
Autores	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	
CAÑERIAS			
Inspección visual			
PROCEDIMIENTO		MATERIALES	
Inspección visual		Llaves mixtas	
Ajuste en caso de goteo			

	FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS	FAC.MEC	Versión: 2015
		Fecha de Elaboración: 13/03/2015	
		Fecha de Modificación: 13/03/2015	
Elabora	Revisa	Aprueba	
Autores	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	

MOTOR ELÉCTRICO			
Inspección			
PROCEDIMIENTO		MATERIALES	
Observar el cableado		Brocha para la limpieza	
Inspección visual del motor eléctrico		Cinta aislante en caso cable obstruido	
Limpieza de polvo			

MANUAL DE OPERACIÓN

	FICHA TÉCNICA DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES MECÁNICOS	FAC.MEC	Versión: 2015
		Fecha de Elaboración: 13/03/2015	
		Fecha de Modificación: 13/03/2015	
Elabora	Revisa	Aprueba	
Autores	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	Dr. Mario Audelo Ing. Marcelo Castillo	

OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBA DE INYECTORES MECÁNICOS



Antes de utilizar el banco didáctico de pruebas de inyectores mecánicos, debe leer atentamente este manual ya que ha sido preparado para que se familiarice con el funcionamiento del mismo y también para la seguridad del personal que lo utilice para evitar algún accidente.

INSTRUCCIONES ANTES DE ENCENDER EL BANCO DIDÁCTICO

1. UBICACIÓN DEL BANCO DE INYECTORES MECÁNICOS

1.1. El banco didáctico debe estar ubicado en un lugar libre de humedad, área limpia, libre de polvo, para evitar daños, debido que puede sufrir alguna avería por estos factores.

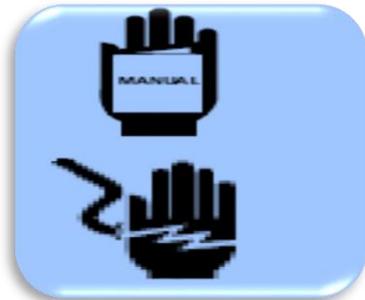


Figura 2



Tener cuidado con la alimentación.

2. PUESTA EN MARCHA Y APAGADO DEL EQUIPO

- 2.1 Conectar el banco a la red de 110 V
- 2.2 Colocarse frente al banco
- 2.3 Encender el banco con el switch de arranque
- 2.4 Verificar si no existe fugas de fluido
- 2.5 Visualizar el chorro del inyector
- 2.6 No meter las manos entre sus poleas
- 2.6 Apagar el sistema pulsando el botón off
- 2.7 Desconectar el cable de alimentación



Figura 3

