

BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA TIPO VE

ANDRÉS FELIPE GONZÁLEZ GUALDRON
JHON ALEXANDER MORA VELÁSQUEZ
NICOLÁS ORLANDO VARGAS GÓMEZ

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ

2015

BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA TIPO VE

JHON ALEXANDER MORA VELASQUEZ
ANDREZ FELIPE GONZALEZ GUALDRON
NICOLAS ORLANDO VARGAS GOMEZ

Trabajo como opción de grado para optar título de
Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Director
Msc. Armando Alfredo Hernández Martín

UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
BOGOTÁ

2015

PAGINA DE ACEPTACION

Nota de Aceptación

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirnos cursar y adelantar nuestros estudios de Tecnología en mecánica Automotriz y contribuir al desarrollo de nuestras familias y del país.

A Nuestras Familias

Por ser nuestro apoyo incondicional y los mejores consejeros en esta etapa lectiva. Además, por tener la paciencia y serenidad para permitirnos sacrificar tiempo en familia para poder cumplir con nuestros compromisos educativos.

A la Universidad ECCI

Por mostrarnos un mundo de posibilidades y permitirnos desarrollar nuestras habilidades y aprender de los expertos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue realizado bajo la supervisión del profesor Armando Hernández, a quien expresamos nuestro profundo agradecimiento por hacer posible la realización y entrega del mismo. Con su paciencia, apoyo, tiempo y dedicación logramos el objetivo.

Agradecemos a Dios, a nuestras familias y compañeros de estudio por ser el pilar fundamental y aliciente para continuar nuestros estudios y buscar siempre superar las barreras y cumplir nuestros sueños.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. MARCO TEORICO.....	13
2.1 Definición.....	13
2.2 Historia	14
2.3. Bombas Rotativas	14
3. FUNCIÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA TIPO VE	20
3.1. Formación de la Mezcla	20
3.1.1 Energía cinética del chorro de combustible	21
3.1.2 Energía térmica	21
3.1.3 Forma de la cámara de combustión	21
3.1.4 SWIRL Movimiento ordenado del aire	22
3.1.5 Variación del Avance a la Inyección	23
3.1.6 Construcción del Variador	25
3.1.6.1. Funcionamiento del variador	25
4. REGULADOR O GOBERNADOR PARA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN TIPO VE	27
5. ESTUDIO TECNOLÓGICO DE UNA BOMBA BOSCH TIPO VE.....	28
5.1. Alimentación de Combustible.....	28
5.1.1. Baja Presión	28
5.2.1. Elementos que intervienen en el circuito de alta presión.....	30
5.2. Sistema de Inyección Diesel	31
5.2.2. Depósito de Combustible	31
5.2.3. Tuberías de Combustible	31
5.2.4. Filtro de Gasóleo	31
5.2.5. Bomba Previa.....	32
5.2.6. Componentes Suministro de Gasóleo	32

5.2.6.1.	Bomba de combustible.....	32
5.2.6.2.	Electrobomba de combustible.....	32
5.2.6.3.	Bomba de combustible de engranajes.....	33
5.2.6.4.	Bomba de paletas	34
5.2.6.5.	Bomba de paletas de bloqueo	35
5.2.6.6.	Bomba de combustible en Tándem	36
5.2.7.	Válvula Regeneradora de Baja Presión.....	36
5.2.8.	Refrigerador de Combustible	37
5.2.9.	Filtro de Combustible	38
5.2.10.	Filtro de combustible para sistemas de inyección Diesel	38
6.	PRUEBA EN EL BANCO DE LA BOMBA VE.....	41
7.	REPARACIÓN.....	44
7.1.	Reparación Parcial.....	44
7.2.	Reparación Total.....	45
	CONCLUSIONES	46
	RECOMENDACIONES.....	47
	BIBLIOGRAFIA.....	48

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. El Motor Diesel y Su Funcionamiento.....</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 2. Componente de una bomba rotativa BOSCH VE.....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 3. Partes de una bomba convencional.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 4. Evolución de la relación de aire-combustible en una gota aislada en reposo.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 5. Diferentes cámaras de combustión en motores Diesel.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 6. Disposición del variador de avance en la bomba rotativa.....</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 7. Sección del variador de avance.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 8. Funcionamiento en Carga.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 9. Elementos de aspiración y de bombeo de combustible en bomba rotativa.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 10. Sistema de Combustible de un sistema de inyección con bomba de inyección de émbolos radiales.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 11. Sistema de Inyección de un sistema de inyección con Common Rail.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 12. Elementos que intervienen en el circuito de alta presión.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 13. Electrobomba de combustible de una etapa.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 14. Bomba de combustible engranajes (esquema).....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 15. Bomba de paletas.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 16. Bomba de paletas de bloqueo (esquema).....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 17. Sistema de combustible de un sistema de inyección con UIS (turismos).....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 18. Circuito de refrigeración del combustible.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 19. Filtro Cambiable de Gasóleo con elemento plegable de estrella....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 20. Banco de pruebas.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 21. Bomba VE en banco de pruebas.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 22. Partes principales de Banco de Pruebas.....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 23. Comprobación de holgura basculante.....</i>	<i>45</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de Sistemas de Inyección Bosch _____	15
Tabla 2. Datos Relativos del Motor - BOSH_____	17
Tabla 3. Potencia vs Torque _____	23
Tabla 4. Banco de Prueba y Ajuste de Combustible Bomba VE _____	43
Tabla 5. Reparación Parcial - Relación de Averías _____	44

GLOSARIO

BAR: Unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 atm). Su símbolo es «bar». La palabra «bar» tiene su origen en «báros» (βάρος), que en griego significa «peso».

BOMBA INYECTORA: Dispositivo capaz de por su parte elevar la presión de un fluido, generalmente presente en los sistemas de Inyección de combustible.

COMMON RAIL: El sistema de common-rail o conducto común es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión, y esta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y a alta presión desde cada uno de ellos a su cilindro.

DIESEL: Nombre que reciben los motores que responden al ciclo diseñado por diesel en honor a su nombre. Tradicionalmente se asigna también este nombre al combustible empleado en los mismos, siendo este gasoil.

ÉMBOLO: Pieza de una bomba o del cilindro de un motor que se mueve hacia arriba o hacia abajo impulsando un fluido o bien recibiendo el impulso de él.

ÍNDICE DE CETANO: El número o índice de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión, denominado “Intervalo de encendido”.

LUMBRERA: Abertura, tronera o caño que comunica el lateral de los cilindros con el escape o la admisión de manera que permite el acceso o salida al o del mismo para hermetizar el cilindro, en su desplazamiento el pistón taponar este agujero eliminando el paso a través de él.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realiza con el objetivo de entregar a la Universidad ECCI una Bomba de Inyección de vehículo probada y funcional, para que sea parte del material de estudio práctico de los estudiantes de Ingeniería y carreras afines de la universidad. Igualmente se podrá probar en el banco de calibración y así verificar lineamientos de fábrica.

El proyecto se fundamenta en la investigación de las bombas de inyección, la preparación de información y requerimientos mínimos para obtener una bomba, la búsqueda en el mercado de las mejores opciones a alistar, la preparación, lubricación y puesta en marcha de la parte y la entrega a la institución acompañada del marco teórico de las aplicaciones y generalidades de la bomba.

La Bomba elegida es rotativa tipo VE, la cual tiene como función extraer combustible del depósito y entregar el combustible extraído a alta presión a los inyectores en el orden de encendido del motor. Gracias a la flexibilidad que ofrecen, tienen un gran número de aplicaciones. El campo de aplicación y el diseño de la bomba vienen determinados por el régimen real, la potencia y el tipo de chaveta de disco.

Las bombas de inyección rotativas se utilizan principalmente en automóviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios. A diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa tipo VE dispone de un solo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto entre las diferentes salidas correspondientes al número de cilindros de motor, del combustible alimentado por el émbolo de la bomba.

Finalmente este proyecto busca entregar un dispositivo clave para el estudio de los procesos realizados en la asignatura laboratorio diesel y con una documentación concreta sobre la importancia, funcionamiento y uso.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Analizar los principios de funcionamiento de la bomba de inyección rotativa VE.

1.2. Objetivos Específicos

- Aplicar los conocimientos requeridos en el ciclo de Tecnología
- Probar y poner a punto la bomba de inyección garantizando funcionamiento adecuado para prácticas de laboratorio.
- Documentar el principio de funcionamiento de la bomba VE y entregar información útil para la práctica.
- Presentar un modelo didáctico funcional como aporte para la formación de los estudiantes

2. MARCO TEORICO

2.1 Definición

El **Motor Diesel** es un motor de embolo con formación de la mezcla interior y heterogénea y autoencendido. En el tiempo de compresión se comprime el aire a unos 30 a 55 bar en los motores de aspiración o a unos 80 a 110 bar en los motores sobrealimentados, y se calienta a unos 700 a 900 grados centígrados. Esta temperatura resulta suficiente para provocar el autoencendido del combustible inyectado justo antes de alcanzar el punto muerto superior del embolo. El desarrollo de la subsiguiente combustión, así como el aprovechamiento del aire de combustión aspirado y, con ello, la presión media alcanzable, dependen de forma determinante de los procedimientos heterogéneos de la formación de la mezcla.



Ilustración 1. El Motor Diesel y Su Funcionamiento.

Recuperado de Blog Conjunto Movil de los Motores Diesel

<http://conjuntomovildieseleu.blogspot.com.co/p/motor-diesel.html> 14 de Junio de 2015

La **Bomba de Inyección** es un órgano de la instalación de inyección que tiene por objeto dosificar el combustible en función de la velocidad de rotación del motor y de las condiciones de carga, así como enviarlo en el instante preciso a los inyectores. Éstos lo pulverizan y lo introducen gradualmente en la cámara de

combustión. Las bombas de inyección pueden ser alternativas o rotativas y suministran presiones variables entre 120 y 200 kg/cm², según que la inyección sea directa o indirecta.

2.2 Historia

La bomba de inyección se hizo necesaria para solucionar el problema de alimentación de combustible en los inicios de los motores Diesel.

