



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ**

**TEMA: ESTUDIO DEL DESGASTE DE LOS COMPONENTES
INTERNOS DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN DIÉSEL LINEAL Y
ROTATIVA**

AUTOR: ESTEBAN DAVID CABRERA MONGE

DIRECTOR: ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ MSc.

Ibarra, 2019

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “estudio del desgaste de los componentes internos de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa” presentado por el señor: Esteban David Cabrera Monge con número de cédula 100242988-2, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 17 días del mes mayo del 2019.

Atentamente



Ing. Carlos Mafla MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para la cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	100242988-2
APELLIDOS Y NOMBRES:	CABRERA MONGE ESTEBAN DAVID
DIRECCIÓN:	ELÍAS LIBORIO MADERA #3-54 Y MALDONADO
EMAIL:	edcabreram@utn.edu.ec
TELÉFONO	0987886017
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTUDIO DEL DESGASTE DE LOS COMPONENTES INTERNOS DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN DIÉSEL LINEAL Y ROTATIVA.
AUTOR:	ESTEBAN DAVID CABRERA MONGE
FECHA:	17-05-2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de mayo de 2019

AUTOR:

Firma 

Esteban David Cabrera Monge

DEDICATORIA

A quienes me dieron la vida y apoyo incondicional, enseñándome ejemplos dignos de superación ante cualquier problema, mis padres. Gracias madre por creer en mí. A mi familia por brindarme su ayuda y estar pendientes gracias. A mi pequeña Valentina por inspirar en mí ese respeto y lucha por los deseos de vivir.

Esteban David

AGRADECIMIENTO

Especialmente a quien estuvo siempre apoyándome mi madre.

A quien me ayudo y oriento en la investigación de este trabajo Ing. Carlos Mafla MSc.

A la Universidad Técnica del Norte, sus aulas me formaron profesionalmente brindándome conocimientos y fortaleciendo mi formación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	viii
CAPÍTULO I	1
1. Revisión Bibliográfica	5
1.1 Bomba de Inyección Lineal	5
1.1.1 Elementos Principales (tipo PE).....	6
1.1.1.1 Bomba de alimentación	6
1.1.1.2 Variador de avance	8
1.1.1.3 Regulador centrífugo	9
1.1.1.4 Elementos de bombeo.....	10
1.1.2 Componentes de desgaste de la bomba lineal	11
1.1.3.1 Válvula de presión y porta válvula	12
1.1.3.2 Elemento (constituido de cilindro y pistón)	12
1.1.3.3 Resorte del pistón	14
1.1.3.4 Rodillo	14
1.1.3.5 Rulimán	14
1.2 Bomba de inyección rotativa	15
1.2.1 Elementos principales (Tipo VP44)	18
1.2.1.1 Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión y válvula de estrangulador de rebose.....	19
1.2.1.2 Sensor del ángulo de rotación (SISTEMA Drive Wheel Sensor)	19
1.2.1.3 Unidad de control de la bomba.....	20
1.2.1.4 Bomba de alta presión de émbolos radiales con eje distribuidor y válvula de salida.....	20
1.2.1.5 Variador de avance	20
1.2.1.6 Electroválvula de alta presión	21
1.2.2 Componentes de desgaste de la bomba rotativa.....	22
1.2.3.1 Bomba de alimentación	23
1.2.3.2 Conjunto porta rodillos.....	24
1.2.3.3 Disco de levas.....	25
1.2.3.4 Cabezal hidráulico	27
1.2.3.5 Émbolo variador de avance	28

CAPÍTULO II	29
2. Materiales y Métodos	29
2.1 Materiales.....	29
2.1.1 Bomba de inyección lineal	29
2.1.2 Bomba de inyección rotativa.....	30
2.1.3 Banco de pruebas, accesorios y acoplamientos.....	31
2.1.4 Herramientas especiales	34
2.2 Métodos	36
2.2.1 Despiece y armado	36
2.2.1.1 Bomba de inyección lineal	36
2.2.1.2 Bomba de inyección rotativa	38
2.2.2 identificación de desgaste en piezas móviles	41
2.2.2.1 Válvula de presión	42
2.2.2.2 Anillo de rodillos	43
2.2.2.3 Eje impulsor.....	43
2.2.2.4 Porta válvulas	44
2.2.2.5 Elemento (cilindro y pistón).....	45
2.2.2.6 Bomba de alimentación	45
2.2.2.7 Resorte del émbolo distribuidor	46
2.2.2.8 Cabezal hidráulico	47
2.2.2.9 Disco de levas	48
2.2.2.10 Caja o envoltura de la bomba	49
2.2.3 Mantenimiento Preventivo	50
CAPÍTULO III	53
3. Resultados y Discusión	53
CAPÍTULO IV	65
4. Conclusiones y Recomendaciones	65
Conclusiones	65
Recomendaciones	67
Referencias bibliográficas	68
ANEXOS	71
ANEXO I	72
ANEXO II.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción herramientas especiales	35
Tabla 2 Características válvula de presión	42
Tabla 3 Características Porta válvulas	44
Tabla 4 Características Elemento (cilindro y pistón)	45
Tabla 5 Válvula de presión	53
Tabla 6 Porta válvulas	54
Tabla 7 Elemento (cilindro y pistón)	55
Tabla 8 Resorte del émbolo distribuidor	56
Tabla 9 Anillo de rodillos	57
Tabla 10 Eje impulsor.....	58
Tabla 11 Bomba de alimentación	59
Tabla 12 Cabezal hidráulico	60
Tabla 13 Disco de levas.....	61
Tabla 14 Caja o envoltura de la bomba	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos principales de una bomba de inyección en línea.....	6
Figura 2 Funcionamiento de la bomba de alimentación de “simple efecto”	7
Figura 3 Variador de avance y su despiece	9
Figura 4 Componentes de desgaste de la bomba de inyección lineal.....	11
Figura 5 Válvula de presión	12
Figura 6 Pistón.....	13
Figura 7 Vástago del pistón con stamping	13
Figura 8 Descripción rodillo y empujador.....	14
Figura 9 Instalación de inyección diésel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales.....	18
Figura 10 Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales.....	19
Figura 11 Componentes de desgaste de la bomba de inyección rotativa	22
Figura 12 Bomba de alimentación.....	23
Figura 13 Despiece bomba de alimentación.....	24
Figura 14 Discos de levas.....	26
Figura 15 Cabezal hidráulico.....	27
Figura 16 Bomba de inyección lineal	29
Figura 17 Bomba de inyección rotativa.....	30
Figura 18 Banco de pruebas de inyección diésel Garner	31
Figura 19 Controlador de banco de pruebas PYBK-900.....	32
Figura 20 Cañerías.....	33
Figura 21 Acoples	33
Figura 22 Soporte	34
Figura 23 Herramientas especiales para armar y desarmar la bomba	34
Figura 24 Base de montaje de la bomba.....	36
Figura 25 Desmontaje de la tapa del regulador	37
Figura 26 Racor de impulsión	37
Figura 27 O-ring deformado.....	38
Figura 28 Desmontaje de las tapas inferiores.....	38
Figura 29 Bomba rotativa sujeta a la base de montaje	39
Figura 30 Válvula de paro eléctrico en el cabezal.....	39
Figura 31 Cabezal distribuidor	40
Figura 32 Porta rodillos	40
Figura 33 Desmontaje de la válvula reguladora de presión	41
Figura 34 Comprobación de retracción	43
Figura 35 Comprobación de la altura del rodillo.....	43
Figura 36 Comprobación del eje impulsor	44
Figura 37 Comprobación de la bomba de alimentación.....	46
Figura 38 Rectitud del resorte	47
Figura 39 Movimiento libre en el émbolo distribuidor	48
Figura 40 Comprobación de desgaste en el disco de levas	49
Figura 41 Medición del juego libre del eje impulsor al buje.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	72
ANEXO II	74

RESUMEN

El presente trabajo de grado está enfocado en el estudio de las principales causas de desgaste de los elementos móviles que generan la alta presión en las bombas de inyección lineales y rotativas mediante el uso de equipos que determinen el tipo de desgaste encontrado en los diferentes elementos y el origen que produce cada uno de estos desgastes; por la demanda que implica este trabajo es necesario investigar los equipos y herramientas que requiere este estudio.

El mal funcionamiento de este sistema es el principal causante de una mala combustión en estos sistemas, debido a que de estos elementos depende la cantidad exacta de combustible inyectada en la cámara de combustión, que la cantidad de combustible sea la necesaria para su correcto funcionamiento garantizando así que la mezcla de combustible y aire se oxide casi en su totalidad y aprovechando al máximo eficiencia del motor. La investigación ayudará a reducir los índices de desgaste de los elementos que generan la alta presión en estos sistemas y tomar mayor importancia a un correcto mantenimiento preventivo de este sistema.

ABSTRACT

The present work of degree is focused on the study of the main causes of wear of mobile elements that generate high pressure in linear and rotary injection pumps by using equipment that determine the type of wear found in the different elements and the origin that each one of these wear produces; by the demand that this work implies, it is necessary to investigate the equipment and tools required by this study.

The malfunction of this system is the main cause of poor combustion in these systems, because of these elements depends on the exact amount of fuel injected into the combustion chamber, that the amount of fuel is necessary for proper operation guaranteeing so that the mixture of fuel and air is almost totally oxidized and taking advantage of the maximum efficiency of the engine. The research will help reduce the wear rates of the elements that generate high pressure in these systems and take greater importance to a correct preventive maintenance of this system.

INTRODUCCIÓN

Estudio del desgaste de los componentes internos de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa, identificando la alteración de las piezas móviles, a fin de reducir a futuro fallos prematuros en los elementos internos de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa y de esta manera contribuir a disminuir el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape mejorando la calidad y estilo de vida de la población.

El uso de vehículos con sistemas de inyección diésel ha ganado terreno en estos últimos años, este tipo de sistemas de inyección de combustible es utilizado en vehículos livianos, semipesados y de carga pesada es por esto que nace la necesidad de determinar las posibles causas del desgaste prematuro en los elementos móviles de las bombas de inyección de tipo lineal y rotativa; el desgaste en los elementos móviles de estos mecanismos es causado principalmente por un indebido mantenimiento o por cambio de elementos genéricos filtrantes del sistema de alimentación diésel. En nuestro medio los propietarios de automotores optan por utilizar elementos filtrantes genéricos ya que sus costos son más reducidos que los elementos filtrantes originales; la estructura de los filtros y prefiltros genéricos es similar a los filtros originales, con la diferencia que los filtros originales tienen un tiempo de vida útil más largo, utilizan materiales de mejor calidad, obstruyen el paso de partículas o impurezas más diminutas y reducen al máximo la presencia del agua en el sistema de alimentación e inyección diésel que lo filtros genéricos.

Es por estos factores nombrados anteriormente que se debe realizar un estudio de los principales elementos internos móviles más propensos al desgaste en las bombas de inyección lineal y rotativa con lo cual se determinarían las causas que generan un desgaste prematuro o excesivo en dichos elementos obteniendo datos reales.

CAPÍTULO I

Objetivo General

Estudiar el desgaste de los componentes internos de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa.

Objetivos Específicos

- Diferenciar los elementos vulnerables en el desgaste de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa.
- Identificar el desgaste en piezas móviles de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa.
- Determinar las tolerancias de desgaste en los elementos móviles de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa.

Justificación

En base al excesivo costo que demanda el mantenimiento correctivo en las bombas de inyección lineales y rotativas se debe efectuar este tipo de investigación para dar a conocer la importancia que tiene un correcto mantenimiento preventivo en estos sistemas ya que este es de vital importancia para su correcto funcionamiento, que los elementos móviles de las bombas de inyección cumplan con su tiempo de vida útil plantados por los fabricantes; ya que un filtro de combustible obstruido dificulta el paso de combustible y genera que la bomba sea más propensa a desgaste ya que la cantidad de combustible ingresada no sería la adecuada o que el filtro ya haya perdido sus cualidades filtrantes; los altos índices de azufre en el diésel es uno de los principales factores que deteriora los elementos móviles como

el regulador de presión de la bomba, deterioro del tanque entre otros elementos es por esto que es importante saber determinar cuando una bomba de inyección se encuentra defectuosa al momento de encender un vehículo y transitar por carretera ya que este puede manifestar distintas fallas y al realizar un mantenimiento preventivo reducir costos de operación y repuestos alargando la vida útil de los mismo y reduciendo los índices de contaminación por un indebido funcionamiento del sistema de inyección diésel.

Alcance

El trabajo de grado en desarrollo tiene como alcance estudiar las causas que producen el desgaste prematuro en los elementos internos de las bombas de inyección diésel lineal y rotativa, identificando los elementos vulnerables de daño en dichas bombas.

Antecedentes

Al hablar de motores diésel, es inevitable pensar en automotores de uso para el transporte, equipo caminero o incluso en el campo industrial. Estos motores empleados sobre todo en actividades productivas necesitan de un combustible idóneo refinado del petróleo el cuál ahora se lo conoce como gasóleo. Es por esto que el petróleo como tal tiene poca utilidad, pero al ser utilizado como materia prima para la producción de combustibles a nivel mundial ha llegado a ser un factor determinante en la evolución de la industria automotriz.

Para que el gasoil entre en el cilindro, inyectado en el aire tan fuertemente comprimido y caliente, es necesario que a su vez se envíe a una presión elevada, en forma de un pequeñísimo chorro para cada carrera de "combustión"; esto se consigue con un equipo de inyección compuesto por una bomba que: dosifica, da presión y envía el gasoil al cilindro correspondiente, y un inyector que le da entrada a la cámara de combustión (Arias Paz, 2006). El diésel es un derivado del petróleo, es así que la calidad de este combustible depende de dos factores principales: El

tipo de aceite de donde se obtiene y la calidad al fabricarlo. El Ecuador un país rico en recursos naturales, se ha visto afectado por el factor fabricación; dándose altos costos en su producción, una disminución de sus reservas y calidad de combustibles baja a pesar de tener materia prima de altos estándares.

