

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Automotriz

Tema:

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

**Trabajo de Titulación Previo a la Obtención del Título de Ingeniero En Mecánica
Automotriz**

Autor:

Rodríguez Herrera Robert Gibson

Guayaquil, Octubre 2019

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 PE de Seis Elementos**", realizado por el estudiante: **Rodríguez Herrera Robert Gibson**, 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: Rodríguez Herrera Robert Gibson, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Octubre 2019

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote. MSc.
Director del Proyecto.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rodríguez Herrera Robert Gibson.

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: "**Elaboración de un Manual Didáctico De Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE 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, Octubre 2019

Rodríguez Herrera Robert Gibson
C.I: 0919362491

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Rodríguez Herrera Robert Gibson.

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 PE de Seis Elementos**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Octubre 2019

Rodríguez Herrera Robert Gibson
C.I: 0919362491

DEDICATORIA

Al amor de mi vida, mi esposa María Agustina, mi todo.

Vamos a envejecer juntos mi amor.

Rodríguez Herrera Robert Gibson
C.I: 0919362491

AGRADECIMIENTO

A Dios,

A mi amada madre **Nelsa Herrera** y a mi padre **José Rodríguez** que está en el cielo, su amor, sus sabios consejos y su ejemplo me convirtieron en hombre y en mejor ser humano.

A **Marita** mi esposa y mi amiga y a mis hijos **María Paz** y **Robertito** los amo, son mi inspiración y mi vida.

A mis hermanos y sobrinos, por estar siempre a mi lado y quererme, los llevo en mi corazón.

A mis sinceros amigos, con quienes comparto momentos alegres.

A mi Director de Tesis **Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote MSc.**, mi guía y aliento para la
Culminación de mi carrera profesional.

Rodríguez Herrera Robert Gibson
C.I: 0919362491

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
Índice de Figuras	xii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
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 Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
• 1.7.1 Justificación teórica	3
• 1.7.2 Justificación metodológica	3
• 1.7.3 Justificación práctica.....	4

- 1.8 Delimitación del contenido 4
- CAPÍTULO II 5
- MARCO TEÓRICO 5
- 2.1 Definición de manual..... 5
- 2.1 Tipos de manuales..... 5
- 2.1.1 Manual de organización..... 5
- 2.1.2 Manual de procedimientos 6
- 2.1.3 Manual de calidad 6
- 2.1.4 Manual de bienvenida 6
- 2.1.5 Manual de usuario..... 7
- 2.1.6 Manual departamental..... 7
- 2.1.7 Manual de finanzas 7
- 2.1.8 Manuales múltiples 7
- 2.1.9 Manuales de puesto..... 7
- 2.1.10 Manuales Técnicos..... 8
- 2.2 El Motor Diésel 8
- 2.3 Características del combustible 8
- 2.3.1 Poder calorífico 9
- 2.3.2 Punto de inflamación 9
- 2.3.3 Punto de autoinflamación 9
- 2.3.4 Índice de cetano 9
- 2.3.5 Densidad estable 9
- 2.3.6 Volatilidad 9
- 2.3.7 Viscosidad..... 10
- 2.3.8 Punto de congelación 10

- 2.3.9 Contenido en azufre 10
- 2.3.10 Residuos 10
- 2.4 Tipos de gasóleo comercializados 10
- 2.4.1 Gasóleo A 10
- 2.4.2 Gasóleo B..... 11
- 2.4.3 Gasóleo C..... 11
- 2.5 Principio de funcionamiento del motor diésel 11
- 2.6 Sistemas de inyección diésel 12
- 2.6.1 Inyección directa..... 14
- 2.6.2 Inyección indirecta..... 15
- 2.7 Características de la inyección 16
- 2.7.1 Elevada presión..... 17
- 2.7.2 Dosificación 17
- 2.7.3 Momento de inyección..... 18
- 2.7.4 Regulación 19
- 2.7.5 Temperatura del combustible..... 19
- 2.7.6 Distribución del combustible a cada cilindro 19
- 2.8 Clasificación de los sistemas de inyección diésel..... 20
- 2.8.1 Sistemas mecánicos 20
- 2.8.2 Bombas inyectoras en línea 20
- 2.8.3 Bombas inyectoras rotativas 21
- 2.8.4 Sistemas de control electrónico 22
- 2.8.5 Bombas inyectoras de control electrónico 23
- 2.8.6 Sistemas de conducto común (Common Rail)..... 24
- 2.8.7 Sistemas inyector bomba 25

- 2.8.8 Sistema bomba tubería inyector..... 26
- 2.9 Circuito de alimentación de los sistemas mecánicos 26
- 2.9.1 Depósito de combustible..... 26
- 2.9.2 Tuberías de baja presión 27
- 2.9.3 Filtros de combustible..... 27
- 2.9.4 Pre filtro 28
- 2.9.5 Impurezas del combustible 30
- 2.9.6 Filtros principales 30
- 2.9.7 Dispositivo de purgado 34
- 2.9.8 Proceso de purgado 35
- 2.10 Bomba de alimentación 36
- 2.10.1 Sistemas mecánicos..... 37
- 2.10.2 Sistemas de control electrónico..... 37
- 2.11 Calefactores de combustible 38
- 2.11.1 Calefactores eléctricos 38
- 2.12 Tuberías de alta presión 39
- 2.13 Inyectores mecánicos 40
- 2.13.1 Inyectores mecánicos de tetón. 42
- 2.13.2 Inyectores mecánicos de orificios 43
- 2.13.3 Inyector con estrangulamiento 44
- 2.13.4 Inyector de doble muelle 45
- 2.13.5 Comprobaciones en los inyectores..... 46
- 2.14 Dispositivo de precalentamiento..... 47
- 2.14.1 Funcionamiento del sistema 50
- 2.14.2 Estructura de un calentador 50

• 2.14.3 Comprobaciones en los calentadores	52
CAPÍTULO III	54
BOMBA DE INYECCIÓN EN LÍNEA TIPO PE DE SEIS ELEMENTOS.....	54
3.1 Constitución de la bomba en línea topo PE	54
3.2 Tipos de bombas lineales	54
• 3.2.1 Bomba de inyección en línea con válvula de corredera.....	54
• 3.2.2 Bomba de inyección en línea estándar PE	55
3.3 Circuito de combustible	55
• 3.4 Bombas de alimentación	57
• 3.4.1 Bomba de alimentación de diafragma	58
• 3.4.2 Bomba de alimentación de émbolo.....	59
• 3.5 Constitución de la bomba lineal tipo PE.....	61
3.6 Funcionamiento del elemento de bombeo.....	64
3.7 Formas de las levas	66
3.8 Válvula de presión	67
• 3.8.1 Funcionamiento de la válvula de presión	68
3.9 Estrangulador de retroceso	68
3.10 Funcionamiento de la regulación del caudal de combustible	69
3.11 Dispositivo de dosificación.....	71
• 3.13 Reguladores de velocidad	74
• 3.13.1 Reguladores de avance	81
CAPÍTULO IV.....	85
DESARROLLO DEL MANUAL DIDÁCTICO DE DESPIECE Y ARMADO DE LA BOMBA LINEAL DIÉSEL TIPO PE DE SEIS ELEMENTOS	85
4.1 Pasos Para el Despiece de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE	85

- 4.1.1 Reconocimiento de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE 85
- 4.1.2 Identificación de las placas de la bomba lineal diésel tipo PE 85
- 4.1.3 Reconocimiento y extracción de la bomba de alimentación..... 86
- 4.1.4 Identificación y extracción del regulador de velocidad de la bomba..... 87
- 4.1.5 Identificación y extracción de los porta plunger de la bomba lineal diésel tipo PE 88
- 4.1.1 Despiece de los elementos de la bomba lineal diésel tipo A 90
- 4.2 Análisis de los elementos de la Bomba lineal diésel tipo PE 90
- 4.3 Pasos para el armado de la bomba lineal diésel tipo PE..... 92
- 4.3.1 Instalación de los elevadores de los porta plunger de la bomba 92
- 4.3.2 Instalación de la tapa superior de la bomba de inyección..... 93
- 4.1.6 Instalación del regulador de velocidad de la bomba..... 93
- 4.1.7 Instalación de la bomba de alimentación 94
- CAPÍTULO V..... 96
- 5.1 CONCLUSIONES 96
- 5.2 RECOMENDACIONES..... 97
- BIBLIOGRAFÍA** 98

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional Sede Guayaquil (Google Maps).....	1
Figura 2. Esquema de los cuatro tiempos del motor diésel	12
Figura 3. Esquema de circuito de alimentación con bomba lineal y rotativa.	13
Figura 4. Esquema de inyección directa diésel.....	14
Figura 5. Inyección directa diésel con turbulencia	15
Figura 6. Cámara de precombustión.....	16
Figura 7. Cámara de turbulencia.	16
Figura 8. Dispositivo dosificador.	18
Figura 9. Momento de la inyección de combustible.....	18
Figura 10. Bomba lineal.	21
Figura 11. Bomba rotativa.	22
Figura 12. Bombas inyectoras con control electrónico.	23
Figura 13. Sistema ducto común.	24
Figura 14. Sistema inyector bomba.	25
Figura 15. Sistema bomba-tubería-inyector.	26
Figura 16. Depósito de combustible.	27
Figura 17. Filtro de combustible.	28
Figura 18. Pre filtro de combustible.	29
Figura 19. Esquema de pre filtrado.	29
Figura 20. Filtro sedimentador sencillo.	30
Figura 21. Filtro sedimentador con detector de agua.	31
Figura 22. Filtro con cartucho desmontable.	31
Figura 23. Filtro de papel diésel.	32
Figura 24. Filtro con sistema calentador de combustible.	33
Figura 25. Filtro con sistema de recalentamiento.	33
Figura 26. Perilla de goma.....	34
Figura 27. Disposición interna del filtro de combustible.	35
Figura 28. Pulsador de purgado.	35

Figura 29. Bomba de transferencia mecánica.....	37
Figura 30. Bomba de transferencia eléctrica.	37
Figura 31. Calefactor eléctrico de combustible.....	38
Figura 32. Esquema de filtro con lamina bimetálica.....	39
Figura 33. Tuberías de alta presión.	40
Figura 34. Inyectores mecánicos.	40
Figura 35. Esquema del inyector mecánico.....	41
Figura 36. Inyector de toma lateral.....	42
Figura 37. Inyector de tetón.....	43
Figura 38. Inyectores de orificios.	44
Figura 39. Inyector con estrangulamiento.	45
Figura 40. Fase de apertura del inyector de doble muelle.....	46
Figura 41. Comprobación de inyectores mecánicos.....	47
Figura 42. Dispositivo de calentamiento.	47
Figura 43. Cajetín de precalentamiento.....	48
Figura 44. Sistema de precalentamiento independiente de gestión del motor.....	49
Figura 45. Sistema de pre calentamiento integrado a la gestión del motor.	49
Figura 46. Estructura interna de un calentador.....	51
Figura 47. Estructura interna del calentador.....	52
Figura 48. Diferencias constructivas entre bombas lineales.....	55
Figura 49. Esquema de bombas lineales A: con válvula de descarga, B: estrangulador de descarga.	57
Figura 50. Bomba de diafragma.	58
Figura 51. Bomba de alimentación de embolo.	59
Figura 52. Bomba de alimentación de simple efecto.....	60
Figura 53. Bomba de alimentación de doble efecto.	61
Figura 54. Estructura de la bomba lineal.....	62
Figura 55. Disposición y funcionamiento del émbolo.....	63
Figura 56. Esquema del elemento de bombeo.....	64
Figura 57 Esquema del elemento de bombeo.....	65
Figura 58. Fase de funcionamiento del elemento de bombeo.	65

Figura 59. Forma de levas.	66
Figura 60. Estructura de la válvula de presión.	67
Figura 61. Estructura interna del estrangulador de retroceso.	69
Figura 62. Regulación de caudal de combustible.	69
Figura 63. Elemento de dosificación de combustible.	70
Figura 64. Fases de dosificación de combustible.	73
Figura 65. Esquema de lubricación de la bomba lineal.	74
Figura 66. Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima.	76
Figura 67. Esquema del regulador de máxima y mínima.	77
Figura 68. Funcionamiento del regulador por acción del conductor.	77
Figura 69. Descripción de los diferentes estados del motor.	78
Figura 70. Régimen de sobre revolución.	79
Figura 71. Esquema del Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades.	80
Figura 72. Variador de avance de contrapesos.	82
Figura 73. Variador de avance excéntrica.	83
Figura 74. Funcionamiento del variador de avance de excéntrica, a: ángulo de avance.	84
Figura 75. Bomba lineal tipo PE.	85
Figura 76. Placa de identificación de la bomba.	85
Figura 77. Identificación de la Bomba de Alimentación.	86
Figura 78. Extracción de la Bomba de Alimentación.	86
Figura 79. Despiece de la Bomba de Alimentación.	87
Figura 80. Identificación del Regulador de Velocidad de la Bomba.	88
Figura 81. Extracción del Regulador de Velocidad de la Bomba.	88
Figura 82. Reconocimiento de la tapa superior de la Bomba.	89
Figura 83. Reconocimiento de los porta plunger de la Bomba.	89
Figura 84. Extracción de los porta plunger de la Bomba.	89
Figura 85. Extracción de los porta plunger en forma ordenada.	90
Figura 86. Despiece de la bomba de inyección.	90
Figura 87. Despiece de la bomba de inyección.	91
Figura 88. Instalación de los porta plunger.	92
Figura 89. Instalación de los elevadores de los plunger.	93

Figura 90. Instalación de los elevadores de los plunger.....	93
Figura 91. Instalación del regulador de velocidad.....	94
Figura 92. Bomba de alimentación armada.....	95
Figura 93. Bomba de alimentación instalada.....	95

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador – Guayaquil, y el mismo tiene como objetivo principal elaborar un anual Didáctico De Despiece y Armado de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE de Seis Elementos, el mismo que se utilizará como guía de mucha relevancia en el proceso de enseñanza – aprendizaje en relacionados s los sistemas de inyección diésel.

El manual está diseñado de tal manera que es de fácil entendimiento y de mucha utilidad para el proceso de armado y despiece de las bombas lineales tipo PE, que se encuentran presentes sobre todo en la transportación pesada en lo referente al sector automotriz y además también se encuentran en el área marítima y en motores estacionarios utilizados en las industrias, en la generación de energía para empresas y en las centrales térmicas de energía de eléctrica.

Al contar con el presente manual que se utilizará como guía de enseñanza se suministrará un material de entrenamiento para estudiantes por parte de los docentes de la carrera de ingeniería automotriz para la explicación del funcionamiento de la bomba que se ha descrito.

ABSTRACT

The work was developed in the facilities of the Faculty of Automotive Engineering of the International University of Ecuador - Guayaquil, and the main objective is to prepare an annual Didactic and Cutting Dimensional Assembly of the Six-Element PE Linear Diesel Pump, the same which will be used as a guide of great relevance in the teaching - learning process in related diesel injection systems.

The manual is designed in such a way that it is easy to understand and very useful for the assembly and cutting process of linear pumps type PE, which are present especially in heavy transportation in relation to the automotive sector and also are also They are found in the maritime area and in stationary engines used in industries, in the generation of energy for companies and in thermal electric power plants.

By having this manual that will be used as a teaching guide will be provided a training material for students by teachers of the automotive engineering career for the explanation of the operation of the pump that has been described.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Definición del problema

El problema se centra en la necesidad de un manual o modelo didáctico de despiece y armado de la bomba diésel lineal tipo PE 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 los problemas comunes y cotidianos que se presentan en el sector automotriz sobre todo en vehículos de turismos y de carga pesada que en algunos de los casos están dotados de este tipo y modelo de bomba.

El desarrollo de este tipo de prácticas en los estudiantes les permitirá obtener mucha más experiencia en el campo a desempeñarse, 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).



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 PE de seis elementos?

1.4 Sistematización del problema

- ¿Cuál es la influencia 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 PE de seis elementos?
- ¿Qué instrumentos mecánicos se utilizarán para el desarrollo 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 PE 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 2019.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diseñar un manual didáctico de despiece y armado de la bomba lineal tipo PE de seis elementos.
- Demostrar el uso de las herramientas especiales para el proceso de despiece y armado de la bomba lineal tipo PE de seis elementos.

1.6 Hipótesis

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

1.7 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN 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 PE 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 PE de seis elementos y que sirvan de sustento para desarrollar el presente proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de manual

Un manual es un libro o folleto en el cual se recogen los aspectos básicos, esenciales de una materia. Así, los manuales nos permiten comprender mejor el funcionamiento de algo, o acceder, de manera ordenada y concisa, al conocimiento algún tema o materia¹.

Del mismo modo, hay manuales empleados para describir y explicar el funcionamiento de una empresa u organización (manual de procedimientos, de organización, de calidad, etc.), así como otro tipo de manuales, también relacionados con el campo organizacional, como los manuales de identidad corporativa, de convivencia o administrativos, entre otros.

2.1 Tipos de manuales

2.1.1 Manual de organización

El manual de organización es el documento en el cual son establecidas y precisadas las funciones del personal que conforma la estructura organizativa de una empresa. En este sentido, el manual de organización contiene una descripción clara y detallada de la estructura y de las unidades que integran una organización y todo lo relativo a sus responsabilidades, tareas, atribuciones, facultades y funciones. La finalidad del manual de organización es lograr que exista una adecuada correspondencia funcional entre los diferentes puestos de una estructura organizativa y sus tareas, responsabilidades y atribuciones.

¹ (<https://www.significados.com/manual/>, 2018)

2.1.2 Manual de procedimientos

El manual de procedimientos es un documento que contiene la descripción de las actividades que una empresa debe seguir para llevar a cabo sus tareas generales y cumplir con sus funciones. En él se recogen de manera detallada y descriptiva aspectos que van desde el orden secuencial de las actividades, hasta la sucesión de labores necesarias para la realización de un trabajo. Del mismo modo, comprende aspectos de índole práctica, como el uso de recursos (materiales, tecnológicos, financieros), y metodológica, como la aplicación de métodos de trabajo y de control más eficaces y eficientes. Los manuales de procedimientos, además, ayudan en la inducción de personal nuevo, describen las actividades de cada puesto, explican la relación con otras áreas asociadas, permiten una apropiada coordinación de actividades entre diferentes departamentos, etc. En definitiva, proporcionan una visión general de la empresa, sus actividades y sus funciones.

2.1.3 Manual de calidad

El manual de calidad es un documento donde las empresas realizan una exposición clara y precisa del conjunto de procedimientos a los cuales se ciñen para alcanzar ciertos estándares de calidad mediante la adopción de los lineamientos establecidos en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC). En él, son explicados los mecanismos de control y los objetivos de calidad que, por norma, persigue la compañía. Los estándares de calidad, por su parte, deben estar en consonancia con los procedimientos y requisitos exigidos por la norma ISO 9001, elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización, que data de 2008, y que precisamente pretende regularizar este aspecto.