Antes, se aplicaba el método de asistencia neumática que consistía en soplar el combustible mediante aire comprimido pero este método tenía como inconveniente que no permitía incrementar adecuadamente el régimen de revoluciones además de exigir una instalación compleja.

A finales de 1922, el técnico alemán Robert Bosch decidió desarrollar su propio sistema de inyección para motores Diésel. Las condiciones técnicas eran favorables: se disponía ya de experiencia en motores de combustión, las tecnologías de producción habían alcanzado un alto nivel de desarrollo y ante todo podían aplicarse conocimientos adquiridos en la fabricación de bombas de aceite.

Robert Bosch y su equipo se dedicaron infatigablemente al diseño y fabricación de un nuevo sistema de inyección. A comienzos de 1923 se habían proyectado una docena de bombas de inyección distintas y a mediados de año se realizaron los primeros ensayos en el motor. El sector técnico empezó a depositar cada vez más confianza a la aparición de la bomba de inyección mecánica, de la que se esperaba un nuevo impulso para la construcción de motores diésel.

A mediados de 1925 se dieron los últimos retoques al proyecto definitivo de la bomba de inyección y en 1927 se empezaron a comercializar las primeras bombas producidas en serie. La bomba de inyección desarrollada por Robert Bosch proporcionó la velocidad deseada a los motores Diésel, cosa que propulso el uso del motor Diésel en varios campos de aplicaciones, especialmente en el sector del automóvil.

2.3. Bombas Rotativas

Las bombas rotativas están constituidas por un único elemento de bombeo independiente del número de cilindros. Se presentan como un conjunto compacto donde se integran los siguientes grupos:

- Bomba de alimentación.
- Bomba de alta presión.
- Regulador mecánico de velocidad.

- Variador de avance hidráulico.
- Dispositivo de parada.

También puede incorporar otros dispositivos según las exigencias del motor (corrección del caudal para motores sobre alimentados, mejoras en arranque en frío, etc). Son autopurgantes y se lubrican a través del gasóleo que circula por su interior durante el funcionamiento. Presentan algunas ventajas con respecto a las lineales como son: tamaño reducido, dosificaciones más exactas, velocidades de rotación más elevadas, etc.

2.2.1. Aplicaciones

El campo de aplicación y el diseño de la bomba vienen determinados por el nº de rpm, la potencia y el tipo de construcción del motor diesel. Las bombas de inyección rotativas se utilizan principalmente en automóviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios.

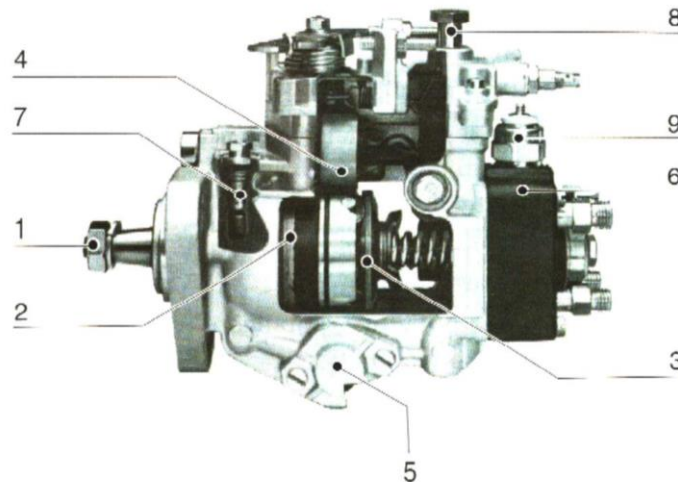
Son empleadas principalmente en motores diesel de aplicación vehicular y agrícola por su rápida entrega de combustible y por ser más compacta.

	Automóvil de turismo	Camión	Tractor	Maquinaria agrícola	Camión	Autobús	Motor estacionario
VE	VE	VE	VE	VE	VE	ZWM	ZWM
VR	VR	MW	MW	VR	CW	CW	
M	M	A	A	MW	PF	PF	
MW	MW	P	P	P	CR	CR	
CR				CR	UPS	UPS	
UIS				UPS			
				UIS			

Tabla 1. Aplicación de Sistemas de Inyección Bosch

Recuperado de Sistemas de Alimentación de Combustible de Motores Diesel con Bomba Rotativa <http://myslide.es/documents/64192433-bomba-inyeccion-rotativa-diesel.html> 12 de Noviembre de 2015

2.2.2. Generalidades



*Ilustración 2. Componente de una bomba rotativa BOSCH VE
Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 324*

- Eje de accionamiento (1)
- Bomba de alimentación (2)
- Disco de levas (3)
- Grupo regulador (4)
- Variador de avance (5)
- Cabeza distribuidora y bomba de alta presión (6)
- Válvula de control de presión (7)
- Estrangulador del rebose (8)
- Válvula de paro (9)

A diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa del tipo VE no dispone más que de un solo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto, entre las diferentes salidas correspondientes al nº de cilindros del motor, del combustible alimentado por el émbolo de la bomba (Ibañez, 2012).

Sistemas de inyección ejecución	Inyección				Datos relativos al motor			
	Caudal inyección por carrera	Presión max. (bar)	M e em MV	DI IDI	VE NE	nº cilindros	nº r.p.m	Potencia max. x cilindro (kW)
BOMBAS DE INYECCIÓN EN LINEA								
M	60	550	m, e	IDI		4...6	5000	20
A	120	750	m	DI/IDI		2...12	2800	27
MW	150	1100	m	DI		4...8	2600	36
P 3000	250	950	m, e	DI		4...12	2600	45
P 7100	250	1200	m, e	DI		4...12	2500	55
P 8000	250	1300	m, e	DI		6...12	2500	55
P 8500	250	1300	m, e	DI		4...12	2500	55
H 1	240	1300	e	DI		6...8	2400	55
H 1000	250	1350	e	DI		5...8	2200	70
BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS								
VE	120	1200/350	m	DI/IDI		4...6	4500	25
VE...EDC	70	1200/350	e, em	DI/IDI		3...6	4200	25
VE...MV	70	1400/350	e, MV	DI/IDI		3...6	4500	25
BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS DE ÉMBOLOS AXIALES								
VR..MV	135	1700	e, MV	DI		4, 6	4500	25
BOMBAS DE INYECCIÓN DE UN CILINDRO								
PF(R)...	150....	800...	m, em	DI/IDI		cualquiera	300...	75.....
	18000	1500					2000	1000
UIS 30 2)	160	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	45
UIS 31 2)	300	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	75
UIS 32 2)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	80
UIS-P1 3)	62	2050	e, MV	DI	VE	8 3a)	5000	25
UPS 12 4)	150	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	35
UPS 20 4)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	80
UPS (PF(R)	3000	1400	e, MV	DI	VE	6.....20	1500	500
SISTEMA DE INYECCIÓN DE ACUMULADOR COMMON RAIL								
CR 5)	100	1350	e, MV	DI	VE(5a)/NE	3.....8	5000 5b)	30
CR 6)	400	1400	e, MV	DI	VE(6a)/NE	6.....16	2800	200

Tabla 2. Datos Relativos del Motor - BOSCH

Recuperado de Sistemas de Alimentación de Combustible de Motores Diesel con Bomba Rotativa <http://myslide.es/documents/64192433-bomba-inyeccion-rotativa-diesel.html> 12 de Noviembre de 2015

Tipo de Regulación

M: mecánicamente

E: electrónicamente

EM: electromecánicamente

MV: electroválvula.

Tipo de Inyección

DI: inyección directa

IDI: inyección indirecta

VE: inyección previa

NE: inyección posterior.

2) UIS unidad de bomba-inyector para vehículos industriales

3) UIS para turismos

3a) con dos unidades de control, número mayor de cilindros

4) UPS unidad de bomba-tubería-inyector para vehículos industriales y autobuses

5) CR Common Rail 1ª generación para turismos y vehículos industriales ligeros;

5a) hasta 90° kW (cigüeñal) antes del PMS elegible libremente

5b) hasta 5500 rpm en marcha con freno motor

6) CR para vehículos industriales, autobuses y locomotoras diesel

6a) hasta 30° kW antes del PMS.

2.2.3. Componentes de las bombas de inyección

- Bomba de alimentación de aletas: aspira combustible del depósito y lo introduce al interior de la bomba de inyección.
- Bomba de alta presión con distribuidor: genera la presión de inyección, transporta y distribuye el combustible.
- Regulador mecánico de velocidad: regula el régimen, varía el caudal de inyección mediante el dispositivo regulador en el margen de regulación.
- Válvula electromagnética de parada: corta la alimentación de combustible y el motor se para.
- Variador de avance: corrige el comienzo de la inyección en función del régimen (nº de rpm motor) (Sanchez, 2005).

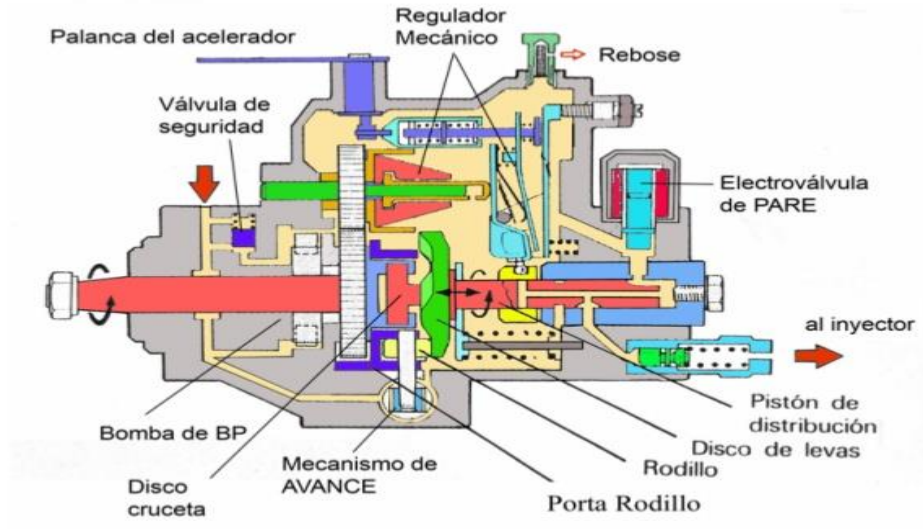


Ilustración 3. Partes de una bomba convencional

Recuperado de Sistemas de Alimentación de Combustible de Motores Diesel con Bomba Rotativa <http://myslide.es/documents/64192433-bomba-inyeccion-rotativa-diesel.html> 12 de Noviembre de 2015

3. FUNCIÓN DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA TIPO VE

Las bombas rotativas se basan en la acción de un único distribuidor giratorio que pone la cámara de compresión en comunicación con la aspiración y con la salida, alternativamente. El caudal se regula accionando una leva de disco que, en las bombas de émbolo único giratorio tipo Bosch, desplaza alternativamente el propio distribuidor y que, en las bombas de émbolos opuestos, mueve los propios pistones. Mientras que en el primer caso la carrera de retorno del elemento de bombeo se produce por la acción de un muelle, en el segundo es la presión de alimentación la que determina el retorno de los émbolos opuestos.