Varios estudiosos de todo el mundo están investigando la eliminación de NOx del escape de motores diésel, experimentando con variaciones en la fuente de alimentación, el caudal, la concentración de gases de escape, la temperatura, las configuraciones de electrodos y reactores (Sankarsan & Srikanth, 2017). El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso; uno de los tantos componentes de los gases de escape producido por la combustión en los motores a diésel, es el principal causante de enfermedades de vías respiratorias, además de ser corrosivo y atacar directamente a los componentes del sistema de inyección, así como el aumento de impurezas en los pistones y por ende en la cámara de combustión. Se ha llegado a determinar que la cantidad de azufre en un combustible diésel depende directamente del origen de donde proviene el petróleo afectando al motor diésel ya que la cantidad que se tolera de azufre en el combustible de un motor a diésel dependen del tipo de motor (potencia) y de las condiciones de operación.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL

La bomba de inyección diésel es uno de los elementos más importantes del sistema de inyección de un coche y sus principales funciones son la de elevar la presión del combustible para que se adecúe al ritmo de trabajo de los inyectores, dosificar la cantidad de combustible que se inyecta a los cilindros (RODES (Red Operativa de Desguaces Españoles), 2014), (P-1).

Generalidades

La bomba de inyección lineal PE-P es llamada así por la disposición de los elementos de bombeo, un conjunto de émbolo y cilindro por cada pistón que el motor posea; este tipo de mecanismo recibe el movimiento directamente del motor accionado por cadena, banda o piñón permitiendo el giro del árbol de levas de la bomba de inyección y el movimiento ascendente y descendente del émbolo en el cilindro (RODES (Red Operativa de Desguaces Españoles), 2014), (P-1).

Con la ayuda de un seguidor el émbolo realiza su desplazamiento ascendente, y con un muelle para su desplazamiento descendente permitiendo así: que se comprima el combustible, se genere mayor presión al momento de la inyección y se dosifique la cantidad necesaria de combustible en las diferentes condiciones de trabajo del motor (RODES (Red Operativa de Desguaces Españoles), 2014), (P-1).

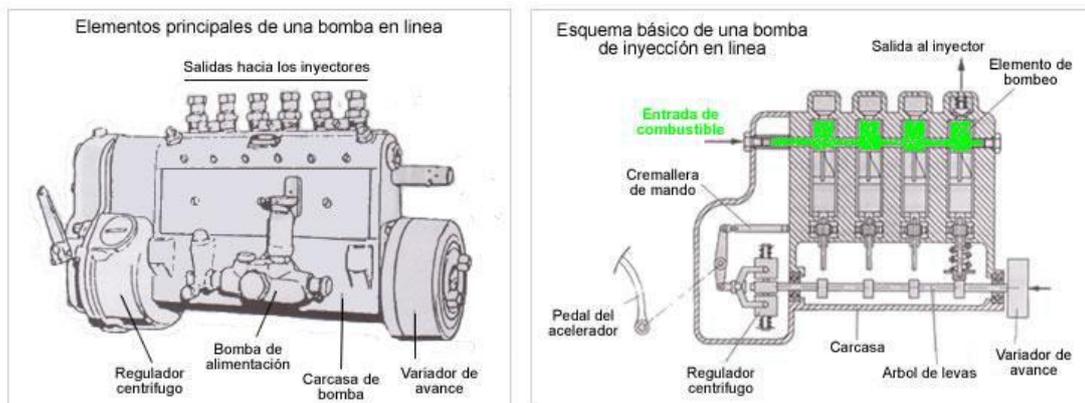


Figura 1 Elementos principales de una bomba de inyección en línea

(RODES (Red Operativa de Desguaces Españoles), 2014), (P-1)

1.1.1 ELEMENTOS PRINCIPALES (TIPO PE)

Las bombas de inyección lineales están compuestas de distintos elementos mecánicos los cuales facilitan la entrega adecuada de combustible hacia el inyector, permitiendo que la cantidad de combustible que ingrese a la cámara de combustión sea la adecuada para que el motor funcione a los diferentes regímenes requeridos por el conductor. Elementos principales de las bombas de inyección:

- Bomba de alimentación.
- Variador de avance.
- Regulador centrífugo.
- Elementos de bombeo.

1.1.1.1 Bomba de alimentación

Elemento mecánico anclado en la bomba de inyección lineal y accionado por el árbol de levas de la misma por medio de un seguidor de tipo plano o rodillo encargado de proporcionar movimiento al pistón y generar la entrega de combustible a la bomba de inyección en sus diferentes regímenes de trabajo del motor. Existen dos tipos de variantes:

Simple Efecto.- Al generar el motor movimiento al eje de levas entrega combustible una sola vez por cada vuelta del motor esto es posible por el desplazamiento que realiza el pistón en el cilindro al ser accionado por un seguidor comprimiendo combustible, permitiendo así que el muelle de la válvula de alimentación se comprima e ingrese combustible a la cámara, al retornar el pistón a su posición inicial con ayuda de un muelle la válvula de alimentación se cierra y genera una presión en la cámara la cual vence al muelle de la válvula de baja presión permitiendo así que el combustible ingrese a los conductos de alimentación de la bomba de inyección lineal.

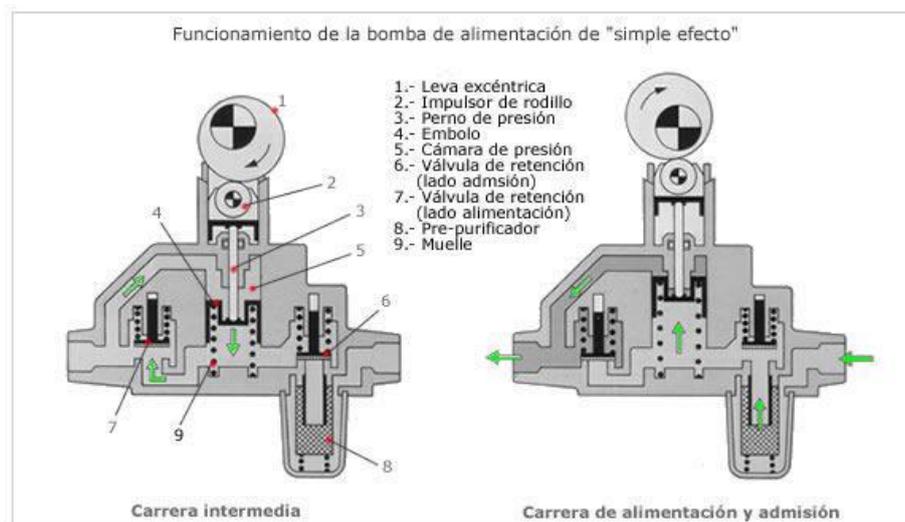


Figura 2 Funcionamiento de la bomba de alimentación de “simple efecto”

(Meganeboy, 2014), (P-1)

Doble Efecto.- Este tipo de bombas de alimentación entrega combustible a la bomba inyección al desplazar el pistón de manera descendente o ascendente ya que posee dos cámaras lo cual permite que la entrega de combustible en este tipo se duplique garantizando así la eficiencia del mecanismo. Al desplazarse el pistón en el cilindro la parte superior del pistón está en compresión mientras que la inferior está aspirando combustible o viceversa es por esta acción que este mecanismo es conocido con el nombre de doble efecto.

1.1.1.2 Variador de avance

El variador de avance está acoplado al eje de levas de la bomba de inyección, sujeto al mismo mediante una chaveta y un perno, este elemento distribuye el giro del motor al eje de levas de la bomba de inyección permitiendo que este genere las pautas de inyección según las condiciones de trabajo del motor variando su ángulo aproximadamente 8°.

El retraso que se genera en la inyección de combustible derivado por la temperatura y densidad del aire, presión en la cámara de combustión, densidad (calidad) del combustible y calidad de atomización ya que de esto depende la efectividad de la mezcla para inflamarse, es por estos factores nombrados anteriormente que se debe generar un adelanto de la inyección en la cámara de combustión según el número de revoluciones que se generan en el motor.

“El tiempo de combustión en el motor depende de la mayor o menor carga en los cilindros y el desplazamiento del pistón en la carrera de combustión depende de la velocidad de giro del motor, el ángulo de avance a la inyección ha de poder adecuarse a la carga y número de revoluciones, adelantando o retrasando automáticamente el ángulo de avance en función del régimen de giro del motor” (Meganeboy, 2014), (P-1). El adelanto en el eje de levas es posible por el movimiento que se genera en los contrapesos del mecanismo permitiendo dar un avance a la inyección producto de la fuerza centrífuga generada por el régimen de rpm del motor.

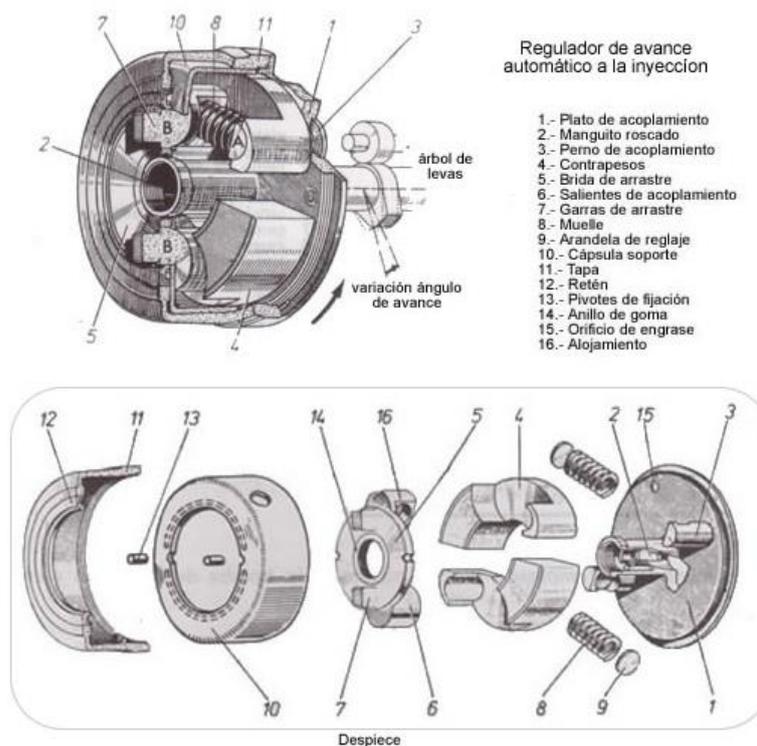


Figura 3 Variador de avance y su despiece

(Meganeboy, 2014), (P-1)

1.1.1.3 Regulador centrífugo

El regulador centrífugo permite que el motor trabaje en condiciones adecuadas de funcionamiento en bajas y altas rpm e impide que excedan el límite de velocidad especificado por el fabricante permitiendo que los elementos mecánicos no sean sometidos a fatiga y disminuya su tiempo de vida útil.

Este mecanismo actúa colectivamente con el acelerador encargado de prolongar la inyección cuando el motor lo requiera e incluso de generar el corte de inyección.

Cuando el motor exceda las revoluciones dadas por el fabricante el regulador instintivamente disminuye la inyección, eso es posible por la velocidad generada en el regulador lo que genera que los contrapesos se desplacen hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga generada por el exceso de velocidad permitiendo así

que los mecanismos anclados a los émbolos retornen a una posición de trabajo adecuada y cantidades de inyección idóneas sean enviadas a los inyectores.

1.1.1.4 Elementos de bombeo

El número de elementos de bombeos que posean la bomba de inyección es proporcional a la cantidad de cilindros que el motor de combustión tenga; cada conjunto de bombeo está constituido por un cilindro y un pistón encargados de aumentar la presión y distribuir el combustible en el cilindro en el momento preciso y cantidades adecuadas según los regímenes de funcionamiento del motor.

Pistón.- Elemento encargado de recibir el movimiento generado por el árbol de levas de la bomba de inyección lineal con ayuda de un seguidor el cual permite que este se desplace en la camisa de manera ascendente y con ayuda de un muelle retorne a su posición de origen.

Al encontrarse el pistón en la parte inferior de la camisa permite el ingreso de combustible por la tobera de alimentación, al empujar el seguidor al pistón comprime al resorte y desplaza al pistón en la camisa impidiendo la entrada de combustible a la cámara para luego comprimirlo y aumentar la presión hasta vencer la fuerza del resorte antagonista de la válvula de presión para luego ser entregado en la cámara de combustión; este proceso se genera según el tiempo de encendido que posea el motor diésel.

El pistón tiene un diseño especial, en su parte superior constata de un corte vertical el cual permite el ingreso de combustible a la rampa helicoidal del pistón almacenando combustible en una cámara. Esto permite lubricar las paredes del cilindro cuando el pistón se desplaza; esta ranura también nos ayuda a que el combustible restante retorne a la lumbrera de alimentación de la bomba de

inyección lineal y el resorte antagonista de la válvula retorne a su posición inicial impidiendo el paso de combustible al inyector culminando el ciclo de inyección.

1.1.2 COMPONENTES DE DESGASTE DE LA BOMBA LINEAL

Aunque en la siguiente figura se nombran a siete elementos de desgaste de la bomba de inyección lineal, los más propensos al desgaste son descritos a continuación.

