

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Automotriz

Tema:

**Elaboración de un Manual Didáctico de Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel
Tipo A de Seis Elementos.**

Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Automotriz

Autor:

Paguay Naranjo Eddy Edison

Director: Ing. Adolfo Peña P., Msc

Guayaquil, septiembre 2018

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote MSc.

CERTIFICA: Que el trabajo titulado "**Elaboración de un Manual Didáctico de Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo A de Seis Elementos**", realizado por el estudiante: **Paguay Naranjo Eddy Edison**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: **Paguay Naranjo Eddy Edison**, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, septiembre 2018

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote. MSc.

Director del Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Paguay Naranjo Eddy Edison.

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: "**Elaboración de un Manual Didáctico de Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo A de Seis Elementos**", ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería Automotriz.

Guayaquil, septiembre 2018

PAGUAY NARANJO EDDY EDISON

C.I: 0950340919

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Paguay Naranjo Eddy Edison.

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: "**Elaboración de un Manual Didáctico de Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo A de Seis Elementos**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, septiembre 2018

PAGUAY NARANJO EDDY EDISON

C.I: 0950340919

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento

A mi familia por ellos soy lo que soy, para mis padres por darme el apoyo moral, consejos y ayuda en los momentos más difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis metas. A mis hermanos que sigan mi camino y sepan que siempre tendrán mi ayuda como hermano que soy y ustedes también lo pueden lograr animo mis queridos hermanos hoy seré yo mañana serán ustedes y juntos saldremos a delante como familia que somos.

Atentamente: Eddy Edison Paguay Naranjo

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi universidad, gracias por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias todos ustedes, fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Gracias a mis padres y tío que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios que fue mi principal apoyo para cada día continuar y ser mejor persona.

Este momento especial perduró en la mente de las personas a quienes agradecí, sino a quienes invirtieron su tiempo en echarle una mirada a mi proyecto de tesis, a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

CERTIFICADO	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
Índice de Figuras.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I	1
Problema de la investigación.....	1
1.1 Definición del problema	1
1.2 Delimitación geográfica	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Sistematización del problema	2
1.5 Objetivos de la investigación.....	2
1.5.1 Objetivo General	2
1.5.2 Objetivos específicos.....	2
1.6 Hipótesis	3
1.7 Justificación de la investigación	3
1.7.1 Justificación teórica.....	3
1.7.2 Justificación metodológica	3
1.7.3 Justificación práctica	3

1.8	Delimitación del contenido	4
CAPÍTULO II.....		5
MARCO TEÓRICO.....		5
2.1	Concepto de manual	5
2.2	Clasificación de los manuales administrativos	5
2.2.1	Manual de Organización.....	5
2.2.2	Por su Naturaleza o área de aplicación.....	5
2.2.3	Por su contenido.....	6
2.2.4	Por su función específica	7
2.3	El motor diésel	8
2.4	Características del combustible diésel.....	9
2.4.1	Poder calorífico	9
2.4.2	Punto de inflamación.....	9
2.4.3	Punto de auto inflamación	9
2.4.4	Índice de cetano	9
2.4.5	Densidad estable	9
2.4.6	Volatilidad	10
2.4.7	Viscosidad.....	10
2.4.8	Punto de congelación.....	10
2.4.9	Contenido en azufre	10
2.4.10	Impurezas del combustible	10
2.5	Componentes básicos de un sistema de inyección diésel	11
2.5.1	Pre filtro.....	11
2.5.2	Filtro	11
2.5.3	Bujías de precalentamiento.....	12

2.5.4	La unidad de mando de precalentamiento	15
2.5.5	Dispositivo térmico de arranque	17
2.5.6	Filtro de aire.....	18
2.5.7	Tuberías	18
2.6	Bomba de inyección de seis elementos en línea tipo A	20
2.6.1	Circuito de alimentación de combustible	22
2.6.2	Bombas de alimentación.....	24
2.6.3	Bomba de alimentación de simple efecto.....	25
2.6.4	Bomba de alimentación de doble efecto	26
2.6.5	Aplicaciones de las bombas de inyección en línea	27
2.7	Inyector de combustible.....	29
2.7.1	Funcionamiento del inyector de combustible diésel.....	32
2.7.2	Tipos de inyectores.....	32
2.8	Ventajas del sistema de inyección.....	37
CAPÍTULO III		38
Bomba de inyección en línea tipo A de seis elementos		38
3.1	Constitución de la bomba en línea	38
3.2	Funcionamiento del elemento del bombeo	41
3.2.1	Formas de las levas	43
3.2.2	Válvula de presión (respiración).....	45
3.2.3	Funcionamiento de la válvula de presión.....	45
3.2.4	Estrangulador de retroceso	46
3.2.5	Regulador de caudal de combustible	47
3.2.6	Dispositivo de dosificación de combustible.....	48
3.2.7	Fase de inyección	49

3.2.8	Rebose de inyección.....	50
3.2.9	Función dosificadora	50
3.2.10	Lubricación de la bomba de inyección en línea	51
3.2.11	Reguladores de velocidad	53
3.2.12	Reguladores de avance	59
3.2.13	Puesta a punto de la bomba en el motor.....	62
CAPÍTULO IV		64
Desarrollo del manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal diésel tipo A de seis elementos.....		64
4.1	Pasos para el despiece de la bomba lineal diésel tipo A.....	65
4.1.1	Reconocimiento de la bomba lineal diésel tipo A.....	65
4.1.2	Identificación de las placas de la bomba lineal diésel tipo A	65
4.1.3	Identificación y extracción de la bomba de alimentación	66
4.1.4	Identificación y extracción del regulador de velocidad de la bomba	67
4.1.5	Identificación y extracción de los plunger de la bomba lineal diésel tipo A..	68
4.1.6	Identificación y extracción de los elevadores de los plunger	71
4.1.7	Despiece de los elementos de la bomba lineal diésel tipo A	72
4.2	Análisis de los elementos de la bomba lineal diésel tipo A.....	72
4.3	Pasos para el armado de la bomba lineal diésel tipo A	74
4.3.1	Instalación de los elevadores de los plunger de la bomba	74
4.3.2	Armado e instalación de los plunger de la bomba	74
4.3.3	Armado e instalación de la bomba de alimentación.....	76
CAPÍTULO V.....		77
Conclusiones y Recomendaciones.....		77
5.1	Conclusiones	77

5.2	Recomendaciones.....	78
	Bibliografia.....	84

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil	1
<i>Figura 2</i> Motor Diésel.	8
<i>Figura 3</i> Pre filtro de combustible.....	11
<i>Figura 4</i> Filtro de combustible.	11
<i>Figura 5</i> Bujía de incandescencia.....	12
<i>Figura 6</i> Estructura interna de la bujía de incandescencia.....	14
<i>Figura 7</i> Esquema eléctrico de la unidad de mando de pre calentamiento.....	15
<i>Figura 8</i> Relación entre temperatura y tensión aplicada a los calentadores.	16
<i>Figura 9</i> Relación entre tiempo y corriente aplicada a los calentadores.	16
<i>Figura 10</i> Esquema del dispositivo térmico de arranque.....	17
<i>Figura 11</i> Filtro de aire.	18
<i>Figura 12</i> Tuberías de alta presión.	20
<i>Figura 13</i> Bomba de Inyección	21
<i>Figura 14</i> Ubicación de la bomba lineal en el motor.	22
<i>Figura 15</i> Esquema del circuito de alimentación de combustible.....	23
<i>Figura 16</i> Esquema de los tipos de bombas de alimentación Diésel.....	25
<i>Figura 17</i> Esquema de la bomba de alimentación de simple efecto.....	26
<i>Figura 18</i> Esquema básico de una Bomba de Inyección en Línea.....	27
<i>Figura 19</i> Clasificación de las bombas tipo Diésel tipo P.	28
<i>Figura 20</i> Diferencias y similitudes de las bombas en línea.....	29
<i>Figura 21</i> Inyector Diésel.	30
<i>Figura 22</i> Despiece de un porta inyector.....	30
<i>Figura 23</i> Inyector de tetón.....	33
<i>Figura 24</i> Inyector de orificios.....	33
<i>Figura 25</i> Inyector de doble muelle.....	35
<i>Figura 26</i> Inyector Diésel de accionamiento hidráulico.....	37
<i>Figura 27</i> Corte en sección de la bomba en línea.	39
<i>Figura 28</i> Esquema de funcionamiento del pistón accionado por la corredera.	40
<i>Figura 29</i> Estructura del elemento de bombeo.	41
<i>Figura 30</i> Accionamiento del elemento de bombeo.....	42
<i>Figura 31</i> Etapas de funcionamiento del elemento de bombeo.	43
<i>Figura 32</i> Formas de levas utilizadas en bombas lineales.	44
<i>Figura 33</i> Esquema de la válvula de presión.	46
<i>Figura 34</i> Estructura del Estrangulador de Combustible.....	47
<i>Figura 35</i> Esquema del Regulador del Caudal de Combustible.	47
<i>Figura 36</i> Esquema de los elementos de Dosificación de Combustible.....	49
<i>Figura 37</i> Fases de Dosificación de Combustible.....	50
<i>Figura 38</i> Esquema de los elementos de Dosificación de Combustible.....	51
<i>Figura 39</i> Orificios de Lubricación de la Bomba Lineal.	52
<i>Figura 40.</i> Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima.	54
<i>Figura 41.</i> Esquema del regulador de máxima y mínima.	55
<i>Figura 42.</i> Funcionamiento del regulador por acción del conductor.....	56
<i>Figura 43.</i> Descripción de los diferentes estados del motor.	57
<i>Figura 44.</i> Régimen de sobre revolución.....	57
<i>Figura 45.</i> Esquema del Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades.....	58

<i>Figura 46.</i> Variador de avance de contrapesos	60
<i>Figura 47.</i> Variador de avance excéntrica	61
<i>Figura 48.</i> Funcionamiento del variador de avance de excéntrica, α : ángulo de avance.	62
<i>Figura 49</i> Orificios de Lubricación de la Bomba Lineal.	63
<i>Figura 50</i> Bomba Lineal Diésel Tipo A.	65
<i>Figura 51</i> Placas de identificación de la Bomba	65
<i>Figura 52</i> Identificación de la Bomba de Alimentación.	66
<i>Figura 53</i> Extracción de la Bomba de Alimentación	66
<i>Figura 54</i> Despiece de la Bomba de Alimentación	67
<i>Figura 55</i> Identificación del Regulador de Velocidad de la Bomba.	68
<i>Figura 56</i> Extracción del Regulador de Velocidad de la Bomba.	68
<i>Figura 57</i> Identificación de los plunyer de la Bomba.	69
<i>Figura 58</i> Plunger guía para el proceso de calibración.....	69
<i>Figura 59</i> Despiece del plunger.	70
<i>Figura 60</i> Identificación de los elevadores de los plunyer.	71
<i>Figura 61</i> Extracción de los elevadores de los plunger	71
<i>Figura 62</i> Despiece de los elevadores plunger	72
<i>Figura 63</i> Despiece de la bomba de inyección.....	72
<i>Figura 64</i> Instalación de los elevadores de los plunger.....	74
<i>Figura 65</i> Juego de plunger de la bomba.	75
<i>Figura 66</i> Instalación de los plunger en la bomba.....	75
<i>Figura 67.</i> Identificación de entrada y retorno de combustible en la bomba de alimentación .	76

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador – Guayaquil, y el mismo tiene como objetivo principal la Elaboración de un Manual Didáctico de Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo A de Seis Elementos, el mismo que servirá como una guía de mucha relevancia en el proceso de enseñanza – aprendizaje en lo que a sistemas de inyección Diésel se refiere.

El manual desarrollado está diseñado de tal manera que es de mucha utilidad, fácil entendimiento y desarrollo del proceso para despiece de las bombas lineales tipo A que se encuentran presente en el mercado local con mucha frecuencia en el sector automotriz de transportación pesada, marítima y también en motores estacionarios que se utilizan en la generación de energía para empresas.

Al tener este manual como guía de enseñanza se facilitará el entrenamiento que reciben los estudiantes por parte de los docentes de la facultad para la explicación del funcionamiento del tipo de bomba en mención.

Palabras claves: Sistema inyección diésel, bombas lineales, transportación pesada, motores estacionarios

ABSTRACT

The present work has been developed with the facilities of the Faculty of Automotive Engineering of the International University of Ecuador in Guayaquil, the main objective is the development of a Didactic Manual for disassembly and assembly Linear Diesel Pumps Type A of Six Elements, this work will serve as a guide of great relevance in the teaching - learning process of diesel injection systems.

The developed manual is designed in such a way that it is very useful, easy to understand and develop the process for disassembly and assembly Linear Diesel Pumps Type A, which are present in the local market very often in the automotive sector of heavy duty vehicles, maritime transportation and also in stationary engines which are used in the generation of energy for companies.

Having this manual as a teaching guide will facilitate the training that students receive from the faculty to explain the operation of the types of pumps related with injection. .

Keywords: Diesel injection system, linear pumps, heavy transportation, stationary engines

CAPÍTULO I

Problema de la investigación

1.1 Definición del problema

El problema se establece en la necesidad de contar con un manual o modelo didáctico de despiece y armado de la bomba Diésel lineal tipo A de seis elementos que sirva de ayuda para facilitar el trabajo de transmisión de conocimiento en la comunidad universitaria y así esté capacitada para afrontar y solucionar los problemas cotidianos y comunes que se presentan en el área automotriz sobre todo en vehículos de carga pesada y turismos de que en algunos de los casos están dotados de este modelo y tipo de bomba.

La mejora de este tipo de prácticas en los estudiantes les permitirá obtener mucha más experiencia en el campo de desempeño, lo que les va a ayudar en su formación profesional, dentro de los parámetros exigidos en el mundo laboral. El trabajo es un sustento del proceso de formación que tuvieron los estudiantes dentro del centro de estudio, además de ser indispensable para el reconocimiento académico de la institución.

1.2 Delimitación geográfica

El trabajo se desarrollará en la ciudad de Guayaquil, en la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil.



Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil (Google Maps)

1.3 Formulación del problema

¿Es viable la elaboración de un manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos para los estudiantes y técnicos especialistas en el sistema de inyección de diésel?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Cuál es el alcance del desarrollo de este trabajo a los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Internacional del Ecuador sede Guayaquil?
- ¿Cuál es el funcionamiento la bomba de inyección Diésel lineal tipo A de seis elementos?
- ¿Qué instrumentos mecánicos se utilizarán para la elaboración del trabajo?
- ¿Cómo realizar el manual de prácticas del módulo simulador?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo General

- Elaborar un manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos, el cual constara del uso de herramientas mecánicas apropiadas y exclusivas para el tipo de bomba descrito, las mismas que servirán para evaluar el desarrollo de las actividades estudiantiles dentro de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil, en el año 2018.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar un manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos.
- Adquirir un kit de herramientas especiales y apropiadas para realizar el trabajo de desarmado y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos.
- Demostrar el proceso de despiece y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos.

1.6 Hipótesis

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera: “La elaboración de un manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal diésel tipo A de seis elementos, ayudará a tener mejores resultados en la transmisión de conocimientos”

1.7 Justificación de la investigación

1.7.1 Justificación teórica

La base teórica del trabajo se fundamenta en la investigación de temas relacionados al tipo de bomba descrita, debido que muchos de los lectores desconocen la forma o el proceso de desarmado y armado y además de términos ligados a la mecánica automotriz y es con ellos que se debe de trabajar para profundizar la investigación.

1.7.2 Justificación metodológica

Es necesario considerar la opinión de expertos para en base a sus perspectivas también desarrollar la propuesta. Dentro de la metodología se definen las técnicas de investigación, así como los instrumentos en donde se recolecta la información.

El método científico es la guía de cada trabajo de investigación, en donde existe un respaldo de la información que se plasma, puesto que es la ayuda de todo proyecto, y es muy útil porque de ser necesario se podrá saber sobre las opiniones de personas que hicieron pruebas de resultados especificados en alguna prueba realizada. El proceso metodológico ayuda a que los lineamientos investigativos, sean los adecuados para obtener la información esperada.

1.7.3 Justificación práctica

El diseño de manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos, ayudará a evaluar la destreza y habilidades en los estudiantes y además del entender forma práctica y real el funcionamiento de la bomba descrita, ya que es necesario conocer sobre

el proceso para así prevenir posibles problemas en el funcionamiento de los elementos de la bomba.

1.8 Delimitación del contenido

La información detallada en el presente trabajo, está constituida en base a manuales de taller, manuales de bombas Diésel y demás documentación, en donde se trate acerca de la bomba lineal tipo A de seis elementos y que sirvan de sustento para desarrollar el presente proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de manual

Se denomina manual a toda guía de instrucciones que sirve para el uso de un dispositivo, la corrección de problemas o el establecimiento de procedimientos de trabajo. Los manuales son de enorme relevancia a la hora de transmitir información que sirva a las personas a desenvolverse en una situación determinada. En general los manuales son frecuentes acompañando a un determinado producto que se ofrece al mercado, como una forma de soporte al cliente que lo adquiere¹.

2.2 Clasificación de los manuales administrativos

2.2.1 Manual de Organización

El manual de organización es un instrumento metodológico de la ciencia y técnica de la administración, es decir es un medio de acción práctica por excelencia, que ayuda grandemente al proceso de organización.

“Constituye un complemento ideal de los organigramas, o mejor dicho, se complementan recíprocamente para dar informaciones claras y detalladas de la estructura y de las unidades que la integran. Estas unidades se señalan en los organigramas solamente con su título, pero el manual de organización las describe con detalle, en todo lo relativo a responsabilidades, tareas, atribuciones, deberes y funciones”.²

2.2.2 Por su Naturaleza o área de aplicación

¹ (definición.mx/manual, 2016)

² (es.scribd.com, 2013)

- **Micro administrativos:** Son los manuales que corresponden a una sola organización. Pueden referirse a ella en forma general o circunscribirse a alguna de sus áreas en forma específica.
- **Macro administrativos:** Son los documentos que contienen información de más de una organización.
- **Meso administrativos:** Incluyen a una o más organizaciones de un mismo sector de actividad o ramo específico.

2.2.3 Por su contenido

- **De organización:** Contienen información detallada referente a los antecedentes, legislación, atribuciones, estructura, organigrama misión y funciones organizacionales. Cuando corresponden a un área específica incluyen la descripción de puestos; de manera opcional pueden presentar el directorio de la organización.
- **Manual Técnico:** Un manual técnico es aquel que va dirigido a un público con conocimientos técnicos sobre algún área. Se debe presentar una breve descripción del sistema desarrollado, que contemple el ámbito abarcado, cuál es su función principal y un detalle de las funciones macros o partes que lo componen.
- **De procedimientos:** Constituyen un instrumento técnico que incorpora información sobre la sucesión cronológica y secuencial de operaciones concatenadas entre sí para realizar una función actividad o tarea específica en una organización.
- **Manual de historia:** Su propósito es proporcionar información histórica sobre el Organismo: Sus comienzos, crecimiento, logros, administración y posición actual.
- **Manual de organización:** Su propósito es exponer en forma detallada la estructura organizacional formal a través de la descripción de los objetivos, funciones, autoridad y responsabilidad de los distintos puestos, y las relaciones.
- **Manual de políticas:** Consiste en una descripción detallada de los lineamientos a ser seguidos en la toma de decisiones para el logro de los objetivos.

- **Manual de contenido múltiple:** Cuando el volumen de actividades, de personal o simplicidad de la estructura organizacional, no justifique la elaboración y utilización de distintos manuales, puede ser conveniente la confección de este tipo de manuales. Un ejemplo de este manual es el de "políticas y procedimientos", el de "historia y organización", en si consiste en combinar dos o más categorías que se interrelacionan en la práctica administrativa.

2.2.4 Por su función específica

Esta clasificación se refiere a una función operacional específica a tratar. Dentro de este apartado puede haber los siguientes manuales:³

- **Manual de producción:** Consiste en abarcar la necesidad de interpretar las instrucciones en base a los problemas cotidianos tendientes a lograr su mejor y pronta solución.
- **Manual de compra:** El proceso de comprar debe estar por escrito; consiste en definir el alcance de compras, definir la función de comprar, los métodos a utilizar que afectan sus actividades.
- **Manual de ventas:** Consiste en señalar los aspectos esenciales del trabajo y las rutinas de información comprendidas en el trabajo de ventas.
- **Manual de finanzas:** Consiste en asentar por escrito las responsabilidades financieras en todos los niveles de la administración, contiene numerosas instrucciones específicas a quienes en la organización están involucrados con el manejo de dinero, protección de bienes y suministro de información financiera.
- **Manual de contabilidad:** Trata acerca de los principios y técnicas de la contabilidad. Se elabora como fuente de referencia para todo el personal interesado en esta actividad.
- **Manual de crédito y cobranzas:** Se refiere a la determinación por escrito de procedimientos y normas de esta actividad.

³ (es.scribd.com, 2013)

- **Manual de personal:** Abarca una serie de consideraciones para ayudar a comunicar las actividades y políticas de la dirección superior en lo que se refiere a personal. Los manuales de personal podrán contener aspectos como: reclutamiento y selección, administración de personal, lineamientos para el manejo de conflictos personales, políticas de personal, uso de servicios, prestaciones, capacitación, entre otros.

2.3 El motor diésel

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por la auto ignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la alta relación de compresión que posee, según el principio del ciclo del diésel. Se diferencia del motor de gasolina en utilizar como combustible gasóleo/gas-oíl o aceites pesados derivados del petróleo, como también aceites naturales como el aceite de girasol.⁴

Además, es muy eficiente en términos termodinámicos; los mejores y más desarrollados llegan a alcanzar un valor entre 45% y 55% de eficiencia, un valor muy elevado en relación a la casi totalidad de los motores de gasolina; es uno de los motores más usados desde su creación en diversas aplicaciones. Fue inventado y patentado por el ingeniero alemán Rudolf Diésel en 1892, tal como se muestra en la figura 2.



*Figura 2 Motor Diésel.
(SanaDiésel, 2013)*

⁴ (SEBBM, 2015)

2.4 Características del combustible diésel

El gasoil, también denominado gasóleo, es un combustible clasificable dentro del grupo de las naftas, que es un hidrocarburo que se obtiene de la destilación del petróleo, junto con los carburantes. Está a medio camino entre el queroseno y los aceites pesados. Su destilación por tanto se produce a temperaturas entre 160° y 390° . Las características que definen el gasoil son las siguientes:⁵

2.4.1 Poder calorífico

Algo más bajo que el de la gasolina, en los gasóleos comerciales se sitúa en torno a las 10200 Kcal/Kg.

2.4.2 Punto de inflamación

Es la temperatura a partir de la cual comienza a arder cuando se le aproxima una llama. En los gasóleos comerciales, dicho punto está entre los 55° y los 60° , para que no presente problemas durante su manipulación.

2.4.3 Punto de auto inflamación

Como su nombre indica, es la temperatura a partir de la cual arde espontáneamente, sin necesidad de aportación de llama. Está algo por encima de los 220° .

2.4.4 Índice de cetano

Es un indicativo de la capacidad que tiene el gasóleo para inflamarse, en relación a su facilidad de combustión. Los gasóleos comerciales tienen un índice en torno a 50. Cuanto más elevado sea este índice, mejores cualidades tiene ese gasóleo para la combustión.

2.4.5 Densidad estable

Esta característica resulta especialmente importante en los nuevos sistemas de inyección por conducto común, en los que, al fraccionarse la inyección en varias fases, las aportaciones son

⁵ (Pérez, 2012)

mínimas, sobre todo en la fase de preinyección. La densidad del gasóleo comercializado oscila entre (0,83 y 0,86) g/cm medida a una temperatura de 15⁰ C. El empleado en automóviles tiene una densidad de 0,845 kg/litro, a 15⁰ C de temperatura.