3.1. Formación de la Mezcla

La formación de la mezcla se puede describir en las mezclas heterogéneas como la relación de aire-combustible (razón de aire) λ cubre la gama que va del aire puro en la zona exterior del chorro ($\lambda = \infty$) hasta el combustible puro en el centro del chorro ($\lambda = 0$).

La figura muestra esquemáticamente la distribución de λ para una gota aislada en reposo y la zona de la llama asignada. Puesto que esta zona aparece en principio para cada gota del chorro de inyección, en la formación de la mezcla heterogénea se puede regular la carga mediante la cantidad de combustible suministrada. Se habla de una "regulación cualitativa". De modo similar a las mezclas heterogéneas, la combustión tiene lugar en el margen relativamente estrecho de $0,3 < \lambda < 1,5$. El transporte de masas necesario para generar estas mezclas inflamables se realiza por difusión y turbulencias y es realizado por los portadores de energía de formación de mezcla que se describen a continuación y por la propia combustión.

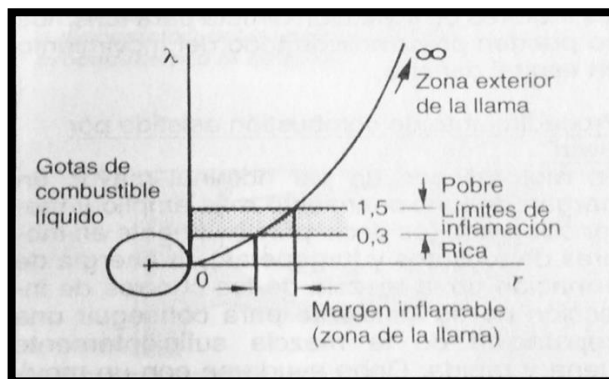


Ilustración 4. Evolución de la relación de aire-combustible en una gota aislada en reposo
Recuperado de Libro Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 92

3.1.1 Energía cinética del chorro de combustible

Depende de la caída de presión en el orificio de inyección del inyector y determina, junto con el cono del chorro definido por la geometría del inyector y la velocidad de salida del combustible resultante, el espacio de interacción de aire-combustible y el espectro de tamaños de gotitas en ese espacio. La energía del chorro se ve influida por el caudal de la bomba de inyección y las secciones de paso en el inyector.

3.1.2 Energía térmica

La energía térmica acumulada en las paredes de la cámara de combustión y en el aire comprimido sirve para evaporar el combustible inyectado (en parte en forma de película de combustible en las paredes y en parte en forma de gotas de combustible).

3.1.3 Forma de la cámara de combustión

La forma de la cámara de combustión se puede usar, con el diseño apropiado, para generar turbulencias con ayuda del movimiento del pistón (corriente de compresión), pero también para repartir el combustible líquido o el chorro de aire-vapor de combustible en la cámara de combustión.

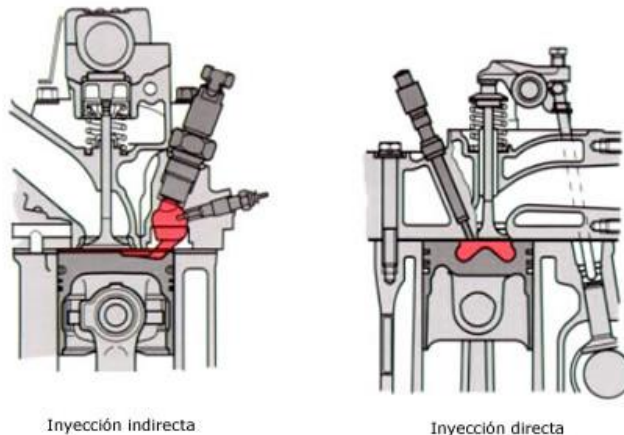


Ilustración 5. Diferentes cámaras de combustión en motores Diesel

Recuperado de Aficionados a la Mecánica Por Dani Meganeboy. Estructura del Motor de Explosión. <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>. 15 de Septiembre de 2015

En el funcionamiento de los motores Diesel, la combustión se realiza comprimiendo solamente el aire de admisión e inyectando a continuación el combustible, el cual, al contacto con el aire caliente, se inflama y produce la combustión. Esta inflamación no es instantánea sino que se produce cuando la

temperatura del mismo se comunica al líquido. Es decir, que si el aire esta en reposo, las primeras gotas de combustible enfrían el aire circundante, lo cual retrasa la combustión.

Por otra parte, la combustión en estos motores no se realiza en un frente único, como ocurre en los motores Otto, sino en diferentes puntos a la vez y se transmite a toda la mezcla. Si todos estos puntos de aire, en el interior de la cámara, no están a la misma temperatura se produce un efecto de picado, al no inflamarse la mezcla homogéneamente.

Para tener una combustión óptima en los motores Diesel es necesario tener una relación de compresión alta y conseguir que el aire de admisión adquiera una turbulencia para que el calor se transmita por igual en todos los puntos de la cámara.

3.1.4 SWIRL Movimiento ordenado del aire

Un movimiento forzado del aire de combustión en la cámara de combustión, principalmente en forma de corriente giratoria de partículas sólidas, mejora la aportación aire al chorro de combustible y elimina los gases quemados del mismo cuando la dirección del combustible y el sentido de giro del aire son aproximadamente perpendiculares entre si y se produce "evaporación de las gotas".

Si se evapora la partícula en la pared, el movimiento giratorio del aire se encarga de la eliminación e la capa de vapor y de una separación térmica del gas de combustión y el gas fresco: Las micro turbulencias superpuestas a la corriente giratoria de partículas sólidas provocan un mezclado rápido del combustible y el aire. El " movimiento circular ordenado de partículas sólidas " del aire e consigue con la ayuda de una forma especial del canal de admisión o desplazando una parte de la carga del cilindro a una cámara auxiliar rotacionalmente simétrica (a través de un canal que desemboca tangencialmente).

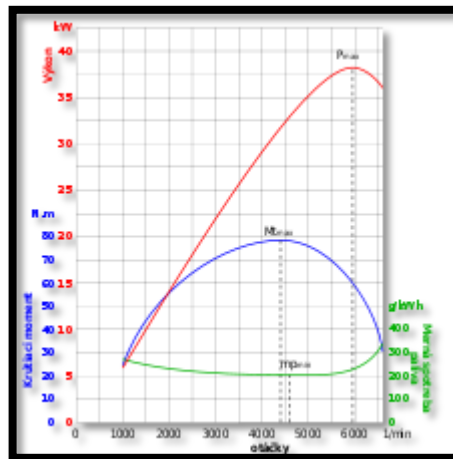


Tabla 3. Potencia vs Torque

Recuperado de Daewoo Matiz F8C power, consumption and torque. Curva de par y de potencia del Daewoo Matiz F8C. 15 de Agosto de 2015.

https://es.wikipedia.org/wiki/Par_motor#/media/File:Daewoo_Matiz_F8C_power,_consumption_and_torque-sk.svg

3.1.5 Variación del Avance a la Inyección

Este dispositivo de la bomba rotativa de inyección permite adelantar el comienzo de la alimentación en relación con la posición del cigüeñal del motor y de acuerdo con el régimen, para compensar los retardos de inyección e inflamación.

La función de la variación del avance a la inyección consiste en la apertura del inyector se produce mediante una onda de presión que se propaga a la velocidad del sonido por la tubería de inyección. El tiempo invertido en ello es independiente del régimen, sin embargo, el ángulo descrito por el cigüeñal entre el comienzo de la alimentación y de la inyección aumenta con el régimen. Esto obliga, por tanto, a introducir una corrección adelantando el comienzo de la alimentación. El tiempo de la propagación de la onda de presión la determinan las dimensiones de la tubería de inyección y la velocidad del sonido que es de aprox. 1500 m/seg, en el gasóleo. El tiempo necesario para ello se denomina retardo de inyección y el comienzo de la inyección esta, por consiguiente, retrasado con respecto al comienzo de alimentación. Debido a este fenómeno, a regímenes altos el inyector abre, en términos referidos a la posición del pistón, más tarde que a regímenes bajos. Después de la inyección, el gasóleo necesita cierto tiempo para pasar al estado gaseoso y formar con el aire la mezcla inflamable.

Este tiempo de preparación de la mezcla es independiente del régimen motor. El intervalo necesario para ello entre el comienzo de la inyección y de la combustión se denomina, en los motores diesel, retraso de inflamación que depende del

"índice de cetano", la relación de compresión, la temperatura del aire y la pulverización del combustible. Por lo general, la duración del retraso de inflamación es del orden de 1 milisegundo. Siendo el comienzo de la inyección constante y el régimen del motor ascendente, el ángulo del cigüeñal entre el comienzo de la inyección y el de la combustión, va aumentando hasta que esta última no puede comenzar en el momento adecuado, en términos relativos a la posición del pistón del motor. Como la combustión favorable y la óptima potencia de un motor diesel solo se consiguen con una posición determinada del cigüeñal o del pistón, a medida que aumenta el régimen debe adelantarse el comienzo de alimentación de la bomba de inyección para compensar el desplazamiento temporal condicionado por el retraso de la inyección e inflamación. Para ello se utiliza el variador de avance en función del régimen.