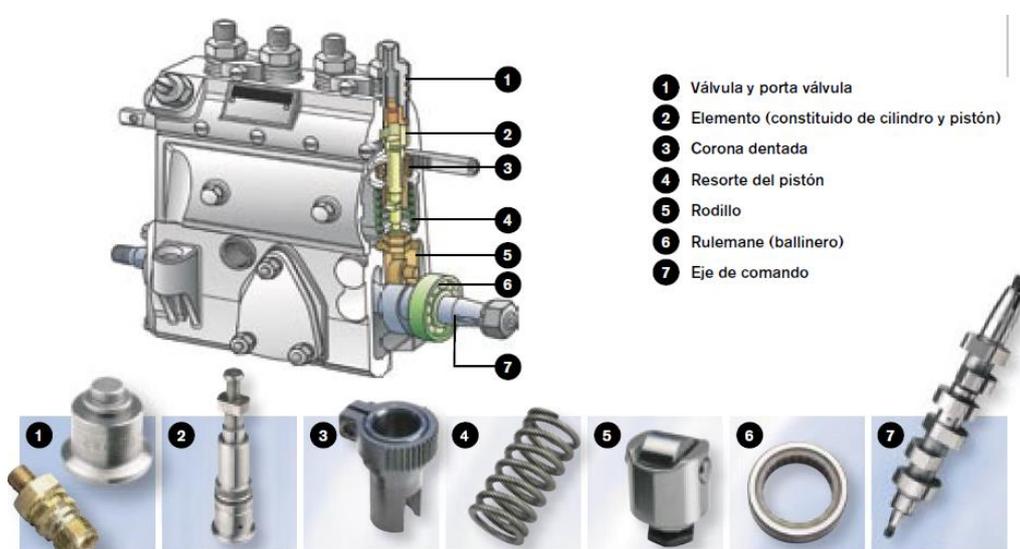


Figura 4 Componentes de desgaste de la bomba de inyección lineal

(Robert Bosch Ltda., 2016)

- Válvula de presión y porta válvulas
- Elemento (constituido de cilindro y pistón)
- Resorte del pistón
- Rodillo
- Rulimán

1.1.3.1 Válvula de presión y porta válvula

Válvula de presión.- Tiene la función de permitir el paso de combustible del elemento hacia las cañerías de presión que se comunican con el conjunto inyector, cuando se apaga el motor la válvula cierra para impedir el retorno de combustible al interior de la bomba, manteniendo la cañería llena que permita el siguiente arranque (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-15).



Figura 5 Válvula de presión

(Robert Bosch Ltda., 2016), (P-13)

Identificación

Las válvulas pueden ser identificadas con el stamping (estampado) ubicado en la cabeza de la válvula, o mediante el despiece de la bomba utilizando para la marca Bosch el ESI y para la marca Zexel el ESPI (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-15).

Porta válvulas.- Instalado sobre la carcasa de la bomba, su función es “acomodar” la válvula de presión haciendo la conexión entre la bomba y la cañería (Robert Bosch Ltda., 2016), (P-13).

1.1.3.2 Elemento (constituido de cilindro y pistón)

Las bombas de inyección en línea utilizan un elemento (constituido por pistón y cilindro) para cada cilindro del motor, el elemento tiene un movimiento lineal por acción del árbol de levas con el cual se genera la presión en el combustible (Robert Bosch Ltda., 2016), (P-14).

El caudal se modifica a través del movimiento giratorio del pistón por medio de la corona dentada accionada por la cremallera, provocando que gire el pistón a través del corte modificando el volumen inyectado de acuerdo a los requerimientos del motor (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-5).



Figura 6 Pistón

(Robert Bosch S.A., 2018)

Fabricados con extrema precisión de alrededor de 0,2 micrones, sellan completamente sin necesidad de empaquetaduras adicionales (Robert Bosch S.A., 2018), (P-5).

Identificación

Los elementos pueden ser identificados con el stamping (estampado) marcado en el vástago del pistón, o mediante el despiece de la bomba utilizando para la marca Bosch el ESI y para la marca Zexel el ESPI (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-5).

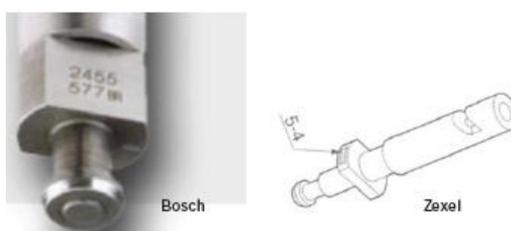


Figura 7 Vástago del pistón con stamping

(Robert Bosch S.A., 2018)

1.1.3.3 Resorte del pistón

Los resortes presentan desperfectos como el vencimiento, oxido y fatiga.

El pistón tiene un movimiento de sube y baja en el interior del cilindro. El descenso está mandado por el muelle que entra en acción cuando el saliente de la leva en su giro deja de actuar sobre el pistón, la subida del pistón se produce cuando la leva en su giro actúa levantando el pistón venciendo el empuje del muelle (Bruzos, 2008).

1.1.3.4 Rodillo

El empujador entra en contacto con la leva por intermedio de un rodillo que está montado en el empujador mediante un pasador de rodillo, la parte superior del empujador incorpora un mecanismo para ajustar el intervalo de inyección entre cada cilindro: mediante perno y mediante calce (Denso Corporation, 2017), (P-24).

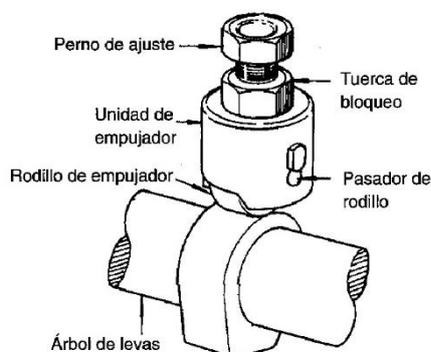


Figura 8 Descripción rodillo y empujador

(Denso Corporation, 2017), (P-24)

1.1.3.5 Rulimán

Los rodamientos de rodillos cilíndricos son capaces de soportar altas cargas radiales, esta tipología cuenta con gran resistencia a aceleraciones rápidas y en altas velocidades gracias al contacto de línea entre rodillos y caminos de rodadura (Fersa Group, 2019).

1.2 BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA

Existen un campo muy amplio para el uso de una bomba rotativa, estos siempre están determinados por el régimen real, la potencia como también de la fabricación del motor (Bosch, 2005).

Tipo VE

Las bombas rotativas del tipo VE se diferencian de las bombas de inyección lineal al poseer un solo cilindro y un émbolo distribuidor, aunque el motor tenga diversos cilindros. El combustible es repartido a las diferentes salidas tantos cilindros tenga el motor por la lumbrera de distribución.

Tipo VP

El funcionamiento de la bomba VP44 se parece al funcionamiento de la bomba rotativa normal VE, excepto que la principal diferencia se encuentra en cómo se genera la alta presión y que la VP44 posee control electrónico.

En las bombas rotativas normales la presión se genera por el movimiento axial de un solo pistón del cabezal y el disco de levas, en cambio en la bomba VP44 existen dos o cuatro pistones en sentido radial con anillo de levas que son las que comprimen el combustible, consiguiendo presiones de inyección más altas que las bombas de émbolo axial (Robert Bosch S.A., 2019), (P-1).

Adicionalmente la bomba VP44 tiene una unidad electrónica de regulación, que controla la válvula electromagnética que dosifica el caudal de inyección y modifica el comienzo de inyección (Robert Bosch S.A., 2018), (P-1).

Ya que la bomba rotativa tipo VP44 posee una elevada tecnología, es capaz de brindar a los motores diésel mayor rendimiento y eficiencia.

Generalidades

Una instalación de inyección diésel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales VP44 tiene dos unidades de control para la regulación electrónica diésel: Una unidad de control del motor y una unidad de control de bomba.

Esta división es necesaria para evitar por una parte un sobrecalentamiento de determinados componentes electrónicos y por otra parte suprimir la influencia de señales parásitas que pueden producirse debido a las intensidades de corriente parcialmente muy elevadas (de hasta 20 A) en la bomba de inyección (Bosch S.A., 2015), (P-3).

Mientras que la unidad de control de la bomba (FPCM) registra las señales de los sensores internos de la bomba respecto al ángulo de rotación y temperatura del combustible, la unidad de control del motor procesa los datos del motor y del entorno registrados por sensores externos y calcula a partir de ellos las intervenciones de ajuste a realizar en el motor (Bosch S.A., 2015), (P-3).

En particular los sensores registran todos los datos de servicio necesarios, por ejemplo:

- La temperatura del aire aspirado, del líquido refrigerante y del combustible.
- El número de revoluciones del motor.
- La presión de sobrealimentación.
- La posición del pedal del acelerador.
- La velocidad de marcha.

Los circuitos de entrada de las unidades de control preparan estos datos y los microprocesadores calculan a partir de ellos, con consideración del estado de servicio, las señales de actuación para un servicio de marcha óptimo (Bosch S.A., 2015), (P-3).

Con la “vinculación en red” de diversos componentes del sistema, es posible:

- Aprovechar varias veces las señales.
- Adaptar con precisión las intervenciones de ajuste.
- Ahorrar combustible.
- Hacer funciones sin mucho desgaste todos los componentes que participan en el servicio.

El intercambio de datos entre la unidad de control del motor y la unidad de control de la bomba se produce a través del sistema bus CAN, sistema hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo (ABS, control electrónico del cambio). Una interfase de diagnóstico permite la evaluación de los datos del sistema almacenados en la memoria al realizar la revisión del vehículo (Bosch S.A., 2015), (P-3).

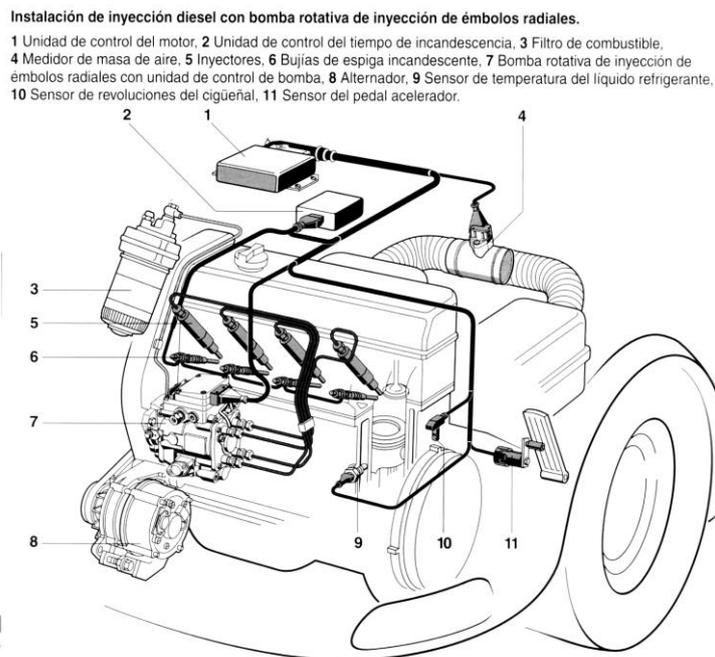


Figura 9 Instalación de inyección diésel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

(Bosch S.A., 2015), (P-4)

1.2.1 ELEMENTOS PRINCIPALES (TIPO VP44)

La bomba rotativa tipo VP44 poseen dos o cuatro pistones en sentido radial con anillo de levas que comprimen el combustible, logrando presiones de inyección más altas que en la bomba rotativa VE, así como también una unidad electrónica de control o regulación.

Elementos principales de la bomba rotativa:

- 1. Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión
- 2. Sensor del ángulo de rotación DWS (Drive Wheel Sensor)
- 3. Unidad de control de la bomba
- 4. Bomba de alta presión de émbolos radiales con eje distribuidor y válvula de salida
- 5. Variador de avance
- 6. Electroválvula de alta presión

Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales.

1 Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión, 2 Sensor del ángulo de rotación, 3 Unidad de control de la bomba, 4 Bomba de alta presión de émbolos radiales con eje distribuidor y válvula de salida (válvula de impulsión), 5 Variador de avance y electroválvula de variador de avance (válvula de impulsos), 6 Electroválvula de alta presión.

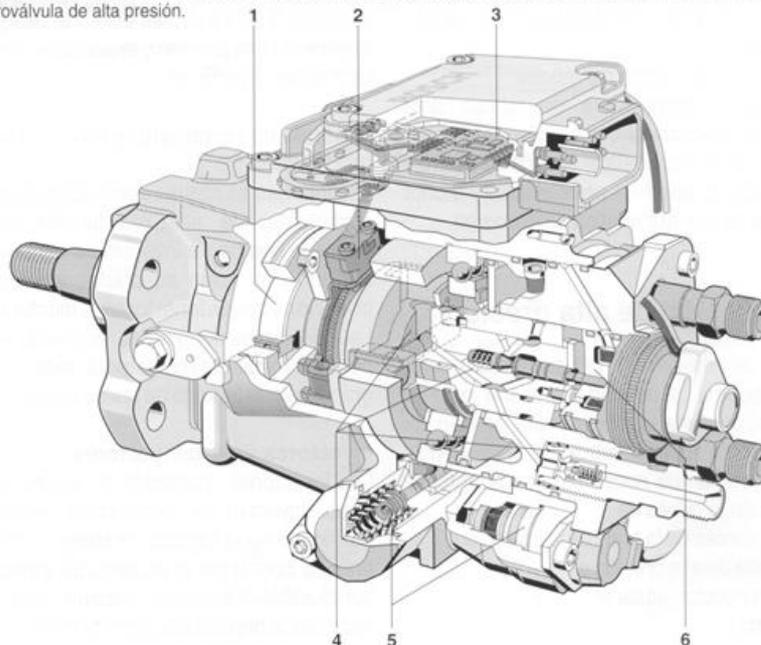


Figura 10 Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

(Bosch S.A., 2015), (P-7)

1.2.1.1 Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión y válvula de estrangulador de rebose

En el cuerpo de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales existe un fuerte eje de accionamiento alojado en un apoyo deslizante por el lado de la brida y en un rodamiento por el lado opuesto. La bomba de alimentación de aletas se encuentra interiormente sobre el eje de accionamiento, su misión es aspirar el combustible, generar una presión en el recinto acumulador y abastecer combustible a la bomba de alta presión de émbolos radiales (Bosch S.A., 2015), (P-7)

1.2.1.2 Sensor del ángulo de rotación (SISTEMA Drive Wheel Sensor)

Sensor de rueda motriz, en el eje de accionamiento está dispuesta la rueda transmisora de ángulo y la fijación para el sensor del ángulo de rotación. Estos elementos sirven para la medición del ángulo que adoptan respectivamente el eje de accionamiento y el anillo de levas durante el giro; a partir de aquí puede

calcularse el número de revoluciones actual, la posición del variador de avance y la posición angular del árbol de levas (Bosch S.A., 2015), (P-8).