2.1.4 Manual de bienvenida

El manual de bienvenida, también llamado manual de inducción, es el documento mediante el cual una empresa comunica a un trabajador toda la información relevante relacionada con la empresa: su historia, objetivo, valores, misión y visión, las características que la diferencian de otras empresas semejantes, los productos o servicios que produce o comercializa. Además, ofrece otros datos de importancia, como un organigrama de la empresa, las funciones de cada cargo y los contactos de otros departamentos. Debe estar escrito en un lenguaje simple, claro y explícito, pues toda la

información allí vertida, como política laboral, prevención de riesgos y recomendaciones sobre la conducta, tiene un valor contractual.

2.1.5 Manual de usuario

Como manual de usuario se conoce el libro o folleto que contiene un conjunto de informaciones, instrucciones y advertencias relacionado con el de uso de un determinado producto o servicio. Se vale de un lenguaje simple, y emplea textos, imágenes, diagramas y esquemas. En ellos son detalladas y explicadas las funciones y las opciones disponibles del aparato. Los manuales de usuario son comunes, sobre todo, en electrodomésticos o dispositivos electrónicos, como teléfonos celulares, tablets, microondas, televisores, etc.

2.1.6 Manual departamental

Dichos manuales, en cierta forma, legislan el modo en que deben ser llevadas a cabo las actividades realizadas por el personal. Las normas están dirigidas al personal en forma diferencial según el departamento al que se pertenece y el rol que cumple.

2.1.7 Manual de finanzas

Tiene como finalidad verificar la administración de todos los bienes que pertenecen a la empresa. Esta responsabilidad está a cargo del tesorero y el controlador.²

2.1.8 Manuales múltiples

Estos manuales están diseñados para exponer distintas cuestiones, como por ejemplo normas de la empresa, más bien generales o explicar la organización de la empresa, siempre expresándose en forma clara.

2.1.9 Manuales de puesto

Determinan específicamente cuales son las características y responsabilidades a las que se acceden en un puesto preciso.

² (<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n3/rus38317.pdf>, 2017)

2.1.10 Manuales Técnicos

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.³

2.2 El Motor Diésel

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por la autoignición 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. 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 Diesel en 1892.

2.3 Características del combustible

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 160⁰ y 390⁰. Las características que definen el gasoil son las siguientes: (Pérez, 2013)

³ (http://manualtecnico.blogspot.com/2011/08/concepto_21.html, 2011)

2.3.1 Poder calorífico

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

2.3.2 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 55⁰ y los 60⁰, para que no presente problemas durante su manipulación.

2.3.3 Punto de autoinflamación

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 220⁰.

2.3.4 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.

2.3.5 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 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.

2.3.6 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.

2.3.7 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.

2.3.8 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 -30° , siendo para ello aditivados adecuadamente.

2.3.9 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.

2.3.10 Residuos

El combustible debe poseer la menor cantidad de residuos y agua posible. Los primeros son muy abrasivos, al contener arena, mientras que el agua, además de favorecer la corrosión, puede producir problemas de combustión.

2.4 Tipos de gasóleo comercializados

2.4.1 Gasóleo A

Es el denominado de automoción destinado a alimentar a los vehículos de transporte de pasajeros y mercancías (turismos, autobuses y camiones), así como a maquinaria pesada, propulsados por motores diésel. Desde hace unos años existen en el mercado gasóleos de mejor calidad (así como mayor precio), con menor contenido en azufre, para no interferir en el funcionamiento de los filtros de partículas. También disponen de otros aditivos que

mejoran el funcionamiento del motor. Su densidad es de 0,845 kg/litro, a 15°C de temperatura. Por tanto, el gasóleo A se comercializa en dos versiones, según la cantidad de azufre que contengan, siendo el más caro el de menor contenido de dicha sustancia.

2.4.2 Gasóleo B

Es un gasóleo de similares características al de tipo A, pero con un colorante específico de color rojo, fácilmente detectable por las autoridades, para que solo sea empleado en vehículos agrícolas y estacionarios. De ahí que también sea conocido como gasóleo agrícola. Su precio de venta es inferior al de tipo A, en torno a un 30%, dado que está gravado con menos impuestos que este último. Su calidad es idéntica, puesto que también se emplea en motores diésel de última generación, que se utilizan en tractores, cosechadoras, etc. Su densidad es superior a la del tipo A, siendo de 0,855 kg/litro, a 15°C de temperatura

2.4.3 Gasóleo C

También conocido como gasóleo de calefacción, puesto que está destinado a su empleo en calderas y otras aplicaciones similares como combustible, siendo su precio muy similar al de tipo B. Dados sus menores requerimientos, su empleo en motores no está aconsejado, al ser de menor calidad que los de tipo A y B. Además de estar menos filtrado, poseyendo por tanto más impurezas, su poder calorífico es ligeramente menor. No está adaptado, en definitiva, para su utilización como combustible en motores diésel. Su densidad es de 0,855 kg/litro, a 15°C de temperatura.

2.5 Principio de funcionamiento del motor diésel

La estructura del motor diésel es similar a la del motor otto, aunque en los motores diésel primero penetra el aire en los cilindros y se comprime, y posteriormente entra el combustible. Por tanto, la mezcla se forma en el interior del cilindro. (Sánchez, Sistemas auxiliares del motor, 2013)

El aire introducido en el cilindro se comprime fuertemente en la fase de compresión, alcanzando temperaturas superiores a los 600 °C. En esta masa de aire caliente se inyecta el combustible finamente pulverizado a alta presión. El combustible se enciende espontáneamente por la elevada temperatura del aire, mientras que una vez iniciado el proceso de la combustión se ve favorecido por la gran cantidad de oxígeno que se encuentra alrededor de cada una de las gotas inyectadas. El ciclo del motor diésel de cuatro tiempos es el siguiente (Figura 2):

- **Admisión.** La válvula de aspiración está abierta y la de expulsión cerrada. El recorrido del pistón desde el PMS al PMI permite el llenado del cilindro con aire limpio y filtrado.
- **Compresión.** El pistón vuelve a subir del PMI al PMS, con las válvulas cerradas. El aire contenido en el cilindro se comprime en la cámara de combustión. El aire se calienta hasta alcanzar los 500 y 750 °C cerca del PMS.
- **Inyección-combustión y expansión.** Poco antes del PMS el inyector introduce en el cilindro el gasóleo finamente pulverizado, a la presión de la bomba de inyección. El gasóleo se enciende, provocando aumento de la temperatura y de la presión, empujando el pistón hacia el PMI.
- **Escape.** Poco antes de terminar el tiempo de expansión, la válvula de escape se abre para expulsar los residuos de la combustión, gracias a que la presión residual es superior a la atmosférica.

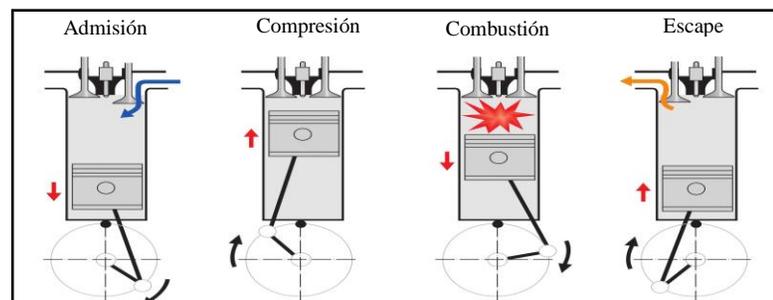


Figura 2. Esquema de los cuatro tiempos del motor diésel (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

2.6 Sistemas de inyección diésel

El sistema de inyección se encarga de suministrar al inyector el caudal necesario de combustible en cada carrera de trabajo, haciéndolo a gran presión y a una posición exacta

del cigüeñal. El inyector asegura una fina pulverización del combustible en la cámara de combustión.

Por otra parte, la bomba de inyección debe cumplir las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Dosificación exacta del combustible.
- Distribución del mismo caudal de combustible para cada cilindro de motor por embolada.
- Rapidez de actuación tanto en el suministro como en el corte de combustible.
- Inyección en el instante preciso.

Existen principalmente dos tipos de sistemas de inyección diésel dependiendo de la disposición de los elementos de bombeo y la forma de realizar la distribución del combustible sobre los inyectores (Figura 3):

- A. Circuito de inyección con bomba lineal: Constituido por una bomba de gran tamaño y peso, pero de gran rendimiento mecánico.
- B. Circuito de inyección con bomba rotativa: Implantado en motores diésel de marcha rápida. Su instalación de inyección es de poco peso y de reducidas dimensiones de montaje.

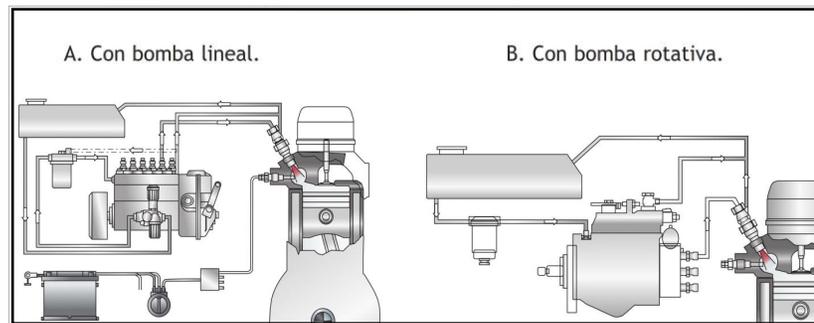


Figura 3. Esquema de circuito de alimentación con bomba lineal y rotativa. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

Las cámaras de combustión se dividen en dos grandes categorías según se introduzca el combustible:

- **En motores de inyección directa.** - El combustible se introduce directamente en el interior del cilindro.
- **En motores de inyección indirecta.** - El combustible se introduce en una cámara separada de elevada turbulencia comunicada con el cilindro a través de un paso de dimensiones reducidas.

2.6.1 Inyección directa

En este tipo de inyección, el inyector se encuentra situado en la culata del cilindro y presenta algunos orificios periféricos (hasta 8 en los grandes motores) de pequeño diámetro (0,15 mm) que aseguran una buena pulverización y penetración. Su punta se sitúa directamente en el cilindro sobre la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón. La presión de inyección está entre 240 y 260 bar aproximadamente.

En estas cámaras el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión situada sobre la cabeza del pistón (figura 4). Por esta razón, la pulverización, calentamiento, mezcla con el aire del combustible y combustión tienen que tener lugar consecutivamente en muy poco tiempo, desarrollándose directamente en el cilindro y, por ello, es necesario una presión de inyección mucho más elevada que en el motor con precámara.

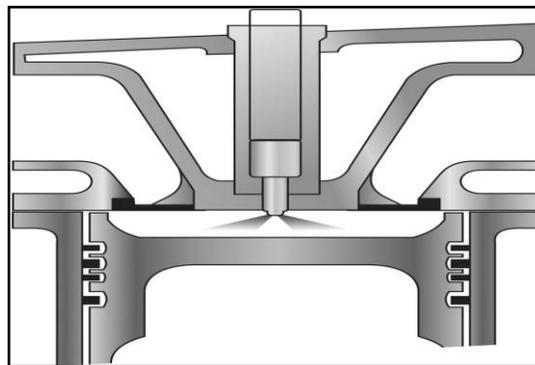


Figura 4. Esquema de inyección directa diésel. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

En algunos tipos de cámara se genera durante la admisión y compresión un remolino de aire (figura 5). Al final del tiempo de compresión el combustible se inyecta a una alta presión en el remolino de aire.

La ventaja principal de la inyección directa consiste en un consumo de hasta el 20% menor de combustible. Por contra, la combustión resulta un poco brusca y violenta, confiriendo a los motores diésel de este tipo un alto nivel de ruidos y un funcionamiento tosco.

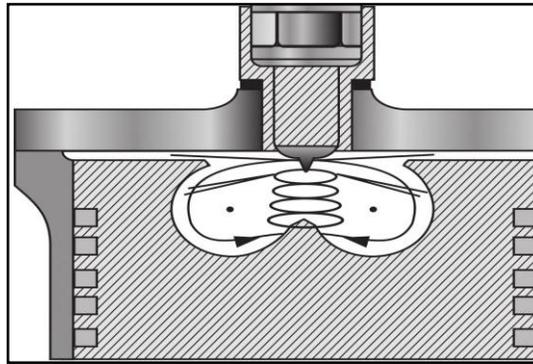


Figura 5. Inyección directa diésel con turbulencia (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

2.6.2 Inyección indirecta

El inyector tiene un único orificio central de diámetro relativamente grande que se abre a una presión de entre 120 y 160 bar. Su punta no está en el cilindro, sino en el interior de una precámara situada en la culata. La precámara está en comunicación con la cámara principal del cilindro por medio de un estrecho conducto tangencial. Para que el motor funcione es necesario que la precámara esté caliente. Por este motivo para el arranque en frío el motor de inyección indirecta precisa la bujía de incandescencia, comúnmente llamada bujía de precalentamiento. Existen dos tipos de precámaras: cámara de pre combustión y cámara de turbulencia.

- **Cámara de pre combustión.** - Se inyecta el combustible en una antecámara situada en la culata (figura 6). En este lugar, el combustible incide en una superficie de choque, por lo que este se mezcla totalmente con el aire. En esta antecámara tiene lugar una pre combustión, que provoca turbulencia. Esta empuja la mezcla de combustible-aire hacia la cámara principal de combustión a través de unos orificios calibrados y orientados hacia la cabeza del pistón. En este lugar se produce y concluye la combustión. El tipo de combustión que se produce en esta cámara se distingue por ser suave y con poco ruido.

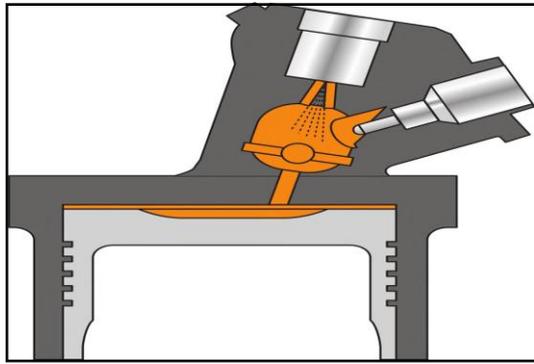


Figura 6. Cámara de precombustión. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- Cámara de turbulencia.** - En esta cámara la combustión se inicia en una precámara llamada de turbulencia y finaliza en la cámara principal (figura 7). Ambas cámaras se encuentran unidas por un canal de sección relativamente grande. Durante el tiempo de compresión el aire circula por este canal formándose en la cámara de turbulencia un remolino de aire sobre el que se inyecta la cantidad exacta de combustible. Al comenzar la combustión, la mezcla de combustible-aire es empujada hacia la cámara principal de combustión, donde se produce y concluye la misma.

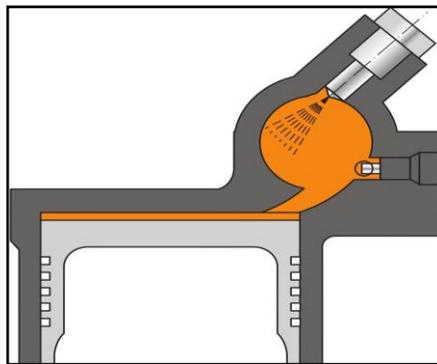


Figura 7. Cámara de turbulencia. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

2.7 Características de la inyección

Al abordar el estudio del ciclo de funcionamiento de los motores diésel, se observa que el aporte de combustible se lleva a cabo mediante un inyector, bien directamente en la propia cámara de combustión, dando lugar a la denominada inyección directa, bien en una precámara, conociéndose en este caso como inyección indirecta. En cualquier caso,

el aporte de combustible debe reunir unas determinadas características que se detallan a continuación:

2.7.1 Elevada presión

Es necesaria para hacer frente a la ya de por sí elevada presión existente en la cavidad volumétrica, producida por la compresión del aire al subir el pistón hacia el PMS, de tal forma que se le transmita al combustible la suficiente energía cinética como para introducirse a fondo en la masa de aire comprimida. La presión del aire oscila entre los 35 y los 70 bares, por lo que la presión de inyección debe estar muy por encima.

En motores atmosféricos de inyección directa, la presión de inyección ha de estar por encima de los 200 bares, mientras que en los de inyección indirecta, dicho valor disminuye hasta los 120 bares (de mínimo), debido a las particularidades del ciclo, en cuanto al desarrollo de la combustión. Esto se lleva a cabo con el sistema de presión, propio de cada sistema de inyección, denominado **elemento de bombeo**. En los sistemas más modernos, la presión supera los 2000 bares.

2.7.2 Dosificación

En los motores diésel, como es sabido, el control de la carga se lleva a cabo mediante la cantidad de combustible aportado, a diferencia de los de gasolina, en los que se controla la cantidad de mezcla. Es decir, en estos últimos también se controla la cantidad de aire que pasa al motor, al ir este mezclado con la gasolina. Por tanto, el aporte de combustible a través de los inyectores se ha de realizar de forma total y perfectamente controlada, ya que cuanto más combustible se aporte, mayor será el par generado (siempre y cuando haya suficiente aire para quemarlo), y mayor será por tanto la velocidad de giro del motor. El control y ajuste de la cantidad de combustible aportado se lleva a cabo de múltiples formas, en función del sistema de inyección empleado, si bien depende sobre todo de la posición del acelerador (Figura 8). Ha de emplearse por tanto un dispositivo de dosificación.

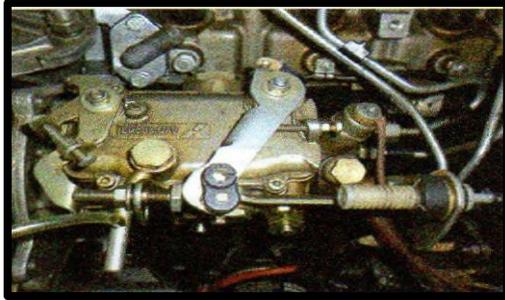


Figura 8. Dispositivo dosificador. (Pérez, 2013)

2.7.3 Momento de inyección

El combustible debe aportarse exactamente en el momento adecuado, es decir, con el avance a la inyección, respecto al PMS, que requieran las condiciones de funcionamiento del motor (Figura 9). Ha de tenerse presente que cuanto más combustible se inyecte en el motor, más tiempo tardará en quemarse, por lo que mayor habrá de ser el avance a la inyección, para así contrarrestar el aumento de volumen producido por el desplazamiento del pistón, y su consecuente disminución de presión. Viene siendo del orden de la mitad que el avance al encendido de los motores Otto, ya que la combustión en sí es mucho más rápida que en estos últimos. No debe confundirse este punto con la fase conjunta de aportación del combustible, mezclado con el aire, cesión de temperatura de este último al gasóleo y posterior combustión, en cuyo caso, como conjunto, el tiempo se incrementa considerablemente.