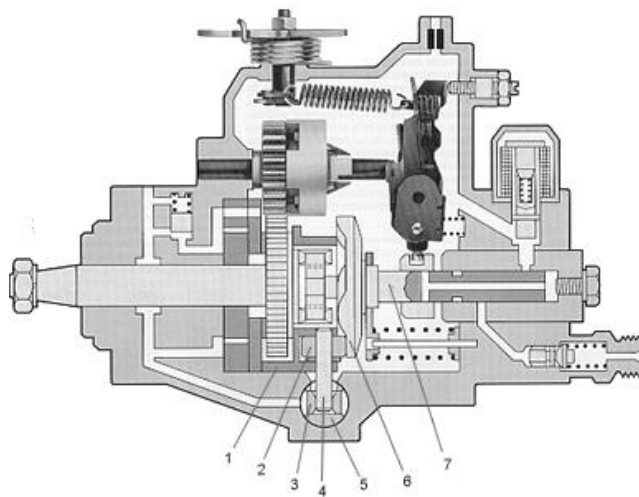


Ilustración 6. Disposición del variador de avance en la bomba rotativa

Recuperado de Aficionados a la Mecánica. Bomba rotativa de inyección, tipo VE- 14 de Octubre de 2015. <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-variador.htm>

- Anillo de rodillos (1)
- Rodillos del anillo (2)
- Pieza deslizante (3)
- Perno (4)
- Embolo de variador de avance (5)
- Disco de levas (6)
- Embolo distribuidor (7)

3.1.6 Construcción del Variador

El variador de avance por control hidráulico va montado en la parte inferior del cuerpo de la bomba rotativa de inyección, perpendicular a su eje longitudinal. El émbolo del variador de avance es guiado por el cuerpo de la bomba, que va cerrado por tapas a ambos lados. En el embolo hay un orificio que posibilita la entrada de combustible, mientras que en lado contrario va dispuesto un muelle de compresión. El embolo va unido al anillo de rodillos mediante un una pieza deslizante y un perno

3.1.6.1. Funcionamiento del variador

La posición inicial del embolo del variador de avance en la bomba de inyección rotativa la mantiene el muelle tarado del variador. Durante el funcionamiento, la presión de combustible en el interior de la bomba la regula, en proporción al régimen, la válvula reguladora de presión junto con el estrangulador de rebose. Por consiguiente la presión de combustible creada en el interior de la bomba se aplica por el lado del émbolo opuesto al muelle del variador de avance. La presión del combustible en el interior de la bomba solo vence la resistencia inicial del muelle y desplaza el émbolo del variador a partir de un determinado régimen (300 rpm). El movimiento axial del embolo se transmite al anillo de rodillos montado sobre cojinete por medio de la pieza deslizante y el perno. Esto hace que la disposición del disco de levas con respecto al anillo de rodillos varié de forma que los rodillos del anillo levanten, con cierta antelación, el disco de levas en giro. El disco de levas y el embolo distribuidor están, por tanto, desfasados en un determinado ángulo de rotación con respecto al anillo de rodillos. El valor angular puede ser de hasta 12° de ángulo de levas (24° de ángulo de cigüeñal).

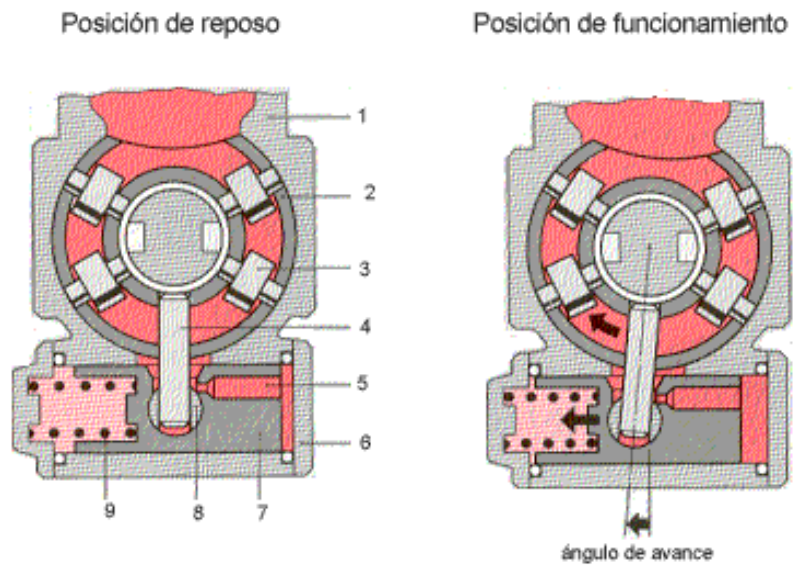


Ilustración 7. Sección del variador de avance

Recuperado de Aficionados a la Mecánica. Bomba rotativa de inyección tipo VE. 15 de octubre de 2015. <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-variador.htm>

- Cuerpo de la bomba (1)
- Anillo de rodillos (2)
- Rodillo (3)
- Perno (4)
- Orificio del émbolo (5)
- Tapa (6)
- Émbolo (7)
- Pieza deslizante (8)
- Muelle (9)

4. REGULADOR O GOBERNADOR PARA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN TIPO VE

El regulador o gobernador sirve para mantener automáticamente el régimen de velocidad o revoluciones de un motor Diesel de manera independiente de la carga o el esfuerzo al cual está sometido según sea el caso o trabajo en vacío (ralentí).

Para controlar la velocidad del motor es movida una varilla de control en la bomba de inyección la cual acciona un mecanismo que varía la cantidad de combustible inyectado en las cámaras de combustión; el regulador está ubicado en un extremo de la bomba de inyección. Los reguladores se pueden clasificar según el equipo o el tipo de trabajo al que se encuentra trabajando:

Según el tipo de trabajo:

- Máxima y Mínima (alta y ralentí)
- Régimen completo utilizado en maquinaria agraria y construcción (sgun variación)
- Escalonados (trabaja en todas las situaciones; es el más completo)

Según el equipo:

- Centrífugos
- Neumático
- Hidráulicos

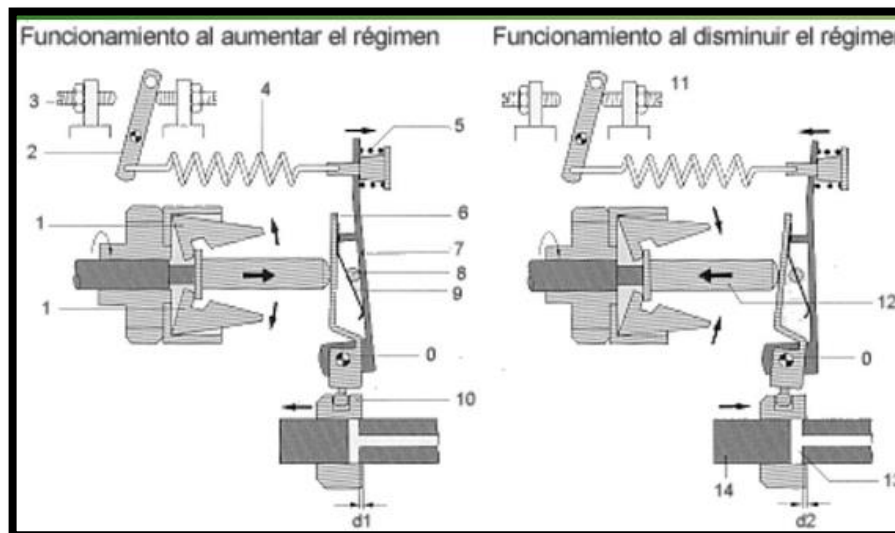


Ilustración 8. Funcionamiento en Carga

Recuperado de Sistema de Alimentación de Combustible para Motores Diesel con Bomba Rotativa. 24 de Septiembre de 2015. <http://myslide.es/documents/64192433-bomba-inyeccion-rotativa-diesel.html>

5. ESTUDIO TECNOLÓGICO DE UNA BOMBA BOSCH TIPO VE

5.1. Alimentación de Combustible

5.1.1. Baja Presión

El combustible es aspirado del depósito por una bomba de alimentación de aletas y conducido al interior de la bomba de inyección. Una válvula de control de presión mantiene una presión regulada en el cuerpo de la bomba.

El retorno del exceso de combustible al depósito se realiza mediante el regulador del rebose a través de un orificio de 0,6 mm de diámetro. Con esta circulación, se asegura la refrigeración de la bomba y la autopurga del aire.

En el circuito de baja presión el eje de accionamiento (1) hace girar el rotor de la bomba de transferencia (2), cuyas aletas (3) aspiran el combustible de la cámara inferior (4) llevándolo a la superior (5) y de aquí al interior de la bomba de inyección a través de un taladro (6). Al mismo tiempo, una parte del combustible llega a la válvula de control (7) a través de un segundo taladro (8).

Cuando la presión en el interior de la bomba supera el valor de tarado del muelle (9) de la válvula de control, el émbolo se levanta y parte del combustible retorna a través de un canal al lado de aspiración de la bomba de aletas. Una vez restablecida la presión normal, el pistón se ubica de nuevo en su asiento, quedando de esta forma regulada presión interna de la bomba.

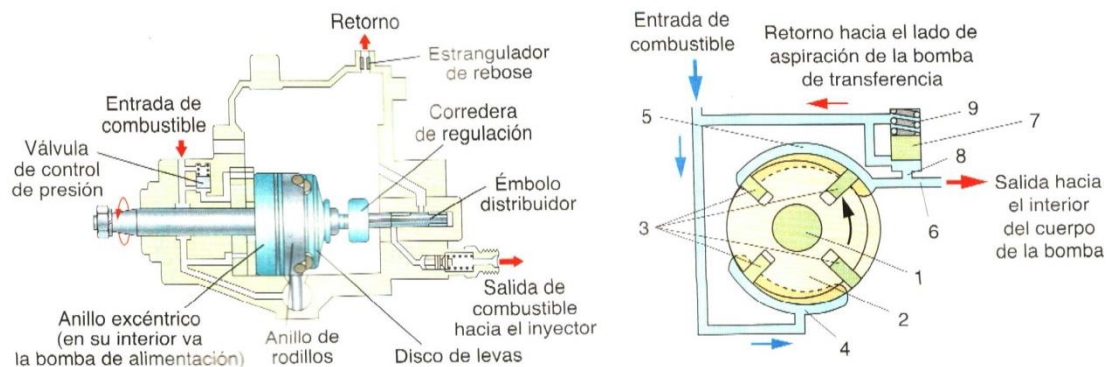


Ilustración 9. Elementos de aspiración y de bombeo de combustible en bomba rotativa
Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 325

El suministro de combustible comprende los siguientes sistemas esenciales.