1.2.1.3 Unidad de control de la bomba

Sobre la parte superior de la bomba está atornillada la unidad de control de la bomba provista de aletas de refrigeración, la unidad calcula a partir de las informaciones del sistema DWS y de la unidad de control del motor las señales de la activación para la electroválvula de alta presión y la electroválvula del variador de avance (Bosch S.A., 2015), (P-8).

1.2.1.4 Bomba de alta presión de émbolos radiales con eje distribuidor y válvula de salida

La bomba de alta presión de émbolos radiales es propulsada directamente por el eje de accionamiento, la bomba genera la alta presión necesaria para la inyección y distribuye el combustible entre los diversos cilindros del motor. El movimiento conjunto del eje distribuidor se asegura mediante un disco de arrastre en el eje de accionamiento (Bosch S.A., 2015), (P-7).

1.2.1.5 Variador de avance

En la parte inferior de la bomba está dispuesto el variador de avance hidráulico con una válvula de impulsos y el émbolo de trabajo situado transversalmente respecto al eje de la bomba. El variador de avance hace girar el anillo de levas según el estado de carga y el régimen para variar así el comienzo de alimentación y el momento de inyección (Bosch S.A., 2015), (P-8).

Este control variable se designa también como “variación electrónica” de avance a la inyección.

1.2.1.6 Electroválvula de alta presión

La electroválvula de alta presión está dispuesta centradamente en el cuerpo distribuidor, penetrando la aguja de la válvula en el eje distribuidor y girando con este sincrónicamente. La válvula abre y cierra con una relación de impulsos variable según las órdenes de la unidad de control de la bomba. La correspondiente duración de cierre determina la duración de alimentación de la bomba de alta presión de émbolos radiales (Bosch S.A., 2015), (P-8).

De esta forma puede dosificarse exactamente el caudal de combustible.

1.2.2 COMPONENTES DE DESGASTE DE LA BOMBA ROTATIVA

Aunque en la siguiente figura se nombran a ocho elementos de desgaste de la bomba de inyección rotativa, los más propensos al desgaste son descritos a continuación.

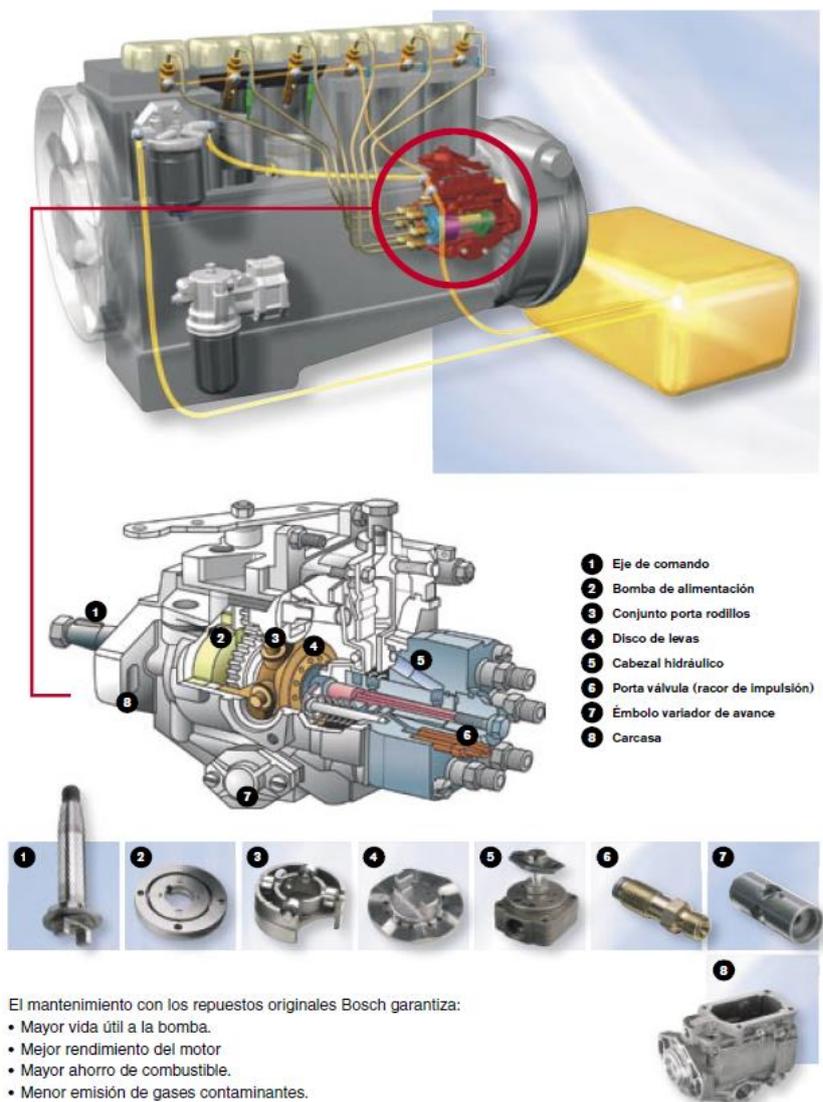


Figura 11 Componentes de desgaste de la bomba de inyección rotativa

(Robert Bosch Ltda., 2016)

- Bomba de alimentación
- Conjunto porta rodillos

- Disco de levas
- Cabezal hidráulico
- Porta válvulas (racor de impulsión)
- Émbolo variador de avance

1.2.3.1 Bomba de alimentación

Está montada en el eje de accionamiento atornillada en la carcasa de la bomba, su función es aspirar el combustible del tanque produciendo una presión suficiente en la cámara interna de la bomba distribuidora (Robert Bosch S.A., 2018), (P-27).

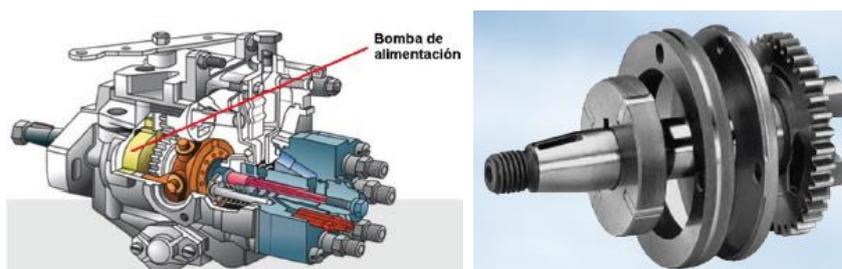


Figura 12 Bomba de alimentación

(Robert Bosch S.A., 2018)

La bomba de alimentación de las bombas rotativas es del tipo paletas deslizantes, el eje accionado por una correa dentada o engranaje a través del motor hace girar el disco de paletas que está fijado por una cuña; con eso se genera una fuerza centrífuga que empuja las paletas para afuera (Robert Bosch S.A., 2018), (P-27).

Las paletas acompañan las paredes internas del anillo excéntrico jalando y comprimiendo el diésel que viene del tanque y entra en la cámara de la carcasa, el diésel es comprimido hasta alcanzar la otra cámara de la carcasa y es inyectado en la cámara de baja presión de la bomba (Robert Bosch S.A., 2018), (P-27).



Figura 13 Despiece bomba de alimentación

(Robert Bosch S.A., 2018)

La presión en el interior de la bomba es proporcional a la rotación, el sentido de giro de la bomba depende del motor y su rotación es siempre la mitad de la rotación del motor (Robert Bosch S.A., 2018), (P-27).

Identificación

De manera general hay dos tipos de bombas de alimentación dependiendo del diámetro del eje de accionamiento que son de 17 y 20 milímetros, la bomba de alimentación utilizada para la marca Bosch es ESI y para las bombas con marca Zexel es ESPI (Robert Bosch S.A., 2018), (P-27).

1.2.3.2 Conjunto porta rodillos

Los rodamientos de rodillos oscilantes están formados por un aro exterior, uno interior, una jaula porta rodillos y un conjunto de rodillos con un diseño específico (rodillos oscilantes, con forma de tonel) (GAES S.A., 2019).

Las pistas de rodaduras son cóncavo esférico, los agujeros interiores pueden ser cilíndricos o cónicos (para el posterior montaje de un manguito de fijación) (GAES S.A., 2019).

Las flexiones de los ejes y los posibles errores de alineación de los apoyos quedan compensadas por el diseño de los rodillos, ya que al tener forma de tonel se adaptan con facilidad a la pista de rodadura cóncavo esférico de los anillos exteriores (GAES S.A., 2019).

Son rodamientos autoalineables, este tipo de rodamientos están diseñados para soportar grandes cargas tanto radiales como axiales en ambos sentidos (GAES S.A., 2019).

1.2.3.3 Disco de levas

Tiene un movimiento rotativo generado por su acoplamiento al árbol principal y transmite el movimiento alternativo al plunger del cabezal hidráulico, desde el punto muerto inferior al punto muerto superior comprimiendo el combustible (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).

El perfil de la leva está perfectamente diseñada a las características de cada tipo de motor para obtener la presión y tiempo de duración de inyección según las necesidades del sistema de inyección (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).

Es una pieza de desgaste, el cual debe controlarse en cada mantenimiento de la bomba y procurar utilizar combustibles limpios con un periódico plan de cambio de filtro de combustible para procurar que partículas dañen en la superficie de las levas (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).

Identificación

Pueden ser identificados con el stamping ubicado en el interior del lado de la cara de las levas, o mediante el despiece de la bomba utilizando para la marca Bosch el

ESI y para las bombas con marca Zexel el ESPI (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).



Figura 14 Discos de levas

(Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24)

Bosch

Para identificar el código Bosch del disco de levas reemplazamos los tres números del stamping "xxx" del disco de levas en los códigos que se detalla a continuación (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).

1 466 109 xxx Para bombas de 5 cilindros

1 466 110 xxx Para bombas de 4 cilindros

1 466 111 xxx Para bombas de 3 y 6 cilindros

Para discos de levas de bombas electrónicas reemplazamos el primer dígito del código Bosch por el número 2.

Zexel

Para identificar el código Zexel del disco de levas reemplazamos los dos números del stamping "xx" del disco de levas en los códigos que se detalla a continuación (Robert Bosch Ltda., 2018), (P-24).

146220-xx20 Para bombas de 4 cilindros

146221-xx20 Para bombas de 6 cilindros

1.2.3.4 Cabezal hidráulico

Genera la alta presión necesaria para la inyección y distribuir el diésel a los distintos cilindros del motor. Al momento de reparar la bomba se deberá sustituir el conjunto completo.

El émbolo del cabezal ejecuta un movimiento rotativo y axial (de vaivén), cuando el pistón regresa al punto muerto inferior libera la entrada del diésel en la cámara de alta presión a través de uno de los canales de alimentación (Robert Bosch S.A., 2018), (P-29).

El émbolo o plunger distribuidor avanza comprimiendo el combustible en la cámara de alta presión hasta alcanzar el punto muerto superior enviando el combustible presurizado para cada uno de los cilindros del motor a través del porta válvula (Robert Bosch S.A., 2018), (P-29).



Figura 15 Cabezal hidráulico

(Robert Bosch S.A., 2018)

El cuerpo del cabezal, su émbolo y su corredera de regulación están exactamente ajustados entre sí desde fábrica para garantizar su estanqueidad aún en las presiones más elevadas, las pérdidas por fuga son mínimas, pero tan inevitables como necesarias para la lubricación del émbolo distribuidor (Robert Bosch S.A., 2018), (P-29).

Identificación

Posee tres características que lo identifican:

- El número de salida a las cañerías que alimentan a los inyectores o número de cilindros del motor.
- El diámetro del émbolo o plunger del cabezal.
- El sentido de giro del plunger, el cual puede ser derecho (R) o izquierdo (L).

El cabezal hidráulico debe ser identificado en los despieces utilizando para la marca Bosch el ESI y para la marca Zexel el ESPI (Robert Bosch S.A., 2018), (P-29).

1.2.3.5 Émbolo variador de avance

Encargado de establecer el inicio de inyección de combustible según los requerimientos del motor.

Cuando la rotación aumenta crece también la presión interna de la bomba, el émbolo de avance es empujado para adelante superando la fuerza del resorte desplazando todo el conjunto (Robert Bosch S.A., 2018), (P-35).

Con eso se avanza la posición de los rodillos en relación a los relieves de la pista del disco de levas (Robert Bosch S.A., 2018), (P-35).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 BOMBA DE INYECCIÓN LINEAL

Bomba de inyección de extremada precisión, siendo la clave en el sistema de inyección del vehículo a diésel. Amurdetal Ltd. Tiene a su disposición la bomba de combustible de alta presión 4PL127-90-1600, de clase ecológica Euro 2. Fabricado en China por WeiFu (Wuxi), este tipo de bombas es utilizado en vehículos Baw Yuejin en modelos con motor 4100QBZL, BHF4PM095012, JS3HA110032, JS3HA11217.



Figura 16 Bomba de inyección lineal

Características

Número de artículo: 4PL127-90-1600

Fabricante: WeiFu (Wuxi)

Marca de vehículos: Baw Yuejin

País de fabricación: China

Clase ambiental: Euro 2

Motor: ICE YN 4100QBZL

Se Adapta Modelos: 4100QBZL, BHF4PM095012, JS3HA110032, JS3HA11217

2.1.2 BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA

La compañía alemana Bosch desarrolló las bombas de inyección rotativas con mayores ventajas en relación a la lineal como son: menor peso y volumen por su tamaño reducido, los caudales inyectados en cada cilindro son iguales ya que posee un único pistón que genera la presión de inyección, la velocidad de rotación máxima es elevada, la inversión del giro del motor es imposible y su precio es menor.



Figura 17 Bomba de inyección rotativa

Características

Modelo: VE5 / 10E1900L798

No. HanJi: CZ-B.405999

No. Bosch: 0 460 405 999

Año: 2000 al 2002

Tipo Motor: EXA, NEF 4 TC

Se adapta modelos: Chrysler, Iveco, Fiat

2.1.3 BANCO DE PRUEBAS, ACCESORIOS Y ACOPLAMIENTOS

Banco de pruebas de inyección diésel

Banco de pruebas diseñado para los requerimientos del cliente referente a reparación y mantenimiento de bombas de inyección diésel. Este banco de pruebas adopta alta calidad, alta confiabilidad, poco ruido, ahorro de energía, esfuerzo de torsión de alto rendimiento, función de protección y operación fácil. Es compatible con diversas bombas, en línea y rotativa.