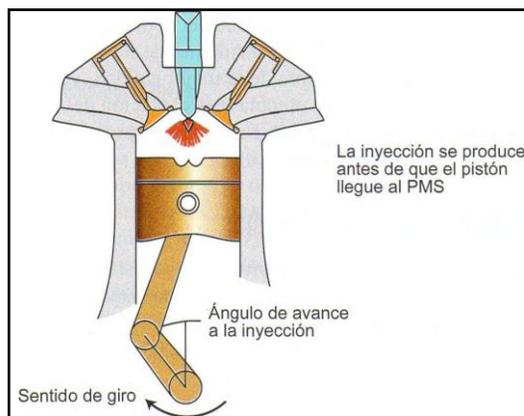


Figura 9. Momento de la inyección de combustible (Pérez, 2013)

Para ello se disponen mecanismos variadores de avance en los sistemas de inyección mecánicos. Juega también un papel decisivo en este caso el punto de inflamación del combustible, ya que cuanto más alto sea, mayor habrá de ser el avance a la inyección. No obstante, las similares características de todos los combustibles,

sometidas al control de la legislación, hacen que este punto no varíe. Sí se pueden presentar problemas cuando se reposta combustible de mala calidad, como el que se encuentra en muchos países subdesarrollados. En los sistemas de control electrónico, es la centralita la que lo determina, según la ley de gestión o programación de la misma.

2.7.4 Regulación

Consiste en adecuar el caudal de suministro aportado a las diferentes condiciones de funcionamiento del motor, independientemente de la posición del acelerador, especialmente a ralentí y régimen máximo. Se trata así de evitar que se produzca una distorsión entre el régimen de giro y la cantidad de combustible aportado, de tal forma que el funcionamiento del motor sea lo más uniforme posible. En las bombas de inyección mecánicas se utiliza para ello el llamado regulador de velocidad. En los sistemas de control electrónico, es la propia centralita la que cumple dicha función.

2.7.5 Temperatura del combustible

Su influencia en la dosificación es decisiva, ya que ésta siempre se lleva a cabo midiendo el volumen estimado de combustible, por lo que las variaciones de temperatura influyen sobre la densidad, y ésta sobre la masa, para un mismo volumen. Se disponen para ello, tanto calefactores como refrigeradores, para así mantener en un margen estable la temperatura del gasoil.

2.7.6 Distribución del combustible a cada cilindro

La inyección no solo se ha de producir en el momento adecuado, en función del avance a la inyección, sino que también se ha de producir en el cilindro en el que se esté acabando de efectuar el tiempo de compresión, siempre en función del orden de inyección. En las bombas rotativas se dispone para ello un distribuidor rotativo, también denominado cabezal hidráulico. En las bombas en línea y en los sistemas inyector bomba, al disponer de un elemento de bombeo para cada cilindro, este requisito se cumple automáticamente. En los sistemas de conducto común es la centralita la que establece el orden de inyección, adecuado lógicamente al del propio motor, el cual depende, como es sabido, del árbol de

levas, la disposición de los cilindros en el motor y el calado de las muñequillas en el cigüeñal.

2.8 Clasificación de los sistemas de inyección diésel

Los sistemas de inyección se pueden agrupar en función de diversas variables, indicándose a continuación la forma de clasificarlos más extendida.

2.8.1 Sistemas mecánicos

Son aquellos en los que se incluyen las bombas de inyección que no disponen de ningún tipo de control electrónico. También se incluye en este grupo a las bombas mecánicas en las que el sistema de detención del motor es de tipo eléctrico, sirviéndose de la llamada electroválvula de parada, pudiendo también disponer de un sistema electrónico antirrobo, que actúa precisamente sobre dicha electroválvula.

El accionamiento de las bombas se lleva a cabo, generalmente, mediante el mecanismo de mando de la distribución, siendo accionadas por la propia correa o cadena de la distribución, en algún caso mediante un sistema desdoblado (a través de una correa específica desde el propio árbol de levas). En vehículos industriales, en los que se suele utilizar un sistema de mando de la distribución mediante un tren de engranajes, se dispone uno de estos para su accionamiento. A su vez, cabe distinguir estos sistemas de inyección, en función del tipo de bomba inyectora empleado.

2.8.2 Bombas inyectoras en línea

En ellas se dispone un elemento de bombeo para cada cilindro (Figura 10). En cada uno de estos elementos se producen, tanto la dosificación como el incremento de presión del combustible. En los últimos años, su uso quedó reducido a los vehículos industriales (aunque algún turismo de alta gama la incorporaba hasta principios de los años 90), en los que el empleo de la inyección directa precisa de elevadas presiones de inyección, tal y como este sistema es capaz de proporcionar, muy superiores a las de las bombas rotativas tradicionales.

Destaca además por la posibilidad de ajuste del caudal de forma individual para cada cilindro, dotando al sistema de una gran precisión. Por otra parte, se caracterizan por su robustez, fiabilidad y longevidad, sobre todo por emplear un elemento de bombeo para cada cilindro. Como inconvenientes reseñar su 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).

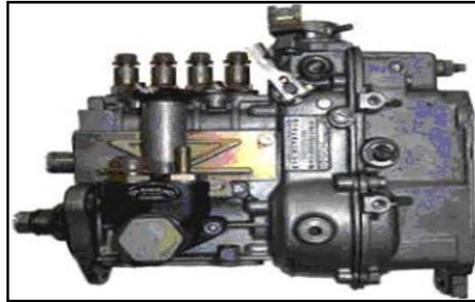


Figura 10. Bomba lineal. (Pérez, 2013)

Las bombas lineales, frente a los más modernos sistemas de control electrónico, poseen menor 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. No obstante, han existido bombas lineales de control electrónico, con mejores resultados en cuanto a precisión.

2.8.3 Bombas inyectoras rotativas

Son aquellas en las que se dispone un único elemento de bombeo para todos los cilindros, repartiéndose, en una fase posterior, a cada uno de ellos, según el orden de inyección, mediante un distribuidor rotativo o cabezal hidráulico (Figura 11). El sistema de dosificación también es común para todos los cilindros, al actuar sobre el volumen de combustible en el elemento de bombeo. Este tipo de bombas es más apropiado para motores de turismo, dado el alto régimen de giro de los mismos, respecto a los motores de vehículos industriales. Ello es debido a su mayor facilidad para girar a altas revoluciones, dada su mayor compacidad.

A su vez, cabe distinguir dos tipos de bombas rotativas, según la disposición de sus elementos de bombeo:

- **Bombas de émbolo axial.** En las que el émbolo del elemento de bombeo, encargado de someter a presión al combustible, se desplaza en el mismo eje que la bomba, siendo por tanto ambos concéntricos. Es el sistema utilizado por las bombas Bosch VE. Es el sistema que permite un mejor control de la dosificación y el avance.
- **Bombas de émbolos radiales.** Son aquellas en las que el elemento de bombeo está formado por dos, tres o cuatro émbolos dispuestos radialmente, cuyo desplazamiento es perpendicular al eje de giro de la bomba. Están dispuestos, por tanto, de forma radial. Es el sistema utilizado por las bombas Lucas CAV, aunque Bosch también ha utilizado dicha disposición, en las denominadas VR, menos utilizadas que las de émbolo axial, tipo VE.

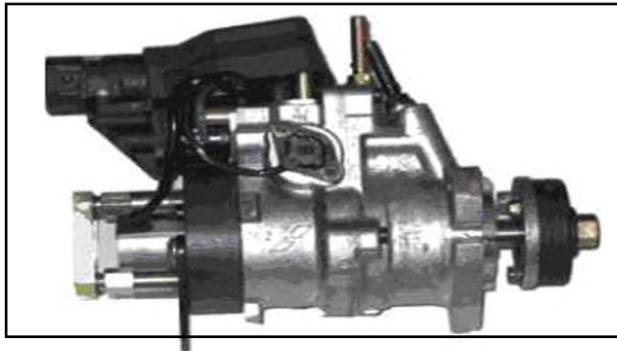


Figura 11. Bomba rotativa. (Pérez, 2013)

Las presiones de inyección obtenidas en las bombas rotativas son menores que en las bombas lineales, sobre todo por las pérdidas que se producen en el distribuidor rotativo. Las bombas rotativas de última generación, dotadas de control electrónico, consiguen presiones, prácticamente tan elevadas como las de las bombas lineales.

2.8.4 Sistemas de control electrónico

Son los sistemas en los que el control de las diversas variables (en algunos casos, no todas) a que está sometido el combustible se lleva a cabo mediante una centralita de gestión, a partir de la información emitida por unos sensores o captadores (parámetros de entrada), contrastada con su programación (ley de gestión del motor), elaborándose unas órdenes de salida para los diversos actuadores. Cabe también clasificarlos a su vez, en las siguientes variantes.

2.8.5 Bombas inyectoras de control electrónico

En este sistema se parte de una bomba mecánica, tanto rotativa como lineal, en la que el control de la dosificación, el regulador y el avance a la inyección se llevan a cabo por parte de una centralita (Figura 12). Para ello, gestiona la alimentación de los actuadores a partir de la información emitida por los captadores o sensores. El resto de los sistemas de la bomba, tanto el(los) elemento(s) de bombeo, como el distribuidor rotativo o cabezal hidráulico (en las rotativas), el circuito de baja presión, etc., permanecen apenas invariables respecto a la bomba mecánica. Cabe a su vez distinguir dos tipos de bombas, en función del control que efectúan sobre la dosificación.

- **Bombas con dosificación electromecánica.** Son aquellas en las que la dosificación conserva el dispositivo empleado en la bomba mecánica de la que deriva, pero gobernado por un actuador. Se les denomina de igual modo que la bomba mecánica de la que derivan, pero con el añadido EDC (*.Electronic Diesel Control*). A su vez, pueden ser lineales o rotativas. De la bomba original, únicamente conservan los dispositivos de bombeo y distribución de combustible. Pueden ser lineales o rotativas.
- **Bombas con dosificación por electroválvula.** En este caso, la dosificación queda a cargo de una electroválvula accionada por una corriente de Dwell variable. El tiempo de cierre de la electroválvula determina el caudal inyectado. Bosch las denomina con las siglas VP, y una de sus particularidades es que permite efectuar una fase de preinyección, separada de la inyección principal. Esta disposición se ha aplicado, tan solo, a las bombas de tipo rotativo.



Figura 12. Bombas inyectoras con control electrónico. (Pérez, 2013)

2.8.6 Sistemas de conducto común (Common Rail)

Su estructura de funcionamiento es similar a la de un sistema de inyección electrónica de gasolina, puesto que el control de los tiempos de apertura de los inyectores influye, aunque en menor medida, en la dosificación (Figura 13). Asimismo, a diferencia de los sistemas de gasolina, la presión, además de ser considerablemente más alta (hasta 2000 bares, en comparación con los 3 bares de los sistemas de inyección indirecta para motores de gasolina), varía en función de las circunstancias de funcionamiento del motor, siendo más elevada cuanto mayor es el régimen. De esta forma, la combinación del tiempo de apertura del inyector y la presión del combustible determina la dosificación del mismo y por tanto, el nivel de carga. El accionamiento de estos inyectores es electromagnético o piezoeléctrico.

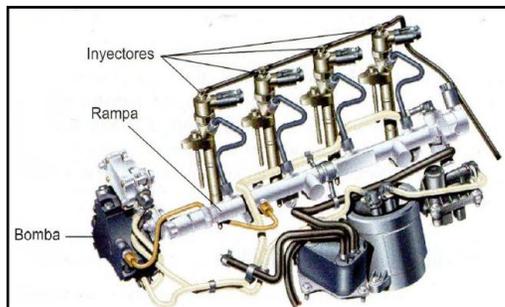


Figura 13. Sistema ducto común. (Pérez, 2013)

Básicamente, está constituido por un acumulador de combustible a presión (conducto común), que alimenta, sin apenas oscilaciones en la misma, a los inyectores (uno para cada cilindro). Para conseguir mantener el combustible a presión, el sistema dispone de una bomba de alta presión y un regulador de presión de alta sensibilidad y precisión. Ello proporciona la mejor calidad del sistema, que es la independencia total de la presión de inyección, frente a las condiciones de funcionamiento del motor. Los restantes sistemas requieren de altas cargas y regímenes de giro para conseguir elevadas presiones.

Se consigue así una precisión muy elevada en la dosificación, con la que se puede hacer frente a la cada vez más restrictiva normativa anticontaminación. A ello también contribuye decisivamente la posibilidad de realizar múltiples inyecciones en un mismo ciclo (hasta 5). Como inconvenientes cabe destacar su mayor complejidad y menor

fiabilidad frente a los sistemas mecánicos. No obstante, es con diferencia, el sistema más usado en la actualidad.

2.8.7 Sistemas inyector bomba

Aunque también han existido sistemas de este tipo sin control electrónico, siendo puramente mecánicos, este sistema es actualizado y se utiliza más, sobre todo en vehículos industriales, básicamente, consiste en disponer un elemento de bombeo para cada cilindro, integrado conjuntamente con su respectivo inyector, situándose por tanto en la culata. El accionamiento del elemento de bombeo lo lleva a cabo el propio árbol de levas del sistema de distribución del motor, a través de unas levas específicas. El control del avance a la inyección, así como la dosificación, se llevan a cabo de modo electrónico.

Estos sistemas son los que consiguen las presiones más elevadas (hasta 2200 bares), permitiendo también efectuar una preinyección e, incluso, en sistemas de última generación (de mando piezoeléctrico), una post inyección. Como inconvenientes, señalar su ruido de funcionamiento, así como el menor control de la presión, frente a los sistemas de conducto común (Figura14).



Figura 14. Sistema inyector bomba. (Pérez, 2013)

Uno de los mayores inconvenientes del sistema inyector bomba es la laboriosidad de diseño y fabricación de la culata, especialmente en los motores multiválvulas. Por supuesto, el motor ha de disponer de un sistema de distribución OHC, para que el árbol de levas pueda accionar los elementos de bombeo.

2.8.8 Sistema bomba tubería inyector

Es un sistema similar al inyector bomba, utilizado en vehículos industriales, en los que se hace necesario intercalar una tubería de alta presión entre el inyector y el elemento de bombeo, al tener que ubicarse este último, forzosamente, en el bloque, dada la disposición en este tipo de motores del árbol de levas en el bloque. Por lo demás, las características son similares, adaptadas eso sí, a las particularidades de este tipo de motores. Así por ejemplo, en estos sistemas se prescinde de la preinyección, a diferencia de los turismos, en los que las emisiones acústicas han de ser mucho menores (Figura 15).

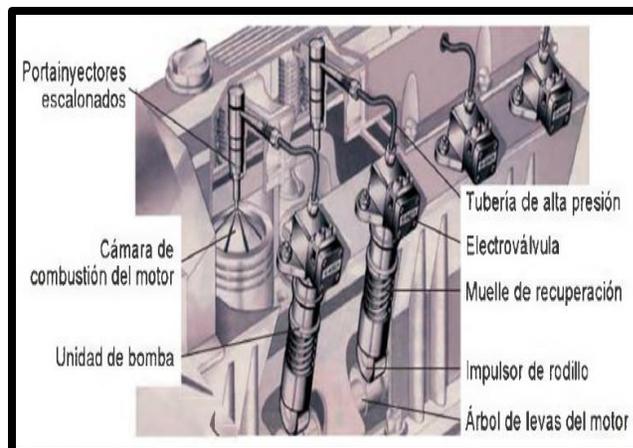


Figura 15. Sistema bomba-tubería-inyector. (Pérez, 2013)

2.9 Circuito de alimentación de los sistemas mecánicos

En este circuito se incluye el conocido como circuito de baja presión, que se encarga de transportar el combustible contenido en el depósito hasta la bomba inyectora. También se incluye a las tuberías de alta presión que conducen el gasoil, ya dosificado y a presión, hacia los inyectores, a los que también cabe incluir.

2.9.1 Depósito de combustible

Similar a los utilizados en los sistemas de inyección para motores de gasolina, con la salvedad de que prescinden del cánister, o dispositivo de regeneración de los vapores de combustible, dada la menor volatilidad del gasóleo. También monta un conjunto válvula de aireación con dispositivo anti derramamiento del combustible en caso de vuelco (Figuras 16).

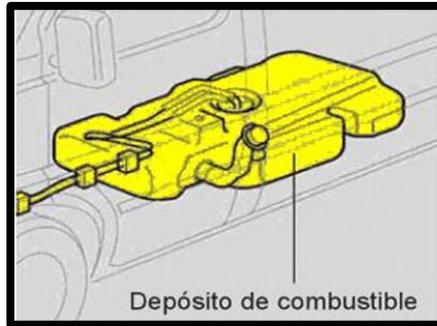


Figura 16. Depósito de combustible. (Pérez, 2013)

2.9.2 Tuberías de baja presión

Son las encargadas de conducir el gasóleo desde el depósito hasta la bomba inyectora o la bomba de alta presión, así como de recoger el sobrante y hacerlo retornar al depósito. Están formadas por tramos rígidos, construidos en latón o PVC, y por tramos elásticos, constituidos por manguitos de caucho o PVC, con un revestimiento especial para que el combustible no lo descomponga, así como un trenzado de nylon o alambre, para dotarlos de robustez. En los extremos disponen de terminales engarzados con forma cilíndrica, en cuyas caras se disponen juntas de aluminio o cobre, para así dotar de estanqueidad a la conexión.

Los manguitos de retorno, dada su menor presión de trabajo, están constituidos en sus primeros tramos por tuberías plásticas, encajadas a presión en los terminales de los inyectores. Cabe la excepción de los sistemas de conducto común, en los que el retorno está presurizado. Cuando se unifican todos los retornos en un solo conducto, por el que el combustible vuelve hacia el depósito, la disposición es similar a la de los conductos de alimentación, disponiendo de tramos flexibles y rígidos.

2.9.3 Filtros de combustible

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. Según la forma de aplicación se distinguen por ello filtros simples, filtros múltiples y filtros paralelos, respectivamente con o sin acumulador de agua (figura 17).



Figura 17. Filtro de combustible. (Pérez, 2013)

Por otra parte, el filtrado se puede realizar en varias fases, pudiéndose clasificar en dos categorías:

- **Prefiltros.** - Se encuentran situados entre el depósito y la bomba de alimentación de combustible.
- **Filtros principales.** - Situados entre la bomba de alimentación y la bomba de inyección.

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.

2.9.4 Pre filtro

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

En algunos casos el pre filtro y la bomba forman parte de un mismo conjunto (figura18). El funcionamiento del pre filtro se basa en recoger el gasóleo que proviene del depósito y hacerlo pasar por un elemento filtrante de malla metálica situado dentro del depósito en la tubería de aspiración, antes de ser enviado a la bomba de alimentación sin restos de impurezas.

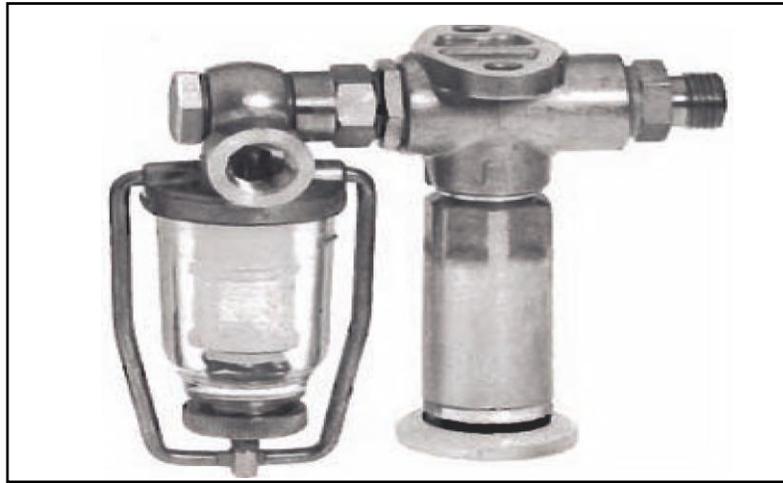


Figura 18. Pre filtro de combustible. (Pérez, 2013)

Un segundo paso de pre filtrado se realiza situando un pre filtro a la entrada de la bomba de alimentación, donde la cubeta va recogiendo las impurezas gracias a que el muelle mantiene abierta la válvula. Para eliminar las impurezas basta con desenroscar la cubeta, momento en que la válvula cae sobre su asiento (figura 19).