- Depósito de combustible.
- Filtro previo (No en sistemas UIS para turismos).
- Disipador de calor de la unidad de mando (Opcional).
- Bomba previa (Opcional; en turismos también bomba intradepósito).
- Filtro de combustible.
- Bomba de combustible (Baja presión).
- Válvula reguladora de presión (Válvula de rebose).
- Refrigerador de combustible (Opcional).
- Tuberías de combustible de baja presión.

Los componentes individuales pueden estar agrupados en módulos (por ejemplo bomba de combustible con válvula limitadora de presión). En las bombas de inyección distribuidoras de émbolo axial y de émbolos radiales, y en parte del sistema Common Rail, la bomba de combustible está integrada en la bomba de alta presión.

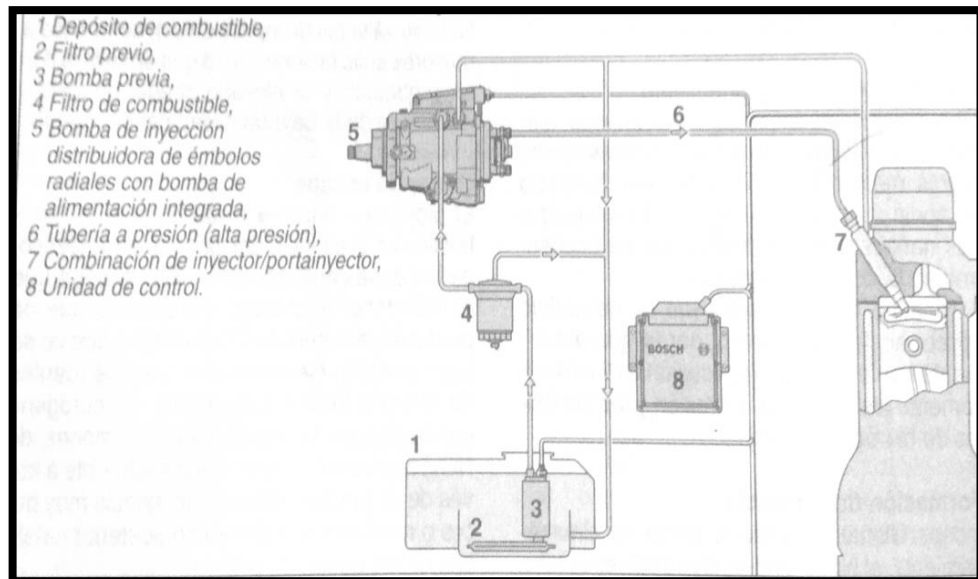


Ilustración 10. Sistema de Combustible de un sistema de inyección con bomba de inyección de émbolos radiales

Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 680

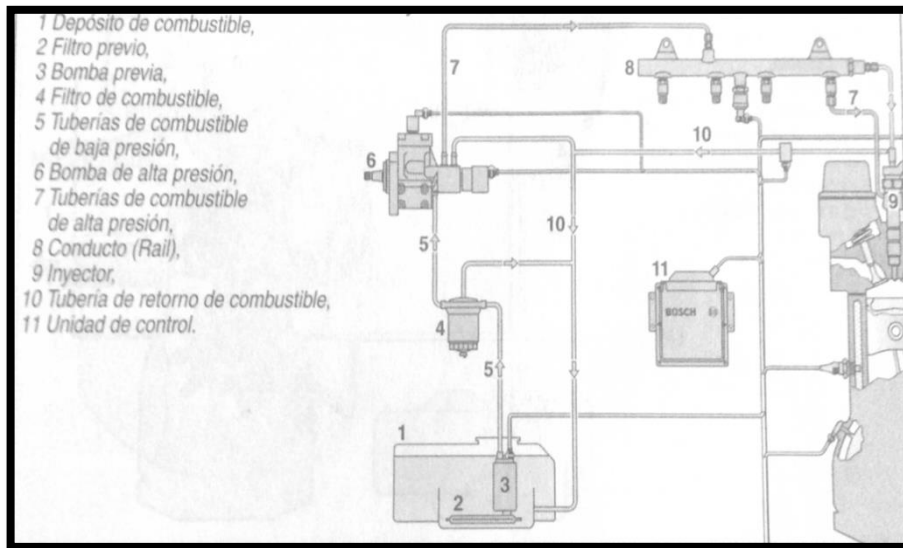


Ilustración 11. Sistema de Inyección de un sistema de inyección con Common Rail
 Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 681

5.2.1. Elementos que intervienen en el circuito de alta presión

En el circuito de alta presión se comprime el gasóleo y se distribuye a los diversos inyectores en la cantidad y según el orden de combustión en los cilindros.

El eje de accionamiento arrastra el disco de levas a través de un disco de cruceta. La conexión entre ambos se realiza en el interior del anillo portarodillos, que es fijo. El disco de levas, debido a que rota sobre el anillo portarodillos, está obligado a realizar un movimiento de elevación y giro, al igual que el émbolo distribuidor, ya que este es solidario al propio disco de levas por medio de una pieza de ajuste.

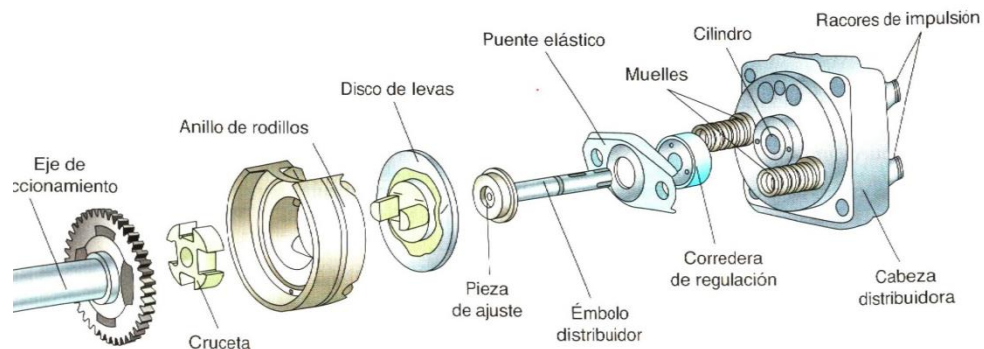


Ilustración 12. Elementos que intervienen en el circuito de alta presión
 Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 326

5.2. Sistema de Inyección Diesel

El suministro de combustible, fundamentalmente, varía mucho en función del sistema de inyección empleado, como se muestran las siguientes figuras del sistema UIS para turismos, de la bomba de inyección distribuidora de émbolos radiales y del Common Rail.

5.2.2. Depósito de Combustible

El depósito de combustible almacena el combustible. Debe ser resistente a la corrosión y estanco a una presión el doble de la de servicio, pero como mínimo con 0,3 bar de sobrepresión. La sobrepresión que se produce se debe evacuar automáticamente por unas aberturas adecuadas o por unas válvulas de seguridad. Al circular por curvas, en planos inclinados o al chocar, no debe salir combustible por el tapón de llenado o por los depósitos para compensar la presión. El depósito de combustible debe estar instalado separado del motor, para impedir que el combustible se inflame aun en caso de accidente.

5.2.3. Tuberías de Combustible

Para la parte de baja presión, además de tubos de metal pueden utilizarse también tuberías flexibles y de difícil combustión con refuerzo de tejido de acero. Deben estar dispuestas de manera que se eviten daños mecánicos y que el combustible que gotee o que se evapore no se pueda acumular ni inflamar. La torsión del vehículo, el movimiento del motor o similares, no deben repercutir negativamente en la función de las tuberías de combustible. Todas las piezas que transporten combustible no deben estar situadas en la zona de pasajeros o en la del conductor, y el combustible no se debe impeler por la fuerza de la gravedad.

5.2.4. Filtro de Gasóleo

- Se encarga de impedir el paso de las partículas de suciedad del combustible y asegurar, con ello, una pureza mínima de combustible frente a componentes sometidos a desgaste.
- * Modelos. El filtro se debe elegir en función del sistema de inyección empleado y de las condiciones de aplicación.
- * Filtro previo para bombas previas. El filtro previo suele ser un tamiz filtrante con un ancho de mallas de $300\mu\text{m}$ y se utiliza adicionalmente al filtro de combustible propiamente dicho.
- * Filtro principal. Los filtros cambiables con el elemento filtrante plegado en estrella o enrollado están muy difundidos. Están atornillados a una consola de filtros, también se pueden montar dos filtros en conexión paralela (mayor capacidad de almacenamiento) o en conexión en serie (filtro progresivo para aumentar el grado de separación o filtro fino con un filtro previo adaptado).

Se emplean cada vez más unos filtros de caja donde lo único que se cambia es el cartucho filtrante.

- * Separador de agua. Impide que el agua, emulsionada o sin emulsionar, llegue a los equipos de inyección.
- * Precalentamiento del combustible. Impide que los cristales de parafina obstruyan en invierno los poros del filtro. Los componentes, integrado la mayoría de las veces en el filtro, calientan el combustible eléctricamente, por medio del agua de refrigeración o del retorno de combustible.
- * Bombas manuales. Sirven para llenar y purgar el sistema después de sustituir un filtro mayoritariamente están integradas en a tapa del filtro.

5.2.5. Bomba Previa

La bomba previa, una electrobomba de combustible o una bomba de combustible de engranajes con accionamiento externo, aspira el combustible del depósito y lo impele de forma constante hacia la bomba de alta presión.

5.2.6. Componentes Suministro de Gasóleo

5.2.6.1. Bomba de combustible

La tarea de la bomba de combustible de la parte de baja presión (bomba previa) es la de suministrar el suficiente combustible a los componentes de alta presión:

- En cualquier estado de funcionamiento.
- Con un reducido nivel de ruidos.
- Con la presión necesaria y a lo largo de toda la vida útil del vehículo. Se utilizan diferentes modelos constructivos en función del ámbito de aplicación.