2.4.6 Volatilidad

Tiene menor importancia que en el caso de la gasolina, dado que el combustible se quema a medida que es inyectado. Comienza a evaporarse a una temperatura que oscila entre los 200⁰ y los 300⁰.

2.4.7 Viscosidad

La viscosidad, que es la capacidad de fluir que tiene un líquido, cobra relevancia, ya que influye en la pulverización del chorro de gasóleo cuando es inyectado.

2.4.8 Punto de congelación

Especialmente importante en climas fríos, ya que las parafinas presentes en la composición del gasóleo se pueden solidificar, bloqueando el circuito de alimentación. En la actualidad, los gasóleos comerciales soportan temperaturas de hasta -30⁰, siendo para ello aditivados adecuadamente.

2.4.9 Contenido en azufre

Dada la toxicidad de este componente, su uso está limitado por la legislación, permitiéndose un máximo de 40 ppm (partes por millón). Actualmente se comercializa un combustible de bajo contenido en azufre, con 10 ppm, ya que, en los vehículos de última generación.

2.4.10 Impurezas del combustible

En la mayoría de los casos, las impurezas del aire pasan al combustible durante el repostado. Además, a través del sistema de ventilación del depósito penetran en el combustible partículas de polvo y, debido a los cambios de temperatura, se condensa agua. Esta agua condensada puede evacuarse con la periodicidad prevista en el caso de utilizar filtros de combustible con acumulador de agua.

2.5 Componentes básicos de un sistema de inyección diésel

2.5.1 Pre filtro

En algunos circuitos de alimentación diésel como se muestra en la figura 3, los filtros previos o prefiltros se encuentran situados con anterioridad a la bomba de alimentación de combustible con el fin de proteger a esta.



Figura 3 Pre filtro de combustible
(Sánchez, 2013)

2.5.2 Filtro

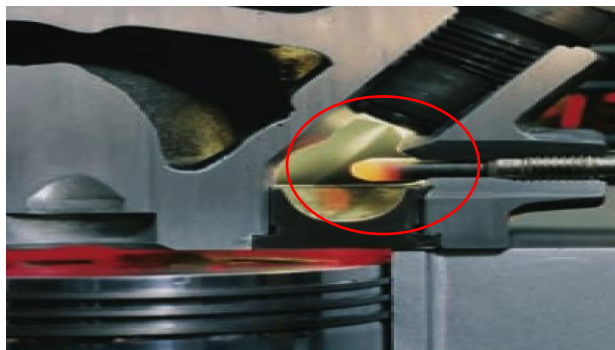
La misión de los filtros es retener las impurezas existentes en el combustible. La calidad del filtro es decisiva para la duración de la bomba de inyección, por tanto, la purificación del combustible es de la máxima importancia y debe correr a cargo de filtros especiales adaptados a las necesidades de la bomba de inyección, tal como se muestra en la figura 4.



Figura 4 Filtro de combustible.
(Sánchez, 2013)

2.5.3 Bujías de precalentamiento

Son los encargados de calentar la cámara de combustión lo suficiente para permitir unas condiciones de combustión estables para el carburante inyectado en la fase de arranque del motor, tal como se muestra en la figura 5



*Figura 5 Bujía de incandescencia.
(Sánchez, 2013)*

Por tanto, se requiere su utilización cuando las condiciones ambientales son frías o cuando el motor ha estado en reposo varias horas, ya que en estas condiciones es necesaria más energía para provocar el encendido en la fase de arranque del motor, porque tanto el aire de entrada como el mismo motor están más fríos y las pérdidas de compresión y bombeo son también más elevadas.

El calentador diésel debe ir ubicado cerca de la cabeza del cilindro (en la cámara o precámara de combustión) y estratégicamente situado. Es importante situar el tubo incandescente en el borde de la turbulencia de la mezcla, puesto que de este modo podrá alcanzar el calor justo en el lugar donde es requerido.

El calentador consta de un tubo de incandescencia y de un cuerpo roscado que se enrosca en la culata del motor, de un modo parecido a como lo haría una bujía de encendido. Debido a su situación el calentador va a entrar en contacto con el combustible en el proceso de combustión, por lo que debe ser resistente a:

- Altas temperaturas.
- Presiones elevadas.
- Vibraciones.
- La actividad corrosiva de determinados productos químicos.

La fase de precalentamiento se inicia antes de que el motor se ponga en marcha, justo en el momento de girar la llave de arranque hasta la posición de encendido. Al calentador se le hace pasar una corriente eléctrica que comienza a pasar por el perno de conexión y la espiral reguladora hacia la espiral calentadora. Esta última puede alcanzar temperaturas de hasta 800 °C. En este momento, la punta del calentador que entra en la cámara de combustión está al rojo vivo.

Mientras, la espiral reguladora mantiene la temperatura estable después del arranque (post calentamiento). La duración del calentamiento de la punta varía de unos motores a otros según el calentador utilizado. El sistema de calentamiento suele completarse con un testigo luminoso en el tablero de instrumentos del vehículo.

En algunos vehículos la fase de calentamiento es seguida de una de post calentamiento con el motor en marcha, que intenta evitar la pérdida de calor mientras el motor se está calentando y las irregularidades en la marcha del motor, que son características del arranque en frío (ruidos y emisiones de hidrocarburos). A los calentadores que cuentan con esta fase de post calentamiento se les llama autorregulados ya que limitan el voltaje que fluye entre la batería y el calentador a medida que sube la temperatura. Es decir, la duración del periodo de post calentamiento se regula dependiendo de la temperatura del motor.

Los elementos esenciales de los calentadores son:

- Cuerpo del calentador.
- Barra o varilla calefactora. En su interior se emplaza la espiral calentadora y reguladora.
- Perno de conexión.

Los calentadores se pueden clasificar según su construcción en:

- **Calentadores metálicos:** Sus espirales calentadoras y reguladoras se encuentran encerradas en un tubo incandescente. La parte delantera del tubo incandescente es donde se encuentra la espiral calentadora (zona de calentamiento). La espiral reguladora está en el alma de la parte cercana al perno de conexión. A su vez la punta de incandescencia está aislada eléctricamente mediante polvo de óxido de magnesio como se muestra en la figura 6.
- **Calentadores cerámicos:** Incorporan una espiral calentadora especial que posee un punto de fusión elevado. La espiral se encuentra encerrada en un material cerámico a base de nitrato de silicio, como se muestra en la figura 6.

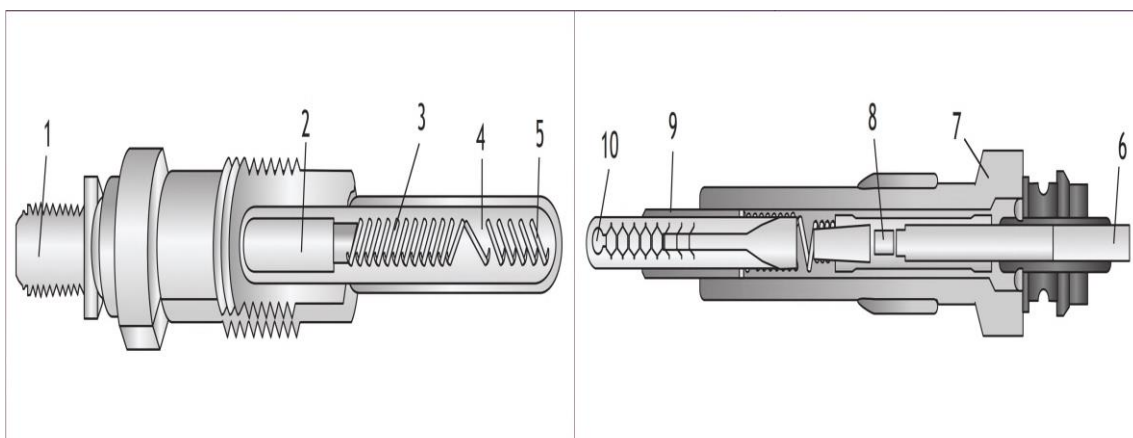


Figura 6 Estructura interna de la bujía de incandescencia.
(Sánchez, 2013)

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Terminal | 6. Electrodo central |
| 2. Electrodo central | 7. Aislador |
| 3. Espiral reguladora | 8. Espiral reguladora |
| 4. Polvo aislante de óxido de magnesio | 9. Manga metálica |
| 5. Espiral calentadora | 10. Espiral calentadora |

El tiempo de calentamiento varía de unos a otros según su construcción. Por ejemplo, el tiempo de calentamiento para un calentador metálico estándar sería de 25 segundos y para uno autorregulador, de 4 segundos. En cuanto al montaje en el motor, las bujías de pre incandescencia o calentadores pueden ir conectadas eléctricamente en serie o en paralelo,

aunque actualmente se usa más la conexión en paralelo de forma que una bujía averiada no afecte al funcionamiento de las otras.

2.5.4 La unidad de mando de precalentamiento

Está compuesta por un dispositivo electrónico que controla un contactor que permite el paso o no de corriente entre la batería y los precalentadores entre dos de sus terminales, como se muestra en la figura 7. En la posición de la llave de encendido (3) se inicia el periodo de pre incandescencia. Esta acción se visualiza por el testigo (5). Una vez apagado el testigo de incandescencia situado en el cuadro de instrumentos, el arranque del motor se puede hacer posible ya que la espiga calefactora está ya lo suficientemente caliente como para provocar una perfecta combustión dentro del cilindro.

Los calentadores (4) son alimentados por el relé en paralelo situado en el interior de la unidad de control (6). Este relé asegura igualmente la temporización del tiempo de precalentamiento en función de la temperatura mediante la sonda (9). Con el motor ya en marcha, la incandescencia que todavía se produce forma parte del periodo de post calentamiento (según temperatura), cuyos efectos beneficiosos ya han sido mencionados anteriormente.

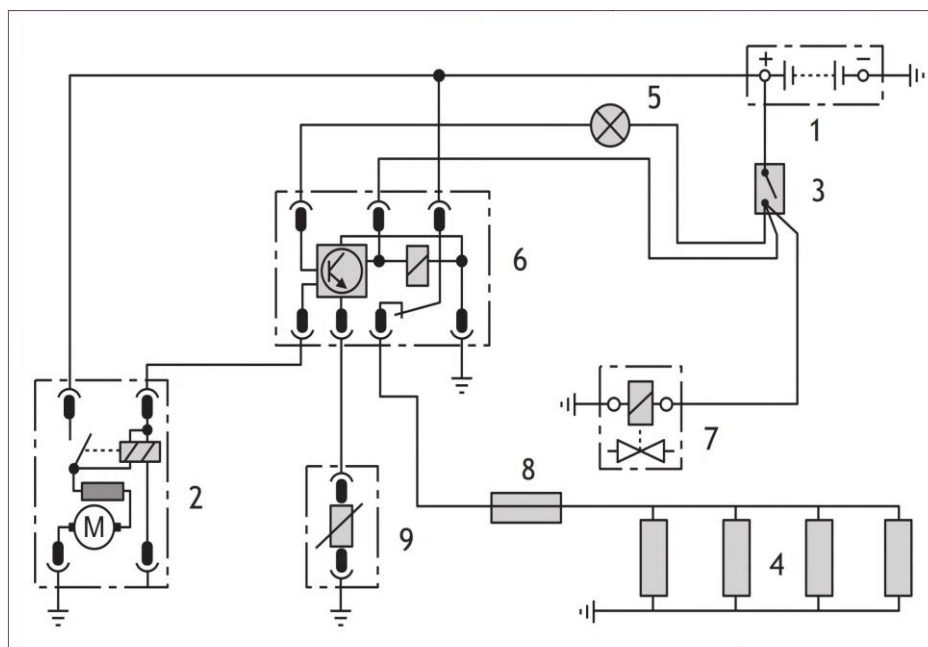


Figura 7 Esquema eléctrico de la unidad de mando de pre calentamiento.
(Sánchez, 2013)

En la figura 8 se puede observar la relación que existe entre la temperatura alcanzada y el voltaje suministrado a los calentadores en función del tiempo de precalentamiento y post calentamiento.

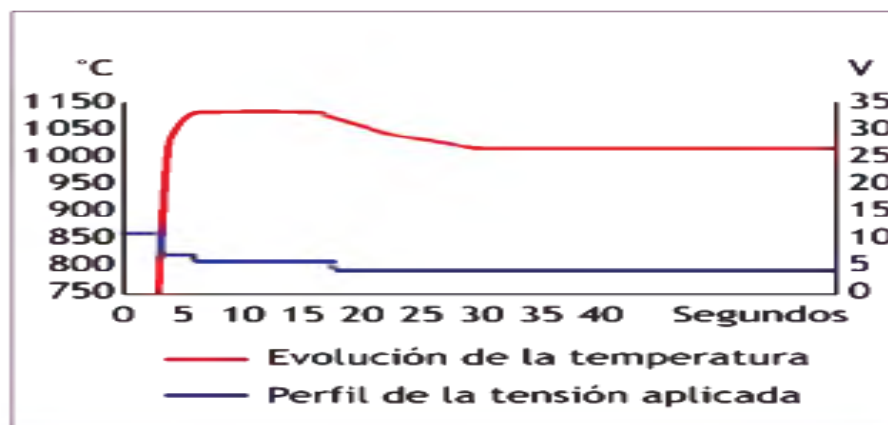


Figura 8 Relación entre temperatura y tensión aplicada a los calentadores.
(Sánchez, 2013)

En ella se aprecia que en el tiempo de precalentamiento recibe una tensión de 11 V durante unos dos segundos para luego ir decreciendo la tensión hasta alcanzar durante el post calentamiento una tensión inferior a 4,5 V. Por otra parte, la unidad de control de precalentamiento excita las bujías mediante una señal de frecuencia fija y proporción de periodo variable como se muestra en la figura 9.

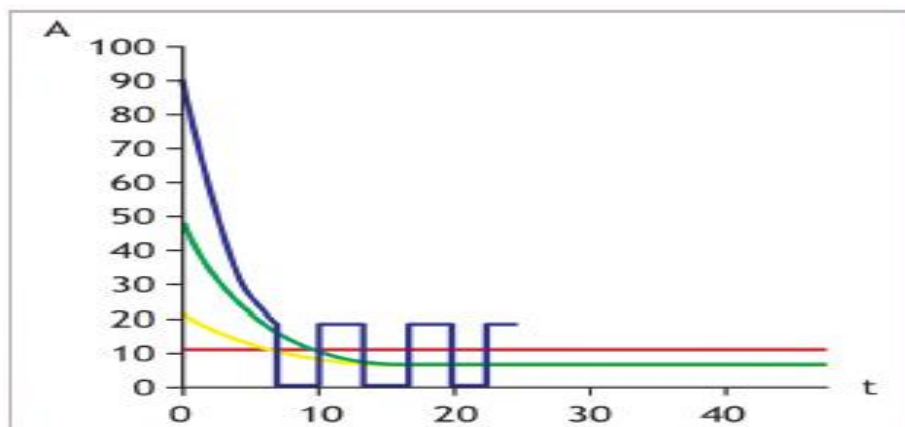


Figura 9 Relación entre tiempo y corriente aplicada a los calentadores.
(Sánchez, 2013)

2.5.5 Dispositivo térmico de arranque

Para motores de inyección directa sobrealimentados no se instalan sistemáticamente calentadores en la cámara de combustión, ya que estos motores tienen más facilidad para arrancar en condiciones adversas de temperatura. Pero sí pueden instalar un sistema que realice una acción de calentamiento del aire en el colector de admisión mediante el quemado de una cierta cantidad de gasóleo en el colector de aspiración.

Para ello se utiliza un termo conector fijado en el colector de aspiración que es controlado por la centralita electrónica para realizar las funciones de pre y post calentamiento, en función de la temperatura de referencia (temperatura exterior, o bien del líquido refrigerante del motor). Su funcionamiento se basa en que la bomba de alimentación de combustible del sistema de inyección conduce el combustible a través de una electroválvula a la bujía de precalentamiento.

En la boquilla de conexión de la bujía de precalentamiento se encuentra un filtro y un dispositivo dosificador. Este dispositivo dosificador deja pasar un caudal de combustible adaptado correspondiente al motor, que se evapora en un tubo vaporizador dispuesto alrededor de la espiga incandescente y que se mezcla entonces con el aire aspirado.

La mezcla se inflama en la parte delantera de la bujía de precalentamiento, como se muestra en la figura 10 al entrar en contacto con la espiga incandescente caliente a más de 1 000 °C. Con el motor en marcha, la centralita sigue manteniendo el sistema en funcionamiento durante 30 segundos aproximadamente. Este tiempo se llama tiempo de post calentamiento y durante el mismo el testigo se enciende con luz intermitente.

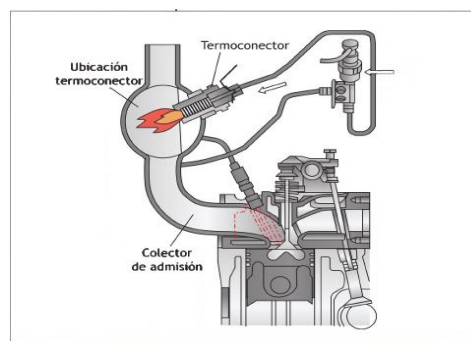


Figura 10 Esquema del dispositivo térmico de arranque.
(Sánchez, 2013)

2.5.6 Filtro de aire

El circuito de aspiración del aire en los motores de ciclo diésel es muy parecido al de los motores de ciclo Otto, como se muestra en la figura ya que está formado por una serie de conductos, un filtro de aire, un eventual compresor para la sobrealimentación (con o sin intercambiador de calor) y un colector de admisión.



Figura 11 Filtro de aire.
(Sánchez, 2013)

2.5.7 Tuberías

Dentro del circuito de inyección diésel existen dos tipos de tuberías, encargándose ambas de conducir el gasóleo a las distintas partes del sistema de inyección, siendo estas de baja y alta presión como se muestra en la figura 12.

- **Tuberías de baja presión:** Transportan el gasóleo desde el depósito a la bomba de inyección Diésel, y deben reunir las siguientes características:
 - a. Deben aguantar las propiedades del gasóleo sin sufrir deformaciones.
 - b. Deben adaptarse a los distintos tipos de uniones de los componentes del sistema de inyección: bomba de alimentación, filtros, etc.

Hasta hace unos años, los tubos de cobre eran los más utilizados. Como este material reacciona con ciertos compuestos sulfúricos del combustible diésel formando depósitos grasos, los tubos de cobre son cada vez menos utilizados, siendo sustituidos por los tubos de plástico flexible o de acero y manguitos de caucho sintético flexible.

- **Tuberías de alta presión:** Son la que transportan el combustible desde la bomba de inyección a los inyectores. Las tuberías de alta presión suelen ser muy sofisticadas y están elaboradas con materiales de alta calidad. Deben poseer las siguientes características:

Propiedades mecánicas: Las tuberías deben presentar alta resistencia a las presiones pulsantes y a la ruptura por fatiga. A cada onda de presión siguiente al inicio del envío de combustible, le siguen otros diversos ciclos de onda de retorno provocados por el cierre repentino de los inyectores.

Espesor de las paredes: Las paredes de estos tubos son de un pequeño diámetro interior, pero con una pared muy gruesa. Normalmente el diámetro externo es de 6 mm y el interno de 2mm. El diámetro es pequeño para reducir el volumen del combustible contenido en el tubo, que está sometido al efecto de la compresión. Las paredes gruesas se utilizan para evitar pulsaciones elásticas que pueden alterar la inyección por su frecuencia. Se pretende evitar, por tanto, que el inyector, a pesar de recibir el combustible de la bomba en cantidades constantes y con impulsos regulares, lo pulverice en cantidades distintas y con impulsos irregulares.

Longitud: Lo más normal es encontrar los tubos de alta presión de un mismo motor exactamente con la misma longitud, con el objetivo de asegurar la uniformidad en el envío de gasóleo, pero en los motores modernos los progresos de la inyección y los elevados regímenes de rotación provocan que tal aspecto no tenga importancia, por lo que pueden existir tubos de longitudes diferentes.

Pulido y limpieza interna: La superficie interna debe ser pulida y exenta de astillas metálicas.

Forma y plegadura: Los tubos se disponen de forma completa plegados, perfilados y abrazados.



*Figura 12 Tuberías de alta presión.
(Sánchez, 2013)*

2.6 Bomba de inyección de seis elementos en línea tipo A

Este tipo de bomba ideada por Robert Bosch, como se muestra en la figura 13 a principios del siglo XX ha sido la más utilizada por no decir la única que funcionaba sobre todo en vehículos pesados, incluso se usó en turismos hasta la década de los 60 pero se vio sustituida por las bombas rotativas más pequeñas y más aptas para motores rápidos.

Este tipo de bombas es de constitución muy robusta y de una fiabilidad mecánica contrastada, sus inconvenientes son tamaño, peso ya que están limitadas a un número de revoluciones que las hacen aptas para vehículos pesados, pero no para turismos. La bomba en línea está constituida por tantos elementos de bombeo, colocados en línea, como cilindros tenga el motor. En su conjunto incluye además de los elementos de bombeo, un regulador de velocidad que puede ser centrífugo, neumático o hidráulico; un variador de avance automático de inyección acoplado al sistema de arrastre de la bomba⁶.

Disponen un elemento de bombeo para cada uno de los cilindros que alimente la bomba. De esta forma, tanto la dosificación como el incremento de presión del combustible, se llevan a cabo de forma individual en cada elemento de bombeo. aunque el mando de la dosificación se agrupa en un único mecanismo, que actúa simultáneamente sobre todos los elementos de

⁶ ESQUIUS, Juan Villalta. 2002

bombeo. Su uso se ha extendido más en vehículos industriales, si bien también se extendió a ciertos turismos, incluso de gama alta, hasta principios de los 90'.



Figura 13 Bomba de Inyección
(poke-sistemadeinyección, 2010)

Para ello presenta las siguientes ventajas:

- Elevadas presiones de inyección, muy superiores a las de las bombas rotativas tradicionales.
- Posibilidad de ajuste del caudal de forma individual para cada cilindro, dotando al sistema de una gran precisión. También admite la posibilidad de ajustar el avance a la inyección en cada cilindro, individualmente.
- Por otra parte, se caracterizan por su robustez, fiabilidad y longevidad, sobre todo por emplear un elemento de bombeo para cada cilindro.

Poco a poco dejaron de utilizarse en turismos, siendo sustituidas por las de tipo rotativo, en cualquiera de sus versiones, como se muestra en la figura 14 debido a su propia disposición, la cual presenta los siguientes inconvenientes:

- Elevado coste de fabricación, debido a la precisión de acabado que exigen los elementos de bombeo (con tolerancias que se miden en milésimas de mm).

- Poco apropiada para motores rápidos, cuyo régimen de giro ascienda por encima de las 4500 RPM.
- Frente a los más modernos sistemas de control electrónico, adolece de falta de precisión en el caudal y avance a la inyección, por lo que la emisión de partículas contaminantes es más elevada, al no estar tan controlada como en los mismos. Ello se solventa, parcialmente, en las bombas lineales de control electrónico.