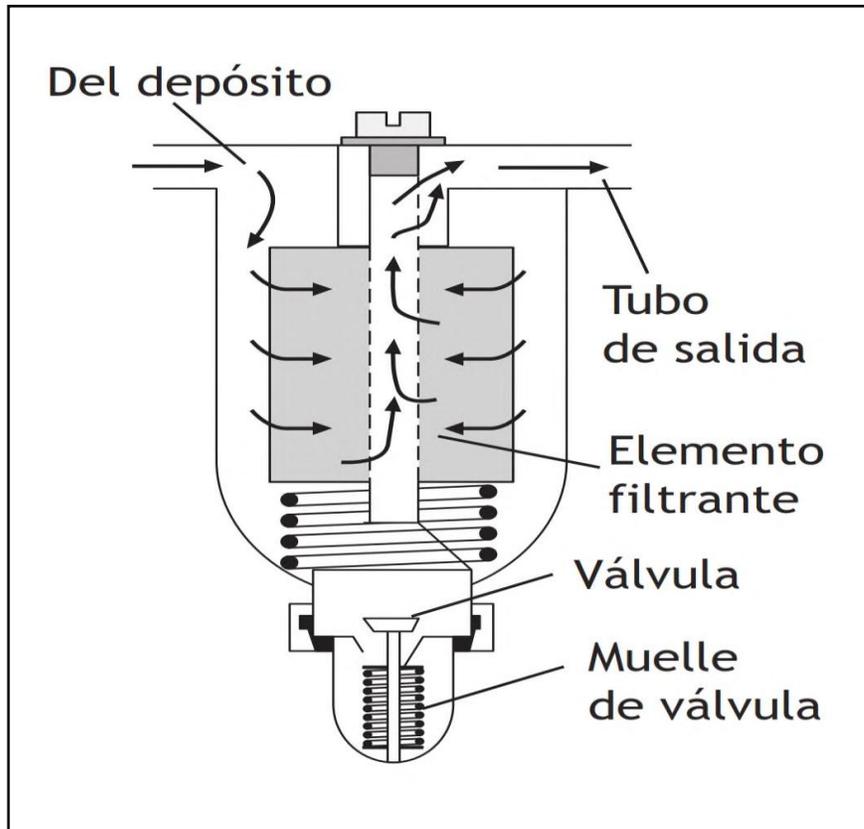


Figura 19. Esquema de pre filtrado. (Pérez, 2013)

2.9.5 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.

2.9.6 Filtros principales

Los filtros principales tienen la finalidad de proteger a la bomba de inyección e inyectores de posibles impurezas de pequeño tamaño. Existen diversos tipos de filtros principales:

- **Filtro sedimentador:** Estos filtros cuentan en su parte inferior con una copa transparente de decantación donde se recoge el agua (figura 20), o disponen de un dispositivo electrónico de señalización de presencia de agua, que ilumina un testigo luminoso en el salpicadero que indica la necesidad de eliminar la condensación. Conviene recordar que el agua de condensación, presente a menudo en el gasóleo, puede oxidar la bomba de inyección y los inyectores.

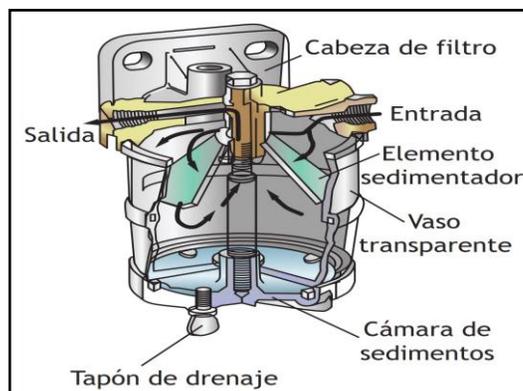


Figura 20. Filtro sedimentador sencillo. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

El funcionamiento del filtro con dispositivo eléctrico (figura 21) se basa en que al establecer el contacto el módulo electrónico de mando envía una tensión a una de las

dos varillas de contacto (3). Como las varillas de contacto quedan sumergidas en el carburante, la lámpara testigo no se enciende ya que su conductibilidad es débil. Pasado cierto tiempo de funcionamiento durante el cual el nivel de agua (4) aumenta, se establece el contacto eléctrico entre las dos varillas (3). La lámpara testigo se ilumina, siendo necesaria la purga del decantador. Para la purga se presionará la válvula (5) hasta que el carburante salga sin presencia de agua.

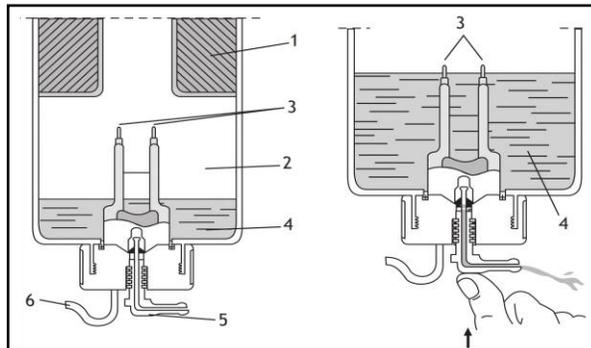


Figura 21. Filtro sedimentador con detector de agua. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- **Filtro desmontable con cartucho filtrante:** Estos filtros están formados por una carcasa o cuerpo desmontable (figura 22), en cuyo interior se aloja un elemento filtrante a base de papel poroso con forma de fuelle. La carcasa se une a la tapa soporte por medio de un tornillo de fijación. El conjunto es estanco por medio del anillo de junta o sello. Para aumentar la capacidad de filtrado se pueden emplear filtros con doble cartucho filtrante.

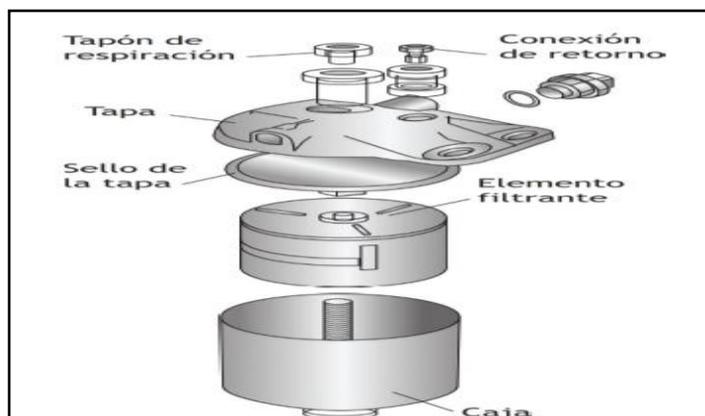


Figura 22. Filtro con cartucho desmontable. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

Por tanto, y según el campo de aplicación de la bomba de inyección, deberá utilizarse un filtro de combustible o un cartucho de filtro adecuado. En cuanto a los

cartuchos de filtro se distingue entre los de fieltro y los de papel (figura 23). El tamaño de los poros es de unos 0,015 mm por término medio.



Figura 23. Filtro de papel diésel. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- **Filtro con bomba manual de cebado.** - En algunos casos, sobre el soporte del filtro existe también una bomba manual para cebar. En tal caso, la purga se efectúa con el motor apagado accionando la bomba hasta que no aparezcan burbujas de aire por el tapón de purga.
- **Filtro con sistema de calentamiento de combustible.** - A veces algunos filtros también están provistos de un dispositivo de recalentamiento del combustible, que utiliza el líquido refrigerante del motor o una resistencia eléctrica para calentar el combustible con el fin de evitar que las parafinas contenidas en el gasóleo se solidifiquen como consecuencia de las temperaturas bajas y así el filtro bloquee el flujo regular que puede parar el motor (cristales en el carburante). En el caso de llevar una serie de resistencias eléctricas, estas van insertadas en el soporte del cartucho, y son alimentadas eléctricamente en función del cierre de los contactos de un termo interruptor instalado en el mismo soporte, influenciado tanto por la temperatura del gasóleo como por la temperatura ambiente que lo circunda (figura 24). En presencia de temperaturas inferiores a +6 °C sus contactos se mantienen cerrados, permitiendo la alimentación de la resistencia, mientras que a +15 °C se abren.

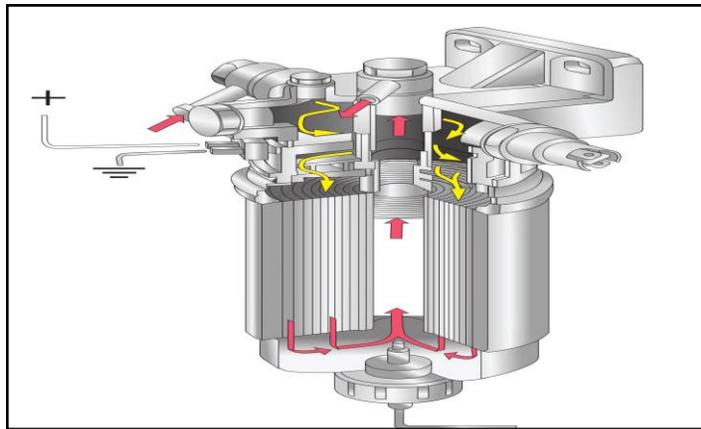


Figura 24. Filtro con sistema calentador de combustible. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

Otro tipo de filtro con sistema de recalentamiento de carburante es como el de la figura 25. Con el motor funcionando, el carburante se recalienta al pasar por la bomba de inyección y después por el inyector. Una parte del carburante es impulsada bien por el retorno de pérdidas de los inyectores o bien por el retorno de pérdidas de la bomba de inyección en dirección a la válvula de recalentamiento (6). Esta válvula dirigirá el carburante recalentado hacia el depósito (5) o hacia el filtro de carburante, en función de la temperatura exterior. Por ejemplo, si la temperatura exterior es superior a 10 °C, la válvula de reglaje (7) se encuentra en posición de reposo y el carburante se dirige automáticamente hacia el depósito. Si la temperatura exterior es inferior a 0 °C, la válvula de reglaje obtura el circuito de retorno al depósito echando hacia atrás la válvula antirretorno (8) y dirigiendo el combustible hacia el cartucho filtrante (1).

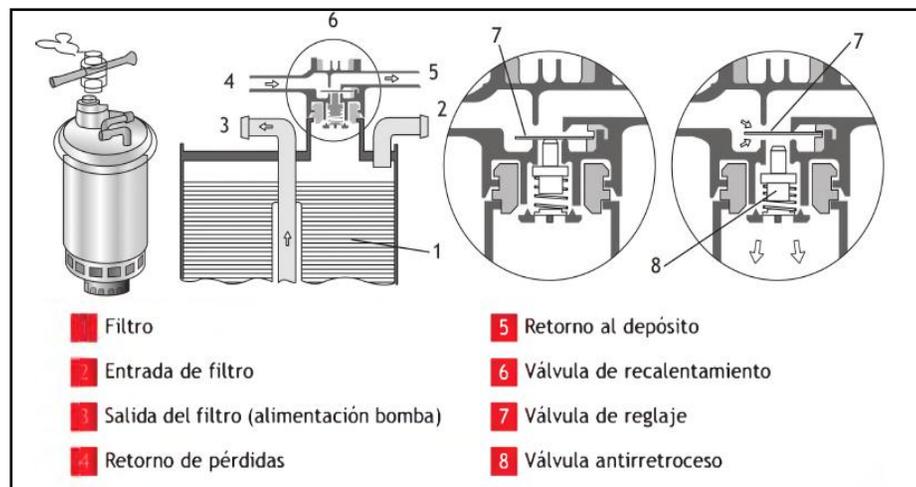


Figura 25. Filtro con sistema de recalentamiento. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

Los filtros se encuentran normalmente en la posición más elevada del circuito, con el objetivo de poder favorecer (si es necesario) la desaireación, que se efectúa desatornillando la conveniente válvula de purga situada en el soporte, con el motor en marcha o accionando el motor de arranque. En resumen, se puede decir que la calidad del filtro y su regular sustitución periódica son de particular importancia para la integridad del sistema de inyección.

2.9.7 Dispositivo de purgado

Su misión es eliminar las burbujas de aire que se forman durante las operaciones de mantenimiento, así como en caso de agotamiento del combustible en el depósito. En los sistemas mecánicos, dado que suelen carecer de bomba de alimentación, al ser succionado el combustible desde el depósito por la propia bomba inyectora, el dispositivo de purgado se dispone integrado en el circuito de baja presión que comunica el depósito con la bomba inyectora. Puede estar formado por una membrana (accionada por un pulsador) situada en la parte superior del soporte del filtro (figuras 27 y 28), o por una perilla de goma (figura 26), intercalada en serie en la tubería de baja presión que va desde el filtro a la bomba inyectora.



Figura 26. Perilla de goma. (Pérez, 2013)

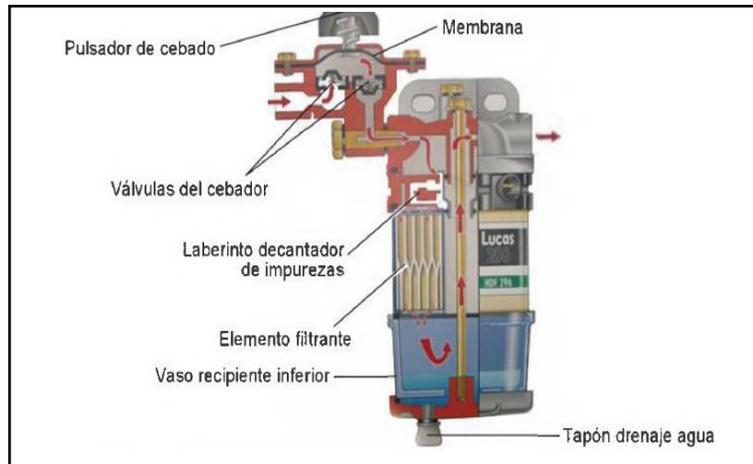


Figura 27. Disposición interna del filtro de combustible. (Pérez, 2013)



Figura 28. Pulsador de purgado. (Pérez, 2013)

Cuando se acciona, se somete a presión al combustible situado en el circuito de baja, lo cual provoca que el aire ascienda hacia las partes más altas del mismo. En las mismas se sitúan oportunamente tornillos de purgado (generalmente uno en el filtro y otro en la propia bomba inyectora), los cuales al abrirse expulsan el posible aire contenido en el circuito.

2.9.8 Proceso de purgado

Es uno de los procesos más importantes a controlar, tras cualquier intervención en el circuito. Consiste en eliminar las burbujas de aire que hubieran podido depositarse en cualquier canalización del circuito. El proceso presenta ciertas diferencias, en función del tipo de bomba.

- En primer lugar, se extraerá el aire en la canalización de llegada de combustible al filtro, así como en este último. Para ello, se accionará repetidamente el cebador, y se

abrirá el purgador situado en la parte superior del filtro. De carecer del mismo, se aflojará el racor de la canalización. Esta fase finaliza cuando deja de salir aire y únicamente sale combustible.

- Una vez purgado el filtro, se procederá a la extracción del aire contenido en la bomba inyectora, para lo cual se abrirá el purgador situado en la misma. Las bombas rotativas disponen de un orificio calibrado interno por el que se efectúa el purgado. En ocasiones, conviene aflojar las canalizaciones de alta presión, en el lado inyector, para que salga el aire contenido en las mismas. Cuando esto se lleva a cabo, ha de girarse el motor un par de vueltas a mano, para que el gasóleo llegue a todos los inyectores. Una vez se observe que sale solo combustible, se apretarán los racores al par prescrito.
- En las bombas lineales, el proceso es algo más complejo, ya que exige el purgado individual de las tuberías de alta presión. Además, ha de purgarse después del filtro, el propio bombín de alimentación. Si el motor sigue sin arrancar, habrá de fraccionarse aún más el proceso, aflojando previamente los racores de salida hacia las tuberías de alta presión.
- En cualquier caso, también puede recurrirse al auxilio del motor de arranque, haciendo girar el motor mientras se mantienen abiertos los purgadores y las tuberías aflojadas.
- Para verificar la ausencia de fugas y tomas de aire, se intercalará un manómetro en los diferentes tramos del circuito. Con ayuda del dispositivo de cebado, se presurizará el circuito (a motor parado) y se observará que la presión no decaiga durante un tiempo prudencial.

2.10 Bomba de alimentación

Entre las que cabe distinguir las empleadas en sistemas mecánicos y las utilizadas en sistemas de control electrónico.

2.10.1 Sistemas mecánicos

Utilizadas tan sólo en las bombas en línea, aunque han existido vehículos con bomba rotativa que las incorporaban. Su función es la de hacer llegar el combustible desde el depósito a la bomba inyectora. Son accionadas por el árbol de levas, bien del motor, bien de la propia bomba inyectora, en caso de ser lineal. Las bombas rotativas disponen de una bomba de alimentación en su interior, conocida como bomba de transferencia. Suelen ser de tipo paletas (Figura 29).

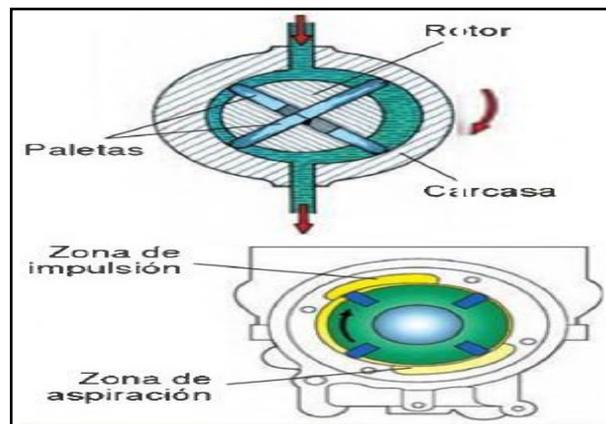


Figura 29. Bomba de transferencia mecánica. (Pérez, 2013)

2.10.2 Sistemas de control electrónico

Los sistemas de conducto común disponen de electrobombas para hacer llegar el combustible desde el depósito a la bomba de alta presión. Algunos sistemas de inyector bomba también emplean este sistema. (figura 30).