5.2.6.2. Electrobomba de combustible

Utilización:

- Opcional para bombas de inyección distribuidoras (solo si las tuberías de combustible son largas o si la diferencia de altura entre el depósito de combustible y la bomba de inyección es muy grande).
- Para el sistema de combustible de unidad bomba-inyector (UIS) (Turismos).
- Para el sistema Common Rail (Turismos).

La electrobomba de combustible corresponde a los modelos de las bombas utilizadas en los motores Otto. Para las aplicaciones Diesel. La mayoría de las veces se utilizan bombas celulares de rodillos.

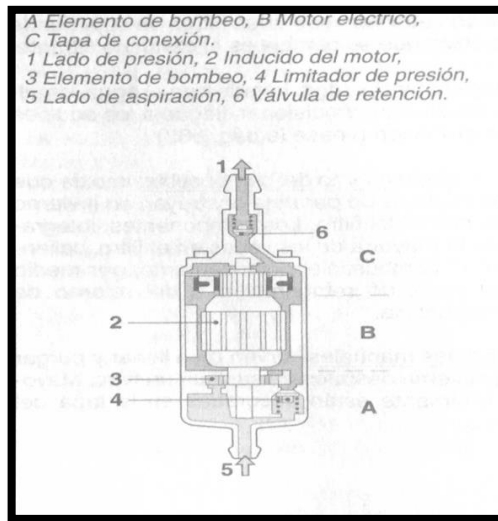


Ilustración 13. Electrobomba de combustible de una etapa
Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 707

5.2.6.3. Bomba de combustible de engranajes

Utilización:

- Para sistemas de bombas individuales en vehículos industriales (Unidad bomba-inyector y unidad de inyección individual PF).
- Parcialmente para el sistema Common Rail (vehículos industriales, turismos y vehículos todo terreno).

La bomba de combustible de engranajes está fijada directamente en el motor o, en el caso del Common Rail, está integrada en la bomba de alta presión. La línea de contacto de las ruedas dentadas efectúa un cierre hermético entre el lado de aspiración y el lado de presión e impide que el combustible pueda refluir.

El caudal de alimentación es aproximadamente proporcional al número de revoluciones del motor. Por eso se regula la cantidad ya sea mediante una regulación por estrangulación en el lado de aspiración, ya sea mediante una válvula de rebose en el lado de presión.

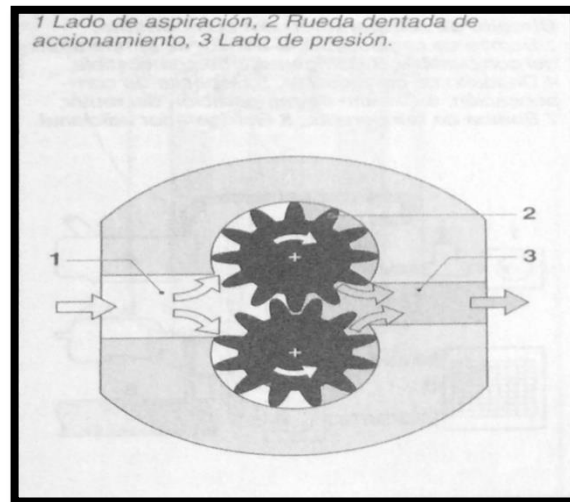


Ilustración 14. Bomba de combustible engranajes (esquema)
 Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 708

5.2.6.4. Bomba de paletas

Utilización:

Bomba previa integrada en las bombas de inyección distribuidoras.

La bomba de paletas está dispuesta sobre el árbol de accionamiento de la bomba de inyección distribuidora. La rueda de paletas está montada centrada sobre el árbol de accionamiento y la arrastra una arandela elástica. Un anillo excéntrico alojado en la carcasa rodea la rueda de paletas.

La fuerza centrífuga que actúa por efecto del movimiento circular presiona las cuatro paletas de la rueda hacia el exterior contra el anillo excéntrico. El combustible que se encuentra en la parte inferior de las paletas y la rueda de paletas contribuye al movimiento centrífugo de las paletas.

El combustible accede al espacio formado por la rueda de paletas, las paletas y el anillo exentico a través del orificio de admisión y de una escotadura con forma de riñón. Debido al movimiento circular, el combustible que se encuentra entre las paletas se impele hacia la escotadura superior con forma de riñón y se presiona hacia la salida pasando por un orificio.

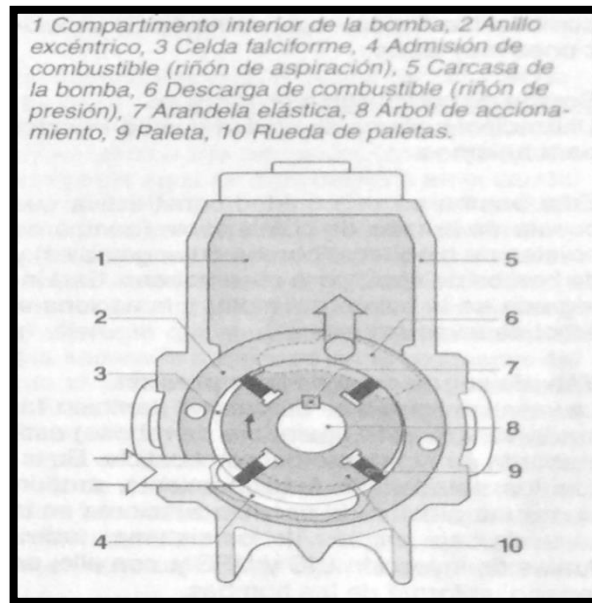


Ilustración 15. Bomba de paletas

Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 709

5.2.6.5. Bomba de paletas de bloqueo

Utilización:

Sistema de unidad bomba inyector para turismos.

En la bomba de paletas de bloqueo, unos muelles presionan dos paletas de bloqueo contra un rotor. Si el rotor gira, el volumen aumenta en el lado de aspiración y el combustible se aspira hacia dos cámaras. En el lado de presión, el volumen disminuye y el combustible se impele hacia el exterior desde dos cámaras.

La bomba de paletas de bloqueo impele el combustible incluso con números de revoluciones muy bajos.

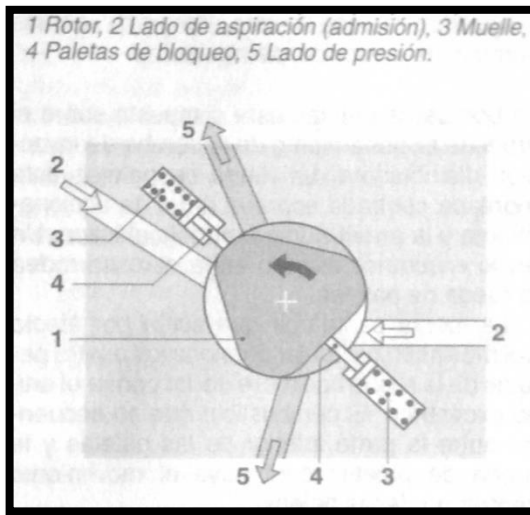


Ilustración 16. Bomba de paletas de bloqueo (esquema)
Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 709

5.2.6.6. Bomba de combustible en Tándem

Utilización: sistema de unidad bomba-inyector para turismos.

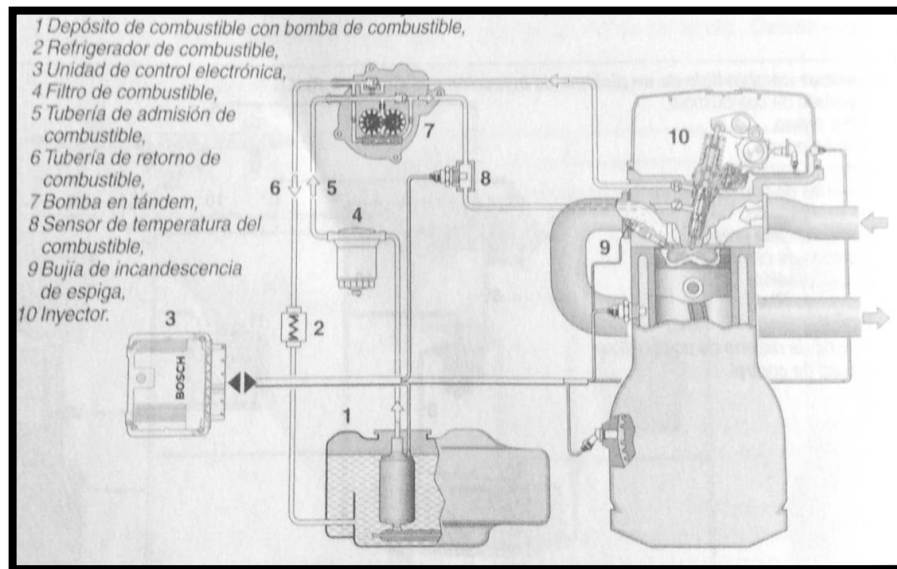
Esta bomba es una unidad constructiva que consta de bomba de combustible (bomba de paletas de bloqueo o bomba de engranajes) y de bomba de vacío por el servofreno. Está integrada en la culata del motor y la acciona el árbol de levas del mismo.

5.2.7. Válvula Regeneradora de Baja Presión

La válvula reguladora de presión (también llamada válvula estranguladora de rebose) está montada en el retorno de combustible. En todos los estados de funcionamiento, proporciona una presión de servicio suficiente en aparte de baja presión de los sistemas individuales de inyección UIS y UPS y, con ello, un llenado uniforme de las bombas.

El émbolo acumulador de la válvula se abre con una " presión de apertura " de 300 a 350Kpa (3 a 3,5 bar). Un muelle de compresión se encarga de que un volumen de acumulación pueda compensar pequeñas fluctuaciones de la presión. Con una presión de abertura de 4 a 4,5 bar se abre una junta de intersticio, con lo que el caudal aumenta de forma considerable.

Para el ajuste predeterminado de la presión de apertura, se dispone de dos tornillos con un tope elástico de escalonamientos distintos.