Figura 18 Banco de pruebas de inyección diésel Garner

Tipos de Bomba: en Línea y VE

Part No.: 631-1220

Caballos de fuerza: 15HP / 12KW

Alimentación de corriente: 220V, 60HZ, 3 fases

No. de serie: 070771

Año de producción: Enero 2008

Accesorios y Acoplamientos

Controlador de banco de pruebas

PYBK-900 es el controlador para la frecuencia de sincronización de conversión de la bomba de inyección de un banco de pruebas en la actualidad. Puede probar y controlar la lectura de temperatura, control y giro de velocidad, capaz de adaptarse a diferentes tipos de banco de pruebas. El diseño y conjunto de claves de entrada son simples y fácil de ver.



Figura 19 Controlador de banco de pruebas PYBK-900

Características

No. de modelo: PYBK-900

Voltaje: 220 VAC

Frecuencia: 50 HZ

No. de serie: 070183

Fecha: 22-06-2007

Juego de cañerías de alta presión

Las cañerías de alta presión tienen todo tipo de formas y tamaños. Son responsables de conducir el diésel desde la bomba a un juego de inyectores regulados a una presión indicada.



Figura 20 Cañerías

Acoplamiento de transmisión

Son acoples entre la bomba y el eje de transmisión del banco de pruebas. Hace girar la bomba en cualquier sentido y a todas las velocidades ajustadas.



Figura 21 Acoples

Soporte de montaje

Permite la sujeción de la bomba de inyección al banco de pruebas.



Figura 22 Soporte

2.1.4 HERRAMIENTAS ESPECIALES

Tener las mejores herramientas especiales de mecánica automotriz no siempre es fácil ya que la mayoría de estas son de elevado costo. Estas herramientas fueron creadas con un fin específico, como colocar y quitar piezas de la bomba.

Existe gran variedad de estas y cada una tiene una función específica, cada una debe ser elaborada bajo estrictos parámetros de calidad para garantizar su durabilidad.

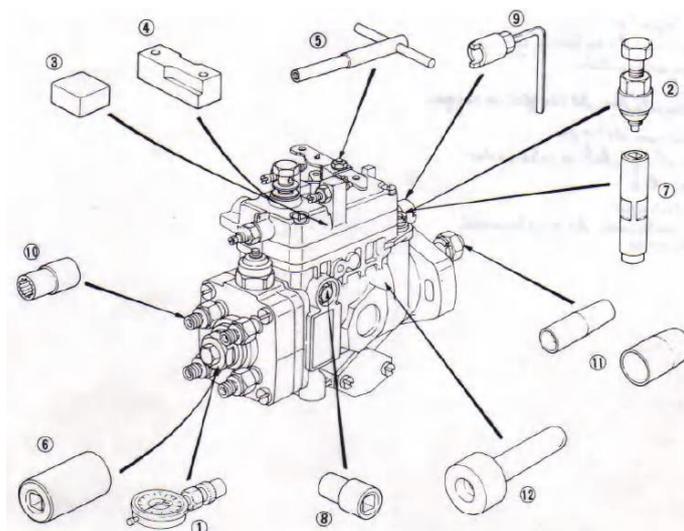


Figura 23 Herramientas especiales para armar y desarmar la bomba

(DIESEL KIKI CO., LTD., 2017), (P-2)

Tabla 1 Descripción herramientas especiales

No.	Nombre de Pieza	Aplicación
1	Dispositivo de medición	Medición de largo de juego del resorte de émbolo o buzo
2	Dispositivo de ajuste	Ajuste de la presión de válvula de regulación
3	Calibrador de bloque	Ajuste de la posición de la palanca de torción
4	Calibrador de bloque	Ajuste de carrera de arranque
5	Dispositivo de inserción	Reguladores de velocidad variable media y de velocidad mínima-máxima
6	Llave de cubo	Desmontaje y montaje del tapón de cabeza del distribuidor
7	Llave de cubo	Desmontaje y montaje de válvula reguladora
8	Llave de cubo	Inserción y retiro de los pernos de pivote del regulador
9	Dispositivo de ajuste	Fijación, desmontaje y montaje del árbol del regulador
10	Llave de cubo	Desmontaje y montaje del sostenedor de válvula de descarga
11	Guía de sello de aceite	Protección del sello de aceite
12	Sostenedor de bomba de alimentación	Desmontaje y montaje de la bomba de alimentación

Fuente: (DIESEL KIKI CO., LTD., 2017), (P-2)

2.2 MÉTODOS

2.2.1 DESPIECE Y ARMADO

Generalidades

Para realizar el despiece y armado de la bomba, tener el área de trabajo limpio y a mano las herramientas a utilizar. Verificar el estado de cada pieza que se desarma, separando las piezas a reemplazar por las nuevas. El armado se realiza de manera lógica, confirmando los pares de apriete. Nunca reusar empaques, sellos y arandelas; al momento de montar recubrirlos con aceite diésel.

2.2.1.1 Bomba de inyección lineal

Sujetar la bomba lineal en la base de montaje o en una prensa para evitar que se caiga.

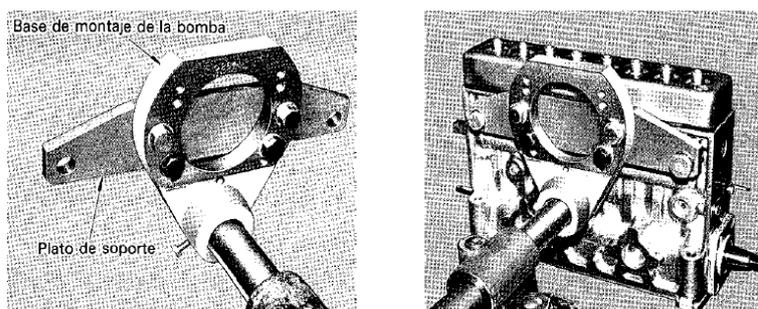


Figura 24 Base de montaje de la bomba

Extraer los pernos de la tapa del regulador tomando en cuenta el pasador que sujeta la tapa, lavar el interior de la tapa y sacar el empaque deteriorado.



Figura 25 Desmontaje de la tapa del regulador

Una vez retirado el conjunto del regulador desmontar las válvulas de retención y proceder a cambiar los o-ring de cada válvula. Para retirar dichas válvulas sacar las tuercas racor de cada cilindro de la bomba, teniendo cuidado de obtener la válvula de retención con una pinza y el asiento de válvula. Inspeccionar cada válvula observando que se halle en buen estado.



Figura 26 Racor de impulsión

A continuación, extraer los o-ring deformados de las tuercas racor. Proceder a desmontar la tapa frontal de la bomba para limpiar los resortes y acceder a la calibración de los caudales de los cilindros; cambiar el empaque si se encuentra deteriorado.



Figura 27 O-ring deformado

Finalmente extraer las tuercas inferiores de la bomba permitiendo revisar el estado del árbol de levas. Proceder a lavar las piezas fijándose de no cambiar el orden ya que puede alterar las calibraciones.



Figura 28 Desmontaje de las taps inferiores

Al ensamblar la bomba de inyección lineal efectuar el apriete especificado por cada componente, así mismo cambiar los o-ring, juntas, sellos de aceite y anillos de sello. El procedimiento de ensamble se hace en secuencia inversa a la de despiece.

2.2.1.2 Bomba de inyección rotativa

Inmovilizar la bomba rotativa en la prensa, remover los tornillos de sujeción de la tapa del gobernador y retirar el eje del acelerador con sus respectivos resortes. Aflojar la tuerca del eje del gobernador, retirar el eje y el conjunto de contrapesas.

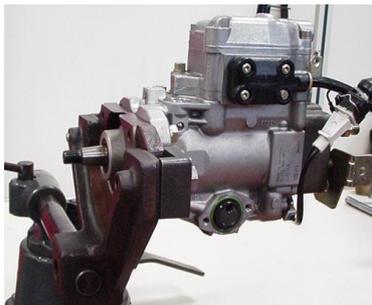


Figura 29 Bomba rotativa sujeta a la base de montaje

Aflojar el tapón del cabezal y separar, extraer el porta-válvula de entrega con su respectivo resorte, arandela y junta. Inmediatamente sacar la válvula de solenoide o ELAB (válvula de paro eléctrico).

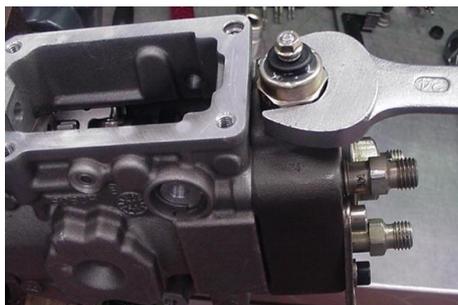


Figura 30 Válvula de paro eléctrico en el cabezal

Para obtener el cabezal aflojar los cuatro tornillos que lo sujetan y apartar con sus respectivos resortes y guías de resortes, láminas de resorte, asientos y resortes del émbolo. Retirar el émbolo junto a sus placas, asiento de resorte y el anillo de rebose. Aflojar los tornillos de los costados de la carcasa, separar la palanca del gobernador, el disco de levas y el resorte de unión.



Figura 31 Cabezal distribuidor

Inmediatamente aflojar los tornillos que sostiene la tapa del variador de avance, apartar los seguros del pasador y el cilindro de avance con sus resortes. Con cuidado extraer el conjunto de rodillos manteniendo cada rodillo en su lugar inicial. Obtener el eje de mando tirando hacia arriba.



Figura 32 Porta rodillos

Finalmente retirar la bomba de alimentación removiendo los dos pernos y todo el conjunto. A continuación, destornillar la válvula reguladora de presión, y obtener el retenedor con una herramienta especial. Proceder a lavar piezas y componentes de la bomba de inyección rotativa con cuidado de no alterar su orden.



Figura 33 Desmontaje de la válvula reguladora de presión

Al ensamblar la bomba de inyección rotativa efectuar el apriete especificado por cada componente, así mismo cambiar los o-ring, juntas, sellos de aceite y anillos de sello. El procedimiento de ensamble se hace en secuencia inversa a la de despiece.

2.2.2 IDENTIFICACIÓN DE DESGASTE EN PIEZAS MÓVILES

Estas piezas tienen un trabajo que están en constante rozamiento por lo cual sufren un excesivo desgaste. En nuestro medio se acelera el desgaste de los componentes por el combustible de mala calidad ya que no reúne las características especificadas para un buen funcionamiento de las mismas.

Síntomas de desgaste:

- El motor funciona mal, no arranca con fuerza
- Fallas de encendido
- Falta de fuerza
- Exceso de humo en el tubo escape

2.2.2.1 Válvula de presión

Este componente es de mucha precisión desgastándose con el uso. Cuando existen problemas con este componente el motor tarda en arrancar afectando la batería y el motor de arranque.

Siempre que se cambie el elemento (cilindro y pistón), se recomienda cambiar la válvula garantizando un perfecto sellado entre las partes.

Características

Tabla 2 Características válvula de presión

Características	Ventajas	Beneficios
Medidas de mecanización precisas	Ajuste perfecto	Arranque más rápido
Superficie rectificada	Sellado total estanque	No gotea
Sellado total entre válvula y el elemento	Precisión en la inyección	Mayor rendimiento del motor

Fuente: (Robert Bosch Ltda., 2016), (P-13)

Inspección

- Inspeccione si hay desgaste o daños en la válvula de suministro. Si se encuentran desgastes o daños en la válvula deberá reemplazarse.
- Inspeccione completamente el área del asiento del cuerpo de la válvula y el área correspondiente de la misma válvula. Un área pesada o ancha en la superficie del cono de la válvula y excesivo desgaste en la parte de la válvula de alivio requerirán el reemplazo de la válvula
- Comprobación de retracción.- Humedezca la válvula de suministro con combustible diésel, mientras que bloquea el orificio de la parte inferior de la válvula con el dedo tire de la válvula de suministro. Asegúrese de que la válvula de alivio retorna a su posición original cuando se suelta.



Figura 34 Comprobación de retracción

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-71)

2.2.2.2 Anillo de rodillos

Inspección

- Picaduras, rayaduras y cualquier otro tipo de desgaste anormal requerirá el reemplazo del conjunto del anillo de rodillo.
- La altura de cada rodillo es importante. Cada uno de los rodillos debe estar dentro de 0,02mm o menos entre sí. Los rodillos pueden reubicarse dentro del anillo para que satisfagan la misma especificación de altura.

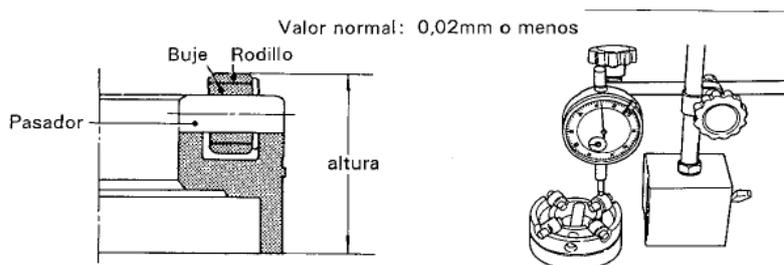


Figura 35 Comprobación de la altura del rodillo

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-72)

2.2.2.3 Eje impulsor

Inspección

- Compruebe el área de la chaveta para ver si hay desgaste o picadura.

- Renueve las roscas donde estén un poco dañadas.
- Compruebe el área de contacto del sello de aceite para ver si hay desgaste excesivo.