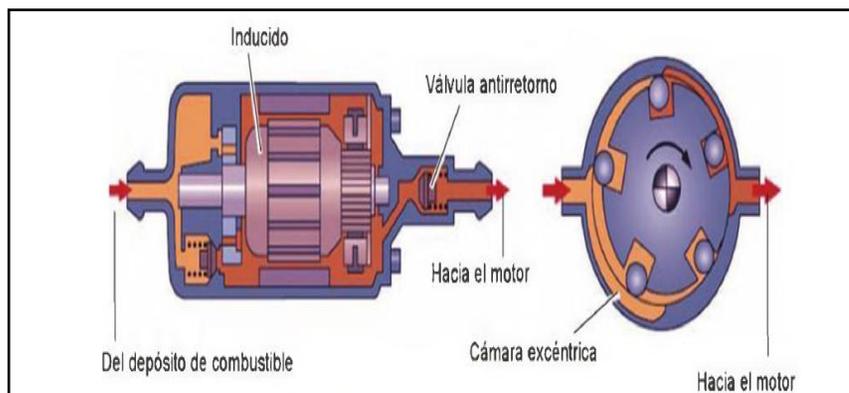


Figura 30. Bomba de transferencia eléctrica. (Pérez, 2013)

2.11 Calefactores de combustible

Son sistemas en los que se aporta calor al combustible, estando ubicados generalmente en el soporte del filtro de combustible. Los calefactores de combustible cumplen las siguientes funciones:

- Estabilizar la densidad del combustible, ya que la temperatura influye decisivamente en la densidad, viéndose afectada por tanto la dosificación, que, como es sabido, se determina en función del volumen.
- Impedir, en tiempo frío, la solidificación de las parafinas que forman parte de la composición del gasóleo.

2.11.1 Calefactores eléctricos

Pueden utilizarse dispositivos eléctricos, mediante resistencias alimentadas por la centralita de precalentamiento (la que actúa sobre los calentadores), situadas en el soporte del filtro de combustible, las cuales entran en funcionamiento cuando el sensor de temperatura de refrigerante le informa a la centralita que el motor está frío (figura 31).

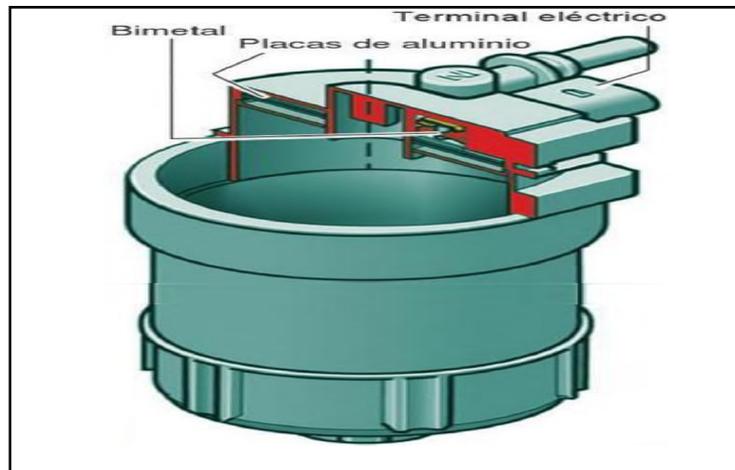


Figura 31. Calefactor eléctrico de combustible. (Pérez, 2013)

También puede actuar de forma temporizada, al igual que lo hacen los citados calentadores. En otros casos se dispone una lámina bimetálica en el propio filtro, que cierra el circuito de calefactado eléctrico cuando la temperatura desciende por debajo de

ciertos valores. El cierre se produce por la propia deformación de la lámina bimetálica (figuras 32).

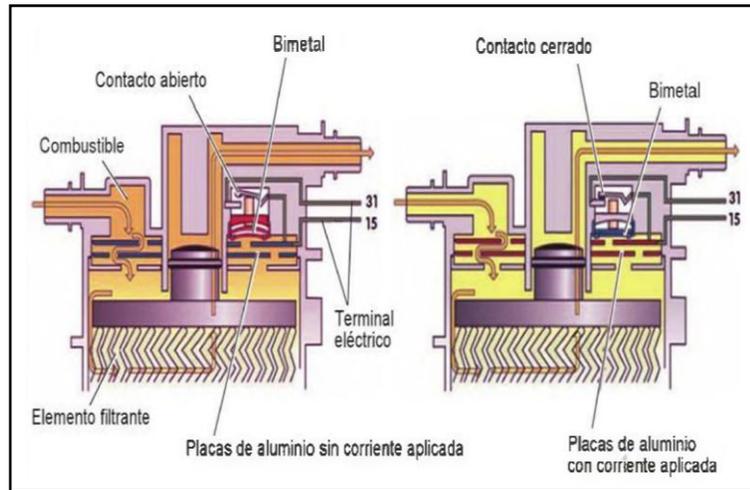


Figura 32. Esquema de filtro con lamina bimetálica. (Pérez, 2013)

En otros casos se dispone un conducto en derivación o by-pass, que hace que el combustible de retomo vuelva hacia el motor, en vez de al depósito, en cuyo recorrido además sería enfriado en un radiador específico. La apertura o cierre del by-pass depende de la temperatura del combustible, al disponer de un elemento termostático que lo abre o cierra.

2.12 Tuberías de alta presión

Son las encargadas de transportar el gasóleo a presión desde la bomba hacia los inyectores. Dadas las elevadas presiones que han de soportar, que además reciben de forma pulsatoria (a impulsos), han de ser especialmente robustas, debiendo disponer asimismo de cierta elasticidad y maleabilidad, para adaptarse a las condiciones de funcionamiento en las que se ha de desarrollar su función.

Se fabrican en acero de gran espesor, debiendo poseer todos los tubos la misma longitud. De lo contrario, la onda de presión que abre los inyectores tardaría más en llegar a los cilindros cuyas tuberías fuesen de mayor longitud. La consecuencia sería que el avance a la inyección no sería igual en todos los cilindros.

En sus extremos poseen terminales cónicos, con los que conseguir una perfecta estanqueidad en su unión con el inyector y la bomba. En su proceso de fabricación se insertan previamente las tuercas de fijación, antes de efectuar el mecanizado en el terminal cónico. De esta forma, se garantiza que las tuercas no se puedan salir de la tubería, cuando ésta se desmonte. En cuanto a su guiado, señalar que van unidas entre sí mediante bridas de plástico, para evitar vibraciones que podrían llegar a ocasionar su rotura (figura 33).



Figura 33. Tuberías de alta presión.(Pérez, 2013)

2.13 Inyectores mecánicos

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. (figura 34).



Figura 34. Inyectores mecánicos. (Pérez, 2013)

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 (figura 35).

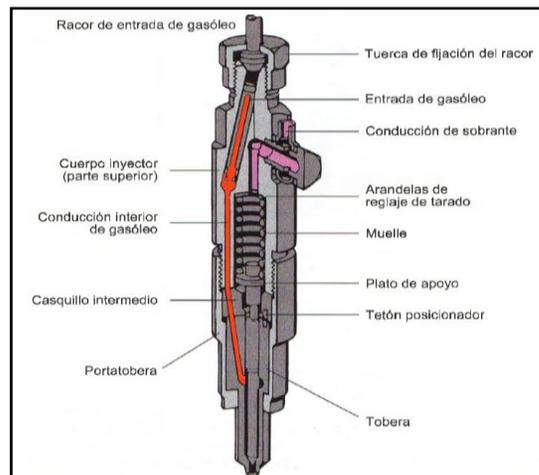


Figura 35. Esquema del inyector mecánico. (Pérez, 2013)

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 debe 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 (figura 36).

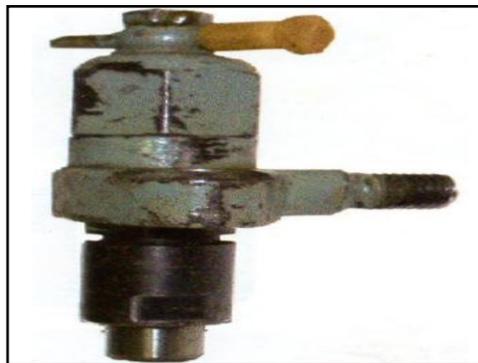


Figura 36. Inyector de toma lateral. (Pérez, 2013)

2.13.1 Inyectores mecánicos 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 3 mm., 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 (figura37).

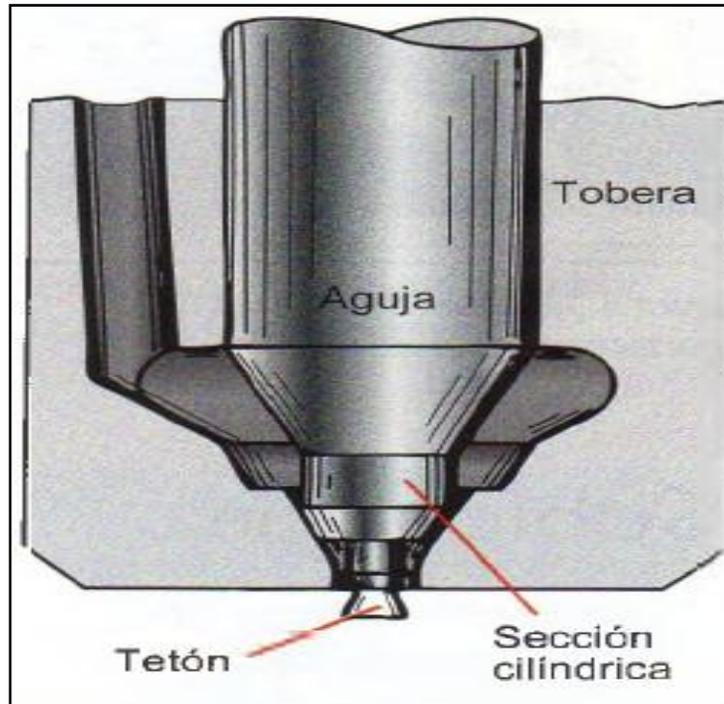


Figura 37. Inyector de tetón. (Pérez, 2013)

2.13.2 Inyectores mecánicos de orificios

La tobera dispone de múltiples orificios, 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 0,02 mm., 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 (figuras 38).

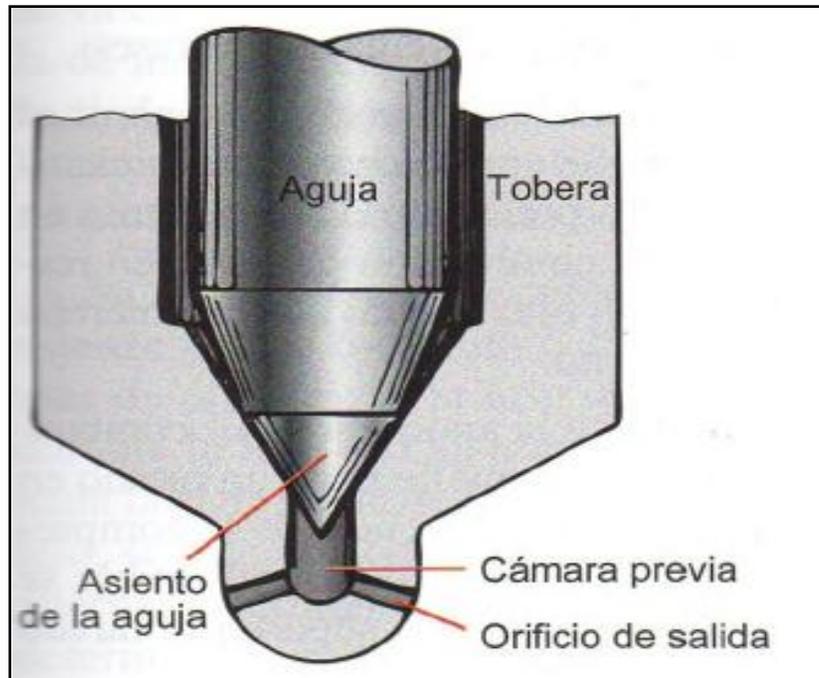


Figura 38. Inyectores de orificios. (Pérez, 2013)

2.13.3 Inyector 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 (figura 39).

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

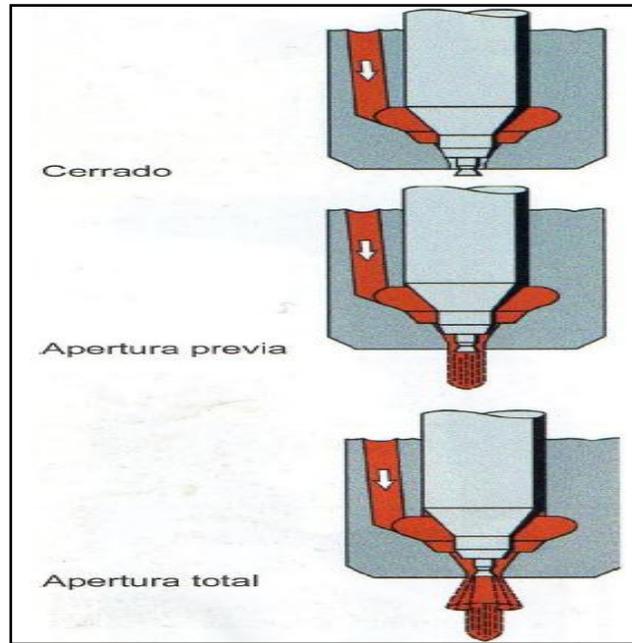


Figura 39. Inyector con estrangulamiento. (Pérez, 2013)

Cuando por motivos de desgaste, fatiga del muelle o defecto de fabricación, el cierre de la aguja no es perfecto, se producen fugas de combustible hacia la cámara de combustión, que originan emisiones exageradas de humo negro. Ello además se ve agravado, puesto que la inyección se produce a menor presión, reduciéndose la atomización del combustible, así como la energía cinética que se le transmite. Todo ello provoca grandes deficiencias de combustión.

2.13.4 Inyector de doble muelle

Se emplea en los modernos motores de inyección directa con bomba inyectora de control electrónico, 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 de', 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:

- En la 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.
- En la 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 40).

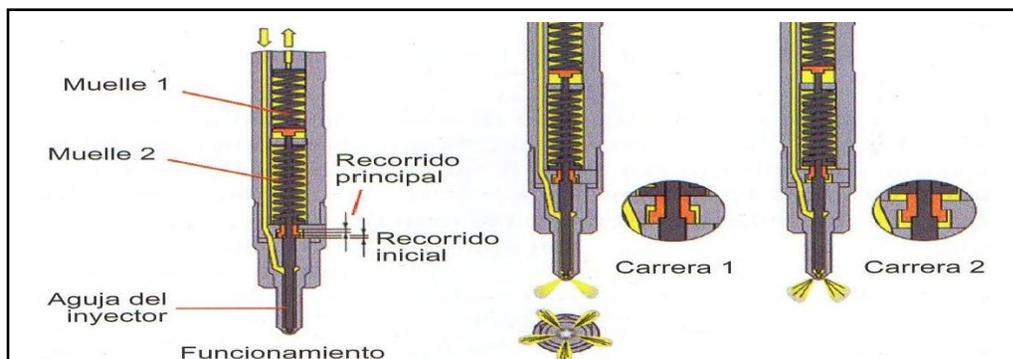


Figura 40. Fase de apertura del inyector de doble muelle. (Pérez, 2013)

2.13.5 Comprobaciones en los inyectores

En los inyectores se ha de comprobar tanto la presión de apertura, como la forma de su chorro, para así verificar su pulverización. La presión de apertura puede modificarse alterando la precarga del muelle antagonista. Así, en función del tipo de inyector, esto puede efectuarse mediante la colocación de arandelas espadadoras de espesor calibrado, que es el sistema más empleado en turismos. También existen inyectores en los que se dispone de un alojamiento roscado del muelle, de tal forma que al roscarlo se incrementa

la precarga del muelle, aumentando por tanto la presión necesaria para su apertura (figura 41).



Figura 41. Comprobación de inyectores mecánicos. (Pérez, 2013)

2.14 Dispositivo de precalentamiento

Aunque no pertenezca propiamente al sistema de alimentación, se incluye en el mismo, por ser común a todos los motores diésel. Está formado por los llamados calentadores o bujías de incandescencia, introducidas en la cámara o precámara de combustión (según la inyección sea directa o indirecta, respectivamente), las cuales, por efecto Joule, alcanzan la incandescencia, facilitando y posibilitando el arranque del motor cuando éste se encuentra frío. Para ello, parte del chorro de combustible lanzado por el inyector incide sobre el mismo (figura 42).

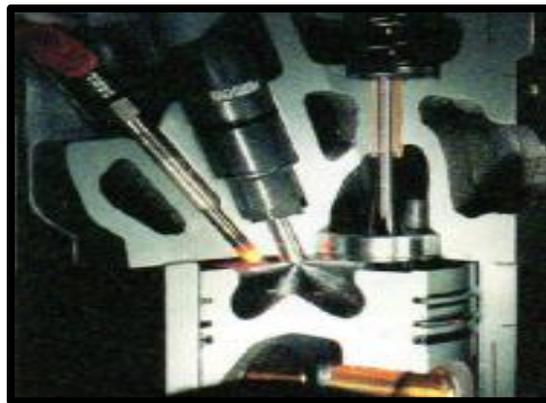


Figura 42. Dispositivo de calentamiento. (Pérez, 2013)

Están formados por dos resistencias eléctricas que actúan como filamentos, estando conectadas entre sí en serie. La primera, denominada resistencia reguladora, es de tipo PTC, por lo que se incrementa su resistencia a medida que se calienta. Con ello cumple una función protectora, ya que la intensidad que recibe va disminuyendo a medida que se va calentando, al aumentar su valor óhmico. Por otro lado, su calentamiento evita que la de incandescencia se enfríe, transmitiéndole calor. La segunda resistencia, denominada de incandescencia, se sitúa en el extremo del calentador que está en contacto con la cámara de combustión. Esta resistencia es la que adquiere mayor temperatura. Ambas resistencias están ubicadas dentro del llamado tubo incandescente (figura 43).

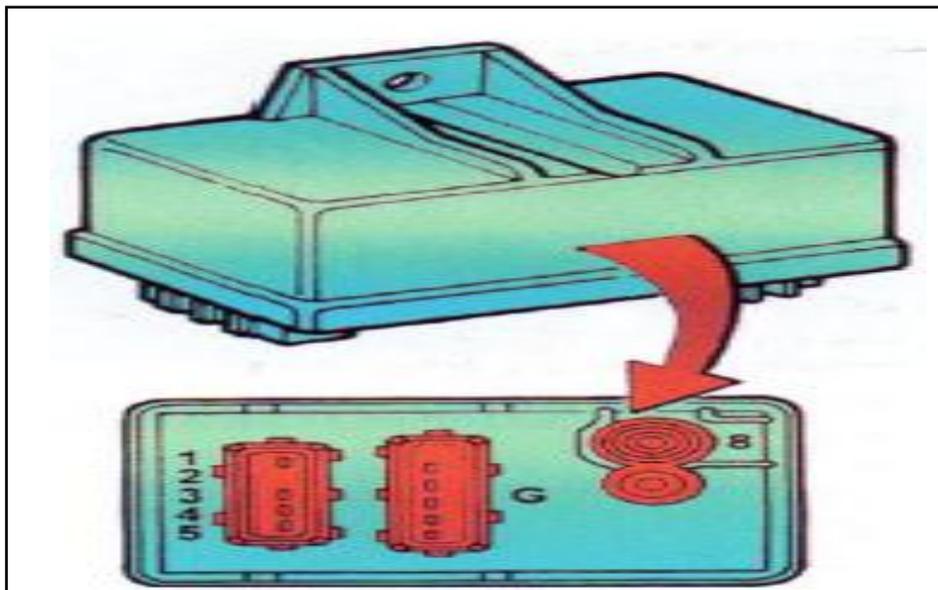


Figura 43. Cajetín de precalentamiento. (Pérez, 2013)

Su alimentación eléctrica está controlada por el llamado cajetín de precalentamiento en el que se dispone un circuito electrónico, que además de temporizar la fase de precalentamiento, alimenta también a los calentadores durante la fase de calentamiento del motor, una vez puesto en marcha, en la denominada fase de post calentamiento. El conexionado de los calentadores se efectúa en paralelo, si bien el cajetín dispone de un relé común para cada dos calentadores, para así alternar su alimentación durante la fase de calentamiento del motor. Además, también determina la alimentación de la lámpara testigo situada en el tablero de instrumentos (figura 44).