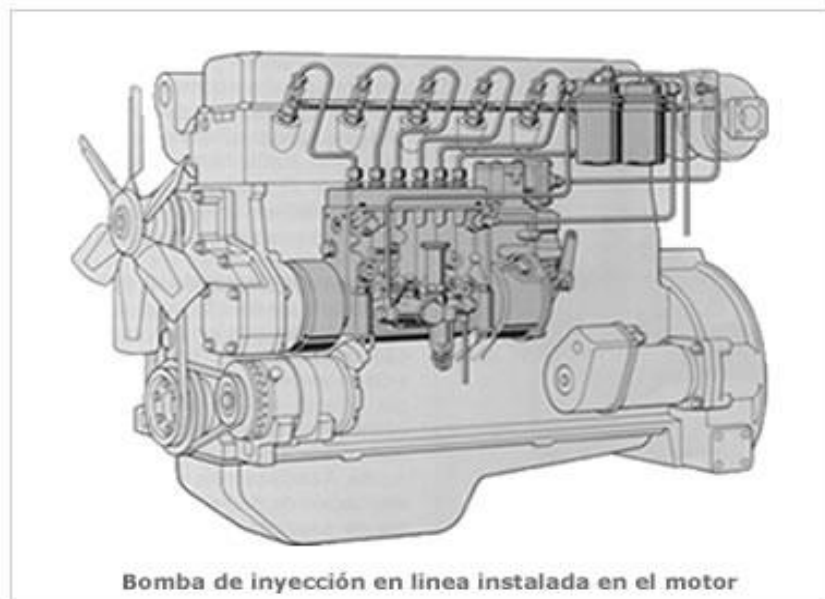


Figura 14 Ubicación de la bomba lineal en el motor.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

2.6.1 Circuito de alimentación de combustible

La bomba de inyección se acompaña de un circuito de alimentación, como se muestra en la figura 15 que le suministra combustible (figura inferior). Este circuito tiene un depósito de combustible (1) que está compuesto de una boca de llenado, de un tamiz de tela metálica, que impide la entrada al depósito de grandes impurezas que pueda contener el combustible. El tapón de llenado va provisto de un orificio de puesta en atmósfera del depósito.

La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo bombea hacia la bomba de inyección a una presión conveniente, que oscila entre 1 y 2 bar. El sobrante de este combustible tiene salida a través de la válvula de descarga situada en la bomba de inyección y

también puede estar en el filtro, retornando al depósito. Esta válvula de descarga controla la presión del combustible en el circuito.

En vehículos donde la distancia y la altura del depósito con respecto a la bomba de inyección estén muy alejados, se instala una bomba de alimentación (2), normalmente esta bomba se encuentra acoplada a la bomba de inyección. Según las condiciones de funcionamiento del motor y de sus características constructivas, se requieren distintos sistemas de alimentación de la bomba de inyección, como se ve en la figura inferior.

Si el filtro de combustible está en las proximidades inmediatas del motor, pueden formarse burbujas de gas dentro del sistema de tuberías. Para evitar esto resulta necesario "barrer" la cámara de admisión de la bomba de inyección. Esto se consigue instalando una válvula de descarga (6) en la cámara de admisión de la bomba de inyección. En este sistema de tuberías, el combustible sobrante vuelve al depósito de combustible a través de la válvula de descarga y de la tubería de retorno.

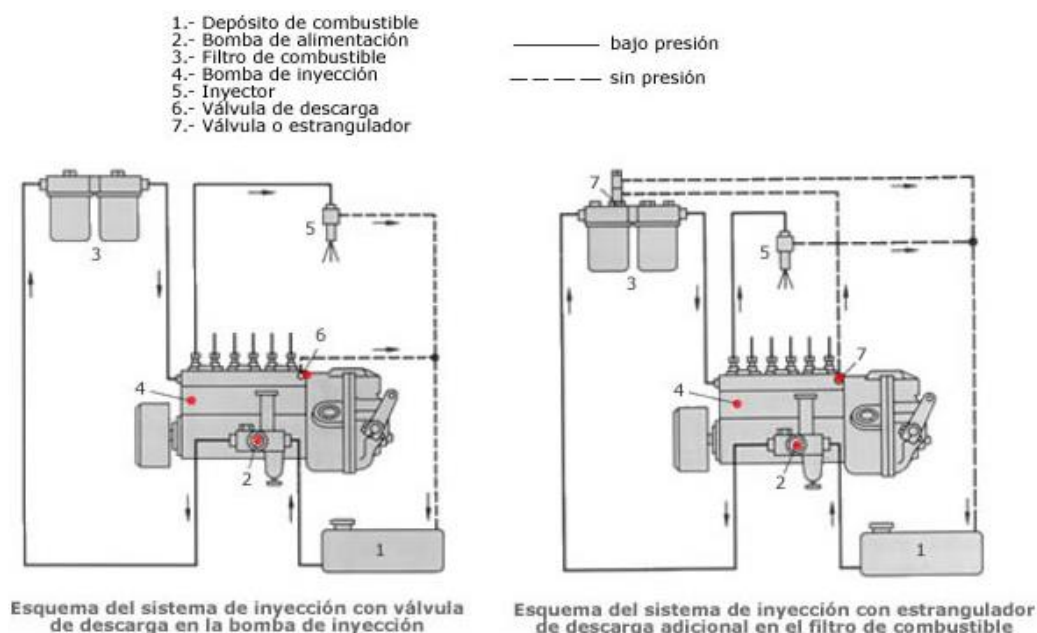


Figura 15 Esquema del circuito de alimentación de combustible.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

Si en el vano del motor hay una temperatura ambiente elevada, puede utilizarse un circuito de alimentación como el representado en la figura inferior derecha. En este circuito el filtro de

combustible va instalada una válvula de descarga (7) a través de la cual una parte del combustible retorna al depósito del mismo durante el funcionamiento, arrastrando eventuales burbujas de gas o vapor.

Las burbujas de gas que se forman en la cámara de admisión de la bomba de inyección son evacuadas por el combustible a través de la tubería de retorno. El barrido continuo de la cámara de admisión refrigera la bomba de inyección e impide que se formen burbujas de gas.

2.6.2 Bombas de alimentación

Sirve para aspirar combustible del depósito y suministrarlo a presión a la cámara de admisión de la bomba de inyección a través de un filtro de combustible, como se muestra en la figura 16. El combustible tiene que llegar a la cámara de admisión de la bomba de inyección con una presión aproximada de 1 bar para garantizar el llenado de la cámara de admisión. Esta presión se puede conseguir utilizando un depósito de combustible instalado por encima de la bomba de inyección (depósito de gravedad), o bien recurriendo a una bomba de alimentación. Es este último caso, el depósito de combustible puede instalarse por debajo y (o) alejado de la bomba de inyección.

La bomba de alimentación es una bomba mecánica de émbolo fijada generalmente a la bomba de inyección. Esta bomba de alimentación es accionada por el árbol de levas de la bomba de inyección. Además, la bomba puede venir equipada con un cebador o bomba manual que sirve para llenar y purgar el lado de admisión del sistema de inyección para la puesta en servicio o tras efectuar operaciones de mantenimiento. Existen bombas de alimentación de simple y de doble efecto. Según el tamaño de la bomba se acoplan en la misma una o dos bombas de alimentación.

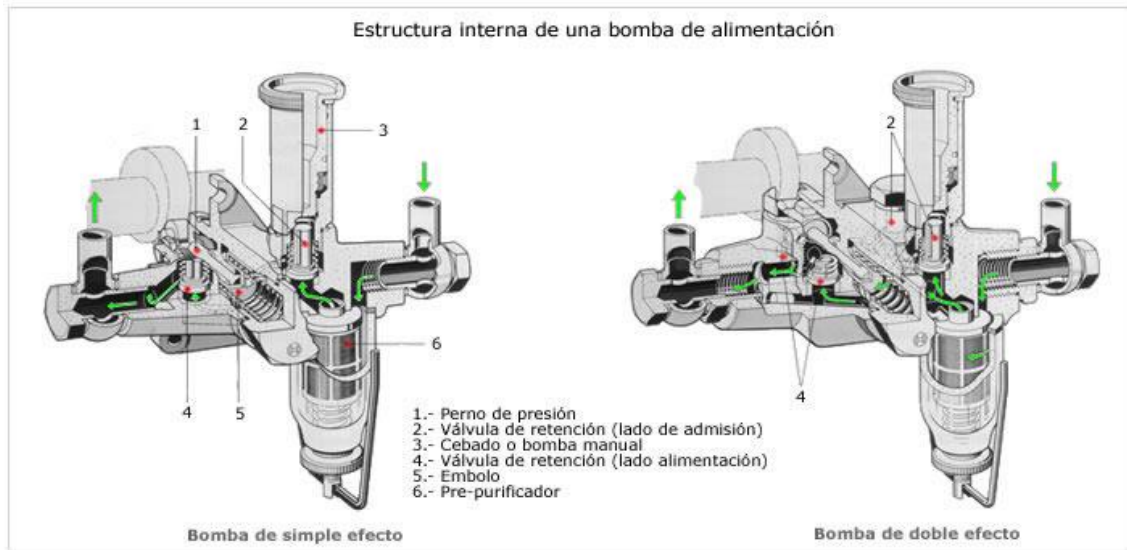


Figura 16 Esquema de los tipos de bombas de alimentación Diésel.
 (aficionadosalamecanica.net, 2014)

2.6.3 Bomba de alimentación de simple efecto

Esta bomba como se muestra en la figura 17 está constituida de dos cámaras separadas por un émbolo móvil (4). El émbolo es empujado por una leva excéntrica (1) a través del impulsor de rodillo (2) y un perno de presión (3). Durante la carrera intermedia, el combustible se introduce en la cámara de presión (5) a través de la válvula de retención (7) instalada en lado de alimentación. Durante la carrera de admisión y alimentación, el combustible es impulsado desde la cámara de presión hacia la bomba de inyección por el émbolo que retrocede por efecto de la fuerza del muelle (9). Al mismo tiempo, la bomba de alimentación aspira también combustible desde el depósito del mismo, haciéndolo pasar por un pre purificador (8) y por la válvula de retención del lado de admisión (6).

Si la presión en la tubería de alimentación sobrepasa un determinado valor, la fuerza del muelle del émbolo (9) deja de ser suficiente para que se realice una carrera de trabajo completa. Con esto se reduce el caudal de alimentación, pudiendo llegar a hacerse cero si la presión sigue aumentando. De este modo, la bomba de alimentación protege el filtro de combustible contra presiones excesivas.

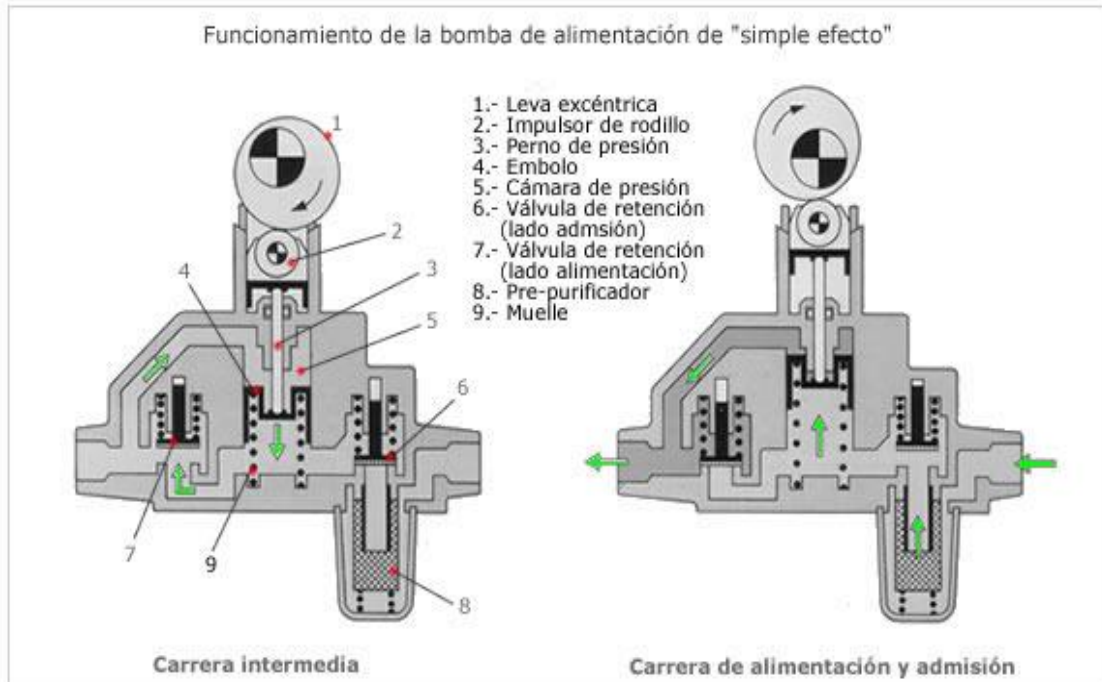


Figura 17 Esquema de la bomba de alimentación de simple efecto.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

2.6.4 Bomba de alimentación de doble efecto

Esta bomba cuenta con dos válvulas de retención adicionales que convierten la cámara de admisión y la cámara de presión de la bomba de alimentación de simple efecto, en una cámara de admisión y de presión combinadas, es decir al mismo tiempo que hace la admisión, hace también la alimentación. La bomba no realiza carrera intermedia. A cada carrera de la bomba de alimentación de doble efecto, el combustible es aspirado a una cámara, siendo impulsado simultáneamente desde la otra cámara hacia la bomba de inyección. Por lo tanto, cada carrera es al mismo tiempo de alimentación y de admisión.

Al contrario de lo que ocurre en la bomba de simple efecto, el caudal de alimentación nunca puede hacerse cero. Por lo tanto, en la tubería de impulsión o en el filtro de combustible tiene que preverse una válvula de descarga a través de la cual pueda retornar el depósito el exceso de combustible bombeado.

2.6.5 Aplicaciones de las bombas de inyección en línea

Estas bombas se pueden utilizar en motores con potencias que van desde 10 kW/cil, hasta 200 kW/cil, como se muestra en la figura 18 esto es posible gracias a la extensa gama de modelos de bombas de inyección en línea. Estas bombas se utilizan sobre todo en motores Diésel instalados en camiones y autobuses. Pero también se utiliza en turismos, tractores y máquinas agrícolas, así como en la maquinaria de construcción, por ejemplo: en excavadoras, niveladoras y dâmpers. Otro campo de aplicación de las bombas de inyección en línea es en los motores navales y en grupos electrógenos.

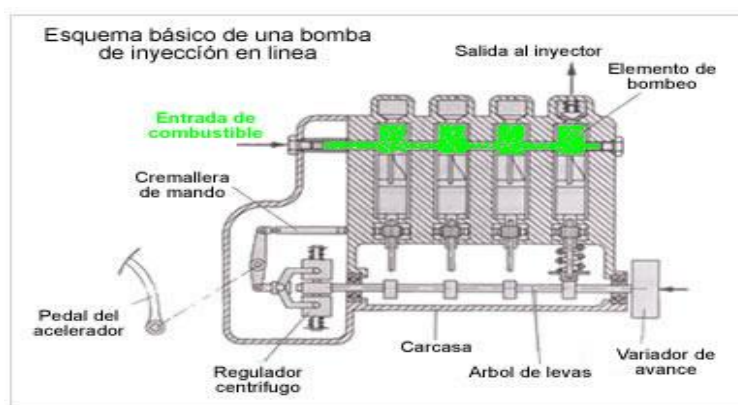


Figura 18 Esquema básico de una Bomba de Inyección en Línea.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

Bosch es el principal constructor de bombas de inyección en línea y las denomina: PE. Existen bombas de distintos tamaños que se adaptan a la potencia del motor que van alimentar. Los tipos de bombas se reúnen en series cuyos rendimientos se solapan en los máximos y mínimos. Dentro de las bombas de inyección en línea PE existen dos construcciones distintas. Por un lado, tenemos las denominadas "M" y "A" y por el otro las "MW" y "P". (figura 8)

En la configuración de la bomba "A", el cilindro de bomba (3) es aplicado desde arriba directamente en el cuerpo o carcasa de aluminio, siendo presionado con el racor de impulsión (1) contra el cuerpo de la bomba por la porta válvula de presión. Las presiones que se generan dentro de la bomba son muy superiores a las presiones de alimentación, siendo absorbidas estas presiones por el cuerpo de la bomba. Debido a lo anterior, las presiones máximas están limitadas a 400 bar en las bombas del tipo "M" y a 600 bar en las bombas del tipo "A".

En la bomba del tipo "A", como se muestra en la figura 19 el tornillo para el ajuste de la carrera previa (14) se encuentra entre el impulsor de rodillo (11) y el platillo de muelle (15). Va enroscado en el impulsor de rodillo, y se fija con una contratuerca. Sobre el casquillo de regulación se encuentra el segmento dentado con el que se ajusta el caudal de combustible a inyectar por la bomba. Con esta configuración de bomba, las operaciones de ajuste y reglaje de la bomba solo pueden realizarse con la bomba parada y su cuerpo abierto. Para ello la bomba dispone de una tapa de la cámara del muelle (13).

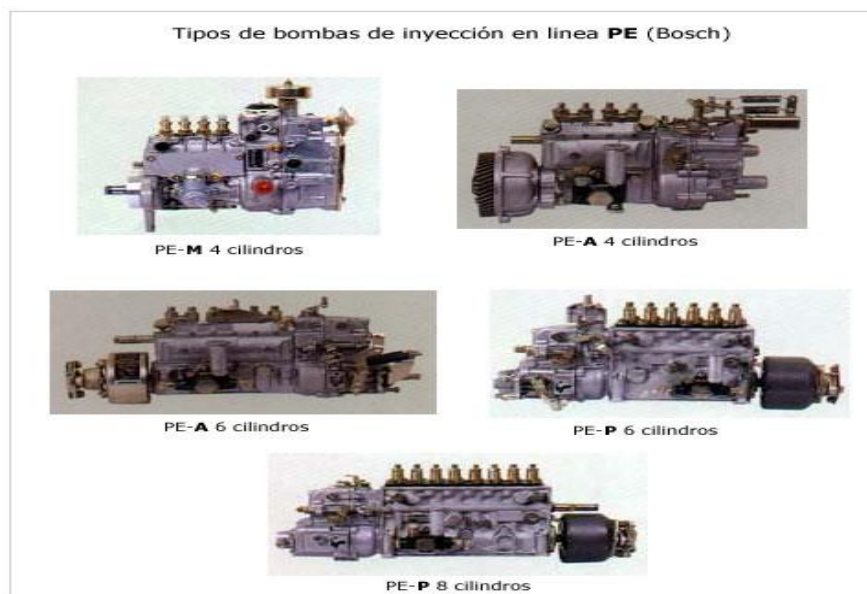


Figura 19 Clasificación de las bombas tipo Diésel tipo P.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

La bomba del tipo "P" se distingue de la "A" principalmente por el elemento de brida (4). El elemento de brida es una pieza que se interpone entre la generación de presión y la carcasa de la bomba, por lo que se evita que la carcasa este sometida a las presiones de inyección. El cilindro de la bomba es una pieza independiente y el racor de impulsión no se apoya en la carcasa de la bomba, sino que esta enroscado en el elemento de brida (4). Con esta configuración de bomba se consigue unas mayores presiones de inyección, se pueden alcanzar presiones máximas de hasta 750 bar. Entre el cuerpo y el elemento de brida se encuentra una arandela compensadora, con la que se ajusta la carrera previa.

En esta bomba de inyección como se muestra en la figura 20 el embolo (5) está unido al impulsor de rodillo (11) a través del platillo de muelle inferior (15). El casquillo de regulación

(8) tiene un brazo con rotula (9), que es accionada por la varilla de regulación (7). Debido a que esta bomba está cerrada, el ajuste del accionamiento por parte de la leva puede hacerse desde el exterior, girando el casquillo de regulación (8) o el elemento de brida.

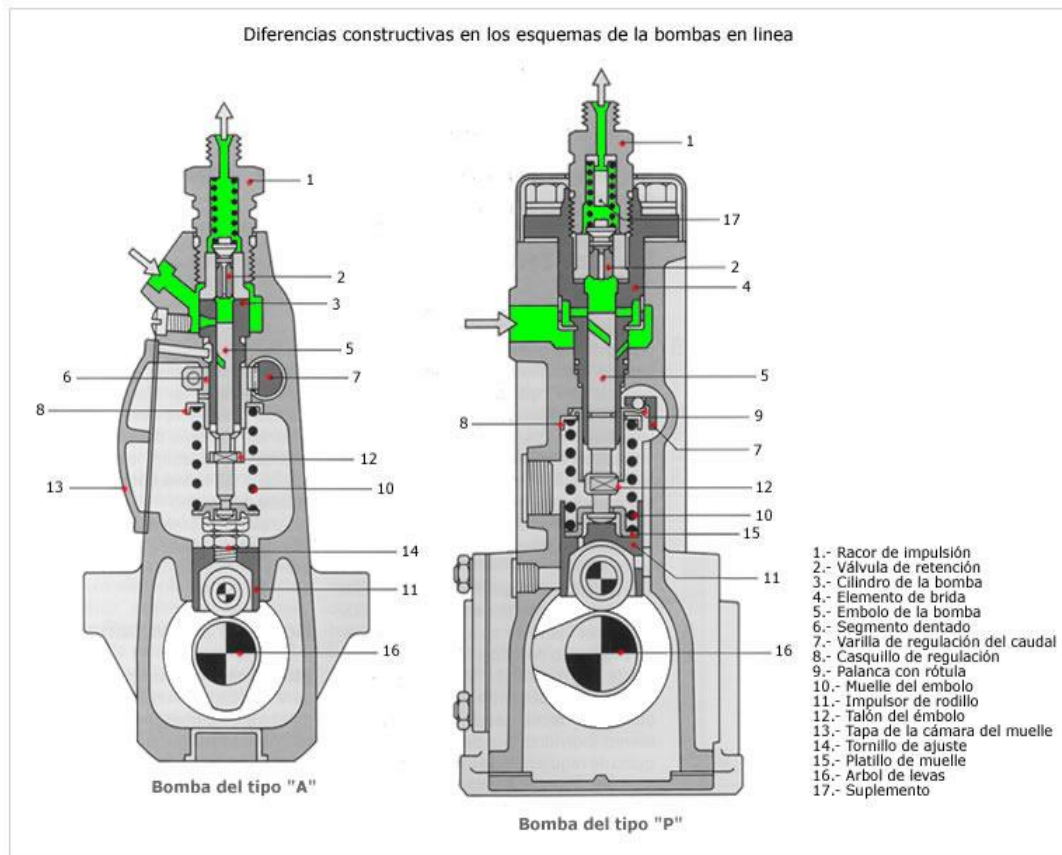


Figura 20 Diferencias y similitudes de las bombas en línea.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

2.7 Inyector de combustible

Es el dispositivo encargado de producir el aerosol de combustible dentro de la cámara de combustión, como se muestra en la figura 21 es un conjunto de piezas dentro de un cuerpo de acero que atraviesa en cuerpo metálico de motor y penetra hasta el interior de la cámara de combustión. Por el extremo externo se acopla el conducto de alta presión procedente de la bomba de inyección.

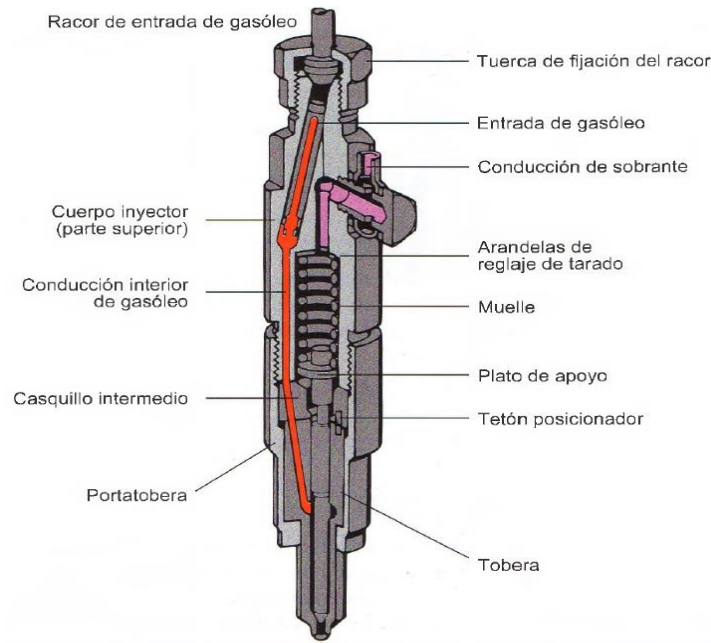


Figura 21 Inyector Diésel.
(Pérez, 2012)

Normalmente el inyector completo está compuesto por dos partes principales que son: El porta inyector y el inyector.