Límite de servicio

Límite de la superficie del sello de aceite del eje de impulsión: 0,08mm

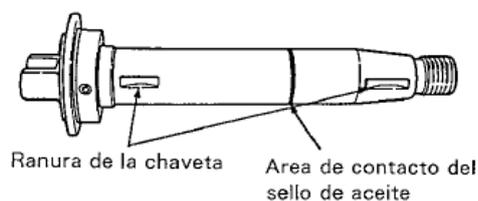


Figura 36 Comprobación del eje impulsor

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-72)

2.2.2.4 Porta válvulas

Características

Tabla 3 Características Porta válvulas

Características	Ventajas	Beneficios
Producida en acero especial	Elevada durabilidad	Menor costo de mantenimiento
Carcasa con tratamiento de superficie	No oxida	Larga vida útil
Rosca con precisión adecuada	Perfecto ajuste	No gotea

Fuente: (Robert Bosch Ltda., 2016), (P-13)

Inspección

Cuando el porta válvulas presenta problemas generalmente empieza la fuga (pérdida) de combustible.

2.2.2.5 Elemento (cilindro y pistón)

A demás del daño que un elemento de mala calidad puede causar al motor la relación costo beneficio es baja al utilizar otras marcas o reacondicionados. El perjuicio además de menor durabilidad y mayor consumo de combustible se producen seguidas reparaciones aumentando el tiempo ocio del vehículo en el taller.

Características

Tabla 4 Características Elemento (cilindro y pistón)

Características	Ventajas	Beneficios
Medidas precisas entre cilindro y pistón	Mayor presión de inyección	Mayor rendimiento del motor
Control de mecanización por computadoras	Seguridad de funcionamiento perfecto	Mayor vida útil
Utilizado en primer equipo	Aprobado por las ensambladoras	Garantía de alta calidad

Fuente: (Robert Bosch Ltda., 2016), (P-14)

Inspección

- Fabricado con extrema precisión de alrededor de 0,2 micrones, sella completamente sin necesidad de empaquetaduras adicionales.
- Debido a la extrema precisión entre cilindro y pistón solo se hace el reemplazo completo.

2.2.2.6 Bomba de alimentación

Inspección

- Examine la caja o cubierta de la bomba de alimentación asegurándose de que no haya picaduras, oxidación o desgaste.

- Asegúrese de que las paletas se mueven con libertad en el rotor. Examine la chaveta del rotor para ver si hay picaduras o grietas. Inspeccione el forro para ver si hay picaduras o rayaduras.
- Deberá reemplazarse todo el conjunto de la bomba de alimentación si alguna parte está anormalmente desgastada o dañada.

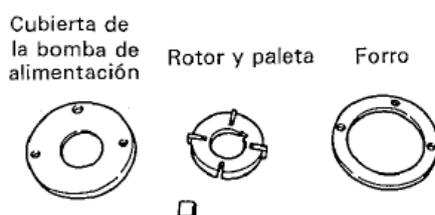


Figura 37 Comprobación de la bomba de alimentación

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-73)

2.2.2.7 Resorte del émbolo distribuidor

Inspeccione el resorte de retorno del émbolo distribuidor para ver si hay algún daño en la superficie y reemplácelo si es necesario. Los resortes deben reemplazarse sólo por pares.

Inspección

- **Rectitud del resorte.-** Ponga los resortes uno por uno al lado de una escuadra y gire el resorte. Si el resorte no hace buen contacto en la parte superior, mientras que la inferior toca la escuadra, mida la separación en su punto mayor desde la escuadra.

Límite de servicio

Límite de separación de más de 2,0mm requerirá el reemplazo de los resortes.

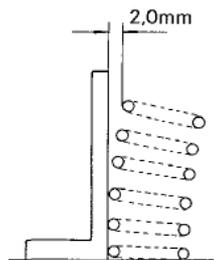


Figura 38 Rectitud del resorte

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-74)

2.2.2.8 Cabezal hidráulico

Extraiga el émbolo distribuidor de la cabeza de distribución y el anillo de rebose. Inspeccione visualmente el émbolo distribuidor para ver si hay desgaste, descolorido anormal o cualquier otro daño.

Inspección

Compruebe el grado de movimiento libre en la carrera del émbolo distribuidor.

- Lubrique la cabeza de distribución, anillo de rebose y émbolo distribuidor con aceite de prueba.
- Incline la cabeza aproximadamente 60°
- Con el anillo de rebose contra la cabeza tire hacia afuera del émbolo distribuidor aproximadamente 15mm.
- Suelte el émbolo distribuidor y deje que se deslice libremente por su propio peso. Un émbolo distribuidor en buen estado deberá desplazarse un mínimo de 3mm.
- Gire el émbolo buzo 90° y repita la prueba de deslizamiento. Repita a intervalos de 90° hasta que se haya probado todo el contorno del émbolo distribuidor.
- Si el émbolo distribuidor se adhiere puede causar problemas y puede resultar necesario su reemplazo.



Figura 39 Movimiento libre en el émbolo distribuidor

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-71)

2.2.2.9 Disco de levas

Picaduras, rayaduras o cualquier otro tipo de desgaste anormal requieren el reemplazo del disco de leva.

Inspección

- Debe comprobarse el desgaste en la superficie de la leva donde las laminillas de ajuste del émbolo distribuidor hacen contacto. Reemplace el disco de levas si la cantidad de desgaste excede el límite de servicio.
- El pasador de impulsión del émbolo distribuidor, situado en el disco de levas, debe ser redondo. Cuando se forma una superficie plana en el pasador, deberá reemplazarse el disco de levas. Un pasador desgastado causará problemas en la variación de tiempo de inyección.

Límite de servicio

Ajuste de la superficie de leva del disco de levas que hace contacto con la laminilla: 4,2mm.

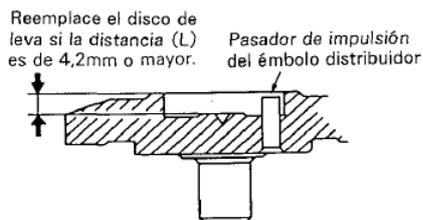


Figura 40 Comprobación de desgaste en el disco de levas

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-73)

2.2.2.10 Caja o envoltura de la bomba

Compruebe el área de la superficie de contacto de la bomba de alimentación para ver si hay desgaste o daños. Reemplácela si nota desgaste o daño.

Inspección

- Los bujes del eje impulsor están sujetos a desgaste debido a una tensión incorrecta o excesiva de la correa de distribución.
- Con un indicador de cuadrantes, mida el juego libre del eje impulsor al buje. Cualquier medición mayor que 0,15mm requerirá un nuevo buje.

Límite de servicio

Desgaste (juego libre) en el buje de la envoltura de la bomba: 0,15mm.

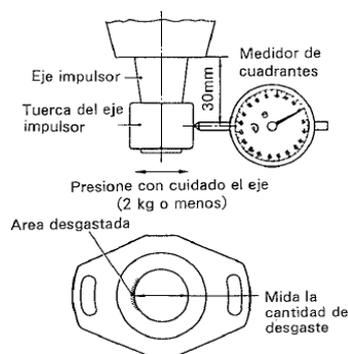


Figura 41 Medición del juego libre del eje impulsor al buje

(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-74)

2.2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

De manera general:

- Al encontrarse la bomba de inyección mal regulada se observa un consumo excesivo de diésel mucho mayor al habitual, hay una pérdida de potencia en el motor, puede salir humo negro o blanco del tubo de escape y problemas para arrancar el motor. Además, se pueden presentar otras fallas como que el motor acelera o se detiene.
- Por otra parte, cuando la bomba se encuentra en mal estado a las fallas anteriores se añade que el motor da tirones inesperados cuando estamos conduciendo o que el motor presenta ruidos anormales o no se detiene.
- La bomba de inyección puede fallar si la bomba de suministro de combustible no entrega la cantidad correcta de combustible a la bomba de inyección.
- La bomba de inyección puede ser sustituida de forma incorrecta cuando el problema puede ser: filtro de combustible sucio, baja compresión del motor, bujías gastadas, bomba de combustible dañada, mala transmisión de bujía, inadecuada sincronización de la bomba de inyección o mala calidad del combustible.
- Efectúe cada ajuste a los valores especificados con el uso de un banco de pruebas, los ajustes incorrectos pueden causar graves daños en el motor durante la operación.
- Mantenga la temperatura del combustible en el depósito de combustible del banco de pruebas dentro del margen de 40°C a 45°C durante el ajuste de la

bomba. Tenga en cuenta que el aumento de la temperatura de combustible en 10°C disminuirá el suministro de combustible en un 2,5% del nivel normal.

- Para solucionar estas averías se requiere de un equipo profesional, así se podrá potenciar nuevamente el funcionamiento del vehículo de forma adecuada y sin dificultades.

Al instalar la bomba:

Para asegurar una operación sin problemas durante un periodo de tiempo prolongado es esencial seguir los siguientes pasos al manejar las bombas de inyección:

- Puesto que el émbolo distribuidor de la bomba y las toberas del motor tienen superficies solapadas de precisión, es esencial el mantenimiento adecuado del sistema de combustible. Es esencial la comprobación del filtro de combustible, sedimentador (separador de agua) y depósito de combustible.
- El uso de otros combustibles que no sea el diésel adecuado afectará adversamente el rendimiento del motor y dañará posiblemente la bomba de inyección de combustible. Usar siempre el combustible especificado por el fabricante.
- Debe tenerse mucho cuidado durante la instalación de la bomba para evitar la entrada de partículas extrañas en las tuberías de combustible. Debe efectuarse el ajuste adecuado del avance inicial en el momento de instalación de la bomba.

- Los valores de torsión de apriete son importantes, un valor especialmente crítico es el soporte de la válvula de suministro.
- Los tornillos de ajuste de apriete sellados en fábrica deben ajustarse solo con el uso del equipo de prueba adecuado:
- El ajuste incorrecto del tope de carga completa resultará en la pérdida o reducción de potencia o velocidad y humos del motor excesivos.
- El ajuste incorrecto del tornillo de ajuste de velocidad máxima puede causar sobre revolución del motor.
- Cada vez que se aflojen los pernos de la cabeza de distribución para el propósito de ajustar el avance inicial deberá reemplazarse la arandela de cobre.
- El uso de torsión excesiva en los pernos de sujeción de la bomba puede causar combadura del pistón del variador de la envoltura de la bomba.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta un cuadro con la identificación y tolerancias de desgaste en las piezas móviles de las bombas de inyección diésel, a demás se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los componentes móviles de las bombas de inyección lineal y rotativa.

Bomba de inyección lineal

Tabla 5 Válvula de presión

VÁLVULA DE PRESIÓN	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar si hay desgaste. • Inspeccionar completamente el área del asiento de la válvula. • Un área pesada o ancha en la superficie del cono de la válvula requiere reemplazo. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Comprobación de retracción.- Humedezca la válvula de suministro con combustible diésel, mientras que bloquea el orificio de la parte inferior de la válvula con el dedo tire de la válvula de suministro. Asegúrese de que la válvula de alivio retorna a su posición original cuando se suelta.</p>	 <p>(Robert Bosch Ltda., 2016), (P-13)</p>

Inspeccionamos la válvula de presión observando rayaduras y unas pequeñas picaduras en la parte inferior de la válvula, como también un área levemente ancha

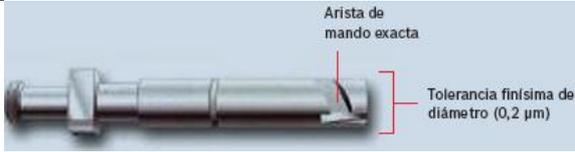
en la superficie del cono advirtiéndolo un desgaste. Al realizar la prueba de retracción es notable a primera vista que la válvula de suministro retorna con dificultad a su posición original.

Tabla 6 Porta válvulas

PORTA VÁLVULAS	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando presenta problemas empieza la fuga de combustible. • Un excesivo desgaste requiere remplazo. 	

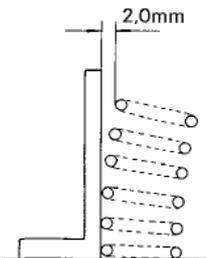
Claramente se observa el deterioro del porta válvulas por presentar un oscurecimiento en el material, producido por la presencia de agua en el combustible.

Tabla 7 Elemento (cilindro y pistón)

ELEMENTO (CILINDRO Y PISTÓN)	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> Fabricado con extrema precisión, sella completamente sin necesidad de empaques adicionales. Debido a la extrema precisión entre cilindro y pistón se hace el reemplazo completo. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Tolerancia finísima con extrema precisión de 0,2 micrones.</p>	 <p style="text-align: right;">Arista de mando exacta</p> <p style="text-align: right;">Tolerancia finísima de diámetro (0,2 μm)</p> <p style="text-align: center;">(Robert Bosch Ltda., 2018), (P-5)</p>

El pistón presenta un color oscuro y daños por cavitación, al mismo tiempo que el interior de la camisa se encuentra gripado produciendo un desgaste significativo al pistón. Ya que su tolerancia es extremadamente fina de 0,2 micrones; el reemplazo del conjunto cilindro y pistón es preciso.

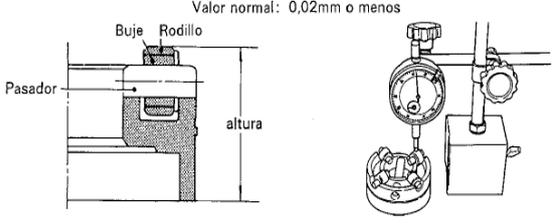
Tabla 8 Resorte del émbolo distribuidor

RESORTE DEL ÉMBOLO DISTRIBUIDOR	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar el resorte buscando algún daño en la superficie. • Los resortes deben reemplazarse por pares. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Rectitud del resorte.- Ponga los resortes uno por uno al lado de una escuadra y gire el resorte. Si el resorte no hace buen contacto en la parte superior, mientras que la inferior toca la escuadra, mida la separación en su punto mayor desde la escuadra.</p> <p>Altura libre del muelle.- Esta inspección permite saber si alguno de los muelles se ha convertido en demasiado cansado o se ha visto afectado por las altas temperaturas del motor, aumentando su altura libre normal. Alinee los muelles junto al otro en una superficie perfectamente plana. Coloque el borde de una regla en la parte superior de los muelles. Mida las brechas entre la regla y la parte superior de la primavera con una galga de espesores. Si alguno de los resortes varía en más de un 0,0625 pulgadas en relación con el resto, sustituir los muelles.</p> <p>Límite de servicio.- Límite de separación de más de 2,0mm y límite de altura de separación entre ellos de más de 0,0625plg requerirá el reemplazo de los resortes.</p>	 <p>(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-74)</p>

Por sufrir el combustible diésel presencia de agua el resorte presenta oxidación, así como un notable desgaste y grietado visible. El límite de separación de los muelles es de 3,0mm y la altura de separación entre ellos es de 0,8plg demandando el reemplazo de los mismos.