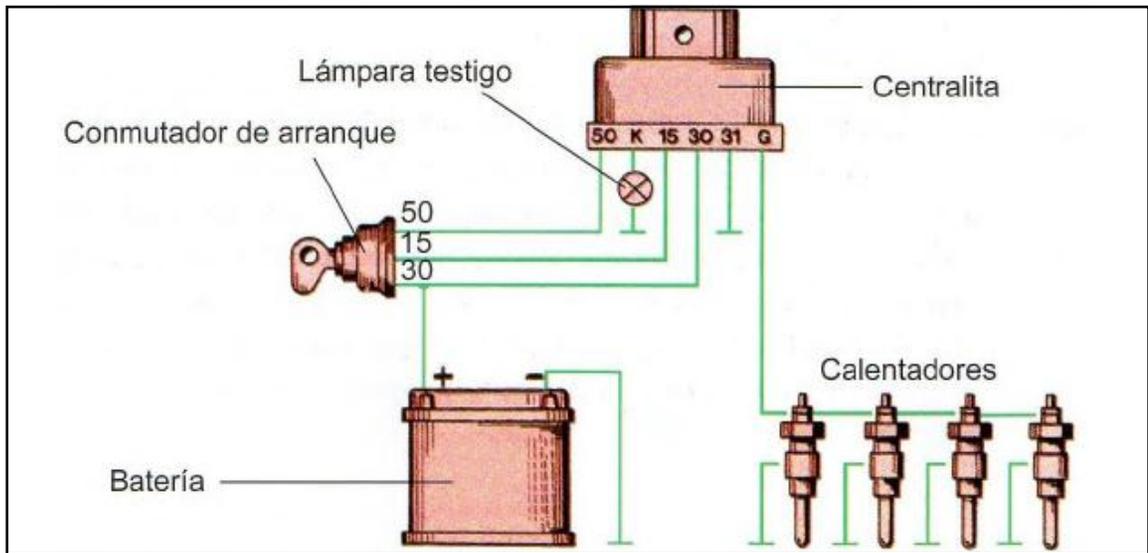


Figura 44. Sistema de precalentamiento independiente de gestión del motor. (Pérez, 2013)

En sistemas de alimentación de control electrónico, el cajetín de precalentamiento está controlado por la centralita de gestión del motor (figura 45), prescindiendo de la electrónica que sí llevan cuando se emplean en sistemas de control mecánico. A su vez, en sistemas dotados de regulación lambda y EOBD (consúltese el Capítulo 10), la activación de los calentadores durante el post calentamiento se aprovecha y diagnostica, como parte de la vigilancia que el sistema EOBD efectúa sobre los dispositivos que influyen sobre las emisiones contaminantes.

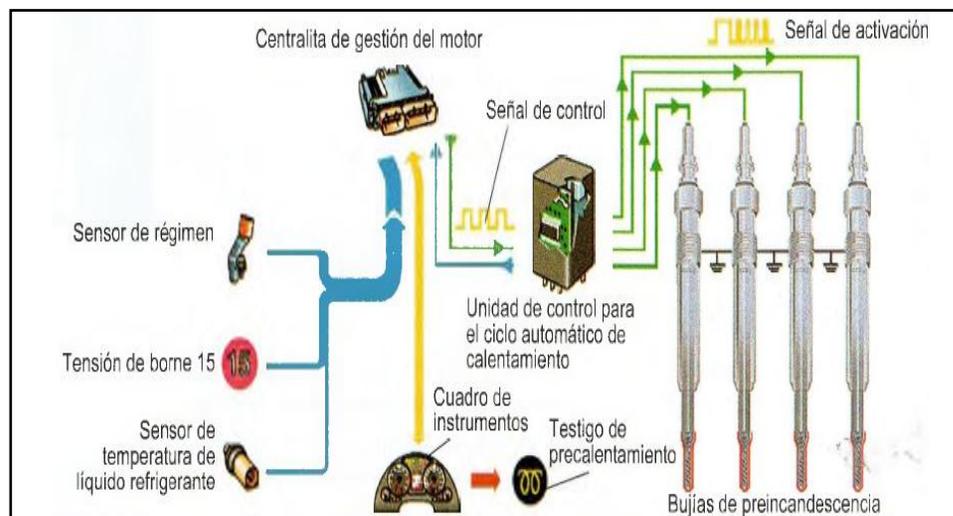


Figura 45. Sistema de precalentamiento integrado a la gestión del motor. (Pérez, 2013)

En motores antiguos, en vez de calentadores se empleaba la llamada antorcha, que estaba formada por una resistencia incandescente sobre la que se aportaba gasóleo desde un depósito específico, el cual ardía, en contacto con dicha resistencia. Como se ubicaba en el conducto de admisión, el aire que entraba al motor, se calentaba.

2.14.1 Funcionamiento del sistema

Cuando se pone el contacto, el conductor ha de esperar a que la lámpara testigo de precalentamiento se apague. Para determinar la duración de la fase de precalentamiento, el cajetín puede recibir información del sensor de temperatura del refrigerante, o bien de los propios calentadores, al limitarse la intensidad que circula por los mismos, por tratarse de resistencias PTC. Así, si el motor está caliente, la lámpara se apagará antes, bien porque el sensor de temperatura le informe, bien porque los calentadores alcancen antes su temperatura máxima, en torno a los 850°C - 1000°C.

Durante la fase de calentamiento del motor, el sistema adopta la función de post calentamiento, alimentando alternativamente a los calentadores por parejas (los que comparten relé). Esta fase depende de la temperatura del motor, pudiendo prolongarse durante unos minutos, siempre con el motor a ralentí o muy poca carga, ya que se dispone un interruptor accionado por la palanca del acelerador, que desconecta los calentadores apenas se supera la fase de ralentí.

En los motores de inyección directa, por su propio diseño, los calentadores no suelen ser necesarios, nada más que en caso de temperaturas exteriores muy reducidas. Por ello, la propia centralita no suele activarlos, cuando la temperatura exterior supera los 8-10 °C.

2.14.2 Estructura de un calentador

Dispone de un cuerpo roscado para su fijación a la culata, que además sirve como conexión a masa del arrollamiento interno. En su interior, además del citado arrollamiento, posee sendos aislantes para evitar el cortocircuito a masa. El tubo incandescente se fabrica de un acero especial, denominado Inconel, con gran resistencia a la corrosión. Dentro de este tubo se disponen las resistencias o filamentos, aislándose del mismo mediante un relleno de polvo de magnesio, que además dota de compacidad al conjunto. En el extremo

opuesto al filamento incandescente se dispone la rosca de fijación para la conexión de positivo (figura 46).

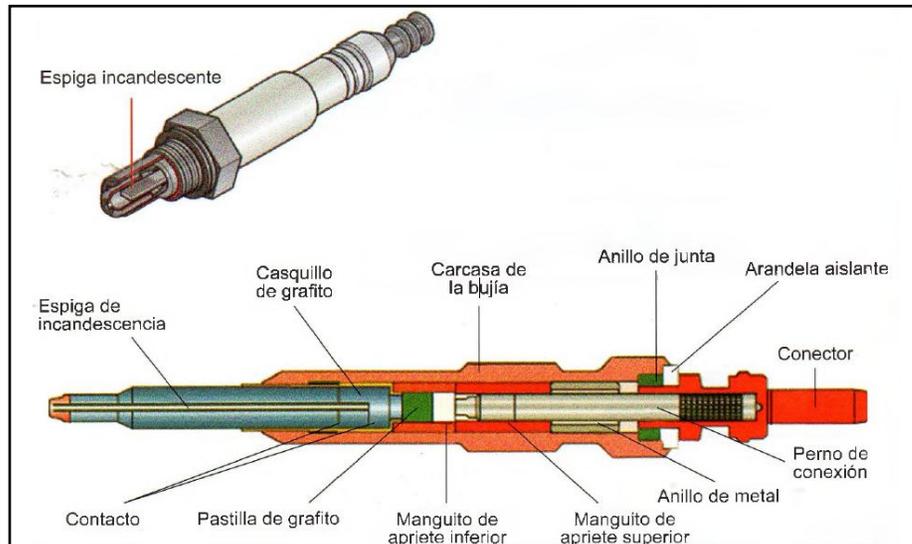


Figura 46. Estructura interna de un calentador. (Pérez, 2013)

Los calentadores de última generación, caracterizados por la rapidez con la que alcanzan su temperatura de funcionamiento máxima (1000°C en dos segundos), poseen una estructura interna que difiere sensiblemente de los tradicionales. Así, la espiga incandescente se construye en material cerámico, mientras que la resistencia de incandescencia posee menor diámetro. En general, su tamaño es mucho más compacto, para permitir su ubicación en las novedosas cámaras de combustión multiválvulas (véase la Figura 47). Por otra parte, la alimentación se efectúa mediante una corriente de Dwell variable, con tres fases de funcionamiento:

- En la primera, de unos cuatro segundos de duración, la tensión es de 10V.
- En la segunda, la tensión disminuye hasta los 7V, perdurando unos siete segundos.
- La última fase se efectúa con una tensión de 5V, manteniéndose mientras dure la alimentación de los calentadores. Con tensiones tan reducidas, la influencia de la caída de tensión provocada por el motor de arranque es menos notoria.

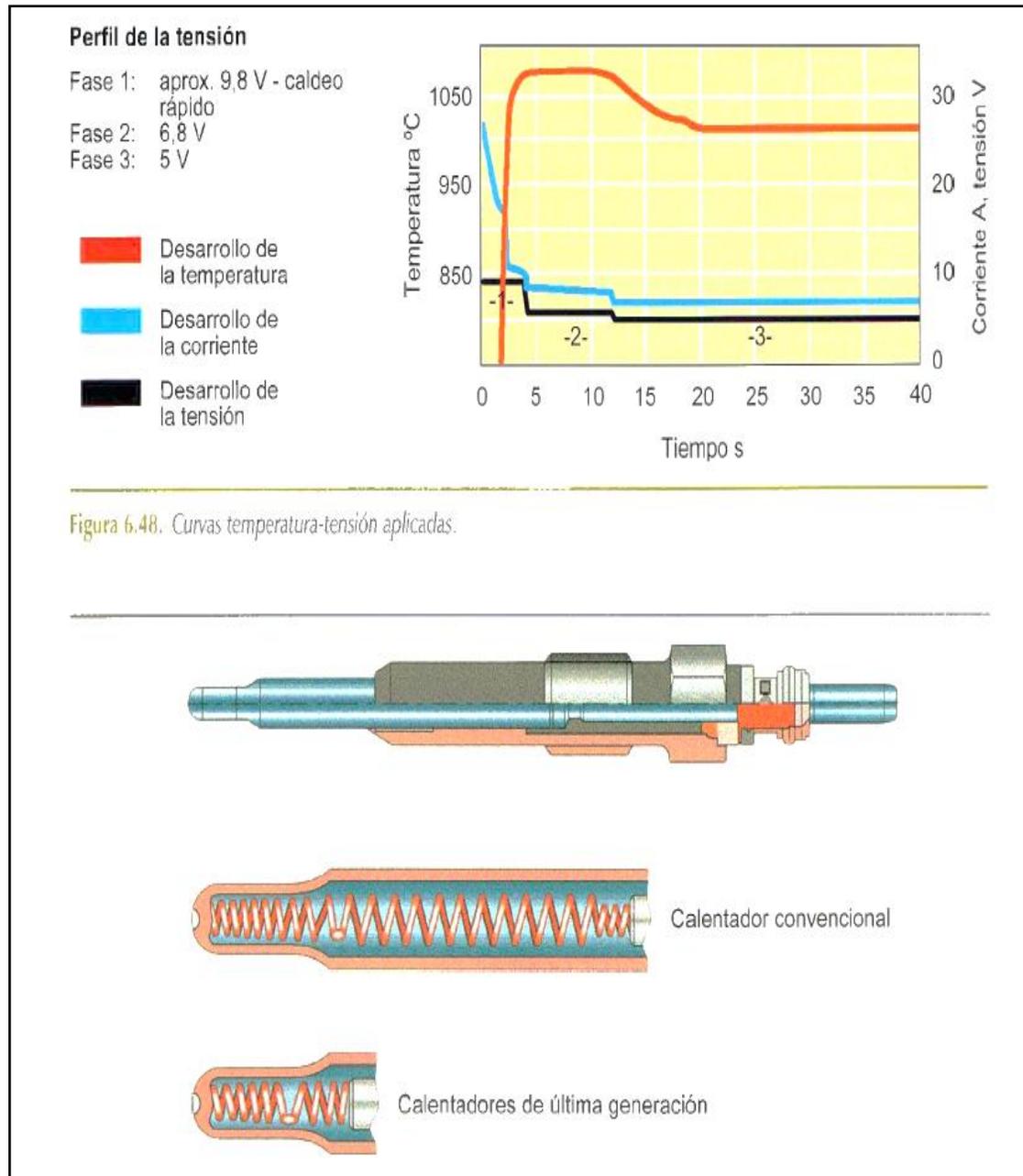


Figura 47. Estructura interna del calentador. (Pérez, 2013)

2.14.3 Comprobaciones en los calentadores

Pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Llegada de corriente a los calentadores cuando se acciona la posición de contacto. Se puede verificar con un voltímetro, debiéndole llegar de 10 a 12V.

- Continuidad y resistencia de sus arrollamientos internos. Esta verificación puede efectuarse sin necesidad de extraerlos del motor, debiendo tener la precaución de desconectarlos previamente. Dado que disponen de resistencias PTC, su valor óhmico será reducido a temperatura ambiente, en torno a 1 ohmio, incrementándose a medida que se caliente, hasta llegar a unos 700 ohmios cuando haya alcanzado el rojo vivo. Si no tiene continuidad, habrá de reemplazarse.
- Su aspecto exterior, una vez desmontados, debe ser analizado, debiendo ser reemplazados en caso de que el tubo incandescente presente señales de erosión y desgaste, aun cuando el calentador funcione.
- El precalentamiento se podrá observar al poner el contacto. La fase de post calentamiento dependerá de la temperatura del motor, activándose tan sólo a motor frío. Con los dos canales de medición del osciloscopio, se podrá analizar la alternancia de **activaciones en ambas parejas de calentadores** durante la fase de calentamiento.

CAPÍTULO III

BOMBA DE INYECCIÓN EN LÍNEA TIPO PE DE SEIS ELEMENTOS

3.1 Constitución de la bomba en línea topo PE

Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. “El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo.”⁴

Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera de émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que, al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Estas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones ulteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.

3.2 Tipos de bombas lineales

3.2.1 Bomba de inyección en línea con válvula de corredera

Esta bomba se distingue de una bomba de inyección en línea convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador convencional, con lo cual puede modificarse la carrera previa, y con ello también el comienzo de suministro o de inyección. La posición de la válvula corredera se ajusta en función de diversas magnitudes influyentes. En comparación con la bomba de inyección en línea estándar PE, la bomba de inyección en línea con válvula de corredera tiene un grado de libertad de adaptación adicional (figura 48).

⁴ <http://blogdeautomoviles.com/bombas-de-inyeccion-en-linea/>

3.2.2 Bomba de inyección en línea estándar PE

El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra por la arista superior del émbolo. Una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el émbolo, que deja libre la abertura de aspiración, determina el caudal de inyección. La posición de la varilla de regulación es controlada con un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un mecanismo actuador eléctrico.

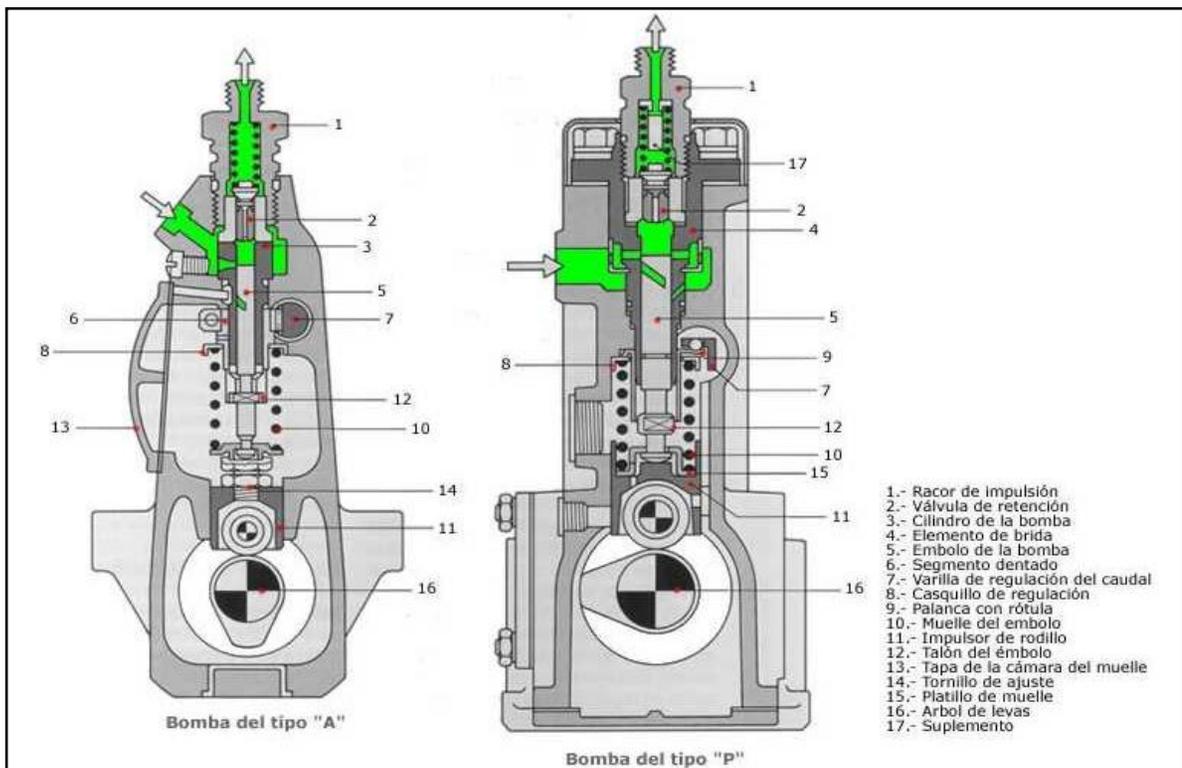


Figura 48. Diferencias constructivas entre bombas lineales. (BlogdeAutomoviles, 2018)

3.3 Circuito de combustible

La bomba de inyección se acompaña de un circuito de alimentación que le suministra combustible. 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 (figura anterior).