Porta inyector: Fija al inyector en la culata y lo aísla de la cámara de combustión; además, establece la comunicación con las tuberías de combustible (tubo de inyección y racor para el exceso de combustible que vuelve al depósito). Puede tener distintas formas y dimensiones en función de las características de la culata.

Inyector: Está situado en el interior del porta inyector y está compuesto a su vez por cuerpo y aguja como se muestra en la figura 22.

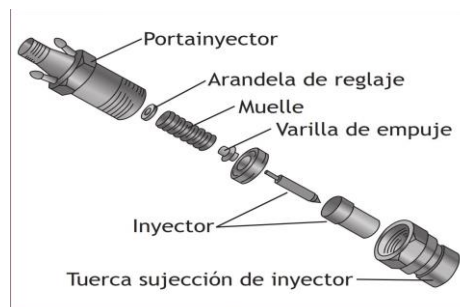


Figura 22 Despiece de un porta inyector.
(Sánchez, 2013)

Dadas las particularidades de los inyectores empleados en sistemas de conducto común e inyector bomba, su estudio se abordará dentro del contexto que corresponde a dichos sistemas de alimentación. Por tanto, en este apartado únicamente se hará referencia a los inyectores empleados en sistemas mecánicos, así como en bombas inyectoras de control electrónico.

A través de los inyectores se inyecta el combustible en la cámara de combustión. Además, en función de su tarado, determinan la presión inicial de la inyección, que coincide con la de apertura de los mismos. Básicamente, están formados por una aguja que tapona el orificio de salida de combustible hacia la cámara de combustión, debido a la fuerza que ejerce sobre ella un muelle antagonista, de cuyo tarado depende la presión de apertura del inyector.

Sobre la base de dicha aguja, incide el gasóleo a presión proveniente de la bomba, de tal forma que, cuando la fuerza resultante de la presión ejercida por el combustible (que no tiene por dónde salir) supera a la ejercida por el muelle antagonista, la aguja se abre, saliendo el combustible pulverizado a presión hacia la cámara de combustión, efectuándose por tanto la inyección. La presión aumenta, como consecuencia de que es mayor el caudal proveniente de la bomba que el que sale por el inyector. Cuando la bomba deja de enviar combustible, la presión baja, y la aguja retoma a su posición de cierre, empujada por el muelle.

En la práctica, la forma del chorro, así como su pulverizado, depende de la disposición y forma de la aguja y su zona de asiento, que además le sirve de guía, y recibe el nombre de tobera. A nivel comercial, se conoce como tobera al conjunto aguja-tobera, ya que, debido a su precisión de acabado, ambos componentes vienen emparejados, no debiendo montarse una aguja en otra tobera distinta de la suya, dado que presentaría problemas de cierre.

La tobera y el muelle van integrados en un conjunto formado por dos elementos roscados entre sí, y a su vez roscados a la cámara de combustión: el porta inyector y el porta toberas. Para garantizar la estanqueidad en su unión con esta última, se dispone una arandela especial de cobre, conocida como para llamas, con una determinada posición de montaje, y que hay que reemplazar cada vez que se desmonta el inyector.

El tarado de apertura del muelle se puede modificar según la disposición del inyector. Así, en unos casos se dispone un elemento roscado que incide sobre la precarga del muelle. Según esté más o menos roscado en el porta inyector. En otros casos, la precarga se puede ajustar mediante la interposición de arandelas de espesor calibrado entre el muelle y el porta inyector.

En cuanto a la alimentación de combustible desde la bomba, las tuberías de alta presión suelen ir dispuestas en la parte superior del inyector, si bien pueden ir también ubicadas en un lateral del mismo.

2.7.1 Funcionamiento del inyector de combustible diésel

El combustible procedente de la bomba de inyección se alimenta a una entrada del inyector, este combustible, a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector se conduce hasta una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida al ser empujada a través de una varilla por un resorte.

De esta manera el paso del combustible a la cámara de combustión está bloqueado como se muestra en la figura 23. Cuando la presión en el conducto de entrada crece lo suficiente por el empuje de la bomba de inyección, la presión puede vencer la fuerza del resorte y levantar la aguja, de esta forma se abre el pequeño conducto de acceso a la cámara, y el combustible sale muy pulverizado por el extremo inferior.

2.7.2 Tipos de inyectores

En función de la disposición y forma de la tobera, existen los siguientes tipos de inyectores:

- **De tetón:** La punta de la aguja dispone de un resalte, conocido como tetón, que proporciona un único chorro, con forma más o menos cónica, según la geometría del citado tetón, disponiendo por tanto de un único orificio de salida, con un diámetro que oscila entre 1 y 3mm., según aplicaciones. Esta forma del chorro se adapta a las peculiaridades de diseño de los motores de inyección indirecta, puesto que permite atravesar la precámara, haciendo que

la combustión se extienda hacia el cilindro. Por tanto, se utiliza en motores con cámara de turbulencia o precámara de combustión. No obstante, a su vez existen infinidad de variantes, en cuanto a la forma del tetón, para así adaptar la geometría del chorro a las particularidades de cada motor, pudiendo abarcar una forma más o menos cilíndrica, hasta llegar a poseer una gran conicidad.

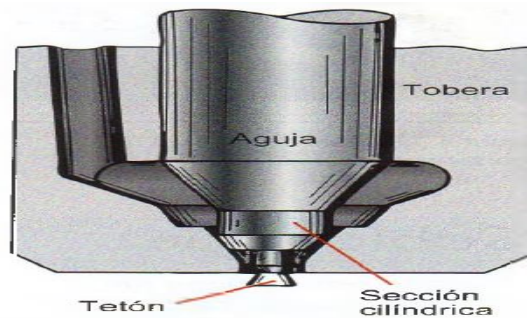


Figura 23 Inyector de tetón.
(Pérez, 2012)

- **De orificios.:** La tobera dispone de múltiples orificios como se muestra en la figura 24, variando su número y disposición en función del motor en que se instale. Dado que el combustible sale muy disperso, a lo que contribuye también el pequeño tamaño de los orificios, de incluso 0,02mm., estos inyectores se emplean en motores de inyección directa, en los que el aporte de combustible se efectúa directamente sobre la cabeza del pistón, en la cavidad dispuesta sobre el mismo.

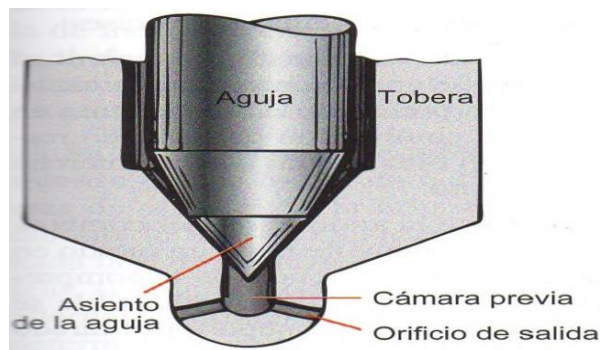


Figura 24 Inyector de orificios
(Pérez, 2012)

- **Con estrangulamiento:** Partiendo de un inyector de tetón, en la zona inmediatamente anterior al extremo de la aguja, se dispone un rebaje con forma anular, que hace que, en la primera fase de la apertura, el caudal de salida sea muy reducido. El combustible sale por dicho rebaje, pero vuelve a encontrarse con una restricción en el extremo de la aguja, en la que recupera su diámetro normal. Ello hace que se limite el caudal al comienzo de la inyección, consiguiendo una combustión más suave y con mayor aprovechamiento, ya que el gasóleo introducido al principio incrementa la presión y la temperatura en la cámara de combustión, favoreciendo la combustión del gasóleo que entra a continuación. A medida que la aguja asciende, la sección del orificio de la tobera se incrementa, permitiendo que el flujo alcance su caudal normal.
- **De doble muelle:** Se emplea en los modernos motores de inyección directa con bomba inyectora de control electrónico, como se muestra en la figura 25 dado que disminuyen los valores máximos de presión, suavizando la combustión. No obstante, es un inyector meramente mecánico, de ahí su inclusión en este capítulo. Dispone un segundo muelle por encima del principal, con menor tarado que éste, el cual permite que la inyección se efectúe en dos fases. Al no haber interrupción del suministro de combustible desde que comienza hasta que acaba la inyección, no puede hablarse de una preinyección y una inyección principal. Es algo similar, aunque más acentuado, a lo que ocurre con los inyectores que disponen de estrangulamiento. Por tanto, la inyección se efectúa en dos fases:

Primera fase, o carrera inicial la aguja asciende hasta comprimir el muelle pequeño, con un tarado de unos 110 bares. Se aporta una pequeña cantidad de combustible a baja presión, que hace que la presión y la temperatura en la cámara de combustión asciendan, mejorando la combustión del gasóleo restante que se inyecta a continuación. Se mejora con ello la suavidad de marcha del motor, y se disminuye el ruido de funcionamiento.

Segunda fase o carrera principal, se produce la aportación del combustible restante, a mayor presión, puesto que el segundo muelle tiene un tarado en torno a los 250 bares. Su apertura se efectúa, como consecuencia de la compresión total del muelle pequeño, lo cual

hace que la presión del combustible se transmita al segundo muelle hasta que la fuerza resultante es superior al tarado del mismo, provocando su apertura.

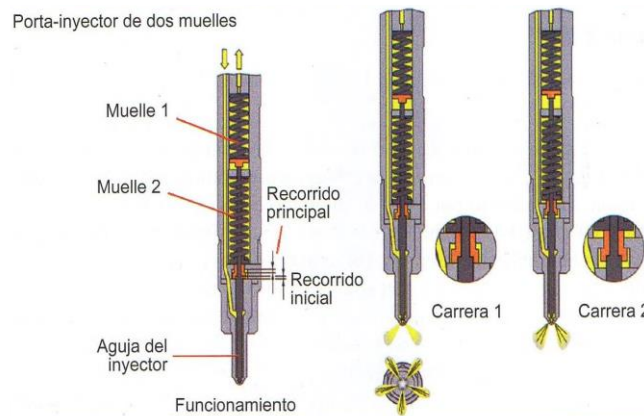


Figura 25 Inyector de doble muelle.
(Pérez, 2012)

- **Inyectores de Resorte**

También conocido como "mecánica" son los más antiguos inyector de combustible, y son todavía de uso común hoy en día en muchas aplicaciones industriales. Diésel hace mucho tiempo adoptó a las innovaciones que exige presiones de combustible muy alta y la inyección rápida: turbocompresor e inyección directa del cilindro. Para ambos casos el inyector funciona en ambientes de muy alta presión, que la fuerza aérea de nuevo si no en el inyector de combustible para esas presiones muy altas. Inyectores mecánicos tienen válvulas de resorte de acción muy rápida dentro de ellos. Una vez que el suministro de combustible de la bomba de presión suficiente para que el inyector del cilindro, la válvula de resorte se traba de combustible abierto y chorros en el motor. Estos inyectores de asegurar que el combustible siempre sale a la misma presión, en el mismo plazo y frecuencia. Sin estas válvulas de primavera, el aumento y la caída de presión de combustible que "goteo" de combustible en el motor en lugar de chorro de ella.

- **Inyectores de solenoide**

Utilizado en motores diésel son casi idénticas a las utilizadas en los motores de gas. inyectores de solenoide utilizar una serie de electroimanes para abrir la válvula, cuando la computadora envía la electricidad al inyector, los imanes de energía y tire de la válvula de inyección fuera de la sede de la válvula. Cuando el imán se apaga, un pequeño resorte cierra la válvula.

- **Inyectores Piezoeléctricos**

La piezoelectricidad es un fenómeno increíble, pero poco conocido-electro-mecánicos. Los materiales piezoeléctricos pueden cambiar de forma cuando la electricidad se aplica, o puede emitir energía eléctrica cuando se someten a la fuerza súbita. Muchos materiales muy comunes presentan una cierta cantidad de piezoelectricidad, incluyendo seda, caña de azúcar, el cuarzo y el hueso seco.

- **Inyector de accionamiento hidráulico**

Introducido por Caterpillar Diésel, HEUI la (de accionamiento hidráulico, control electrónico de la unidad de inyección) utiliza la presión del aceite a la prensa sobre una membrana en el interior del inyector como se muestra en la figura 26. Este diafragma empuja la pequeña cantidad de combustible dentro del inyector, de presurización a la masiva entre 3.000 y 21.000 psi necesario para la inyección directa. Debido a que los inyectores se actúan para presurizar el combustible, los sistemas de HEUI pueden prescindir de las bombas de combustible de gran alcance que hacen otros sistemas de pesado, caro, peligroso y difícil de controlar. Esto es una bendición enorme para motores diésel ferroviarios controlados por computadora común, que el ferrocarril de combustible a presión es esencialmente una bomba a punto de estallar.

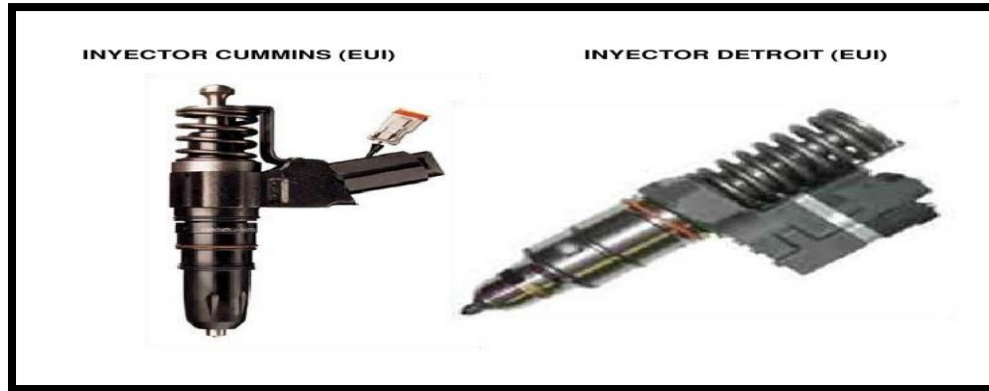


Figura 26 Inyector Diésel de accionamiento hidráulico.
(www.google.com.ec/search?hl=es&biw=1366&bih)

2.8 Ventajas del sistema de inyección

- ✓ Menor contaminación
- ✓ Mayor economía
- ✓ Mejor rendimiento del motor
- ✓ Mejor aprovechamiento del combustible

CAPÍTULO III

Bomba de inyección en línea tipo A de seis elementos

3.1 Constitución de la bomba en línea

La bomba de inyección en línea a carrera constante, cuya sección se encuentra en la figura 27, en la que se puede ver que dispone de un cárter o cuerpo, de aleación de aluminio-silicio, que aloja en su parte inferior o cárter inferior (C), al árbol de levas (A), que tiene tantas levas como cilindros el motor. En un lateral del cárter inferior de bomba, se fija la bomba de alimentación (B), que recibe movimiento del mismo árbol de levas de la bomba de inyección, por medio de una excéntrica labrada en él. Cada una de las levas acciona un empujador o taqué (D), que, por medio de un rodillo, se aplica contra la leva, obligado por el muelle (E). El empujador (D), a su vez da movimiento al embolo (F), que se desliza en el interior del cilindro (G), que comunica por medio de unos orificios laterales llamados lumbreras, con la canalización (H), a la que llega el gasóleo procedente de la bomba de alimentación.⁷

Además del movimiento de subida y bajada del pistón, este puede girar un cierto ángulo sobre su eje vertical, ya que la parte inferior tiene un saliente (I), que encaja con el manguito cilíndrico (J), que a su vez rodea el cilindro (G) y que, en su parte superior, lleva adosada la corona dentada (K), que engrana con la barra cremallera (L). El movimiento de esta barra cremallera hace girar a la corona dentada, quien comunica su giro al pistón, por medio del manguito cilíndrico (J) y el saliente (I) de la parte inferior del pistón.

La parte superior del cilindro, está cerrada por la válvula (M), llamada de retención o respiración, que se mantiene aplicada contra su asiento (N), por la acción del muelle (O). Cuando la leva presenta su saliente al empujador (D), este, a su vez, acciona el pistón (F), haciéndole subir, con lo cual, quedan tapadas las lumbreras del cilindro (G) que lo comunican con la canalización (H), a la que llega el combustible.

⁷ (aficionadosalamecanica.net, 2014)

En estas condiciones, el gasóleo encerrado en el cilindro, es comprimido por el pistón, alcanzándose una determinada presión en el cilindro, que provoca la apertura de la válvula (M), venciendo la acción del muelle (O), en cuyo momento sale por ella el gasóleo hacia el inyector del cilindro correspondiente, a través de la canalización (P).

Cuando ha pasado el saliente de la leva, el impulsor (D) baja por la acción del muelle, haciendo bajar a su vez el émbolo (F), que vuelve a ocupar la posición representada en la figura, permitiendo el llenado del cilindro con nuevo combustible, a través de sus aberturas laterales. La válvula (M), mientras tanto, ha bajado cortando la comunicación del cilindro y la válvula (M) es empujada por el muelle. Como puede verse la carrera del pistón es constante.

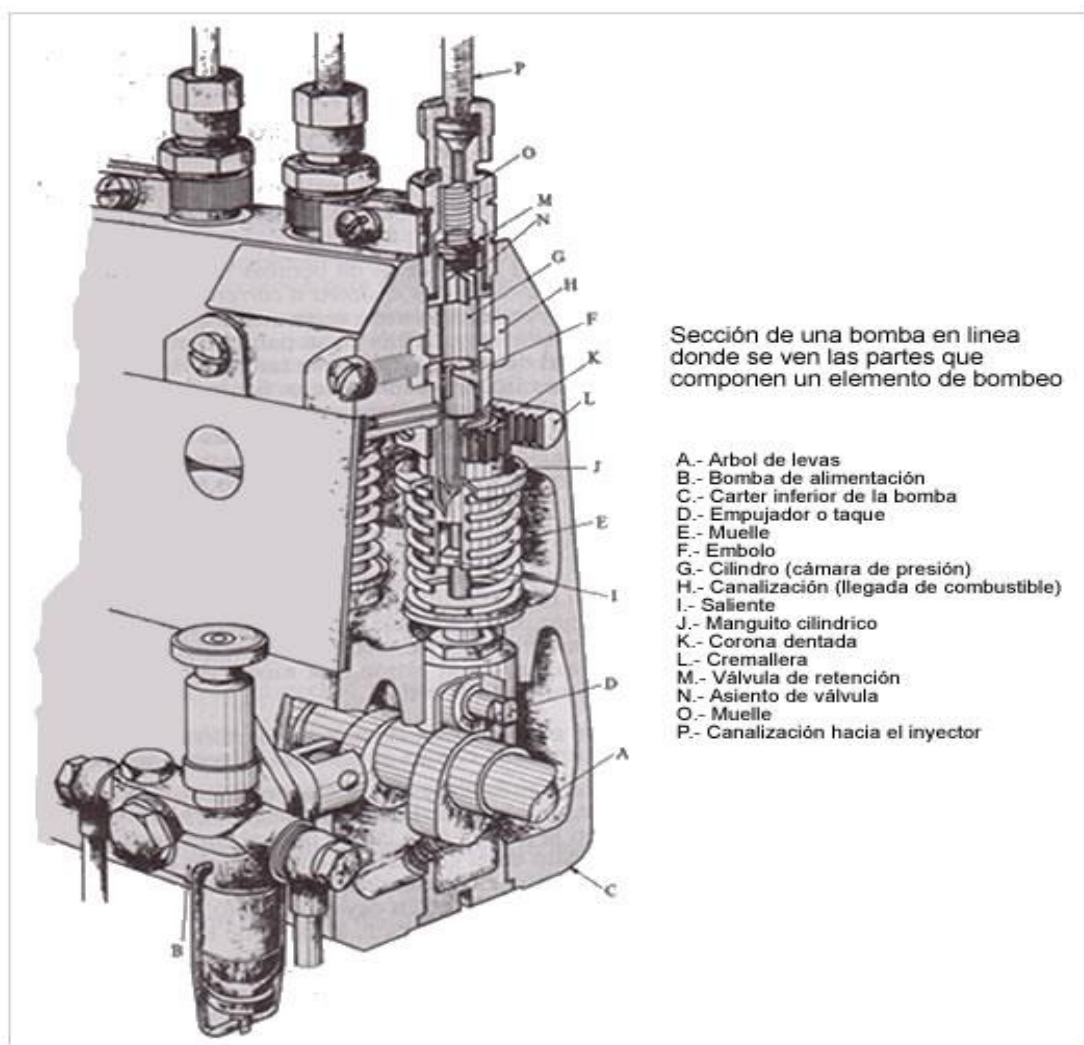


Figura 27 Corte en sección de la bomba en línea.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

La bomba de inyección tiene tantos elementos de bombeo como cilindros el motor. Cada elemento de bombeo, está constituido por un cilindro y un pistón como se muestra en la figura 28. Cada cilindro, a su vez, está en comunicación con la tubería de admisión, por medio de las lumbreras y con el conducto de salida por el inyector, por medio de una válvula que es mantenida sobre su asiento por medio de un muelle tarado.

El pistón se ajusta en el cilindro con una precisión del orden de varias micras y tiene una forma peculiar que estudiaremos a continuación. En su parte inferior el pistón tiene un rebaje circular que comunica con la cara superior del pistón, por medio de una rampa helicoidal y una ranura vertical.

En la parte inferior, el pistón lleva un dedo de mando o saliente (I- figura superior), que encaja en la escotadura de un manguito cilíndrico, sobre el que se fija la corona dentada, que engrana con la cremallera. El movimiento de la cremallera, puede hacer girar el pistón un cierto ángulo sobre su eje vertical.

En ciertos tipos de bombas, la cremallera es reemplazada por una barra corredera, que lleva unas escotaduras en las que encaja el dedo de mando que forma el pistón en su parte inferior.

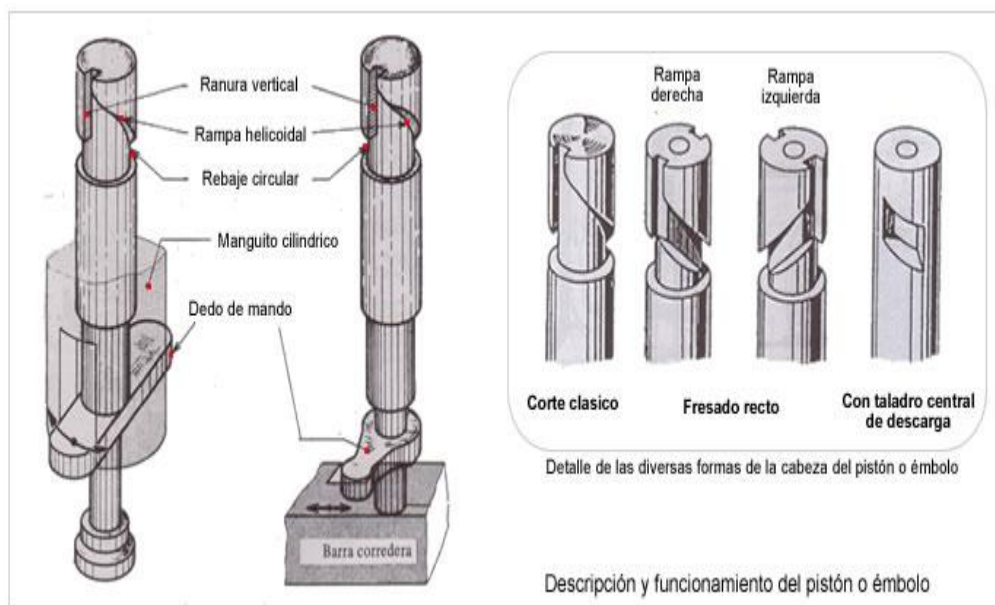


Figura 28 Esquema de funcionamiento del pistón accionado por la corredera.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2 Funcionamiento del elemento del bombeo

El pistón está animado de un movimiento de sube y baja en el interior del cilindro como se muestra en la figura 29. El descenso está mandado por el muelle (3) figura inferior, que entra en acción cuando el saliente de la lleva en su giro deja de actuar sobre el pistón (5). La subida del pistón se produce cuando la lleva en su giro actúa levantando el pistón venciendo el empuje del muelle.