*Ilustración 17. Sistema de combustible de un sistema de inyección con UIS (turismos)
 Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 710*

5.2.8. Refrigerador de Combustible

Debido a la elevada presión en inyector del sistema UIS para turismos y algunos sistemas Common Rail, el combustible se calienta tanto que debe enfriarse antes de que refluya. El combustible que refluye del inyector pasa por el refrigerador de combustible (intercambiador de calor) y traspasa la energía térmica al líquido refrigerante del circuito de refrigeración de combustible. Este circuito está separado del circuito de refrigeración del motor por que la temperatura del líquido refrigerante con el motor caliente es demasiado alta para refrigerar el combustible. Cerca del depósito de compensación, el circuito de refrigeración de combustible está conectado con el circuito de refrigeración del motor para poderlo llenar y poder compensar las variaciones de volumen provocadas por las fluctuaciones de temperatura.

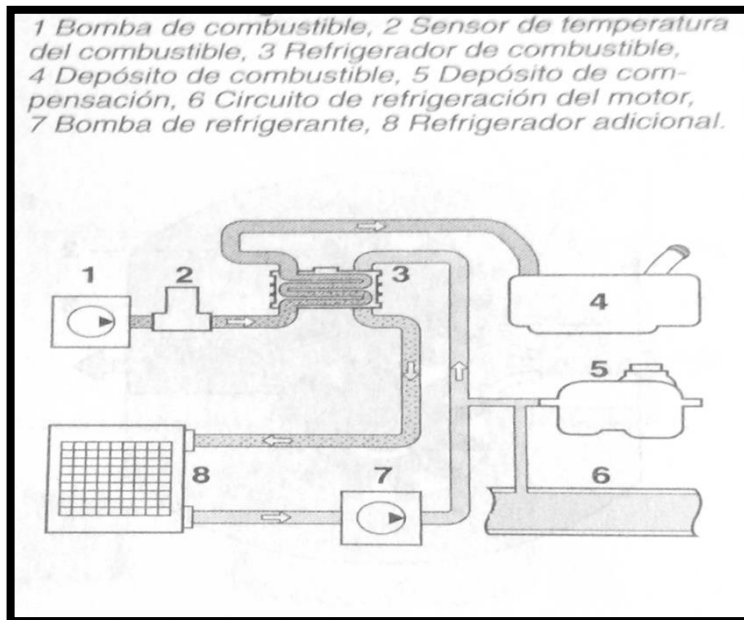


Ilustración 18. Circuito de refrigeración del combustible
 Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 711

5.2.9. Filtro de Combustible

Al igual que en el motor Otto, en el motor diesel también tiene que garantizarse una protección del sistema de combustible contra la suciedad. De la reducción de las partículas de suciedad se encarga el filtro de combustible.

5.2.10. Filtro de combustible para sistemas de inyección Diesel

De acuerdo con las presiones de inyección mucho más altas, los sistemas de inyección diesel necesitan una mayor protección contra el desgaste que los sistemas de inyección Otto, por lo que los filtros deben ser más finos. Además, de por sí el gasóleo está mucho más sucio que la gasolina. Por eso, los filtros de gasóleo están diseñados como filtros cambiables. Los filtros cambiables enroscables, los filtros en línea y los elementos filtrantes sin metal están ampliamente difundidos como piezas cambiables en carcasas para filtros de aluminio, totalmente de plástico o de chapa de acero (para requisitos más estrictos frente a choques). Los más utilizados son los elementos filtrantes plegados en estrella. En general, el filtro de gasóleo está dispuesto en el circuito de baja presión entre la electrobomba de combustible y la bomba de alta presión.

En los últimos años, la introducción de los sistemas Common Rail de segunda generación y de sistemas de unidad bomba-inyector perfeccionados para turismo y vehículos industriales han requerido que los filtros sean toda vía más finos. Para estos nuevos sistemas, se necesitan unos grados de separación de entre el 85% y

el 98,6% (Singlepass, intervalo de partículas de entre 3 y 5 μ m, ISO/TR 13353:1994) en función de la utilización (contaminación del combustible, vida útil del motor). Además del elevado grado de separación de las partículas más finas, los automóviles más nuevos requieren una mayor capacidad de acumulación de partículas por que los intervalos de mantenimiento son más prolongados. Esto solamente se consigue con el empleo de medios de filtraje especiales, por ejemplo formados por varias capas de fibras sintéticas muy finas. Estos medios de filtraje aprovechan un efecto de filtro previo fino y garantizan una capacidad máxima de acumulación de partículas separando las partículas dentro de la correspondiente capa de filtro. También se puede emplear PME (gasóleo biológico) con la nueva generación de filtros súper finos. No obstante, como la concentración de partículas orgánicas es más elevada, al determinar el mantenimiento deberá preverse una vida de útil del filtro más breve.

Una segunda función esencial del filtro de gasóleo es la separación de agua emulsionada o sin emulsionar para impedir que se produzcan daños debido a la corrosión. Una separación efectiva del agua de más del 93% en el caudal nominal (ISO 4020) es importante especialmente para bombas de inyección distribuidoras y sistemas Common Rail. El agua se separa por coalescencia en el medio de filtraje (formación de gotitas por una tensión superficial diferente del agua y del combustible). El agua separada se recoge en el recipiente del agua situado en la parte inferior de la carcasa del filtro. Para supervisar el nivel de agua se utilizan, en parte, sensores de conductividad. El agua se vacía manualmente por medio del tornillo de vaciado de agua o del interruptor pulsador. Los sistemas de eliminación del agua completamente automáticos aún se encuentran en la actualidad en fase de desarrollo.

Para exigencias muy elevadas, es conveniente utilizar un filtro previo o un separador de agua adicional montado en el lado de aspiración o en el de presión con una finura de filtro adaptada al filtro fino. Estos filtros previos se emplean, sobre todo, para vehículos industriales en países donde el gasóleo es de mala calidad.

Los filtros de gasóleo de nueva generación integran funciones adicionales modulares como:

- El precalentamiento del combustible (eléctrico, retorno de combustible) para impedir que la parafina los obstruya en invierno.
- La refrigeración del combustible.
- La indicación de los intervalos de mantenimiento por medio de una medición de la presión diferencial.
- Los dispositivos de llenado y de purga.

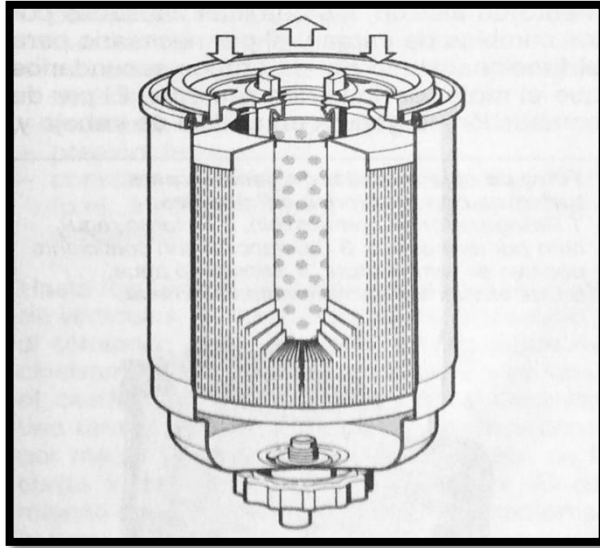


Ilustración 19. Filtro Cambiable de Gasóleo con elemento plegable de estrella
Recuperado de Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición) Pg. 712

6. PRUEBA EN EL BANCO DE LA BOMBA VE

Seguir las instrucciones:

1. Amarrar la bomba al banco con los acoplamientos correctos.
2. Procurar que los cables destinados a realimentar la bomba por parte del simulador sean los adecuados.

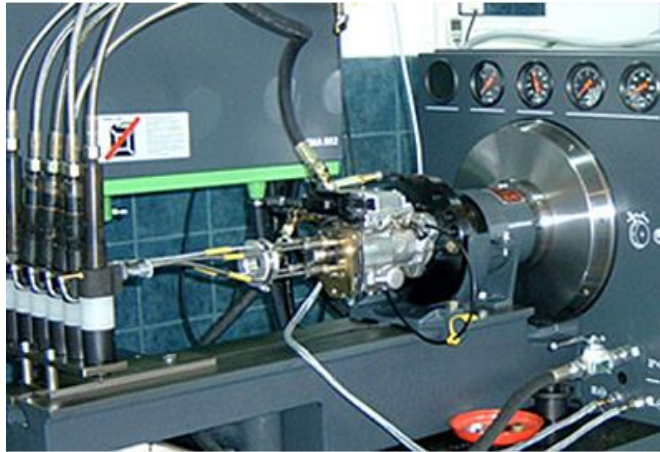


Ilustración 20. Banco de pruebas

Recuperado de Diesel Pretilli S.A. 12 de Noviembre de 2015

<http://www.dieselpetrilli.com.ar/servicios.html>



Ilustración 21. Bomba VE en banco de pruebas

Recuperado Bombas Inyectoras Tipo VE 12 de Noviembre de 2015

http://clasipar.paraguay.com/bombas_inyectoras_tipo_ve_combencional_de_todas_las_marcas__1602058.html

Una vez reparada o armada la bomba rotativa tipo VE, debe ser sometida a prueba en un banco, para ajustar el suministro de combustible y verificar el funcionamiento del regulador de velocidad.

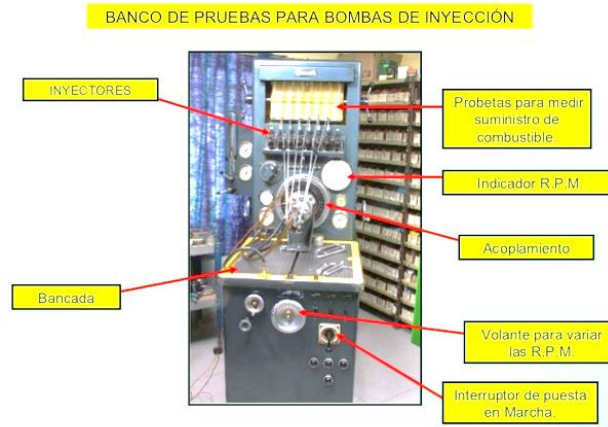


Ilustración 22. Partes principales de Banco de Pruebas
Recuperado de Pruebas de la Bomba de Inyección en el Banco. 1 de Diciembre de 2015.
http://es.slideshare.net/Luis_Reveco/prueba-de-bombas-de-inyección

Las bombas de inyección rotativa son sometidas a las siguientes pruebas:

- Ajuste de la presión de transferencia.
- Ajuste de vareador de avance de la inyección.
- Ajuste del suministro máximo.
- Verificación del suministro en ralentí.
- Verificación del caudal de arranque.