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. 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 (figura 49).

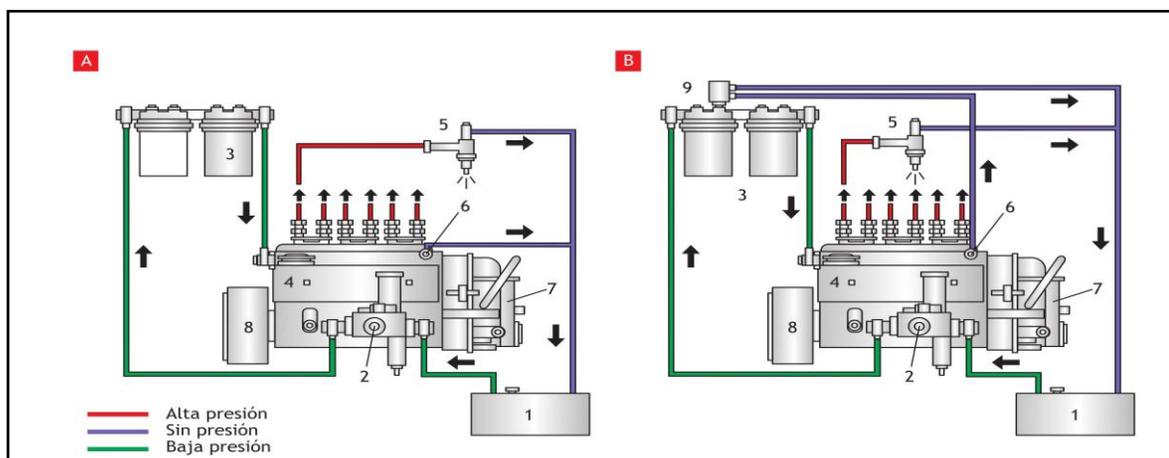


Figura 49. Esquema de bombas lineales A: con válvula de descarga, B: estrangulador de descarga. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1. Depósito de combustible. | 6. Válvula de descarga. |
| 2. Bomba de alimentación. | 7. Regulador. |
| 3. Filtro de combustible. | 8. Variador de avance. |
| 4. Bomba de inyección. | 9. Válvula de descarga sobre filtro. |
| 5. Inyector. | |

Otro circuito utilizado es el representado en el esquema en la parte B al existir una temperatura muy elevada en el vano del motor, se instala una válvula de descarga en la parte superior del filtro (3) a través de la cual una parte del combustible retorna al depósito del mismo durante el funcionamiento, arrastrando eventuales burbujas. A su vez, las burbujas que se dan en la cámara de la bomba de inyección son eliminadas a través de la tubería de retorno.

En ambos circuitos se instalan unas pequeñas tuberías de sobrante de inyección conectadas de un inyector a otro, de las cuales la última de ellas desemboca en la tubería de retorno al depósito de combustible.

3.4 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. El combustible tiene que llegar a la cámara de admisión de la bomba de inyección con una presión de aprox., 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. El excedente de combustible permite asegurar la refrigeración y la lubricación interna de los elementos mecánicos de la bomba de inyección. Generalmente estas bombas son de accionamiento mecánico, y pueden ser de diafragma o de émbolo. Según el tamaño de la bomba se acoplan en la misma una o dos bombas de alimentación: (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

3.4.1 Bomba de alimentación de diafragma

También son denominadas bombas de membrana. Son parecidas a las bombas de los motores de gasolina. Pueden ir acopladas a la bomba de inyección o al bloque motor. En este último caso recibe movimiento y es accionada por la excéntrica del árbol de levas del motor (figura 50). El combustible es aspirado por medio del diafragma elástico del depósito y es enviado a la bomba de inyección. También disponen de una palanca manual de purgado.

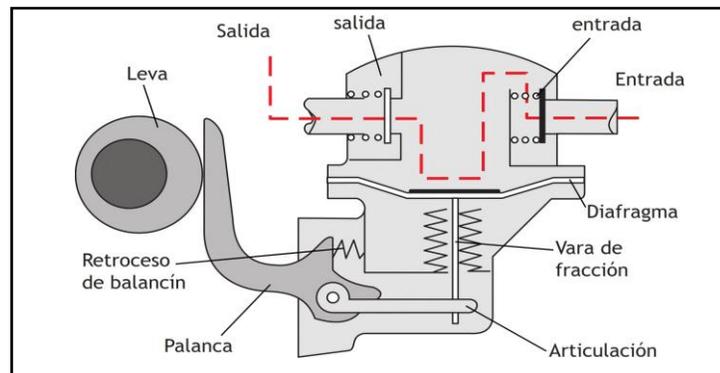


Figura 50. Bomba de diafragma. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

3.4.2 Bomba de alimentación de émbolo

Va fijada generalmente a la bomba de inyección. Su accionamiento se realiza por medio de una excéntrica situada en el árbol de levas de la bomba de inyección (figura 51). Además, la bomba puede llevar incorporado 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 una vez que se han realizado operaciones de mantenimiento. Existen bombas de alimentación de simple y de doble efecto.



Figura 51. Bomba de alimentación de émbolo. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- **Bomba de alimentación de simple efecto**

Está formada por dos cámaras (figura 52) una de aspiración y otra de presión, 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 el lado de la 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.

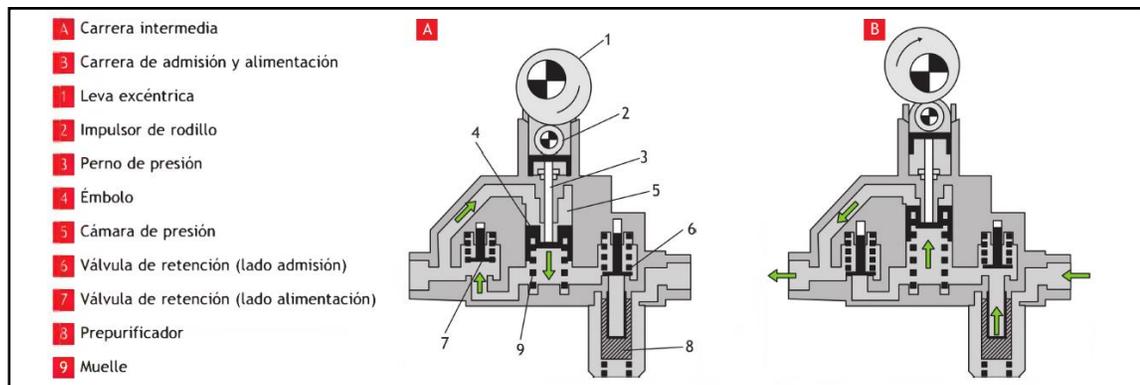


Figura 52. Bomba de alimentación de simple efecto. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- **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 (figura 53).

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 al depósito el exceso de combustible bombeado.

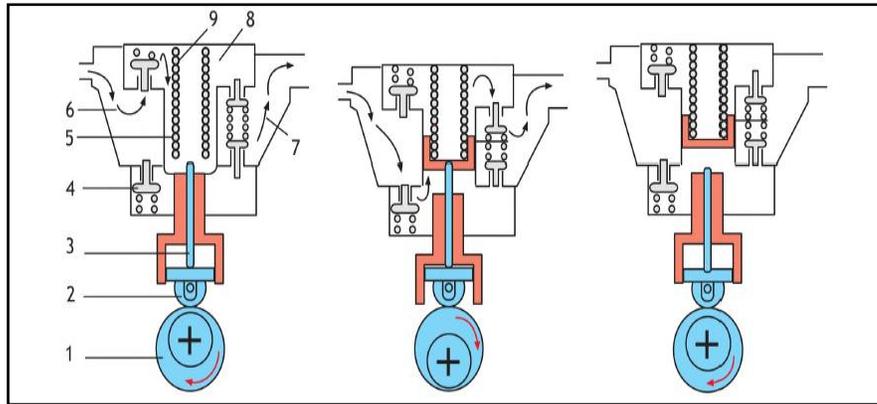


Figura 53. Bomba de alimentación de doble efecto. (Sánchez, *Sistemas auxiliares del motor*, 2013)

- | | |
|------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Excéntrica. | 7. Cámaras impulsión. |
| 2. Rodillo. | 8. Cámaras intermedias. |
| 3. Varilla. | 9. Muelle. |
| 4. Válvula | A. Primera fase de aspiración e impulsión. |
| 5. Pistón. | B. Segunda fase de impulsión. |
| 6. Cámara de admisión. | C. Fase autorreguladora. |

3.5 Constitución de la bomba lineal tipo PE.

La bomba de inyección en línea a carrera constante, cuya sección se encuentra en la figura inferior, 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 (figura 54).

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 gasoleo procedente de la bomba de alimentación. 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 reaspiración, 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), haciendo le subir, con lo cual, quedan tapadas las lumbreras del cilindro (G) que lo comunican con la canalización (H), a la que llega el combustible.

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).

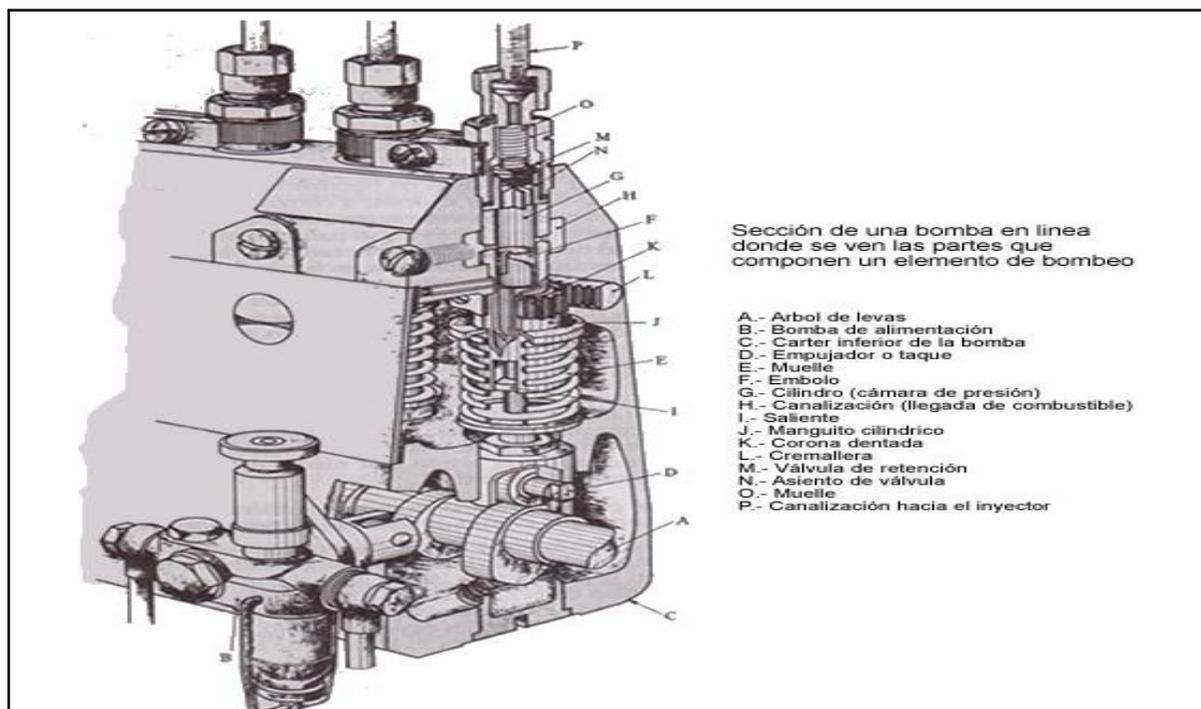


Figura 54. Estructura de la bomba lineal. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

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.

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. 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 (figura 55).

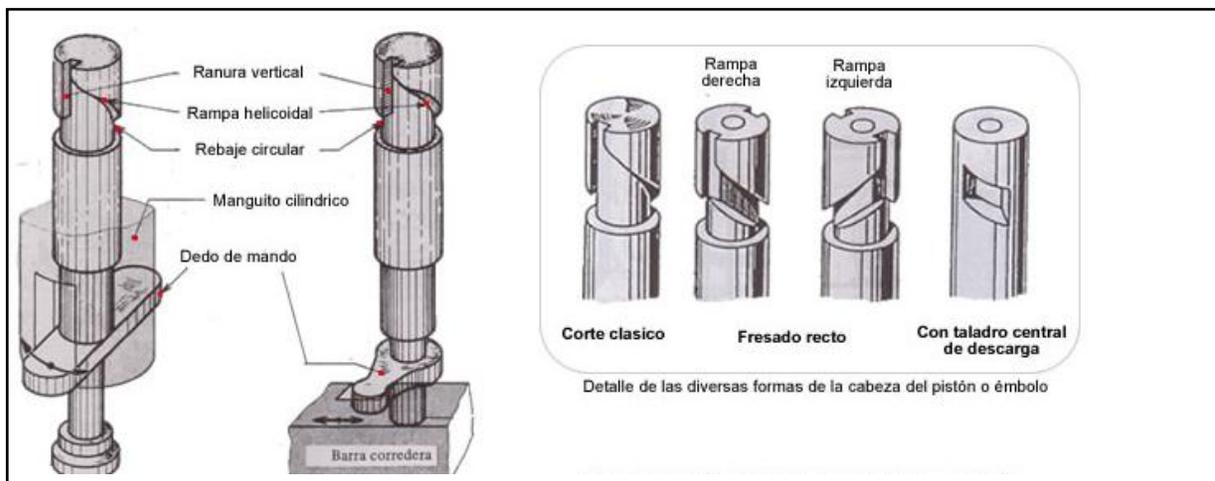


Figura 55. Disposición y funcionamiento del émbolo. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

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.

3.6 Funcionamiento del elemento de bombeo

El pistón está animado de un movimiento de sube y baja en el interior del cilindro. El descenso está mandado por el muelle (3) figura inferior, que entra en acción cuando el saliente de la leva en su giro deja de actuar sobre el pistón (5). La subida del pistón se produce cuando la leva en su giro actúa levantando el pistón venciendo el empuje del muelle (figura 56).

Cuando el pistón desciende en el cilindro crea una depresión que permite la entrada 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).

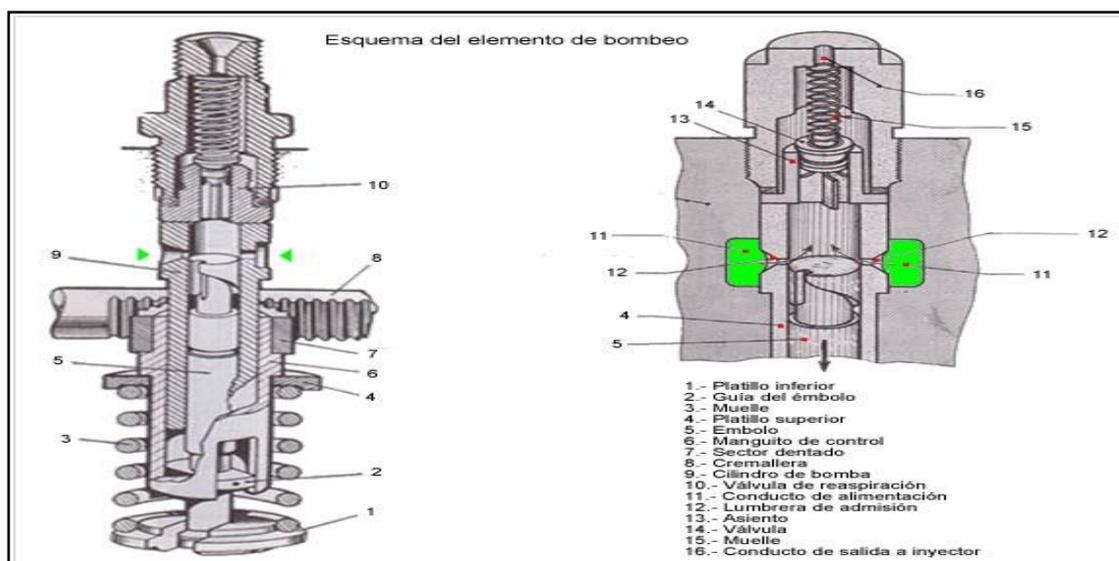


Figura 56. Esquema del elemento de bombeo. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

Si la ranura vertical del pistón, está situada frente a la lumbrera de admisión, el interior del cilindro comunica con el conducto de alimentación, 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 57).

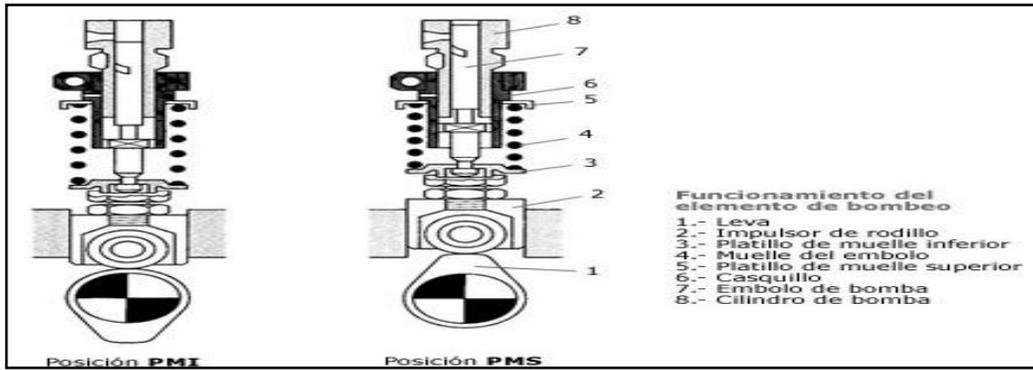


Figura 57 Esquema del elemento de bombeo. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

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 reaspiración), 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. 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 58).

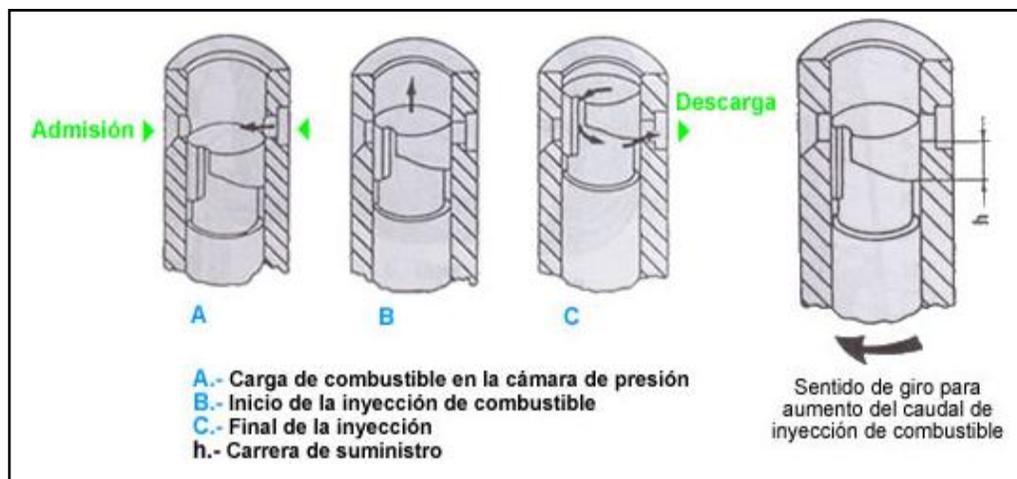


Figura 58. Fase de funcionamiento del elemento de bombeo. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

3.7 Formas de las levas

La leva tiene 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. 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 (figura 59).