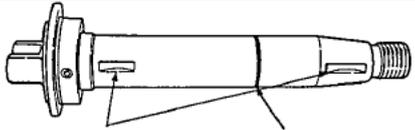
Bomba de inyección rotativa

Tabla 9 Anillo de rodillos

ANILLO DE RODILLOS	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Picaduras, rayaduras y cualquier tipo de desgaste anormal requiere reemplazo del conjunto completo. • Los rodillos pueden reubicarse dentro del anillo para satisfacer la misma especificación de altura. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>La altura de cada rodillo es importante. Cada uno de los rodillos debe estar dentro de 0,02mm o menos entre sí.</p>	<p style="text-align: center;">Valor normal: 0,02mm o menos</p>  <p style="text-align: center;">(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-72)</p>

Por ser robusto, el porta anillos presenta ligeras rayaduras, no obstante los rodillos poseen un mayor desgaste entre ellos de 0,03mm valor obtenido con la ayuda del reloj comparador sobrepasando el límite de servicio.

Tabla 10 Eje impulsor

EJE IMPULSOR	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el área de la chaveta para ver si hay desgaste o picadura. • Renueve las roscas donde estén un poco dañadas. • Compruebe el área de contacto del sello de aceite para ver si hay desgaste excesivo. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Límite de la superficie del sello de aceite del eje de impulsión: 0,08mm</p>	 <p>Ranura de la chaveta Área de contacto del sello de aceite</p> <p>(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-72)</p>

Al comprobar visualmente el eje impulsor el área de la chaveta presenta desgaste y picadura, una rosca desgastada, así como una superficie del sello de aceite de 1,0mm superando el área de contacto del sello.

Tabla 11 Bomba de alimentación

BOMBA DE ALIMENTACIÓN	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Examinar la caja o cubierta de la bomba de alimentación asegurándose de que no haya picaduras, oxidación o desgaste. • Asegurarse de que las paletas se mueven con libertad en el rotor. • Examinar la chaveta del rotor verificando si hay picaduras o grietas. • Inspeccionar el forro en busca de picaduras o rayaduras. • Se reemplaza en conjunto si alguna parte esta desgastada o dañada. 	 <p>The 'Gráfico' column contains three photographs. The top-left photo shows a metal rotor with a central keyway. The top-right photo shows a metal housing with several vanes. The bottom photo shows a close-up of a heavily corroded and pitted metal component, likely the housing or a vane, submerged in a liquid.</p>

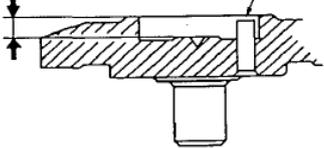
La cavitación es un efecto presente en las bombas de alimentación de combustible, la presencia de agua es inevitable ocasionando la llamada corrosión por cavitación fenómeno por el que arranca la capa de óxido que cubre el metal y lo protege, de tal forma que entre esta zona y la que permanece cubierta por óxido se forma un par galvánico. La presencia de este efecto ha ocasionado picaduras, oxidación y desgaste tanto en la cubierta de la bomba de alimentación, así como en las paletas limitando su movimiento en el rotor. La chaveta del rotor presenta picaduras; el componente por completo es reemplazado.

Tabla 12 Cabezal hidráulico

CABEZAL HIDRÁULICO	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Extraiga el émbolo distribuidor de la cabeza de distribución y el anillo de rebose. • Inspeccione visualmente el émbolo distribuidor para ver si hay desgaste, descolorido anormal o cualquier otro daño. 	
Tolerancia de desgaste	
<ul style="list-style-type: none"> • Lubrique la cabeza de distribución, anillo de rebose y émbolo distribuidor con aceite de prueba. Incline la cabeza aproximadamente 60° • Con el anillo de rebose contra la cabeza tire hacia afuera del émbolo distribuidor aproximadamente 15mm. • Suelte el émbolo distribuidor y deje que se deslice libremente por su propio peso. • Repita a intervalos de 90° hasta que se haya probado todo el contorno del émbolo distribuidor. <p>Límite de servicio: Un émbolo distribuidor en buen estado deberá desplazarse un mínimo de 3mm.</p>	 <p>(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-71)</p>

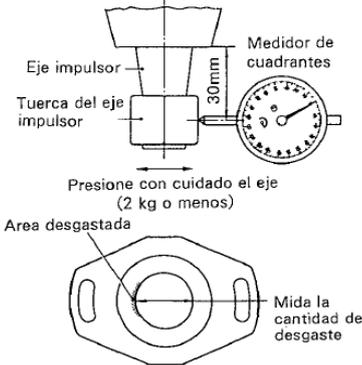
El émbolo distribuidor al inspeccionar cuidadosamente presenta desgaste, descolorido anormal y una pequeña escoriación. Al realizar la prueba de desplazamiento el movimiento es limitado en intervalos de 90° produciéndose un ligero agarrotamiento con el cabezal hidráulico.

Tabla 13 Disco de levas

DISCO DE LEVAS	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> Picaduras, rayaduras o cualquier otro tipo de desgaste anormal requieren el reemplazo del disco de levas. Debe comprobarse el desgaste en la superficie de la leva donde las laminillas de ajuste del émbolo distribuidor hacen contacto. Reemplace el disco de levas si la cantidad de desgaste excede el límite de servicio. El pasador de impulsión del émbolo distribuidor, situado en el disco de levas, debe ser redondo. Cuando se forma una superficie plana en el pasador, deberá reemplazarse el disco de levas. Un pasador desgastado causará problemas en la variación de tiempo de inyección. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Límite de servicio: Ajuste de la superficie de leva del disco de levas que hace contacto con la laminilla: 4,2mm.</p>	<p>Reemplace el disco de leva si la distancia (L) es de 4,2mm o mayor.</p> <p>Pasador de impulsión del émbolo distribuidor</p>  <p>(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-73)</p>

El desgaste en la superficie de la leva es notorio por la presencia de picaduras y rayaduras. El pasador de impulsión del émbolo distribuidor se ha deformado causando problemas en la variación del tiempo de inyección. El ajuste de la superficie de leva del disco de levas en contacto con la laminilla supera el límite de servicio con una medida de 4,5mm.

Tabla 14 Caja o envoltura de la bomba

CAJA O ENVOLTURA DE LA BOMBA	
Identificación	Gráfico
<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe el área de la superficie de contacto de la bomba de alimentación para ver si hay desgaste o daños. Reemplácela si nota desgaste o daño. • Los bujes del eje impulsor están sujetos a desgaste debido a una tensión incorrecta o excesiva de la correa de distribución. • Con un indicador de cuadrantes, mida el juego libre del eje impulsor al buje. Cualquier medición mayor que 0,15mm requerirá un nuevo buje. 	
Tolerancia de desgaste	
<p>Límite de servicio: Desgaste (juego libre) en el buje de la envoltura de la bomba: 0,15mm</p>	 <p>(Mecánico Automotriz.org, 2017), (P-74)</p>

El eje impulsor presenta ligeras rayaduras y oxidación, además desgaste en su buje. El eje impulsor es sometido a una limpieza, pero el buje del eje es cambiado ya que tiene un juego libre de 0,2mm superando el límite de servicio.

La correcta calibración de la bomba de inyección diésel entregará un mejor rendimiento al motor debido a su precisión de entrega del combustible.

Luego de una correcta calibración la bomba de inyección diésel será capaz de:

- Elevar la presión del combustible a los valores de trabajo del inyector en el momento, y con el ritmo y tiempo de duración adecuados.
- Dosificar con exactitud la cantidad de combustible que será inyectado al cilindro de acuerdo a la voluntad del conductor.
- Regular las velocidades máximas y mínimas del motor.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Al Inspeccionar la válvula de presión se observa rayaduras y unas pequeñas picaduras en la parte inferior de la válvula, como también un área levemente ancha en la superficie del cono advirtiendo un desgaste. Al realizar la prueba de retracción es notable a primera vista que la válvula de suministro retorna con dificultad a su posición original.
- Claramente se observa el deterioro del porta válvulas por presentar un oscurecimiento en el material, producido por la presencia de agua en el combustible.
- El pistón presenta un color oscuro y daños por cavitación, al mismo tiempo que el interior de la camisa se encuentra gripado produciendo un desgaste significativo al pistón. Ya que su tolerancia es extremadamente fina de 0,2 micrones; el remplazo del conjunto cilindro y pistón es preciso.
- Por sufrir el combustible diésel presencia de agua el resorte presenta oxidación, así como un notable desgaste y grietado visible. El límite de separación de los muelles es de 3,0mm y la altura de separación entre ellos es de 0,8plg demandando el reemplazo de los mismos.

- Por ser robusto el porta anillos presenta ligeras rayaduras, no obstante, los rodillos poseen un mayor desgaste entre ellos de 0,03mm valor obtenido con la ayuda del reloj comparador sobrepasando el límite de servicio.
- Al comprobar visualmente el eje impulsor el área de la chaveta presenta desgaste y picadura, una rosca desgastada, así como una superficie del sello de aceite de 1,0mm superando el área de contacto del sello.
- La cavitación es un efecto presente en las bombas de alimentación de combustible, la presencia de este efecto ha ocasionado picaduras, oxidación y desgaste tanto en la cubierta de la bomba de alimentación, así como en las paletas limitando su movimiento en el rotor. La chaveta del rotor presenta picaduras; el componente por completo es reemplazado.
- El émbolo distribuidor al inspeccionar cuidadosamente presenta desgaste, descolorido anormal y una pequeña escoriación. Al realizar la prueba de desplazamiento el movimiento es limitado en intervalos de 90° produciéndose un ligero agarrotamiento con el cabezal hidráulico.
- El desgaste en la superficie de la leva es notorio por la presencia de picaduras y rayaduras. El pasador de impulsión del émbolo distribuidor se ha deformado causando problemas en la variación del tiempo de inyección. El ajuste de la superficie de leva del disco de levas en contacto con la laminilla supera el límite de servicio con una medida de 4,5mm.
- El eje impulsor presenta ligeras rayaduras y oxidación, además desgaste en su buje. El eje impulsor es sometido a una limpieza, pero el buje del eje es cambiado ya que tiene un juego libre de 0,2mm superando el límite de servicio.

RECOMENDACIONES

- El mantenimiento preventivo es extremadamente importante para el buen funcionamiento del vehículo y para el ahorro del cliente respecto a consumo de combustible y costos de reparación.
- La bomba de inyección puede ser sustituida de forma incorrecta cuando el problema puede provenir por un filtro de combustible sucio, baja compresión del motor, bujías gastadas, bomba de combustible dañada, inadecuada sincronización o mala calidad del combustible; revisar periódicamente dichos elementos.
- La reparación y puesta a punto de una bomba de inyección finaliza con el montaje y calibración en el banco de pruebas siendo esta etapa la más exacta de todo el proceso; llevar a cabo dichos trabajos en laboratorios y talleres autorizados así mismo utilizar kits de reparación originales.
- Efectuar cada ajuste con el uso de un banco de pruebas a los valores especificados en la hoja de calibración por el fabricante ya que los ajustes incorrectos pueden causar graves daños en el motor durante su funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

1. Arias Paz, M. (2006). *Manual de Automóviles*. Madrid: s.e.
2. Bosch S.A. (24 de Octubre de 2015). *Instituto profesional INACAP*. Obtenido de Sistema de combustible con bomba rotativa electrónica VP44: <https://es.scribd.com/doc/286863544/BOMBA-VP44-doc>
3. Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: Robert Bosch GMBH 2002.
4. Bruzos, T. (2008). *Bombas de inyección*. Obtenido de www.sabelotodo.org
5. Denso Corporation. (3 de Noviembre de 2017). *mecanicoautomotriz.org*. Obtenido de Manual de servicio. Sistema de inyección de combustible para bombas en línea: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1957-manual-sis-inyeccion-combustible-bombas-linea-motores-diesel>
6. DIESEL KIKI CO., LTD. (16 de Octubre de 2017). *Manual de servicio de reparación y mantenimiento*. Obtenido de Bomba de inyección tipo distribuidor: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1951-manual-bomba-inyeccion-tipo-ve-servicio-reparacion-mantenimiento>
7. Fersa Group. (8 de Abril de 2019). *Fersa Bearings*. Obtenido de Rodamientos de rodillos cilíndricos: <https://www.fersa.com/es/gama-de-producto/rodamientos-de-rodillos-cilindricos>
8. GAES S.A. (6 de Abril de 2019). *Grupo GAES*. Obtenido de RODAMIENTOS DE RODILLOS OSCILANTES: <http://www.grupogaes.com/productos/rodamientos/rodamientos-de-rodillos-oscilantes.html>
9. Mecánico Automotriz. (2 de Agosto de 2018). *mecanicoautomotriz.org*. Obtenido de MANUAL DE REPARACIÓN DE BOMBA DIESEL BOSCH VP44: <https://www.mecanicoautomotriz.org/802-manual-reparacion-bomba-diesel-bosch-vp44>

10. Mecánico Automotriz.org. (21 de Febrero de 2017). *Manual de servicio*. Obtenido de Bomba de inyección de combustible tipo distribuidor VE: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1815-manual-servicio-bomba-inyeccion-combustible-diesel-tipo-distribuidor-ve>
11. Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la Mecánica*. Obtenido de Bombas de inyeccion en linea: <http://www.aficionadosalamecanica.net>
12. Robert Bosch Ltda. (12 de Agosto de 2016). *Sistemas de Inyección Diesel*. Obtenido de Componentes de desgaste: https://www.slideshare.net/Jordan2009/sistemas-de-inyeccindiesel-bomba-lineal?from_action=save
13. Robert Bosch Ltda. (1 de Diciembre de 2018). *Productos de Inyección Diesel Ventas*. Obtenido de Sistemas de inyección diesel: <http://www.boschecuador.com/sites/default/files/ProdDiesel.pdf>
14. Robert Bosch S.A. (1 de Diciembre de 2018). *Productos de Inyección Diesel Ventas*. Obtenido de ventas@bosch.com.ec: <http://www.boschecuador.com/sites/default/files/ProdDiesel.pdf>
15. Robert Bosch S.A. (1 de Enero de 2019). *Piezas de automóviles de Bosch*. Obtenido de Bomba VP 44: http://br.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories_2/motor_and_systems/diesel/bomba_vp_44/bomba_vp_1.html
16. RODES (Red Operativa de Desguaces Españoles). (4 de Abril de 2014). *¿Qué es la bomba de inyección diesel y cómo funciona el sistema?* Obtenido de <https://www.rodes.com/mecanica/bomba-de-inyeccion-diesel-que-es-y-como-funciona/>
17. Sofron Compresores. (1 de Enero de 2019). *Fallos más frecuentes en la bomba inyectora de diesel*. Obtenido de <https://www.sofroncompresores.es/noticias/fallos-mas-frecuentes-en-la-bomba-inyectora-de-diesel.html>
18. Talleres y repuestos. (2019). *Mantenimiento del motor*. Obtenido de Funcionamiento, fallas y consejos de la Bomba de inyección diésel: <https://www.talleresyrepuestos.com/documentacion-tecnica/mantenimiento-del-motor/116-funcionamiento-fallas-y-consejos-de-la-bomba-de-inyeccion-diesel>

ANEXOS

ANEXO I

HOJA DE CALIBRACIÓN DE LA BOMBA LINEAL TIPO PE

Se realizará la calibración de acuerdo a las tablas especificadas por el fabricante.