Cuando el pistón desciende en el cilindro crea una depresión que permite la entrada a el del gasóleo cuando el pistón ha destapado las lumbreras correspondientes (12). Debido a la presión reinante en el conducto de alimentación (11), provocada por la bomba de alimentación, el cilindro se llena totalmente de gasóleo.

La subida del pistón, produce la inyección del combustible. Al comienzo de esta subida, las lumbreras no están tapadas y por ello, el gasóleo es devuelto en parte hacia el conducto de alimentación (11).

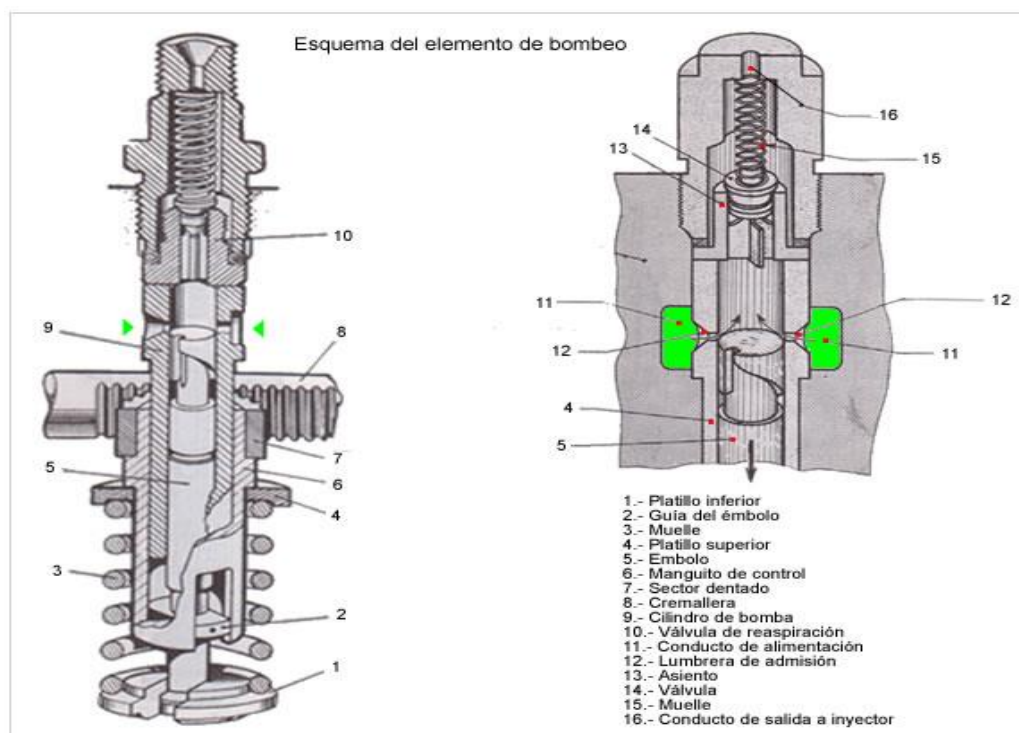


Figura 29 Estructura del elemento de bombeo.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

Si la ranura vertical del pistón, está situada frente a la lumbrera de admisión, el interior del cilindro comunica con el conducto de alimentación, como se muestra en la figura 30 por lo que, aunque suba el pistón, no se comprime el combustible en el cilindro y, por lo tanto, no hay inyección. Esta posición del pistón, corresponde al suministro nulo de la bomba de inyección. Si la ranura vertical no está frente a la lumbrera de admisión (12), entonces se produce la inyección.

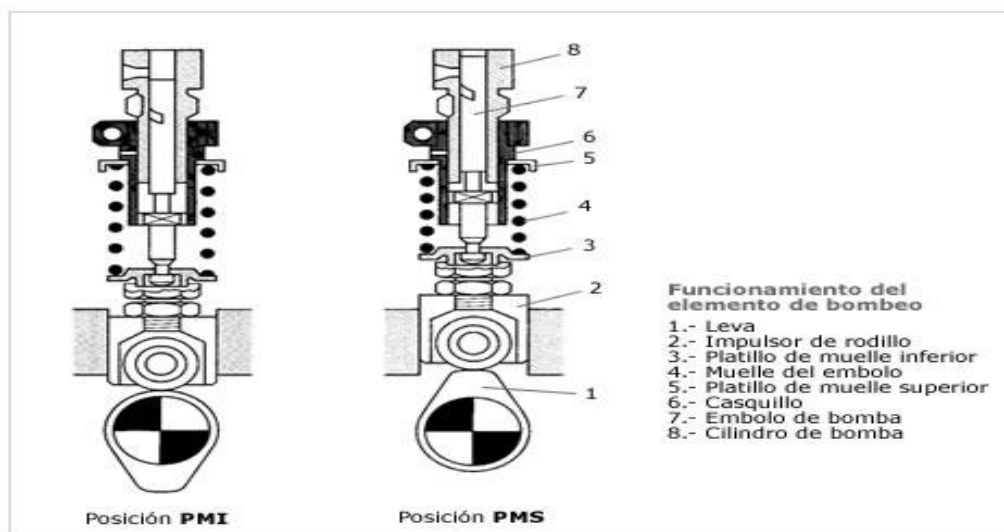


Figura 30 Accionamiento del elemento de bombeo.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

El comienzo de esta, se produce siempre en el mismo instante o, mejor dicho, para la misma posición del pistón, pues a medida que va subiendo, la presión aumenta en el interior del cilindro. Cuando el valor de esta presión es superior a la fuerza que ejerce el muelle de la válvula (de respiración), esta se abre venciendo la fuerza de su muelle, con lo cual, el combustible pasa al circuito de inyección comprendido entre el elemento bomba y el inyector.

En tanto el combustible no salga por el inyector, la presión en todo el circuito ira aumentando a medida que el pistón vaya subiendo como se muestra en la figura 31. En el momento que esta presión es superior a la del tarado del inyector, este permite el paso del combustible al cilindro del motor, comenzando en este momento la inyección, cuyo final depende de la posición de la rampa helicoidal, pues, llegado el pistón a cierta altura, pone en comunicación el cilindro con el

conducto de alimentación, con lo cual, desciende bruscamente la presión en el interior del cilindro.

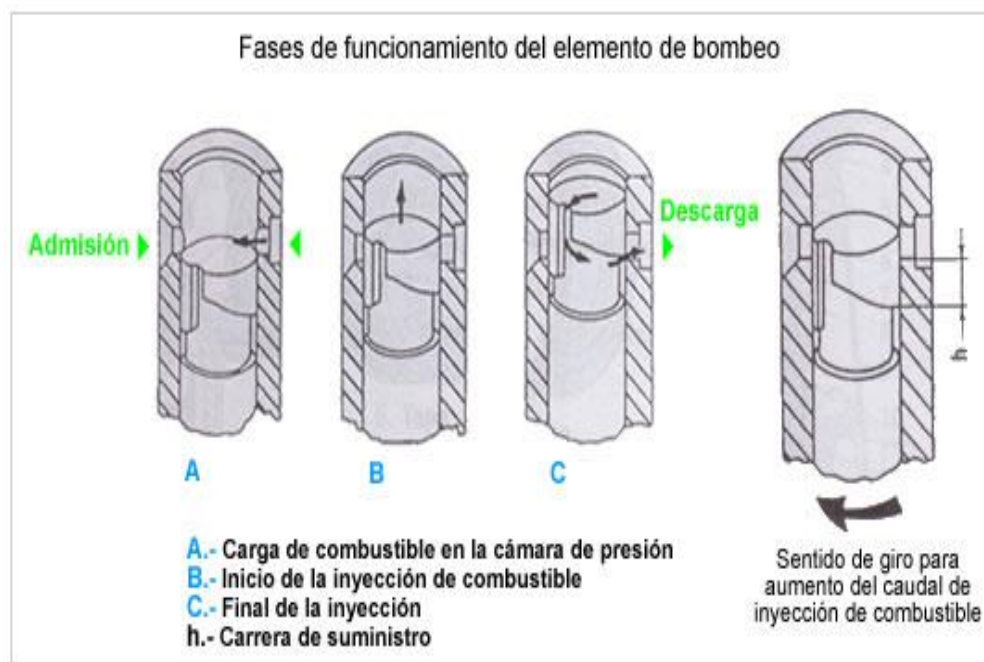


Figura 31 Etapas de funcionamiento del elemento de bombeo.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.1 Formas de las levas

Las levas tienen la función de accionar el émbolo, la forma de la leva influye sobre la duración de la inyección, el rendimiento de la bomba y la velocidad de la alimentación como se muestra en la figura 32. Los criterios decisivos al respecto que ha de cumplir la leva de la bomba de inyección son la carrera de leva y la velocidad de levantamiento (velocidad de émbolo) con relación al ángulo de leva.

Para propiciar un rápido corte de inyección se aprovecha la zona central de la leva, donde la velocidad de levantamiento es grande. La inyección termina antes de que dicha velocidad de levantamiento alcance su máximo valor. Esto es necesario para que la compresión superficial entre el impulsor de rodillo y la leva no sobrepase un valor determinado. Por esta razón, en cada proceso de inyección se respeta una distancia de seguridad de 0,3 mm.

Para la aplicación práctica existen diversas formas de levas. Esto es necesario, ya que las diferentes formas de las cámaras de combustión del motor y los distintos métodos de combustión exigen condiciones de inyección individuales. Por este motivo se realiza un ajuste especial del proceso de inyección por parte de la leva a cada tipo de motor. Partiendo de formas de levas standard pueden construirse levas de forma divergente, a fin de conseguir una inyección optima y una presión máxima.

Se utilizan formas de levas simétricas, asimétricas y con seguro contra retroceso. Estas últimas hacen que el motor no pueda arrancar en el sentido de giro contrario. La forma de leva a aplicar depende del tipo de la bomba, del diseño del motor y de su campo de aplicaciones.

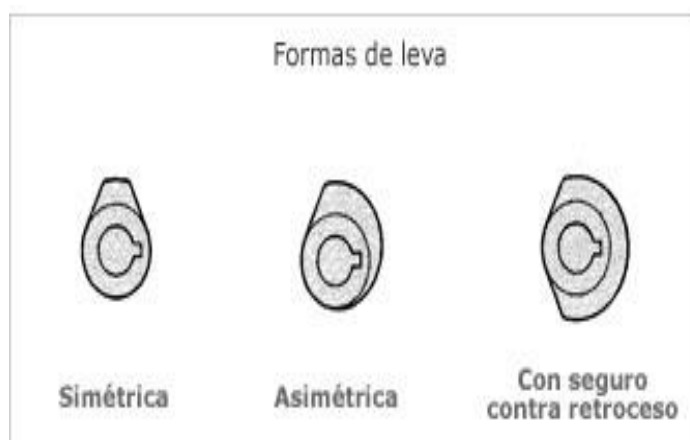


Figura 32 Formas de levas utilizadas en bombas lineales.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

Las diferencias de presiones que se originan entre la parte superior de la válvula de respiración y la parte inferior, obligan a esta a cerrarse, ayudada al mismo tiempo por la acción de su muelle, impidiendo así que el combustible situado en el circuito de inyección pudiera retornar a la bomba.

Aunque la compresión del pistón cesa, no ocurre lo mismo con la inyección, que continua breves momentos debido a la presión reinante en el circuito de inyección, que continua breves momentos debido a la presión reinante en el circuito de inyección. Esta presión desciende a medida que disminuye la cantidad de combustible que hay en el circuito y que continúa entrando al cilindro. Llegado un momento determinado, la presión es menor que la del tarado del inyector, en cuyo caso cesa la inyección de forma violenta.

El pistón de la bomba sigue subiendo hasta el PMS, pero ya sin comprimir el combustible este se escapa por la rampa helicoidal al circuito de combustible por las lumbreras de admisión.

3.2.2 Válvula de presión (respiración)

Esta válvula aísla la tubería que conecta la bomba con el inyector de la propia bomba de inyección. La misión de esta válvula es descargar la tubería de inyección tras concluir la fase de alimentación de la bomba, extrayendo un volumen exactamente definido de la tubería para por una parte mantener la presión en la tubería (así la próxima inyección se realice sin retardo alguno), y por otra parte debe asegurar, igualmente, la caída brusca de la presión del combustible en los conductos para obtener el cierre inmediato del inyector, evitando así cualquier mínima salida de combustible, unida al rebote de la aguja sobre su asiento.

3.2.3 Funcionamiento de la válvula de presión.

Al final de la inyección por parte del elemento bomba, como se muestra en la figura 33 la válvula de presión desciende bajo la acción del muelle (2). El macho de válvula (1) se introduce en el porta-válvula (5), antes de que el cono de válvula descienda sobre su asiento (3), aislando el tubo de alimentación de inyector (1).

El descenso final de la válvula (3) realiza una respiración de un determinado volumen dentro de la canalización, lo que da lugar a una expansión rápida del combustible provocando, en consecuencia, el cierre brusco del inyector cortando así la alimentación de combustible al cilindro del motor evitando el goteo.

El émbolo de descarga (2) cuando se cierra la válvula de presión aspira un pequeño volumen de combustible, que provoca el cierre rápido del inyector. Este volumen de combustible está calculado para una longitud determinada de tubería, por lo que no se debe variar la longitud de esta en caso de reparación.

Para conseguir una adaptación deseada a los caudales de alimentación, en determinados casos especiales se utilizan válvulas compensadoras que presentan un tallado adicional (6) en el émbolo de descarga.

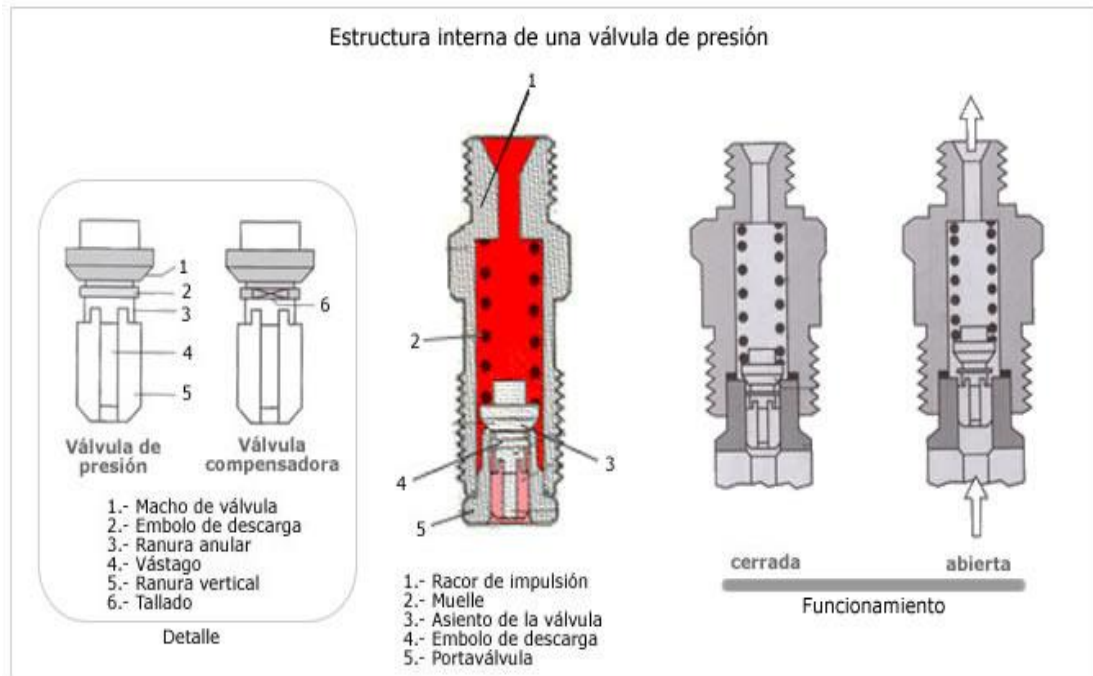


Figura 33 Esquema de la válvula de presión.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.4 Estrangulador de retroceso

Este situado entre la válvula de presión y la tubería que alimenta al inyector, como se muestra en la figura 34 puede instalarse en el racor de impulsión acompañando a la válvula de presión. Este elemento se utiliza para reducir en el sistema de alta presión fenómenos de desgaste producidos por los cambios rápidos de presión (cavitación).

Durante la alimentación la presión del combustible es tan alta que la placa de la válvula (3) es comprimida contra la fuerza del muelle (2), con lo que el combustible puede fluir hacia el inyector sin obstáculos. Al final de la carrera útil del elemento de bombeo, el cierre de la aguja del inyector provoca una onda de presión en sentido contrario al de la alimentación.

Esto puede ser causa de cavitación. Al mismo tiempo, el muelle de presión empuja la placa de válvula (3) contra su asiento, por lo que el combustible tiene que retroceder pasando por la sección del estrangulador, amortiguándose así la onda de presión, haciéndola imperceptible.

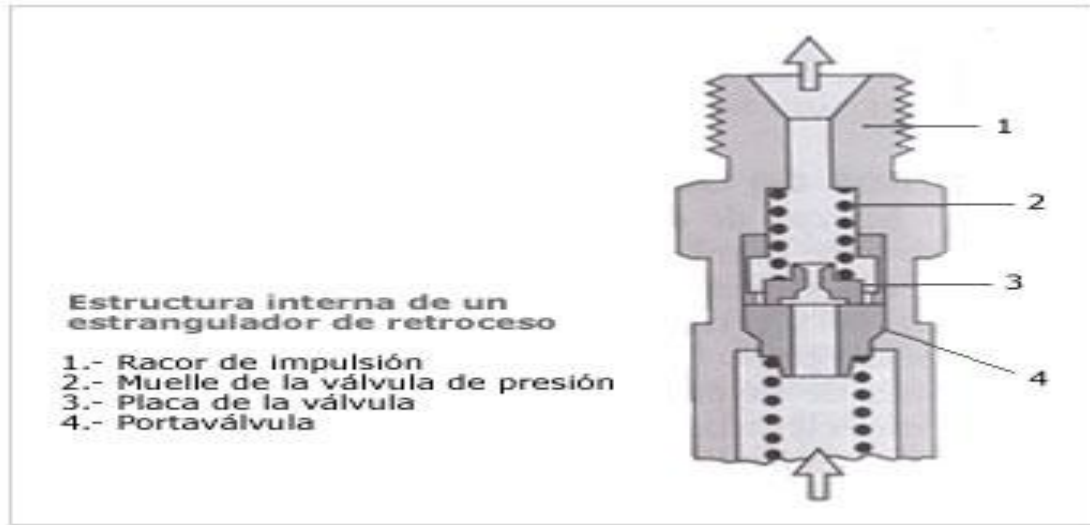


Figura 34 Estructura del Estrangulador de Combustible.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.5 Regulador de caudal de combustible

La cantidad de gasóleo inyectado, depende, por tanto, de la longitud de la carrera efectuada por el pistón, desde el cierre de la lumbrera de admisión, hasta la puesta en comunicación de esta con el cilindro, por medio de la rampa helicoidal.

Moviendo la cremallera en uno u otro sentido, pueden conseguirse carreras de inyección más o menos largas que corresponden: Inyección nula, Inyección parcial, Inyección máxima como se muestra en la figura 35.

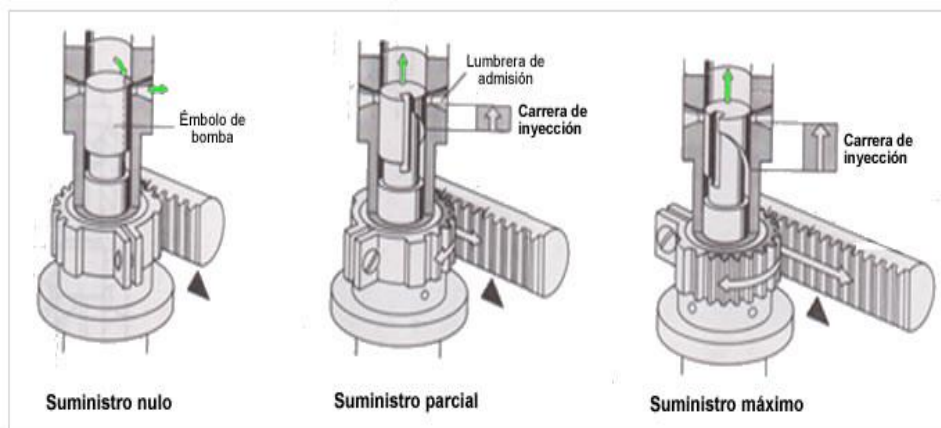


Figura 35 Esquema del Regulador del Caudal de Combustible.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

El cierre de la válvula de readmisión, debido a la acción conjunta de su muelle y de la presión existente en el conducto de salida, mantiene en esta canalización una cierta presión, llamada residual, que permite en el siguiente ciclo una subida de presión más rápida y un funcionamiento mejor del inyector.

En el motor de gasolina, las variaciones de régimen y de potencia, se obtienen modificando la cantidad de mezcla (aire/gasolina) que entra en el cilindro. En el motor Diésel, esta variación se obtienen actuando únicamente sobre la cantidad de gasóleo inyectado en el cilindro, es decir, modificando la duración de la inyección.

El fin de la inyección depende de la posición de la rampa helicoidal con respecto a la lumbrera de admisión. Esta posición puede ser modificada haciendo girar el pistón sobre su eje vertical, por medio de una cremallera que engrana sobre la corona dentada fijada sobre el casquillo cilíndrico, que a su vez mueve al pistón.

La cremallera es movida por el pedal del acelerador, o automáticamente por medio de un regulador, y da movimiento simultáneamente a todos los elementos de inyección de la bomba.

3.2.6 Dispositivo de dosificación de combustible

El dispositivo de dosificación está integrado en el propio conjunto émbolo camisa, efectuándose dicha dosificación mediante el giro del émbolo respecto a la camisa como se muestra en la figura 36. Así, el émbolo dispone de una forma rectangular en su parte inferior, la cual encaja en un cilindro giratorio, accionado por la denominada barra de regulación.

Ésta es accionada a través del regulador por la palanca del acelerador. La barra de regulación puede transmitir el movimiento al cilindro giratorio mediante un dentado de cremallera, o bien mediante bieletas.

La camisa dispone en su parte superior de sendas lumbreras, diametralmente opuestas, pero a la misma altura, mediante las que se efectúa el llenado del elemento de bombeo, al estar comunicadas con el interior de la bomba, y por tanto con el combustible a presión procedente de la bomba de alimentación.

Una de las lumbreras, denominada de descarga, interviene en el proceso de dosificación, puesto que a través de la misma se produce el final de la inyección. La otra lumbrera se denomina de alimentación, si bien en ciertos casos se dispone una única lumbrera, cumpliendo por tanto ambas funciones.