Prueba no. 1 Comprobaciones eléctricas I	Tope arranque en mV		Tope parada en mV		Observaciones
	4.0204.650		650850		
Prueba no. 2 Comprobaciones eléctricas II	Mecanismo de ajuste de dosificador	Transmisor de corredera	Sonda térmica de combustible	Válvula magnética de inicio de inyección	Observaciones
	Medir la resistencias entre las conexiones que ordena el fabricante a la temperatura de ensayo correspondiente.				
Prueba no. 3 Presión de transferencia	Régimen (rpm)	Tensión de retroalimentación (mV)		Valor de ajuste (bares)	Observaciones
	500	2.1		6,98,1	
Prueba no. 4 Avance (sin alimentar la válvula magnética de inicio de inyección)	Régimen (rpm)	Tensión de retroalimentación (mV)		Recorrido del pistón de avance (mm)	Observaciones
	200 2000	2.100 3.670		4,98,9 11,812,8	
Prueba no. 5 Avance (alimentando la válvula magnética de inicio de inyección a 12V)	Régimen (rpm)	Tensión de retroalimentación (mV)		Recorrido del pistón de avance (mm)	Observaciones
	1.500	1.500		Max 1 mm	
Prueba no. 6 Caudal de alimentación	Régimen (rpm)	Tensión de retroalimentación (mV)	Temperatura de medición (°C)	Caudal extraído (cc/1.000 emboladas)	Observaciones
	1.500	3.490	53	46,849,8	
Prueba no. 7 Caudal de arranque	Régimen (rpm)	Tensión de retroalimentación (mV)	Temperatura de medición (°C)	Caudal extraído (cc/1.000 emboladas)	Observaciones
	100	2.64	61	4258	

Tabla 4. Banco de Prueba y Ajuste de Combustible Bomba VE
Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 406

7. REPARACIÓN

Para este tipo de bombas se consideran dos clases de reparaciones:

- Reparación parcial. Se utiliza para solventar aquellas averías que no requieren un desmontaje total de la bomba.
- Reparación total.

7.1. Reparación Parcial

Se denota una relación de averías que, en la mayoría de casos, se solucionan con una reparación de este tipo.

Siempre que sea una de estas causas, las averías se solucionan con una reparación parcial, pero no deben descartarse otras que requieran un desarmado total de la bomba.

1. El motor arranca mal.				
2. El motor echa humo blanco, admite gases con dificultad (la bomba se calienta demasiado).				
3. El motor no se para				
4. La palanca de regulación no vuelve al al tope de ralentí				
5. El motor vibra al ralentí.				
Causa de la avería *				
X				Tapón roscado central defectuoso (1).
	X			Estrangulador de rebose obstruido (tornillos permutados) (2).
		X		Válvula electromagnética defectuosa (electroimán en parada) (3).
			X	Falta de grasa lubricante en el resorte, el casquillo tope y la tapa (4).
				X Fallos de estanquidad en el racor de impulsión y en el tornillo de purga (5).
				X Junta anular radial del árbol defectuosa (6).
				X Junta anular de variador de avance defectuosa (7).
				X Obturización de la tapa de la carcasa, casquillo de la palanca de regulación y anillo toroidal defectuoso (8).

Tabla 5. Reparación Parcial - Relación de Averías
Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 333

- Comprobar el par de apriete. Si este es correcto sustituir el tapón (1).
- Limpiarlo. En caso necesario, efectuar el cambio (2).
- Desmontarla. Comprobar el funcionamiento con ella desmontada. Sustituirla si no funciona (3).
- Engrasar con grasa multigrado (eventualmente se puede utilizar aceite del motor (4).
- Aflojar el racor de impulsión y volver a apretarlo al par correspondiente. Si sigue sin ser estanco, sustituirlo junto con su junta. Apretar sólo con llave dinamométrica. Si el tornillo de purga no es estanco, sustituir la junta y apretar al par prescrito (5).
- Sacar de la carcasa de la bomba, mediante el útil apropiado, la junta anular. Montar la junta nueva mediante una prensa (6).
- Desmontar la tapa del variador de avance y sustituir los anillos toroidales (7).
- Sustituir la junta anular de la tapa de la carcasa, el casquillo de la palanca de mando y el anillo toroidal en el árbol de la palanca de mando. Dada la gran cantidad de piezas menudas que hay que manipular (pasadores, muelles, palancas, ...), hay que seguir las instrucciones particulares del fabricante (8).

7.2. Reparación Total

Antes de desmontar y reparar las bombas de inyección rotativas, se deberá medir la holgura basculante del eje motriz, para así evitar trabajos innecesarios.

Si se sobrepasa la tolerancia indicada se debe utilizar una nueva carcasa (de ser necesario también, un nuevo eje motriz).

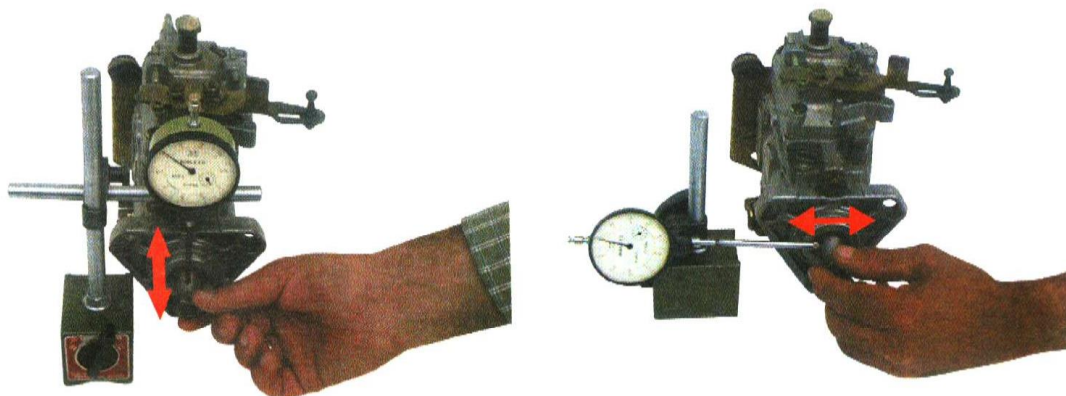


Ilustración 23. Comprobación de holgura basculante
Recuperado de Libro Sistemas Auxiliares del Motor Pg. 334

CONCLUSIONES

La bomba de inyección es uno de los elementos más importantes del sistema de inyección de un automóvil, donde su principal función es la de elevar la presión del combustible para que se adecue al ritmo de trabajo de los inyectores.

Los avances tecnológicos que se han ido incorporando para mejorar el alcance de la presión de trabajo, ha hecho posible el desarrollo de los actuales sistemas TDI, HDI Common Rail y el sistema Inyector-Bomba.

La bomba rotativa tipo VE que se entrega a la Universidad ECCI como elemento de estudio, es un elemento totalmente funcional, probado y que ha recibido mantenimiento por parte del grupo de trabajo de este proyecto.

RECOMENDACIONES

Establecer un control de seguridad adicional al existente en el taller, al momento de manipular y revisar la bomba, debido a la fuerza en el chorro de los inyectores.

Utilizar los implementos de seguridad adecuados para las pruebas (guantes, gafas, overol, etc)

Tener repuestos suficientes en el stock de materiales para realizar control y mantenimiento de forma periódica.

Llevar un control escrito de las prácticas y mantenimientos realizados.

BIBLIOGRAFIA

May, E., (1990), Mecánica para motores diesel: teoría, mantenimiento y reparación Tomo II, México DF, México, McGraw-Hill Interamericana.

Bosch, R., (2005), Manual de la Técnica del Automóvil BOSCH (4ª edición), Editorial Robert Bosch GMBH 2002

Tena Sánchez, J., (2009), Circuitos electrónicos básicos: Sistemas de carga y arranque, electromecánica de vehículos. Editorial Parainfo.

Randall, M., Engine Management Systems Manual Petrol and Diesel Engines Car and Light Commercial 001, Editorial Haynes Publishing

Pardinas, J., (2012), Sistemas Auxiliares del Motor, Madrid, España, Editorial Editex

Ferrer Ruiz, J., Domínguez Soriano, E., (2008), Técnicas de mecanizado para el mantenimiento de vehículos, Editex.

Chilton, C., (1987), Manual Diesel de Reparación Mantenimiento 1978-84: Automóviles, Camiones y Tractores, Motores y Chasis, Barcelona, España, Editorial Chilton Celtrum

Norton, R., (1999), Diseño de Máquinas, Naulcapan de Juarez, México, Editorial Prentice Hall

Arias-Paz, M., (2001), Motocicletas, Madrid, España, Editorial Dossat 2000

Ceac, (2002), Manual Ceac del Automóvil, Barcelona, España, Editorial Ceac

Shigley, Joseph, E., Mischke, Charles, R., (2002), Diseño en Ingeniería Mecánica, México, Editorial McGraw-Hill

Bosch, R., Diesel Fuel Injection Handbook Bosch, Editorial Sae The Engineering Society

Randall, M., The Haynes Manual on the Diesel Engines, Editorial Haynes Publishing

Haynes, (2002), Data Book Diesel, Editorial Haynes Publishing

Tschoke, H., (1999), Diesel Distributor Fuel-Injection Pumps, Alemania, Editorial Dipl.-Ing. (FH) Horst Bauer

Nelik, Lev, (1999), Centrifugal & Rotary Pumps: Fundamentals with Applications, Moscú, Editorial CRC Press

Friedrich Gülic, J., Centrifugal Pumps 3rd Edition, Inglaterra, Editorial Springer

Lev, N., Centrifugal & Rotary Pumps: Fundamentals with Applications 1st Edition, Inglaterra, Editorial Praeger Publishers Inc