INJECTION PUMP TEST SPECIFICATIONS

093000-U120

MANUFACTURE	MITSUBISHI		INJECTION PUMP	093000-012#			
ENGINE TYPE	4D30A		GOVERNOR	090800-5282 (RU)			
VEHICLE TYPE	CANTER		TRISER	091800-1131 (SCZ)			
1. INJECTION TIMING							
Rotation	Clockwise viewed from drive side		Pre-stroke	1.95 ± 0.05 mm			
Injection Order	1-3-4-2		Tappet Clearance	More than 0.2 mm			
Injection Interval	90° ± 30'		Locked Timing Location	—			
2. TEST CONDITIONS							
Nozzle	093400-0540 (DN12SD12A)		Test Oil	SAE J967 (ISO4113)			
Nozzle Opening Pressure	17.7 ± 0.5 MPa (180 ± 5 kgf/cm ²)		High Pressure Pipe	∅2 X ∅6 X 800 mm			
Feed Pressure	135.0 kPa (2.0 kgf/cm ²)		Fuel Temperature	40 - 45°C (104 - 113°F)			
Overflow valve opening	— kPa (— kgf/cm ²)						
3. ADJUSTMENT OF DELIVERY QUANTITY							
Pump Speed (rpm)	Rack Travel (mm)	Delivery Quantity (mm ³ /st)	Max. Spread in Delivery (mm ³)	Number of Strokes	Delivery Quantity (cc)	Max. Spread in Delivery (cc)	Remarks
900	9.20	61.0 ± 1.5	2.0	200	10.2 ± 0.3	0.4	
1750	9.20	58.6 ± 1.5	3.0	200	11.3 ± 0.3	0.6	
300	4.80	6.0 ± 1.0	2.0	500	3.0 ± 0.5	1.0	
4. ADJUSTMENT OF GOVERNOR							
Control Speed Range : 300 - 1750 rpm X = —							
<p>Smoke limiter set +0.5</p> <p>VH = 25 ± 3° (Idle - Full)</p> <p>Lever set 8.8 ± 0.1 = Rw 1</p> <p>Break-away point 1760 - 1815 rpm</p> <p>Lever set 5.4 ± 0.1</p> <p>VH = 1.5 ± 5° (Idle)</p> <p>Less than 2.0</p> <p>Lever set 1.5 ± 0.1</p> <p>RACK TRAVEL R_w (mm)</p> <p>PUMP SPEED N_p (rpm)</p>							

1/2/3

093000-0120

5. ADJUSTMENT OF BOOST COMPENSATOR							— : Not applicable
Lever Position	Pump Speed (rpm)	Boost Pressure (kPa)	Rack Travel (mm)	Delivery Quantity		Remarks	
				(mm ³ /st)	(cc/200st)		
—	—	—	—	—	—	—	

6. ADJUSTMENT OF PUMP WITH GOVERNOR OPERATION						
Lever Position	Pump Speed (rpm)	Boost Pressure		Delivery Quantity		Remarks
		(kPa)	(mmHg)	(mm ³ /st)	(cc/1000st)	
Full	900	—	—	$47.0 \pm 1.0 =$	$47.0 \pm 1.0 =$	
	1750	—	—	$(A \pm 4.0) \pm$	$(A \pm 4.0) \pm$	

7. ADJUSTMENT OF TIMER						
Pump Speed (rpm)	500	900	1400	1750		
Advance Angle (deg)	Less than 0.5	1.0 ± 0.5	2.5 ± 0.5	4.25 ± 0.75		

8. RACK SENSOR OUTPUT VOLTAGE CHECK					— : Not applicable	
Lever Position	Pump Speed (rpm)	Rack Travel (mm)	Output Voltage (V)	Remarks		
—	—	—	—	—		

Adjust the thickness of shims within the range of 0 - 1.0 mm so that the output voltage of the rack sensor becomes as specified in the table below.

ANEXO II

HOJA DE CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA VP44

Se realizará la calibración de acuerdo a las tablas especificadas por el fabricante.

06-000007
062-612-100

BOSCH Valores de comprobación EP, equipo de inyección diesel Página: 1

Fecha de comprobación 09/08/2010 Tiempo: 17:50:15 Nr. de pedido: _____
 Nº del cliente _____ Nr. de serie: _____

DATOS DE BOMBA Y DE CLIENTE

DATOS DE BOMBA
 Edición 05 06.2007
 Numero de pedido 0 460 424 393
 Denominación de la bomba VE4/12F1100L1094

DATOS DEL CLIENTE
 Cliente IVECO-FIAT (FPT)
 Motor NEF 4 TC
 Potencia 78.0 kW

CONDICIONES DE ENSAYO

KAT	Denominación	Unidad	Valor teorico	min.	max.	Valores reales	AT
	Aceite de prueba		ISO4113				
	Temp. retorno aceite de ensayo	°C	55.0	54.0	56.0		
	Estrang. sobre carga	mm	0.75				
	Pres. entrada	bar	0.35	0.30	0.40		
	Combinación porta-inyectores de ensayo		1 688 901 027				
	Presion de apertura	bar	250.0	247.0	253.0		
	Tubería impulsión ensayo		1 680 750 073				
	Diametro exterior	mm	6.0				
	x Diamctro interior	mm	2.0				
	x longitud	mm	450.00				
	Iman de parada	V	12.0				
	Desconexión	V	0				
	Electrovalvula de KSB	V	12.0				

VALORES DE AJUSTE/ENSAYO

MEDIDAS PARA EL MONTAJE Y EL AJUSTE

KAT	Denominación	Unidad	Valor teorico	min.	max.	Valores reales	AT
	AJUSTE DE POSICIÓN DE PALANCA DE AJUSTE						
	Separación palanca reguladora YA	mm	39.0	36.0	42.0		
	Separación palanca reguladora YB	mm	41.0	37.0	45.0		

AJUSTE BASICO

KAT	Denominación	Unidad	Valor teorico	min.	max.	Valores reales	AT
	PRESION DE BOMBA DE ALIMENTACION						
V	Régimen	1/min	1100			1100	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Presión bomba alimentación	bar	7.50	7.20	7.80		
	RECORRIDO DE VARIADOR DE AVANCE						
V	Régimen	1/min	1100			1100	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Recorrido del variador de avance	mm	2.30	2.20	2.40		
	CAUDAL DE PL. CARGA CON PRESION DE CARGA						
V	Régimen de calentamiento	1/min	2000			2000	
V	Temperatura de salida	°C	61			61	
V	Régimen	1/min	700			700	
V	Temperatura de medición	°C	57			57	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	111.00	110.50	111.50		
	CAUDAL PLENA CARCA SIN PRESION CARGA						
V	Régimen de calentamiento	1/min	2000			2000	
V	Temperatura de salida	°C	61			61	
V	Régimen	1/min	500			500	
V	Temperatura de medición	°C	57			57	

KAT = Categoría (V - Valores estándar, E - Valor de ajuste, U - Valor de verificación)
 AT = Número de tolerancias (X está activo)

BOSCH Valores de comprobación EP, equipo de inyección diesel							Página: 2
Nº del cliente							
Nº de combinación		0460424393					
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	105.00	104.50	105.50		
REGIMEN DE RALENTI							
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	PUNTO DE AJUSTE DE REGIMEN DE RALENTI						
V	Régimen	1/min	360			360	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	11.00	10.50	11.50		
REGULACIÓN LIMITADORA FINAL							
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen de ralentización	1/min	100			100	
V	Temperatura de salida	°C	53			53	
V	Régimen	1/min	1200			1200	
V	Temperatura de medición	°C	55			55	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	37.05	36.00	38.00		
CAUDAL DE ARRANQUE							
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen	1/min	100			100	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	105.00	85.00	125.00		
V	Régimen	1/min	250			250	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	125.00	120.00	130.00		
COMIENZO SUMINISTRO DEPENDIENTE CARGA							
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	DIFERENCIA DE CAUDAL DE SUMINISTRO	1/min	1100			1100	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c	10.05	10.00	10.50		
V	DIFERENCIA DE PRESIÓN	1/min	2000			2000	
V	Régimen de ralentización	°C	60			60	
V	Temperatura de salida	1/min	1100			1100	
V	Régimen	°C	56			56	
V	Temperatura de medición	hPa	1500			1500	
V	Presión carga	bar	-0.40	-0.50	-0.30		
E	Presión bomba aliment. cinn						
VALORES DE ENSAYO BOBINA DE INYECCIÓN							
DESARROLLO DE VARIADOR DE AVANCE							
KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen	1/min	900			900	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Recorrido del variador de avance	mm	1.30	0.50	1.70		
U	Recorrido del variador de avance	mm	1.30	0.40	2.20		
V	Régimen	1/min	1100			1100	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Recorrido del variador de avance	mm	2.30	2.20	2.40		
U	Recorrido del variador de avance	mm	2.30	1.80	2.80		
V	Régimen	1/min	100			100	
E	Recorrido de variador de avance	mm	4.20	3.00	5.40		
U	Recorrido del variador de avance	mm	4.20	3.00	5.40		
E	KSB/AFB	V	12				

Regimen
RPM-380
CC-11-1.2
RPM-570
100-100

100-10 a 8

SE = Con ajuste (V = Valores estándar, R = Valor de equipo, U = Valor de verificación)
AT = Valor de tolerancia (X está acortado)

BOSCH Valores de comprobación F.P. equipo de inyección diesel

Página: 3

Nº del cliente

Nº de combinación

0460424333

DESARROLLO PRESION BOMBA ALIMENTACION

KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen	l/min	900			900	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Presión bomba alimentación	bar	7.00	6.70	7.30		
V	Régimen	l/min	1100			1100	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Presión bomba alimentación	bar	7.50	7.20	7.80		
V	Régimen	l/min	100			100	
E	Presión bomba alimentación	bar	4.50	3.50	5.50		
E	KSB/AFB	V	12				
V	Régimen	l/min	500			500	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Presión bomba alimentación	bar	6.00	5.70	6.30		

CAUDAL DE REBOSE

KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen de calentamiento	l/min	2000			2000	
V	Temperatura de salida	°C	60			60	
V	Régimen	l/min	1100			1100	
V	Temperatura de medición	°C	56			56	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /10s	130.55	111.11	150.00		
E	Caudal de suministro	cm ³ /10s	130.55	108.55	155.45		
F	Caudal de suministro	l/h	47.00	40.00	54.00		
D	Caudal de suministro	l/h	47.00	36.00	56.00		
V	Régimen	l/min	500			500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /10s	55.55	41.66	69.44		
E	Caudal de suministro	cm ³ /10s	55.55	36.11	75.00		
E	Caudal de suministro	l/h	20.00	15.00	25.00		
U	Caudal de suministro	l/h	20.00	13.00	27.00		

DESARROLLO CAUDAL ALIM. Y REG. LIMIT

KAT	Denominación	Unidad	Valor teórico	min.	max.	Valores reales	AT
V	Régimen de calentamiento	l/min	100			100	
V	Temperatura de salida	°C	60			53	
V	Régimen	l/min	1250			1250	
V	Temperatura de medición	°C	55			55	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	1.50	0.00	3.00		
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	1.50	0.00	3.00		
V	Régimen de calentamiento	l/min	2000			2000	
V	Temperatura de salida	°C	60			60	
V	Régimen	l/min	1150			1150	
V	Temperatura de medición	°C	56			56	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	84.00	79.00	89.00		
U	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	84.00	77.00	91.00		
V	Régimen de calentamiento	l/min	100			100	
V	Temperatura de salida	°C	60			53	
V	Régimen	l/min	1200			1200	
V	Temperatura de medición	°C	55			55	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	37.00	35.00	38.00		
U	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	37.00	32.00	42.00		
V	Régimen de calentamiento	l/min	2000			2000	
V	Temperatura de salida	°C	60			60	
V	Régimen	l/min	1100			1100	
V	Temperatura de medición	°C	56			56	
V	Presión carga	hPa	1500			1500	
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	84.00	81.50	86.50		
E	Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	84.00	81.00	87.00		

KAT: V - Valores estándar; C - Valor de ajuste; U - Valor de verificación
 AT - línea de la gráfica (K está activa)