Por último, el émbolo dispone de una rampa sesgada helicoidal en su superficie lateral, comunicada mediante un canal o ranura longitudinal con su parte superior. Por tanto, la cámara de presión está comunicada con la citada rampa sesgada. En ocasiones se dispone un orificio concéntrico con el émbolo en vez del canal longitudinal. Una vez descritos los componentes, puede estudiarse su funcionamiento

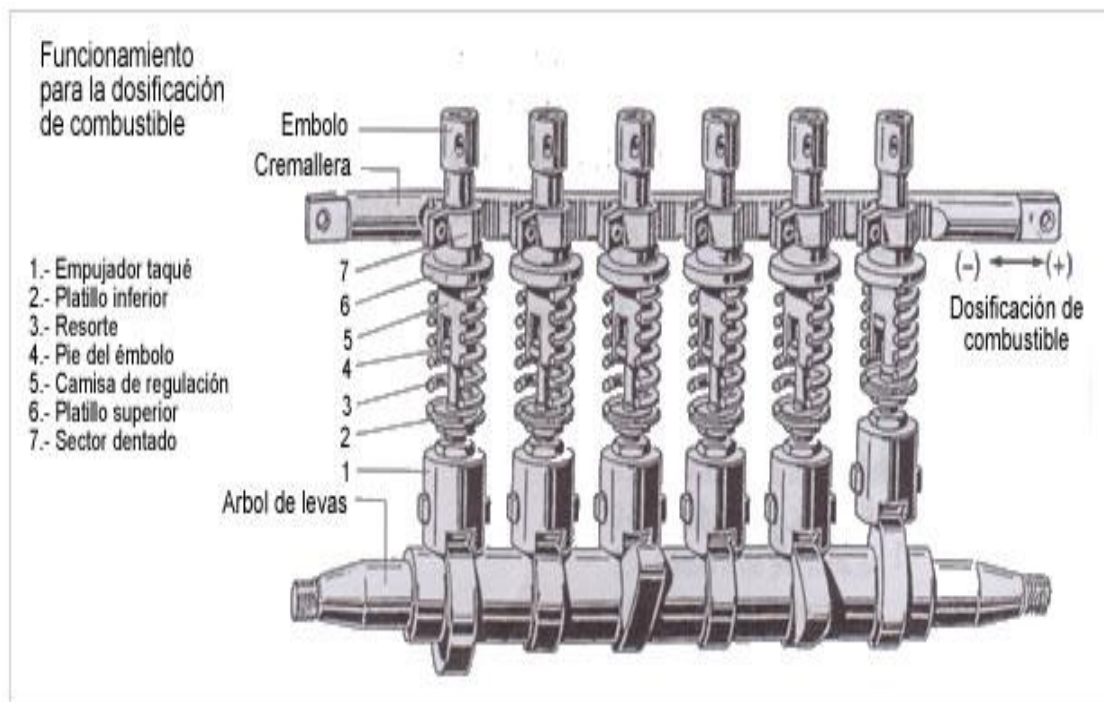


Figura 36 Esquema de los elementos de Dosificación de Combustible.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.7 Fase de inyección

Al cerrarse ambas lumbreras, el combustible contenido por encima de la cabeza del émbolo es sometido a presión, debido al movimiento ascendente de éste como se muestra en la figura 37. Como consecuencia de ello, unos instantes más tarde, la válvula de impulsión se abre,

saliendo el combustible a presión hacia el inyector. La fase finaliza cuando la rampa sesgada destapa la lumbrera de descarga, al comunicar la cámara de presión con la misma. Ella provoca una caída de presión instantánea, que lleva al cierre de la válvula de impulsión. A la fase de inyección también se le denomina carrera útil.

3.2.8 Rebose de inyección

Esta fase se produce entre el final de la inyección y la llegada del émbolo al PMS. El combustible es evacuado a través del canal longitudinal y la rampa sesgada. El hecho de que se produzca a través de la rampa sesgada, lo diferencia del rebose de alimentación. Recibe el nombre de carrera remanente.

3.2.9 Función dosificadora

En función de la posición angular del émbolo, la rampa sesgada descubrirá, antes o después, la lumbrera de descarga, de tal forma que la aportación de combustible será menor o mayor, respectivamente, al serlo también la duración de la inyección.

Cuando se acciona el acelerador, la barra de regulación se desplaza en uno u otro sentido, haciendo girar el cilindro que arrastra al émbolo. Dicho giro hace que la rampa sesgada quede más alejada de la lumbrera de descarga, de tal forma que la duración de la inyección sea mayor. Expresado de otra forma, en relación al volumen, al ser mayor la carrera útil, dado que el diámetro no varía, el volumen de combustible inyectado es más elevado.

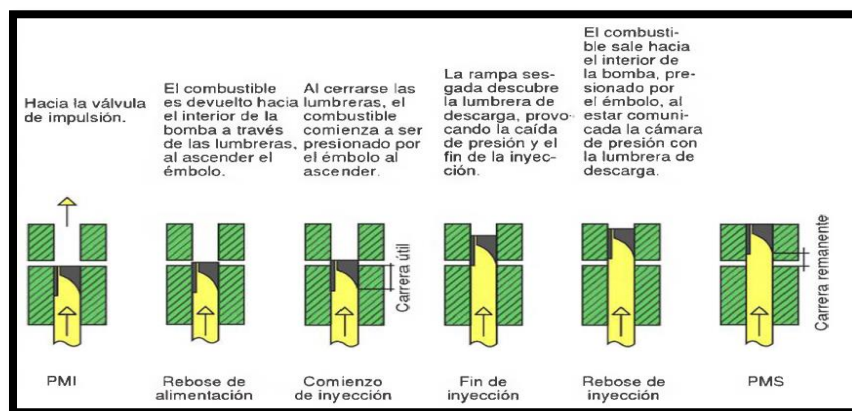


Figura 37 Fases de Dosificación de Combustible.
(Pérez, 2012)

En un motor Diésel para provocar su paro debemos cortar el suministro de combustible que inyectamos en sus cilindros, para ello los motores dotados con bomba de inyección e línea llevan un dispositivo de mando accionado por un tirador y cable desde el tablero de mandos del vehículo, el cual hace desplazar a la cremallera hasta su posición de gasto nulo. Para la puesta en servicio de la bomba y el arranque del motor, basta pisar el pedal acelerador, con lo cual se anula el bloqueo del dispositivo de parada dejando a la cremallera en posición de funcionamiento de ralentí.

La bomba en línea además del "elemento de bombeo" necesita de otros elementos accesorios para su correcto funcionamiento, como se muestra la figura 38 como son un regulador de velocidad que limite el número de revoluciones (tanto al ralentí como el número máximo de revoluciones, corte de inyección), y de un variador de avance a la inyección que en función del número de r.p.m. varia el momento de comienzo de la inyección de combustible en los cilindros del motor.

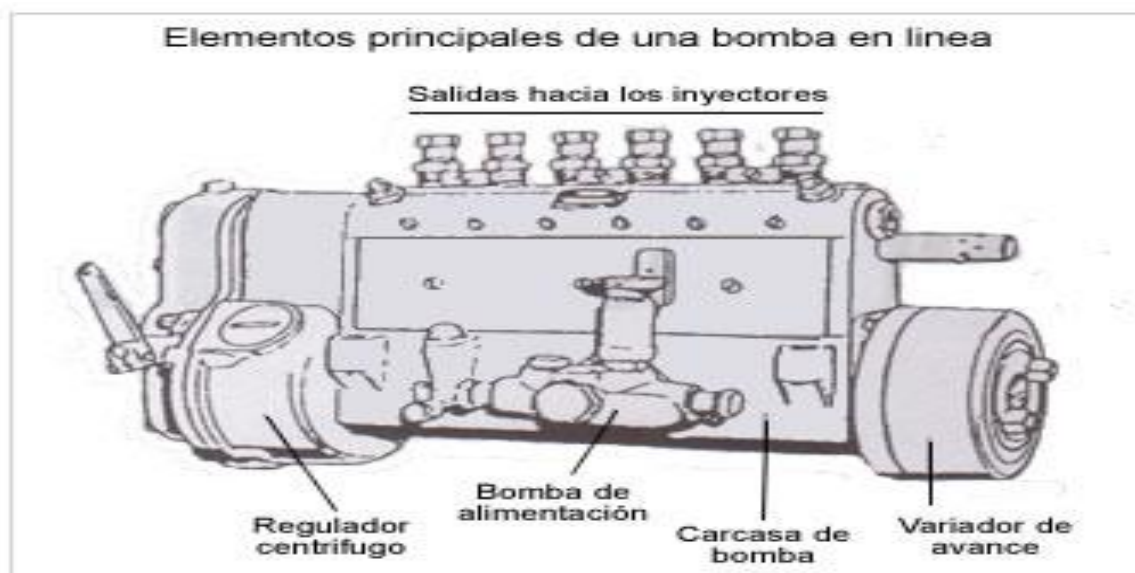


Figura 38 Esquema de los elementos de Dosificación de Combustible.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.10 Lubricación de la bomba de inyección en línea

Estas bombas se lubrican por medio del circuito lubricante del motor como se muestra en la figura 39. Se lubrica tanto la parte de la bomba donde están los elementos de bombeo como el

regulador centrífugo de velocidad. Con este tipo de lubricación, la bomba de inyección está exenta de mantenimiento. El aceite del motor filtrado se hace llegar a la bomba de inyección y al regulador a través de una tubería, por un orificio de entrada. En caso de fijación de la bomba al motor, en bandeja, el aceite lubricante vuelve al motor a través de una tubería de retorno, mientras que en caso de fijación mediante brida frontal lo hace a través del alojamiento del árbol de levas o de orificios especiales.

En el caso de bombas de inyección sin conexión al circuito del aceite del motor, el aceite lubricante se llena tras desmontar el capuchón de purga de aire o el filtro de purga de aire existente en el tapón. El nivel de aceite se controla al mismo tiempo que se realizan los cambios de aceite del motor previstos por el fabricante de este último, aflojándose para ello el tornillo de control de aceite del regulador.

El aceite sobrante (por entrada de combustible de fuga) se evacua, mientras que si falta tendrá que rellenarse. El aceite lubricante se cambia cuando se desmonta la bomba de inyección o cuando el motor se somete a una revisión general.

Las bombas y los reguladores con circuito de aceite separado poseen respectivamente una varilla para controlar el nivel del aceite.

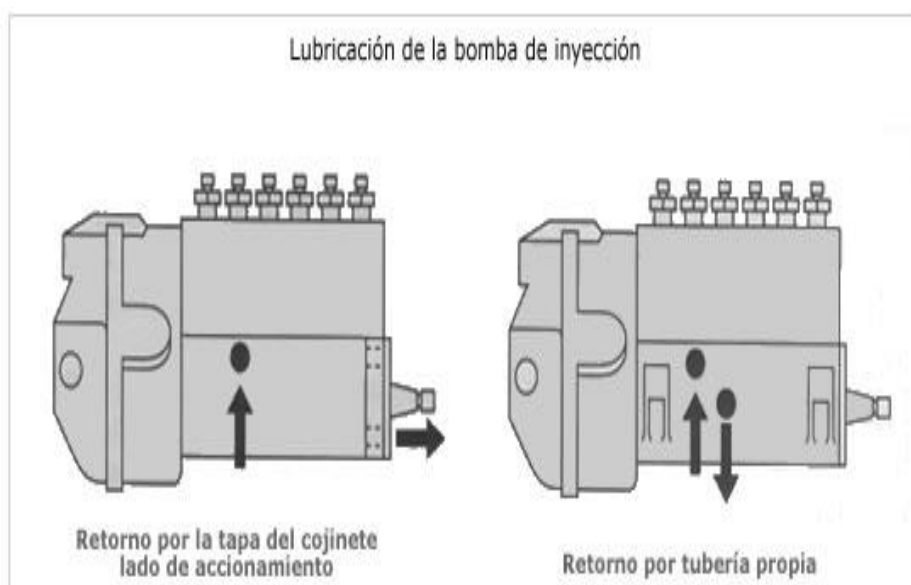


Figura 39 Orificios de Lubricación de la Bomba Lineal.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

3.2.11 Reguladores de velocidad

Están situados en el lado posterior de la bomba de inyección, es decir, en el lado contrario del sistema de arrastre. Tienen la finalidad de limitar el número de revoluciones de máxima y mínima principalmente, actuando sobre la cremallera de control, es decir, que pueden ser de tipo mecánico y neumático en función de la velocidad de rotación y de la carga, siendo los más utilizados los primeros.⁸

El principio del regulador mecánico se basa en la ley de fuerza centrífuga. Por esta razón se le llama también regulador de fuerza centrífuga.

Según su misión, los reguladores pueden ser:

- De **mínima y máxima**, utilizados en automóviles y camiones como se muestra en la figura 40.
- De **todas velocidades**, utilizados en motores industriales, tractores, excavadoras, etc.

Estos disponen de unas masas acopladas al árbol de levas de la bomba de inyección, de forma que se desplazan hacia la periferia del conjunto regulador cuando la velocidad de rotación del árbol de levas de la bomba va en aumento. El movimiento es transmitido por medio de un sistema de palancas a la cremallera para modificar el caudal inyectado. Si la velocidad decrece, las masas centrífugas se acercan desplazando la cremallera en sentido contrario.

Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima

Este regulador actúa solamente en aquellos momentos en donde el motor tiende a embalsarse (sobrepasar la velocidad máxima admisible) o bajar excesivamente de régimen en ralentí. En su

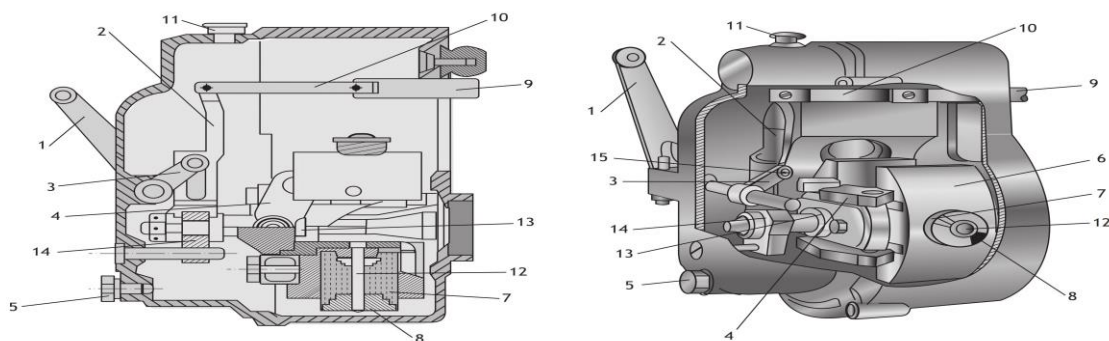
⁸ (Sánchez, 2013)

interior se aloja el sistema de regulación de máxima y mínima velocidad y, además, el sistema de mando de la cremallera.

Está formado principalmente por las masas rotantes (6) que se desplazan por efecto de la fuerza centrífuga sobre unos pernos (12) acoplados sobre el extremo del árbol de levas de la bomba, cuyo desplazamiento es controlado por la acción antagonista que oponen unos muelles (7) al desplazamiento de las masas y que las mantienen en posición fija dentro de los límites de mínima y máxima velocidad.

Las masas llevan unas palancas acodadas (4) unidas a un eje de articulación (13) que puede desplazarse axialmente por efecto de la separación de las masas y actúa sobre el sistema de mando de la cremallera.

A su vez el sistema de mando de la cremallera (9) está formado por una serie de palancas articuladas. La palanca (1) recibe movimiento del acelerador. Sobre un eje montado en el otro extremo va articulada la palanca de mando (3), unida a un patín o dado deslizante (15), que se desplaza por el interior de una palanca hueca o colisa (2), la cual se articula por la parte superior por medio de un perno a la horquilla de mando (10) de la cremallera (9). Por el extremo descansa sobre el eje de articulación (13), oscilando sobre la pieza (14) por el movimiento pendular que le imprime el patín (15) al ser accionado por el pedal del acelerador.



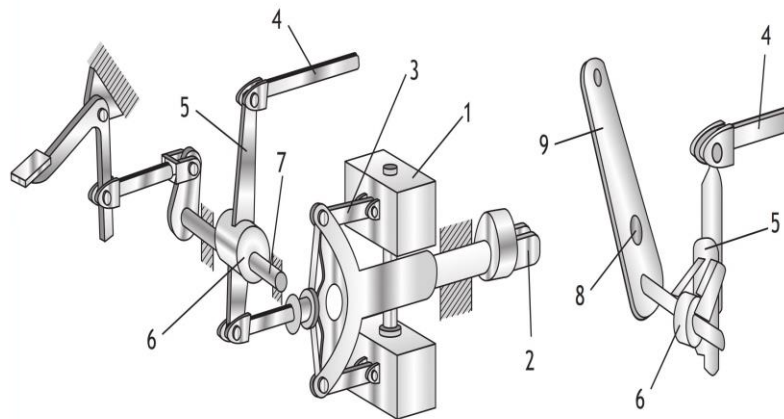
*Figura 40. Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima.
(Sánchez, 2013)*

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Palanca del acelerador | 4. Palanca angular |
| 2. Colisa | 5. Tapón del nivel de aceite |
| 3. Palanca de mando | 6. Masa rotante |

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 7. Muelles reguladores de tensión | 12. Eje de desplazamiento |
| 8. Tuercas de ajuste | 13. Eje de articulación |
| 9. Cremallera | 14. Pieza de articulación |
| 10. Horquilla de articulación | 15. Patín |
| 11. Engrasador | |

En la figura 41. se muestra un esquema del regulador de máxima y mínima para comprender mejor su funcionamiento. Las dos masas rotantes (1) van montadas sobre un eje que va unido al árbol de levas (2) de la bomba de inyección y, por tanto, quedan sometidas a un movimiento rotacional igual que el del árbol de levas. Las masas tienden a separarse por efecto de la fuerza centrífuga, pero sus movimientos son frenados por los muelles que se encuentran en el interior de las masas.

Los movimientos de las masas (1) son transmitidos por mediación de las palancas (3) a la cremallera (4) a través de la colisa (5), que puede girar sobre la excéntrica (6) en cualquier posición del eje (7), que a su vez es mandado por el pedal del acelerador.



*Figura 41. Esquema del regulador de máxima y mínima.
(Sánchez, 2013)*

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Contrapesos | 6. Excéntrica |
| 2. Árbol de levas | 7. Eje |
| 3. Palanca angular | 8. Tope |
| 4. Barra cremallera | 9. Palanca del acelerador |
| 5. Colisa | |

Conviene recordar que la dosificación del combustible que se va a inyectar va a depender tanto de la acción del conductor al pisar el pedal del acelerador como de la acción del regulador sobre la cremallera.

Cuando el conductor acelera como se muestra en la figura 42, se hace girar la excéntrica (6) por medio del eje (7) que es mandado por el pedal del acelerador. Este movimiento provoca el desplazamiento de la cremallera de control en sentido de la flecha, por medio de la colisa (5). La cremallera, a su vez, hace girar los pistones del elemento de bombeo en sentido de mayor aporte de caudal. Así mismo, si el conductor levanta el pie del acelerador, el movimiento obtenido en la barra cremallera es contrario, disminuyendo el caudal inyectado.

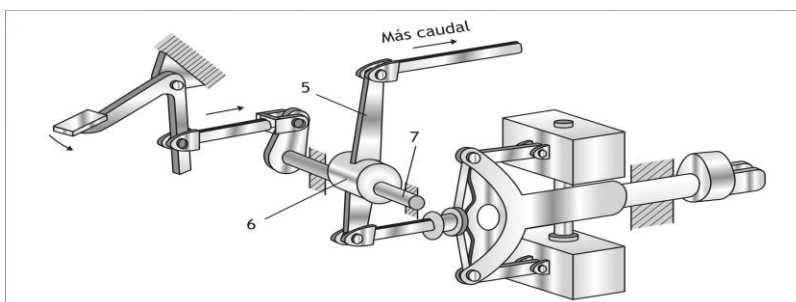


Figura 42. Funcionamiento del regulador por acción del conductor.
(Sánchez, 2013)

Durante el trabajo del regulador, cuya misión es mover la cremallera en uno u otro sentido (mínimo o máximo) independientemente de la acción del conductor, se pueden dar las siguientes fases:

Motor en ralentí: En la figura 43. Se describe lo siguiente; las masas (1) tienden a separarse por la acción de la fuerza centrífuga venciendo la fuerza que ofrece el muelle de ralentí (2), que se comprime un poco. Al efectuar este muelle una pequeña carrera entra en acción el muelle de máxima (3), que es más grueso y, por tanto, más potente, impidiendo que la masa de ralentí pueda seguir separándose. Con esto se consigue, por un lado, un ralentí estable, impidiendo que el motor se cale (muelle de ralentí) y, por otro lado, que el número de revoluciones a ralentí sea excesivo (muelle de máxima).

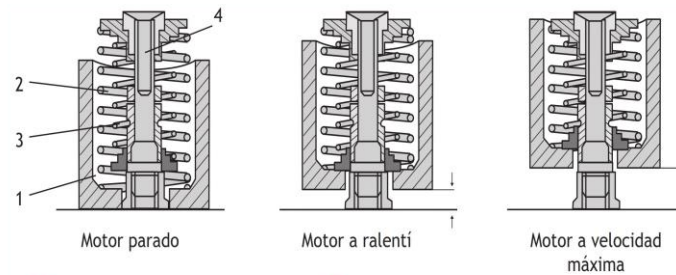


Figura 43. Descripción de los diferentes estados del motor.
(Sánchez, 2013)

- | | |
|-----------------------|--------------------------------|
| 1. Contrapesas. | 3. Muelle de velocidad máxima. |
| 2. Muelle de ralenti. | 4. Sistema de reglaje. |

Régimen sobrepasa el establecido por el conductor: En este caso el regulador provoca el movimiento de la cremallera hacia el stop por medio de las correspondientes palancas, ya que la fuerza centrífuga vence la acción de los muelles de máxima y mínima como se muestra en la figura 44. Con esto se disminuye el caudal inyectado y el motor baja de régimen sin sobrepasar el establecido (por ejemplo, cuando se baja una pendiente).

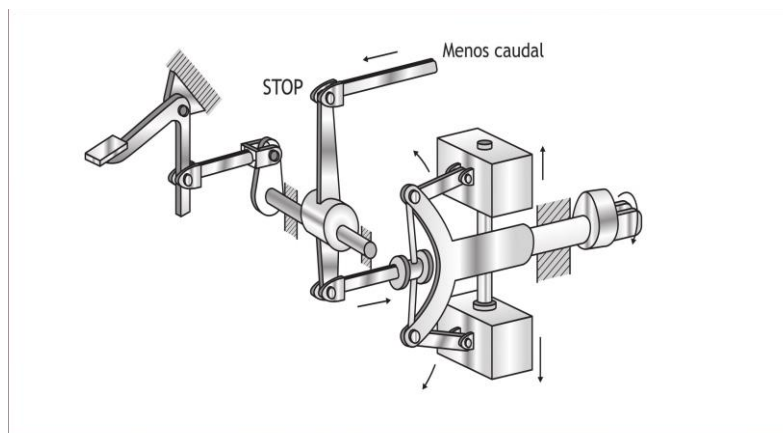


Figura 44. Régimen de sobre revolución.
(Sánchez, 2013)

El reglaje en la separación de las masas centrífugas para máxima y mínima velocidad se efectúa por medio de dos resortes tarados que actúan por separado y escalonadamente figura 44. El mecanismo interno de las masas está formado por un eje (4) y unos muelles (2 y 3), de ralenti y de velocidad máxima respectivamente. El sistema de reglaje permite modificar el tarado de los muelles (simplemente apretando la tuerca se da más tensión a los muelles).

Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades

Su misión es corregir cualquier variación del régimen motor que no sea la deseada por el conductor, es decir, en ellos el conductor selecciona el régimen más idóneo para realizar el trabajo y el regulador actúa manteniendo ese régimen en todos los momentos en que pueda producirse variación debido a las diferentes condiciones de funcionamiento del motor.

La figura 45 se describe un Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades consta de una palanca (1) accionada por el acelerador, que a su vez, por medio de los muelles (2, 3 y 4) hace moverse el plato (5) al cual va unida la barra cremallera (6). Si el conductor acelera, la palanca (1) se mueve de su extremo superior hacia la derecha, con lo cual su extremo inferior se desplaza a la izquierda y, por medio de los muelles (2, 3 y 4) empuja el plato (5) hacia la izquierda, el cual transmite este movimiento a la cremallera aumentando así el caudal inyectado y, por tanto, el régimen del motor.

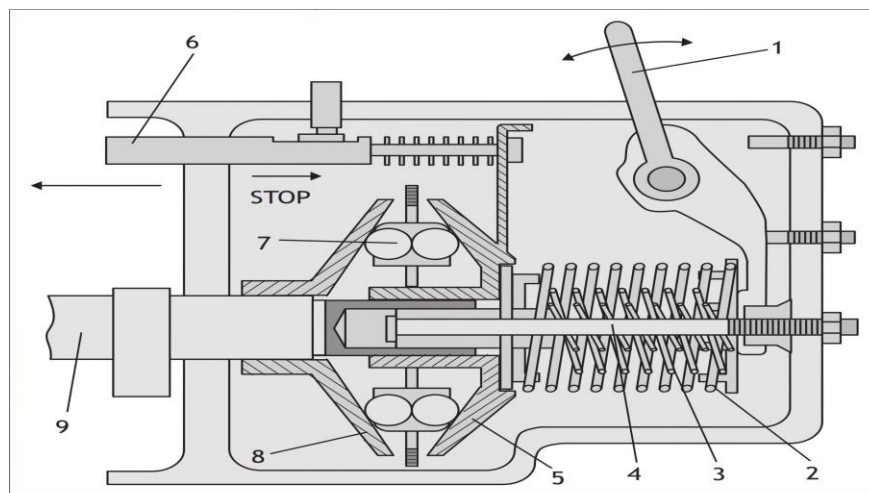


Figura 45. Esquema del Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades.
(Sánchez, 2013)

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 1. Palanca del acelerador | 7. Contrapesos |
| 2. Muelle de ralentí | 8. Plato fijo. |
| 3. Muelle de arranque | 9. Árbol de levas |
| 4. Muelle de plena carga | |
| 5. Plato móvil | |
| 6. Cremallera. | |

Si se mantiene la posición del acelerador y el motor tiende a subir de revoluciones, los contrapesos (7) se separan, haciendo que el plato móvil (5) se separe del fijo (8) venciendo la acción de los muelles (2, 3 y 4). Este movimiento hace que la cremallera se desplace un poco hacia el stop, disminuyendo el caudal inyectado y por tanto el giro del motor.

Si, por el contrario, el giro del motor tiende a disminuir, para una posición determinada del acelerador las masas (7) tienden a juntarse, con lo cual el plato móvil (5) se aproxima más al fijo (8), gracias a la acción de los muelles (2, 3 y 4). Este movimiento es transmitido a la cremallera que, al moverse hacia la izquierda, hace aumentar el caudal de inyección, con lo que se mantiene el régimen de giro del motor.

En resumen, la acción de los muelles (2, 3 y 4) se realiza escalonadamente, siendo el muelle (3) el que actúa en ralentí y el muelle (4) en alto régimen, mientras que el muelle (2) permite dar un mayor caudal a la bomba en los momentos de arranque del motor.

3.2.12 Reguladores de avance

Al igual que en los motores de gasolina, en los motores diésel se hace necesario adelantar o retrasar el inicio de la combustión teniendo en cuenta el número de revoluciones del motor y la carga del mismo. Para ello se utilizará un variador de avance a la inyección situado en la transmisión, entre el motor y la bomba de inyección, que se encarga de girar angularmente el árbol de levas de mando de la bomba para adelantar la fase de inyección cuando sea necesario.

Conviene recordar también que durante el proceso de inyección el combustible necesita un cierto tiempo para poder formar con el aire una mezcla capaz de inflamarse. Este retardo a la inflamación va a depender de numerosos factores. Existen dos tipos de reguladores principales que se montan en las bombas de inyección: de contrapesos y de excéntrica.

Variador de avance de contrapesos

El dispositivo de la figura 46 se detalla el variador de avance de contrapesos que está dotado de dos masas centrífugas (2) cuyo movimiento de translación es contrastado por muelles

calibrados específicos (1). Las masas están acopladas a dos casquillos excéntricos (3), conectados a su vez al árbol de levas de la bomba (4).

Con el motor parado, las masas centrífugas están en posición de reposo (posición A) y así se quedan hasta que el motor alcance el régimen de rotación necesario para que la fuerza centrífuga que actúa sobre las masas venza la fuerza de los muelles de reacción. Cuando el régimen de rotación del motor aumenta, las masas, venciendo la resistencia de los muelles, empiezan a alejarse hacia el exterior.

De este modo, provocan una rotación del casquillo excéntrico, que a su vez hace girar angularmente, en avance, el árbol de levas (posición B). Este ángulo de avance a la inyección varía entre un máximo y un mínimo según el desplazamiento de los contrapesos.

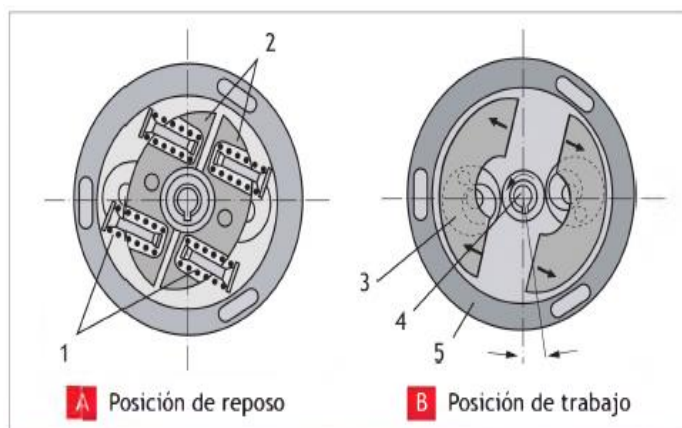


Figura 46. Variador de avance de contrapesos
(Sánchez, 2013)

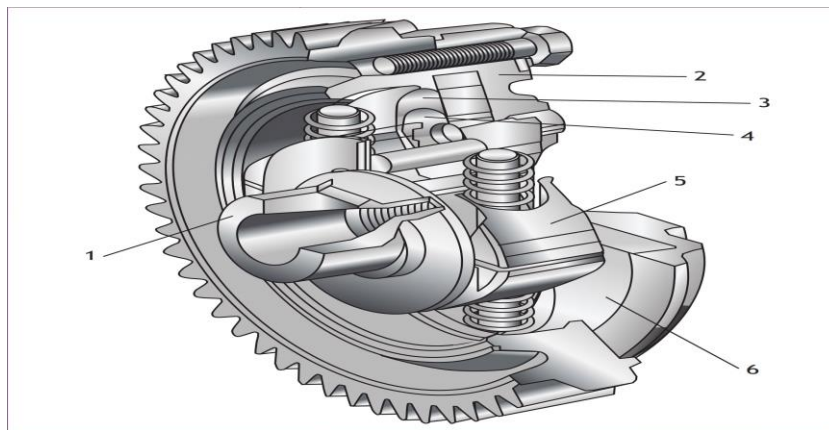
- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Muelles de reacción | 4. Árbol de levas q estator |
| 2. Masas centrífugas | 5. Estator |
| 3. Casquillo excéntrico | |

Variador de avance de excéntrica

Este regulador figura 47 se muestra el variador de avance excéntrica que va montado sobre el árbol de levas de la bomba de inyección, pero también es posible su montaje sobre un eje intermedio. Pueden ser de tipo abierto, cuando se lubrican por conexión al circuito del aceite lubricante del motor, o de tipo cerrado, cuando el variador contiene una cantidad de aceite

suficiente para toda su vida útil. A continuación, se explica el de tipo abierto por ser este el más utilizado al ofrecer ciertas ventajas sobre el de tipo cerrado.

Están formados por un cuerpo (2) en cuyo interior se encuentran alojados un disco de reglaje (6) con el buje (1), así como las excéntricas de ajuste (3) y de compensación (4). Las excéntricas son conducidas por bulones fijados firmemente al cuerpo. Además, los bulones de los contrapesos se insertan en el orificio de la excéntrica de ajuste. En los contrapesos (5) van dispuestos por parejas los muelles de presión, que también son guiados por los bulones de contrapesos, estando así asegurados contra un posible desplazamiento axial



*Figura 47. Variador de avance excéntrica
(Sánchez, 2013)*

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 1. Buje | 4. Excéntrica de compensación |
| 2. Cuerpo | 5. Contrapeso |
| 3. Excéntrica de ajuste | 6. Disco de reglaje |

El variador recibe movimiento por medio de una rueda dentada alojada en la caja de engranajes del motor. La unión entre el accionamiento y la salida de fuerza (bujes) queda establecida por parejas de excéntricas acopladas entre sí.

Las excéntricas se encuentran en los orificios del disco de reglaje y son conducidas por los bulones del cuerpo. A través de estos bulones se transmite al buje el movimiento impulsor del cuerpo.

Cuando el motor está parado como se muestra en la figura 48, los muelles de presión mantienen los contrapesos en la posición inicial. Por contra con el motor en marcha y según se va aumentando el número de revoluciones, la fuerza centrífuga va actuando sobre los contrapesos.

En esta situación los contrapesos se desplazan hacia el exterior provocando así un giro de las excéntricas y, a causa de este movimiento giratorio, el buje cambia de posición respecto al cuerpo, con lo que se modifica el momento de inyección. Con este tipo de variadores se puede llegar a conseguir hasta un ángulo de 30° de avance respecto al cigüeñal del motor.

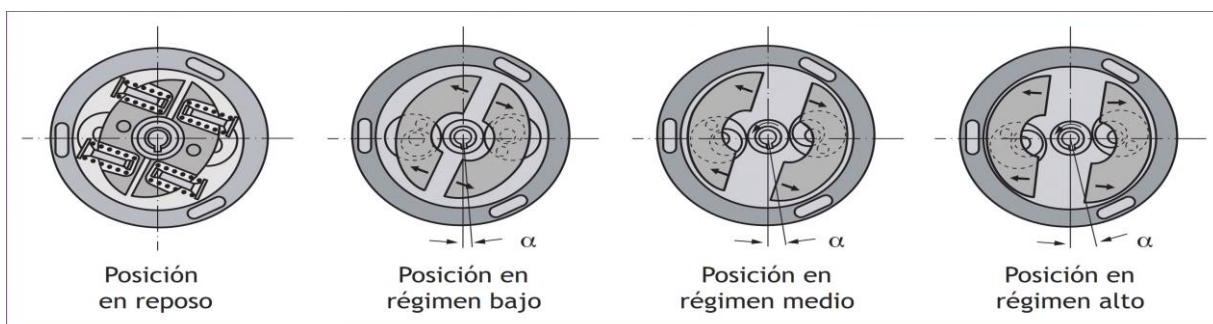


Figura 48. Funcionamiento del variador de avance de excéntrica, α : ángulo de avance.
(Sánchez, 2013)

3.2.13 Puesta a punto de la bomba en el motor

Para hacer la puesta a punto, se recurre a las marcas del comienzo de la inyección que se encuentran en el motor y en la bomba de inyección como se muestra en la figura 49. Normalmente se toma como base la carrera de compresión del cilindro nº 1 del motor, pero por razones específicas de los motores pueden aplicarse también otras posibilidades. Por esta razón deben tenerse en cuenta los datos facilitados por el fabricante del motor.⁹

En el motor Diésel, la marca del comienzo de la alimentación se encuentra generalmente en el volante de inercia, en la polea de la correa trapezoidal o en el amortiguador de vibraciones (dámper). En la bomba de inyección, el comienzo de la alimentación para el cilindro de bomba nº 1 tiene lugar cuando la marca practicada en la mitad no móvil del acoplamiento o bien en el

⁹ (aficionadosalamecanica.net, 2014)

variador de avance coincide con la raya marcada en el cuerpo de la bomba. En las bombas abrigadas, las marcas están en la rueda dentada del accionamiento y en el piñón insertable.

La posición, la disposición y la designación de los cilindros del motor son indicadas por el fabricante de éste y han de tenerse en cuenta, en cualquier caso. El cilindro de bomba número uno es el más próximo al accionamiento (polea) de la bomba de inyección. Antes del montaje ha de hacerse coincidir, en sentido de giro, la marca de comienzo de alimentación de la bomba de inyección con la raya marcada en el cuerpo, o bien se ajustará el comienzo de la alimentación según el método de rebose a alta presión.

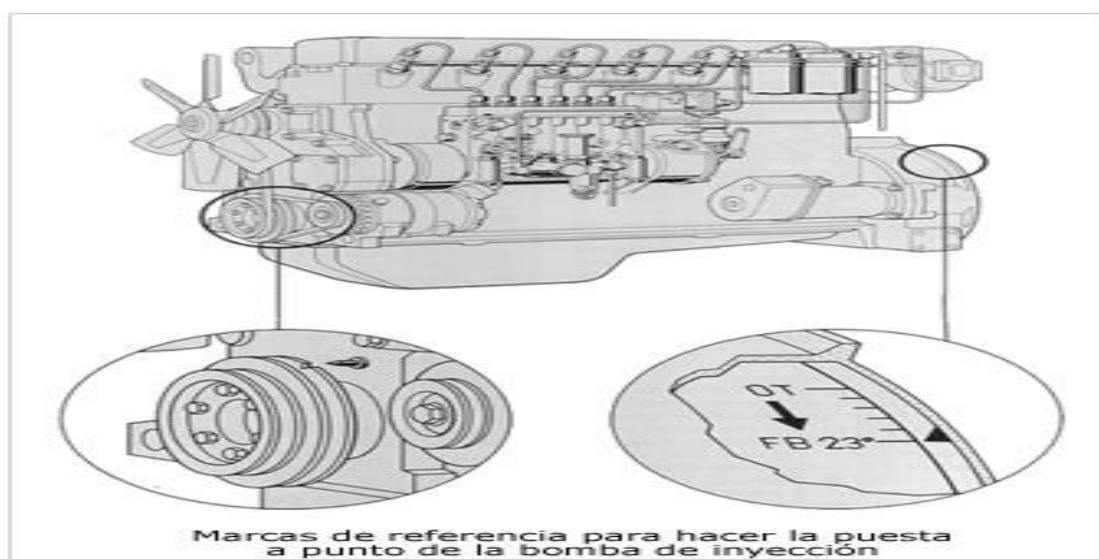


Figura 49 Orificios de Lubricación de la Bomba Lineal.
(aficionadosalamecanica.net, 2014)

CAPÍTULO IV

Desarrollo del manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal diésel tipo A de seis elementos

Antes de comenzar el proceso de despiece, análisis de elementos y armado de la bomba se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Considerando que las válvulas y toberas son elementos de extrema exactitud están expuestas a sufrir rayaduras de partículas muy pequeñas que generalmente se encuentran en el combustible es por este motivo que sufren un desgaste muy rápido y pronunciado.
2. Es recomendable tener un buen proceso de filtrado de combustible en el circuito de alimentación, es decir tener mucho cuidado con los pre filtros y filtros de combustibles ya que son estos elementos los encargados de retener las impurezas presentes en el combustible y sobre todo hay que tener en claro que en nuestro medio el combustible que teneos es de muy baja calidad, y por ende hay gran cantidad de presencia de agentes contaminantes y corrosivos como lo es la presencia de azufre que al unirse con el agua genera el ácido sulfúrico que es un compuesto químico que corroe con facilidad los elementos del sistema de inyección en general.
3. Debemos tener presente que la bomba de inyección en cuestión se lubrica con aceite proveniente del motor, es por eso que se debe tener cuidado del manteniendo y cambio de aceite del motor puesto que además de lubricarse internamente también presta servicio de lubricación para bomba y si no tenemos un aceite de buena calidad no solo se estará afectando al motor si no que adicionalmente se afecta al correcto funcionamiento de la bomba de inyección.
4. Se recomienda seguir los pasos indicados para así lograr un correcto estándar en el proceso de despiece análisis de elementos y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos.

4.1 Pasos para el despiece de la bomba lineal diésel tipo A

Antes del despiece se debe considerar lo siguiente:

1. El área de trabajo debe estar con una asepsia de muy alta calidad y se debe proceder a realizar una verificación preliminar para poder determinar las posibles fallas que se presentan en la bomba de alta presión.
2. Mientras se realiza el proceso de despiece se debe tener un orden de las piezas que están siendo retiradas, esto con la finalidad de no cometer errores al mezclar las piezas que están siendo retiradas por fallos con los elementos nuevos que se van a emplear.

4.1.1 Reconocimiento de la bomba lineal diésel tipo A



Figura 50 Bomba Lineal Diésel Tipo A.
(Paguay 2018)

4.1.2 Identificación de las placas de la bomba lineal diésel tipo A

Con el reconocimiento de la placa se podrá tener la información de caso para la adquisición de piezas y partes de la bomba como se muestra en la figura 51.



Figura 51 Placas de identificación de la Bomba
(Paguay 2018)

4.1.3 Identificación y extracción de la bomba de alimentación

Se identifica y se extrae la bomba de alimentación en este caso de simple efecto utilizando una llave 10 mm se afloja los tres pernos que la unen al cuerpo de la bomba principal como se muestra en la figura 52 y 53.



Figura 52 Identificación de la Bomba de Alimentación.
(Paguay 2018)



Figura 53 Extracción de la Bomba de Alimentación
(Paguay 2018)

Nota: Se recomienda tener cuidado del derrame de líquido, en este caso combustible de al momento de extraer la bomba de alimentación, por eso se recomienda tener un recipiente apropiado para la recolección del fluido y así evitar derrames que pueden ocasionar problemas como es la contaminación de otros elementos de piezas y partes de la misma bomba lineal y sobre para no causar daños al medio ambiente.



Figura 54 Despiece de la Bomba de Alimentación
(Paguay 2018)

Es importante realizar el despiece de la bomba de alimentación, como se muestra en la figura 54 puesto que de esta forma podemos evaluar los elementos internos y verificar si están en optimo estado para seguir funcionando o deben ser cambiados, el análisis de las piezas y elementos debe ser muy exhaustivo y se debe considerar que, a la mínima presencia de rayones, presencia de óxidos o cualquier elemento ajeno va a generar un problema en el funcionamiento de la bomba, lo principal en cuanto a presión se refiere.

Además, se debe cambiar todas los anillos o arandelas que se utilizan una vez que sean retiradas para el momento de mantenimiento o reparación de la bomba, también se debe analizar los resortes o muelles y se deben considerar que deben tener una inclinación máxima de 0,2 mm en relación al plano vertical en su parte superior.

4.1.4 Identificación y extracción del regulador de velocidad de la bomba

Se identifica el regulador de velocidad de la bomba de inyección diésel tipo A como se muestra en la figura 55, para esto se debe tener en cuenta que esté tipo de bomba se lubrica con aceite del sistema de lubricación del motor, por lo tanto, primero se debe extraer el aceite que exista en la misma para proceder a extraer el regulador de velocidad, con una llave 10 mm se

procede a sacar los pernos que unen el regulador de velocidad a la bomba como se muestra en la figura 56.

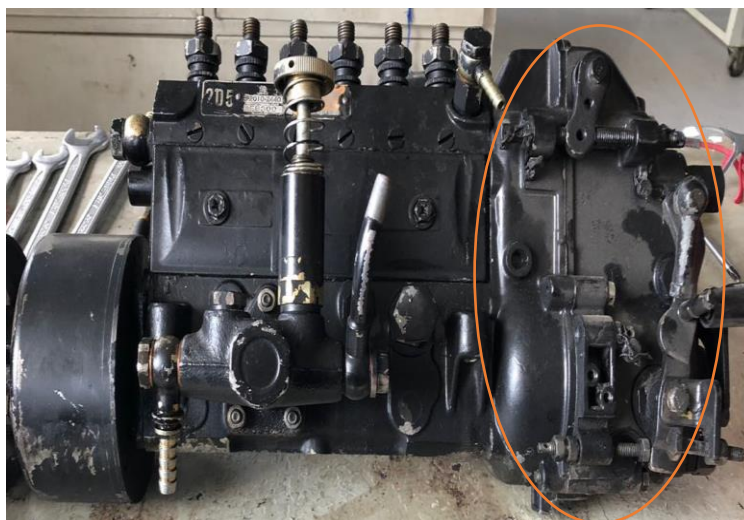


Figura 55 Identificación del Regulador de Velocidad de la Bomba.
(Paguay 2018)

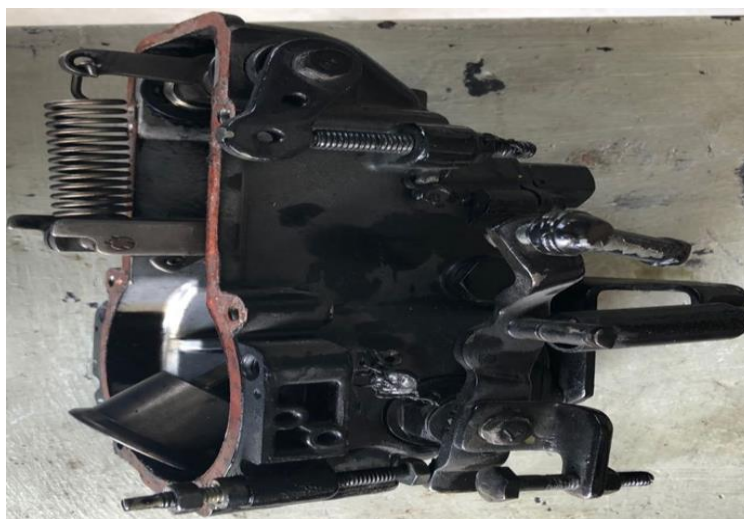


Figura 56 Extracción del Regulador de Velocidad de la Bomba.
(Paguay 2018)

4.1.5 Identificación y extracción de los plunger de la bomba lineal diésel tipo A

Se identifican los plunger de la bomba de inyección diésel tipo A, que se encuentran atrás de la bomba de alimentación se procede a retirar los pernos de la tapa de protección como se ve con un destornillador en cruz o una llave 10 mm.

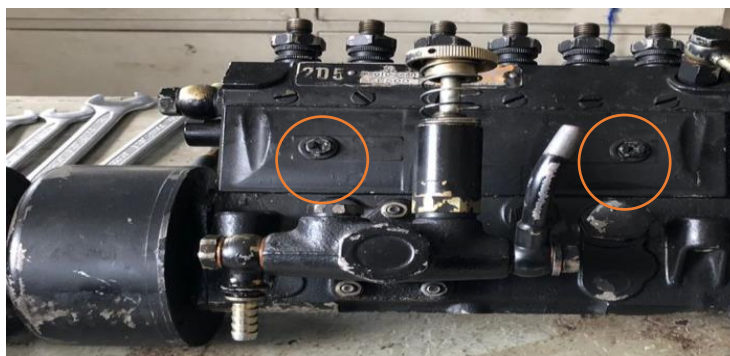


Figura 57 Identificación de los plunger de la Bomba.
(Paguay 2018)

Luego se retira la tapa de protección de los plunger, tal como se muestra en la figura 57 y es importante tomar en cuenta que este elemento debe ser sellado de forma hermética al momento de armar para evitar que ingrese impurezas del medio ambiente y sean perjudiciales para el trabajo que realiza la bomba de inyección, y se procede de la siguiente manera:

1. Con una llave 22 mm se precede aflojar los acoples o tuercas que están en la parte superior de los plunger, afloja solo $\frac{1}{4}$ de vuelta o 90^0 en cada uno de los plunger, luego se sigue aflojando en forma paulatina cada $\frac{1}{4}$ de vuelta hasta que se logre extraer todos los acoples de unión entre los plunger y las cañerías de alta presión.
2. Se debe tener en cuenta que si no se va a sacar todos los elementos de la bomba por efecto de manteniendo por ejemplo no se recomienda sacar todos los plunger ya que se debe tener en cuenta la calibración del árbol de levas de la bomba y así no se descalibran el momento exacto de la inyección al cilindro correspondiente como se muestra en la siguiente figura 58.

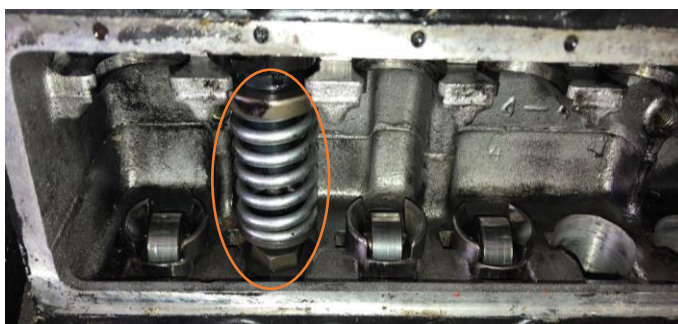


Figura 58 Plunger guía para el proceso de calibración.
(Paguay 2018)

3. Si en caso de despiece de la bomba fuera la reparación total o luego de observar los elementos se establece que se debe cambiar uno o varios elementos como pueden ser los plunger o resortes, estos deben ser cambiados en su totalidad y solo los elementos que se consideran que están fallando, pues así se logrará obtener un óptimo funcionamiento de la bomba al momento de pruebas y funcionamiento.
4. Se debe tomar en cuenta que todas las arandelas o anillos de sellados deben estar en óptimas condiciones para volver a ser reutilizadas, si se observa que alguna de ellas presenta algún tipo de deformación o desgaste pronunciado se deben sustituir por el un juego nuevo de los mismos.
5. Una vez extraído se procede al despiece del elemento para comprobar su estado, para esto se extrae el anillo, el tapón, resorte de válvula, válvula de entrega y el empaque de sellado como se muestra en la figura 59.



Figura 59 Despiece del plunger.
(Paguay 2018)

4.1.6 Identificación y extracción de los elevadores de los plunger



Figura 60 Identificación de los elevadores de los plunger.
(Paguay 2018)

1. Para este proceso solo se utiliza un elemento de punta plana y se procede a la extracción de los mismos, como se muestra en la figura 60 si están en buen estado deben salir con facilidad, caso contrario si presentarán alguna dificultad suele ser porque están unidos al cuerpo de la bomba y se suele dar por presencia de agentes contaminantes que se generan principalmente por la presencia de óxidos que se forman debido a las impurezas que se tienen en el combustible empleado.

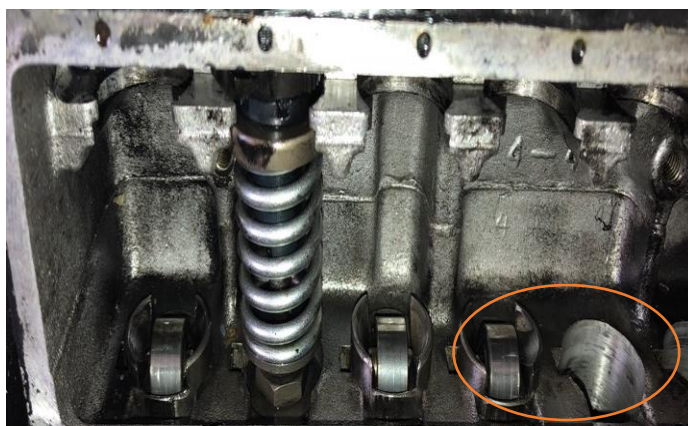


Figura 61 Extracción de los elevadores de los plunger
(Paguay 2018)

2. En caso de presentar dificultad para ser extraídos se debe aplicar aceite de lubricación especial, en este caso aceite hidráulico o algún elemento no sea agresivo como se muestra en la figura 61.



Figura 62 Despiece de los elevadores plunger
(Paguay 2018)

4.1.7 Despiece de los elementos de la bomba lineal diésel tipo A



Figura 63 Despiece de la bomba de inyección.
(Paguay 2018)

4.2 Análisis de los elementos de la bomba lineal diésel tipo A

1. Una vez que se ha realizado el despiece de la bomba lineal Diésel tipo A se debe realizar el análisis de los elementos, pues se debe considerar que los elementos de la bomba en cuestión son muy delicados y a la más mínima presencia de rayones en cualquiera de los elementos se debe considerar que están en mal estado.

2. Si se llegará a tener esta situación no se debe a proceder bajo ningún concepto a la reparación de los elementos, ya que muchas veces se piensa y/o se procede a realizar procesos de manufactura en las piezas que presentan rayones o desgastes por más mínimos que parezcan.
3. De igual forma si hubiera desgaste en alguno o varios elementos de la bomba se debe proceder al cambio de los mismos por elementos nuevos, dejando en claro que no se deben reutilizar elementos de otra bomba, aunque su apariencia sea buena.
4. Pues estos desgastes o rayones provocan una pérdida de presión en el sistema de inyección pues hay que considerar que en el sistema diésel es muy importante generar mantener una elevada presión por encima de los 200 bar.
5. Se debe verificar el deslizamiento que tiene el émbolo, para esto se debe lavar el elemento con diésel limpio y de buena calidad y se lo mantiene en suspensión en una inclinación de 60° , se gira el elemento repite el proceso varias veces y si el émbolo se desliza sin ninguna dificultad hacia el interior significa que elemento está en buen estado, caso contrario significa que el émbolo esta con alguna deformación y debe ser sustituido por otro elemento nuevo.
6. Se debe verificar que todo el conjunto de válvulas no posea ningún tipo de rayón, óxido o presencia de alguna anomalía, su fuera el caso se debe proceder con el cambio por otro elemento nuevo.
7. A los elevadores de los plunger se les debe verificar que no posean ningún tipo de superficie cortante o desbaste más de lo normal, si este fuera el caso se debe proceder al cambio del elemento, el juego que debe poseer el rodillo no debe ser superior a 0,3 mm, si la medida fuera superior se debe proceder a cambiarlo por otro elemento.
8. Al árbol de levas de la bomba también se lo debe inspeccionar que no tenga ninguna superficie cortante, y que no tenga deformación en la parte donde se ubica la chaveta, es decir el elemento de seguridad, además se debe considerar el límite de utilización es de 0,15 mm en su parte circular y en la leva es de 0,2 mm, caso contrario se debe proceder al cambio del mismo.

4.3 Pasos para el armado de la bomba lineal diésel tipo A

Para el proceso de armado se comienza a la inversa del proceso de despiece y así se logra un armado sin mayores novedades, teniendo en cuenta que no se deben cambiar o alterar el orden de salida de los plunger, ya que del mismo lugar que salieron deben ser ubicados para evitar la descalibración de la bomba de inyección, exepctuando el hecho que se proceda al camabio de los elementos en cuestión.

4.3.1 Instalación de los elevadores de los plunger de la bomba

Si el despiece fuera solo por mantenimiento, se debe identificar el orden de salida los elevadores de los plunger y ser colocados en el mismo orden para no tener problemas al momento de la calibración, como se muestra en la figura 64 pero si en caso de que se hubiera adquirido todo el juego de elevadores nuevos allí no importa el orden, se debe recordar y tener en cuenta la limpieza del lugar de trabajo y los elementos que se van a instalar, ya que es suma importancia no tener ningún tipo de impurezas que pudieran dañar los elementos de la bomba al momento de realizar pruebas y de funcionamiento.

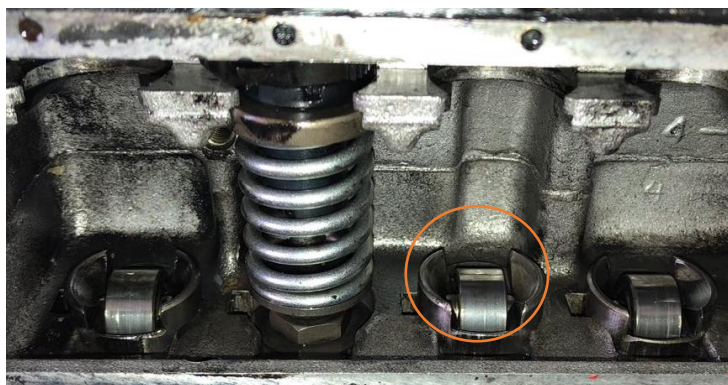


Figura 64 Instalación de los elevadores de los plunger.
(Paguay 2018)

4.3.2 Armado e instalación de los plunger de la bomba

Para el proceso de armado de los plunger se debe siempre recordar que el lugar y los elementos a ser utilizados deben estar limpios, no debe de existir ningún tipo de impurezas que puedan afectar el correcto armado y posterior funcionamiento de la bomba, primero se coloca

en el soporte del resorte el cilindro, luego se introduce el émbolo, seguido de la base y el dispensador de combustible, el resorte de amortiguación del momento de inyección y por último se cierra con el anillo o arandela de protección como se muestra en la figura 65.



Figura 65 Juego de plunger de la bomba.
(Paguay 2018)

Luego se procede a colocar cada uno de los plunger en el lugar correspondiente, y luego se los enrosca con el elemento de roscado de la carcasa, tomando en cuenta que si el despiece fue solo por mantenimiento se debe tener en cuenta el orden de salida de los elementos, caso contrario todos los elementos deben ser nuevos, y por último se procede a cerrar la vista de los plunger colocando la tapa y se debe recordar que este elemento debe ser sellado de forma hermética para evitar que ingrese impurezas al interior de la bomba y puedan generar daños al momento de funcionar como se muestra en la figura 66.



Figura 66 Instalación de los plunger en la bomba.
(Paguay 2018)

4.3.3 Armado e instalación de la bomba de alimentación

Para el armado de la bomba de alimentación se debe considerar sobre todo el estado del resorte, puesto que el mismo debe ser objeto de análisis para considerar si aún se encuentra en óptimas condiciones de trabajo o requiere ser cambiado, para esto se considera la medida de desviación en relación a la vertical y como máximo debe tener una desviación de 0,2mm, si excede este valor el elemento debe ser sustituido por un elemento nuevo.

Además, se debe analizar el estado de los anillos o sellos, puesto que si están con alguna deformación o ruptura de los mismos deben ser sustituidos, también, se debe analizar los elementos restantes y ver si existe alguna anomalía como desgaste o rayadura del pistón, deterioro en anillo de sellado o bronce del tapón de la bomba.

Otro elemento a considerar es la entrada y retorno como se muestra en la figura 67 de combustible de la bomba de alimentación, como muestra en la figura 67, puesto que es de mucha importancia al momento de realizar las conexiones del caso, ya que si se llegará a cometer el error de realizar las conexiones no apropiadas se va a presentar un mal funcionamiento de la bomba e incluso podría causar daños en los elementos internos de la bomba. (entrada de combustible lado derecho).



Figura 67. Identificación de entrada y retorno de combustible en la bomba de alimentación
(Paguay 2018)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se elaboró un manual de despiece, análisis y armado de la bomba lineal diésel tipo A de seis elementos, ya que con la utilización del mismo se desarrollo el proceso de forma facil y segura, el cual servira para la aplicación como material didáctico que será de mucha utilidad para comprender el funcionamiento de la bomba descrita.

- Los elementos de la bomba lineal diésel tipo A de seis elementos tienen un ajuste en micras esto se consigue cuando dos elementos son únicos ósea fabricados en par en par para que se pulan mutuamente.

Mediante la elaboración de este manual se lograra optimizar tiempos en el despiece y ensamble de la bomba lineal diésel tipo A se seis elemntos servirá para realizar un proceso de forma analítica, con gran rapidéz y eficiencia en cuanto al mantenimiento y reparción de la bomba.

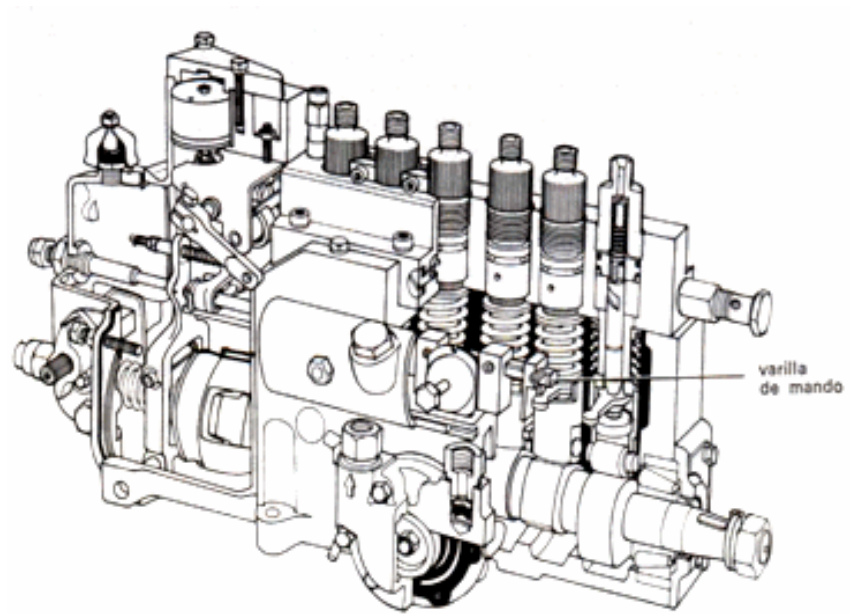
5.2 RECOMENDACIONES

Recomendar la difusión y análisis del manual para el proceso de despieze y armado de la bomba lineal tipo A de seis elementos.

Tener cuidado extremo en cuanto a limpieza de elementos, piezas y partes al momento de realizar cualquier tipo de trabajo en la bomba descrita, ya que es de suma importancia evitar impurezas en los procesos y así lograr un funcionamiento adecuado y preciso al momento de las pruebas y operación de la bomba.

Verificar que el diagnóstico de partes y piezas de la bomba lineal diésel tipo A sea de gran precisión, puesto que de ello dependerá el éxito del trabajo que se realice, y se recuerda que no se debe realizar trabajos de manufactura en los elementos, se deben cambiar las piezas que presentarán fallas aunque se considere en pequeña escala.

ANEXOS



Bomba tipo A



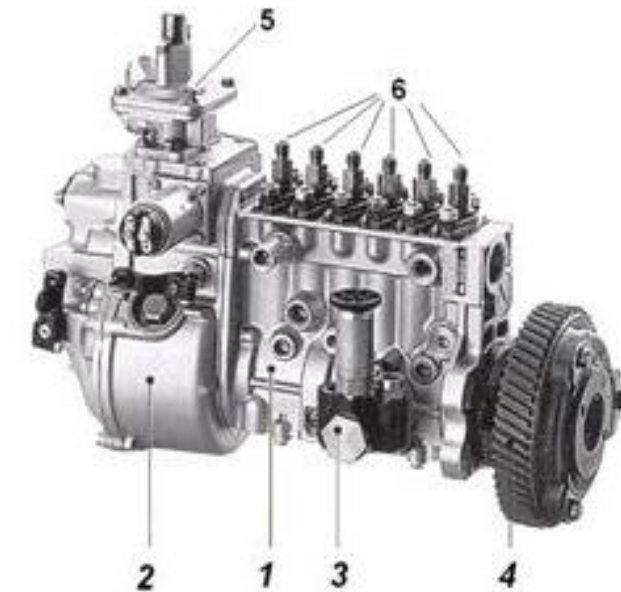
Bomba tipo P



Bomba tipo M



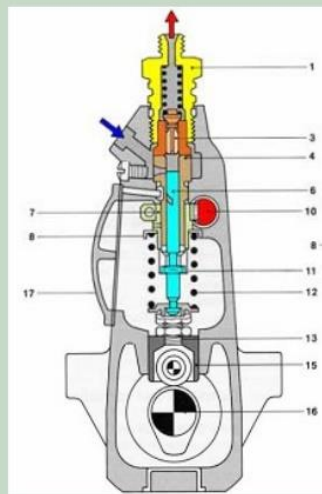
BOMBA TIPO MW



Bomba tipo PA

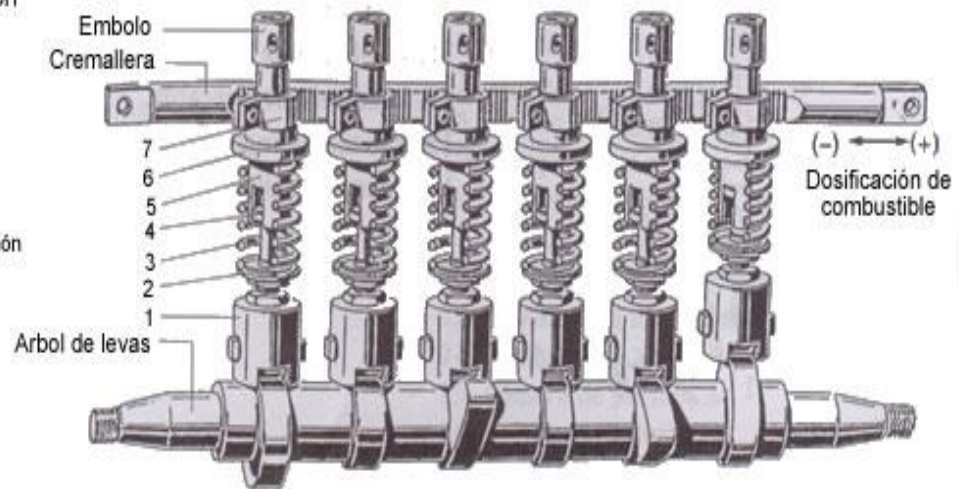
CONSTITUCIÓN BOMBA INYECTORA LINEAL

1. Racor de impulsión
2. Suplemento
3. Válvula de presión
4. Cilindro o camisa del elemento
5. Elemento de brida
6. Émbolo de bomba
7. Casquillo de regulación con sector dentado
8. Platinillo de muelle
9. Casquillo de regulación con rótula
10. Varilla de regulación
11. Talón del émbolo
12. Muelle del émbolo
13. Tornillo de ajuste carrera previa
14. Platinillo de muelle
15. Impulsor de rodillo (taqué)
16. Árbol de levas
17. Tapa de registro

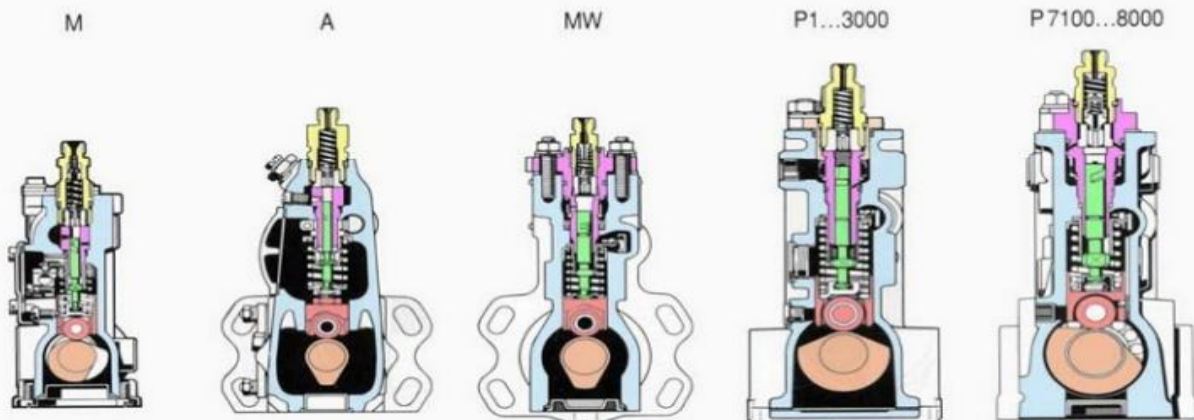


Funcionamiento para la dosificación de combustible

- 1.- Empujador taqué
- 2.- Plátalo inferior
- 3.- Resorte
- 4.- Pie del émbolo
- 5.- Camisa de regulación
- 6.- Plátalo superior
- 7.- Sector dentado



TIPOS DE BOMBAS INYECTORAS LINEALES



BIBLIOGRAFÍA

- aficionadosalamecanica.net. (2014). Obtenido de aficionadosalamecanica.net:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>
- Arias, F. (2008). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Editorial Texto, C.A.
- Best, J. (2008). *Cómo investigar en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Bosch. (2008). *Manual de técnica del automóvil*. Buer&Parnet: Alemania.
- Bosch. (2009). *Manual de la técnica del automovil*. Barcelona: Reverte S.A.
- Catálogo Bosch. (2013).
http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf. Recuperado el 2014, de
http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf:
http://www.catalogobosch.com/BibliotecaPDF_es/Inyecci%C3%B3n/Sistemas_de_Inyecci%C3%B3n.pdf
- Crouse, W. (2008). *Mecanica del Automovil*. Barcelona: McGraw-Hill .
- De Castro Vicente, M. (2008). *Inyeccion y encendido*. Barcelona: CEAC.
- definición.mx/manual. (14 de septiembre de 2016). Obtenido de <https://definicion.mx/manual/>
- del Castillo, Á. (2008). *18 Axiomas Fundamentales de la Investigación de Mercados*. La Coruña: Netbiblo.
- Diccionario de la Real Academia Española . (01 de 01 de 2014). *Real Academia Española*. Recuperado el 03 de 02 de 2014, de <http://lema.rae.es/drae/?val=CARBURADOR>
- es.scribd.com. (13 de octubre de 2013). scribd. Obtenido de
<https://es.scribd.com/document/176912669/CLASIFICACION-DE-LOS-MANUALES>
- Fracica, G. (1988). *Modelo de simulación en muestreo*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Google Maps. (01 de Noviembre de 2013). *Google Maps*. Obtenido de Ciudad de Guayaquil:
<https://www.google.com.ec/maps/preview?hl=es-419&authuser=0#!q=Guayaquil&data=!1m4!1m3!1d232255!2d-79.8610395!3d-2.1745715!2m1!1e3!4m15!2m14!1m13!1s0x902d13cbe855805f%3A0x8015a492f4fca473!3m8!1m3!1d232258!2d-79.8697472!3d-2.0498677!3m2!1i1280!2i699!4f13.1>
- Grupo Bosch. (2000). *Manual práctico del automóvil - reparación, mantenimiento y prácticas*. Madrid: Grupo cultural.
- NIPPONDENSO. (1992). DESPIECE DE BOMBA LINEAL TIPO P. Japón: NIPPONDENSO.
- Pérez, M. (2012). *Sistemas Auxiliares del motor*. Madrid: Paraninfo.
- poke-sistemadeinyección. (21 de Mayo de 2010). *poke-sistemadeinyección*. Obtenido de
<http://poke-sistemadeinyeccionlineal6a.blogspot.com/>
- Rodríguez, J. (2013). http://www.ehowenespanol.com/historia-del-carburador-hechos_103090/. Recuperado el 21 de Febrero de 2014, de
http://www.ehowenespanol.com/historia-del-carburador-hechos_103090/:
http://www.ehowenespanol.com/historia-del-carburador-hechos_103090/
- SanaDiésel. (5 de Marzo de 2013). *SanaDiésel*. Obtenido de
<http://senadiesel2013.blogspot.com/2013/04/manual-motor-isuzu-c223.html>

Sánchez, E. (2013). *Sistemas Auxiliares del Motor*. MACMILLAN.

SEBBM. (1 de Febrero de 2015). *SEBBM*. Obtenido de
<https://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/rincon-profesor-ciencias/articulos-divulgacion-cientifica/353-del-aceite-de-cacahuete-al-biodiesel-de-ultima-generacion>

Srinivasan, S. (2008). *Automotive Mechanics* . New Dheli: Tata McGraw-Hill Education .