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 óptima 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 59. Forma de levas. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

Las diferencias de presiones que se originan entre la parte superior de la válvula de reaspiración 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.

3.8 Válvula de presión

También llamada de respiración en algunos casos. 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 (figura 60).

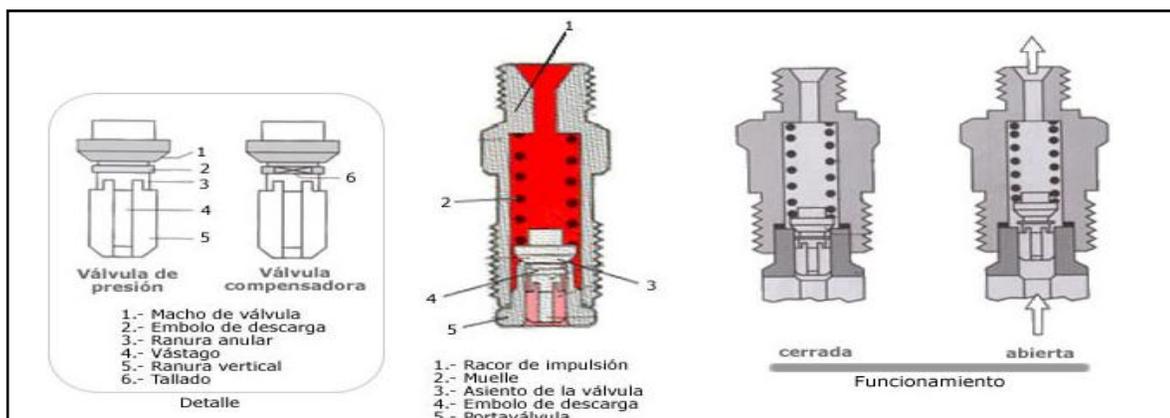


Figura 60. Estructura de la válvula de presión. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

3.8.1 Funcionamiento de la válvula de presión

Al final de la inyección por parte del elemento bomba, 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 reaspiración 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.

3.9 Estrangulador de retroceso

Está situado entre la válvula de presión y la tubería que alimenta al inyector, 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 (figura 61).

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.

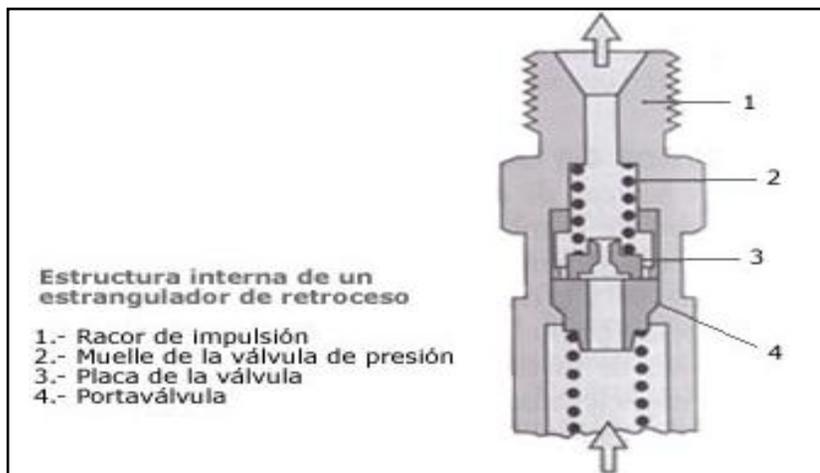


Figura 61. Estructura interna del estrangulador de retroceso. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

3.10 Funcionamiento de la regulación del 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 (figura 62). 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.

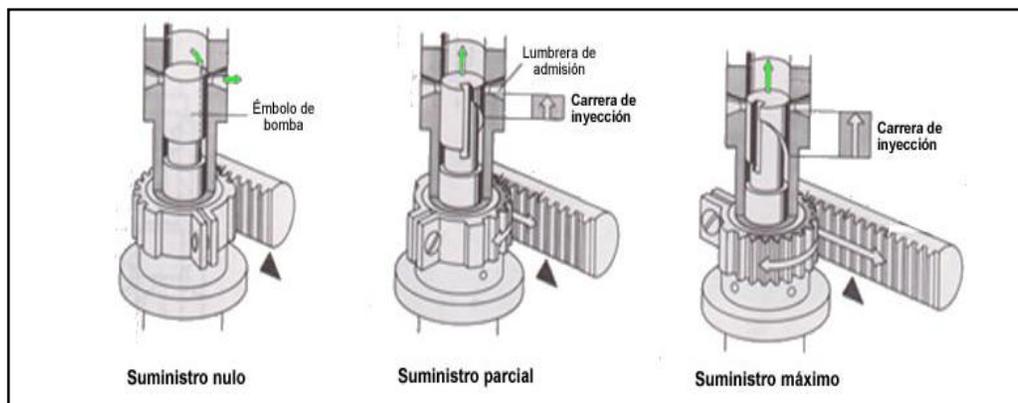


Figura 62. Regulación de caudal de combustible. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

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 Diesel, estas variaciones 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 (figura 63).

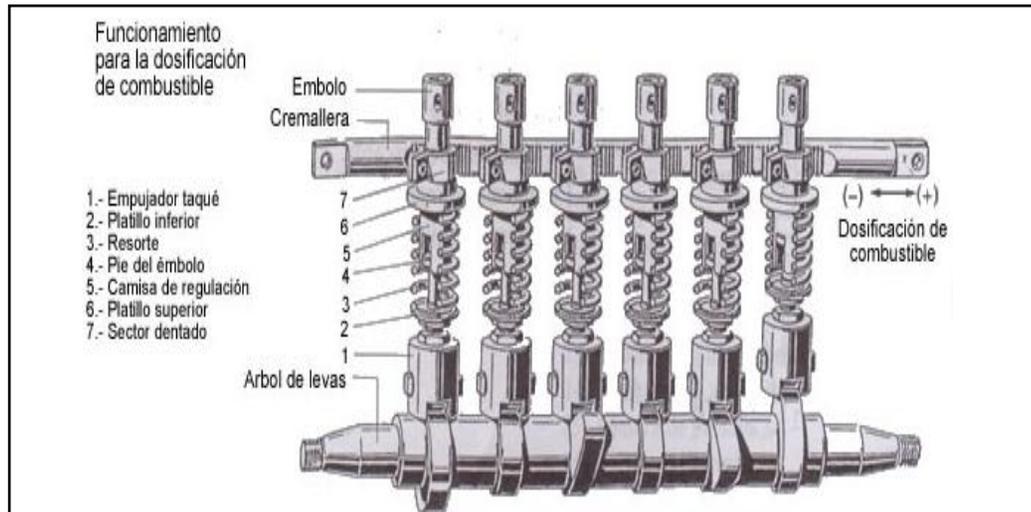


Figura 63. Elemento de dosificación de combustible. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

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 en 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 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.

3.11 Dispositivo de dosificación

El dispositivo de dosificación está integrado en el propio conjunto émbolo camisa, efectuándose dicha dosificación mediante el giro del émbolo respecto a la camisa. 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.

Ya, 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.

- **Fase de alimentación**

En la que la cámara de presión se llena de combustible, siempre y cuando las lumbreras de alimentación no estén tapadas por el émbolo. Se lleva a cabo durante parte de la carrera descendente, mientras exista comunicación entre la cámara de presión y la lumbrera de alimentación y/o descarga (figura 64).

- **Fase de rebose de alimentación**

Durante la primera parte de la carrera ascendente, hasta que la cabeza del émbolo tapona las lumbreras de alimentación, el combustible contenido en la cámara de presión sale a través de las mismas, debido a la disminución de volumen producida por el ascenso del émbolo.

- **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 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. Ello 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.

- **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.

- **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.

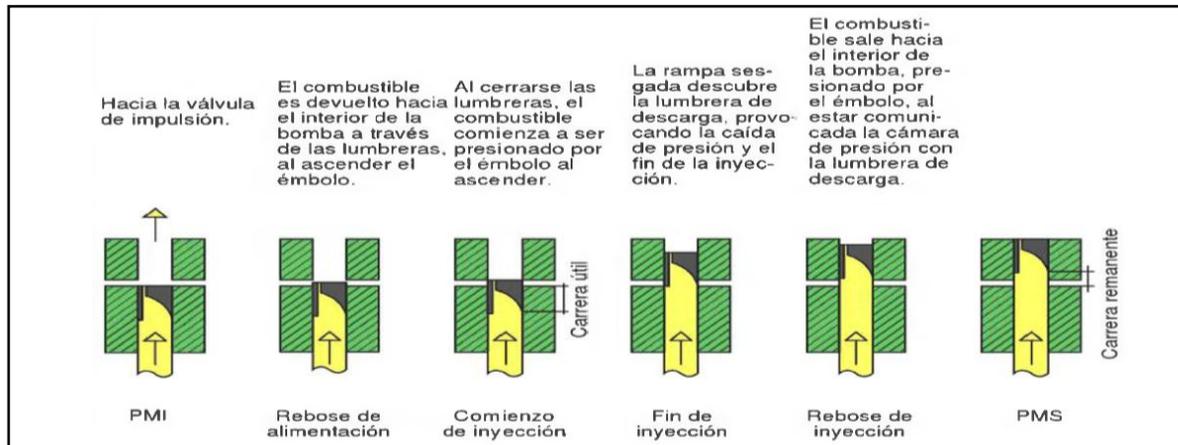


Figura 64. Fases de dosificación de combustible. (Pérez, 2013)

3.12 Lubricación de la bomba

Estas bombas se lubrican por medio del circuito lubricante del motor. Se lubrica tanto la parte de la bomba donde están los elementos de bombeo como el regulador centrifugo 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 (figura 65).

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.

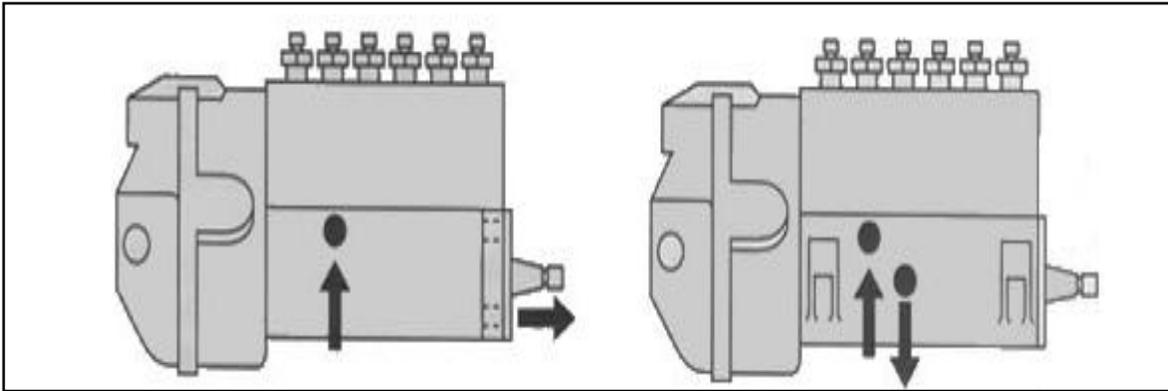


Figura 65. Esquema de lubricación de la bomba lineal. (<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>, 2014)

3.13 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.⁵

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.
- **De todas velocidades**, utilizados en motores industriales, tractores, excavadoras, etc.

⁵ (Sánchez, Sistemas Auxiliares del Motor, 2103)

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 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 (figura 66).

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.

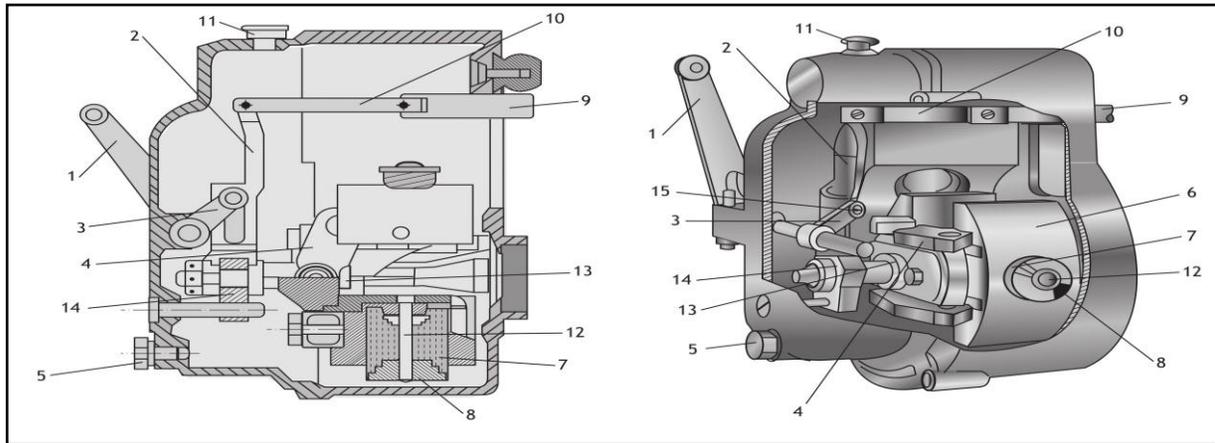


Figura 66. Regulador mecánico centrífugo de máxima y mínima. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Palanca del acelerador | 9. Cremallera |
| 2. Colisa | 10. Horquilla de articulación |
| 3. Palanca de mando | 11. Engrasador |
| 4. Palanca angular | 12. Eje de desplazamiento |
| 5. Tapón del nivel de aceite | 13. Eje de articulación |
| 6. Masa rotante | 14. Pieza de articulación |
| 7. Muelles reguladores de tensión | 15. Patín |
| 8. Tuercas de ajuste | |

En la figura 67. 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.

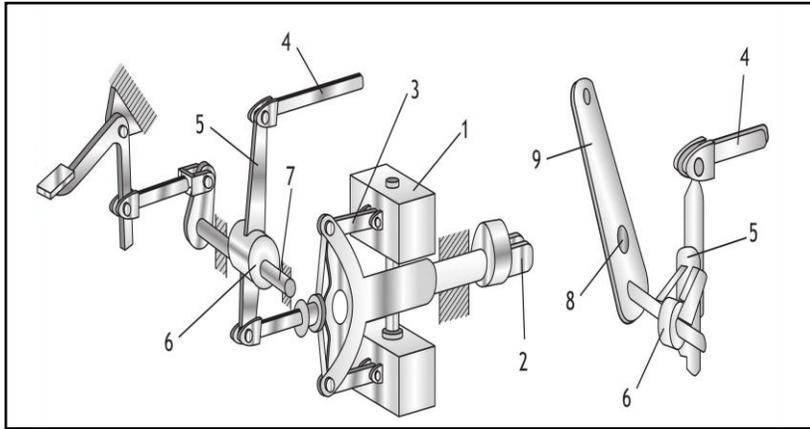


Figura 67. Esquema del regulador de máxima y mínima. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 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 (figura 68), 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.

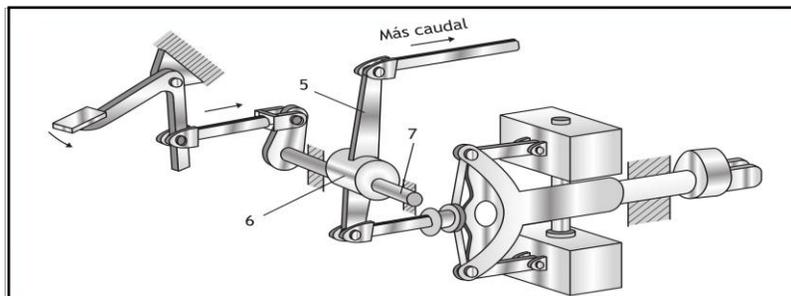


Figura 68. Funcionamiento del regulador por acción del conductor. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

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 69. 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).

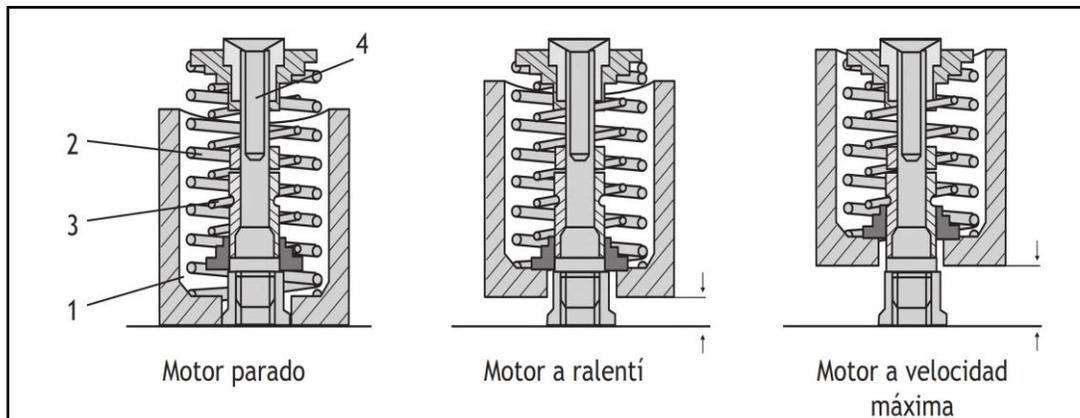


Figura 69. Descripción de los diferentes estados del motor. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

1. Contrapesas.
2. Muelle de ralentí.
3. Muelle de velocidad máxima.
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 70. Con esto se disminuye el caudal inyectado y el motor baja de régimen sin sobrepasar el establecido (por ejemplo, cuando se baja una pendiente).

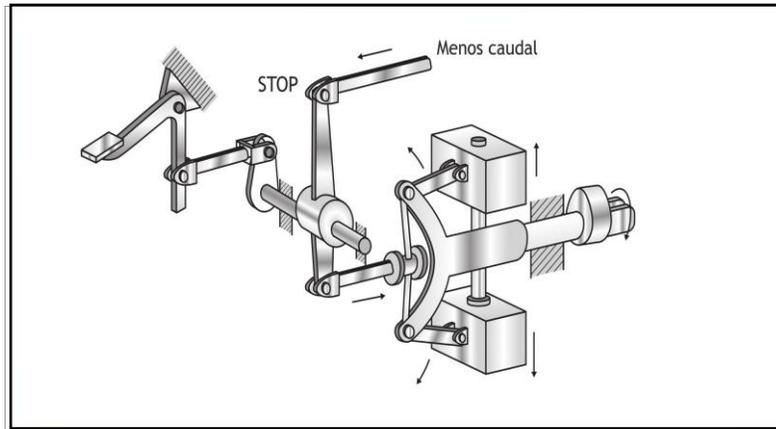


Figura 70. Régimen de sobre revolución. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

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 ralentí 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 71 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.

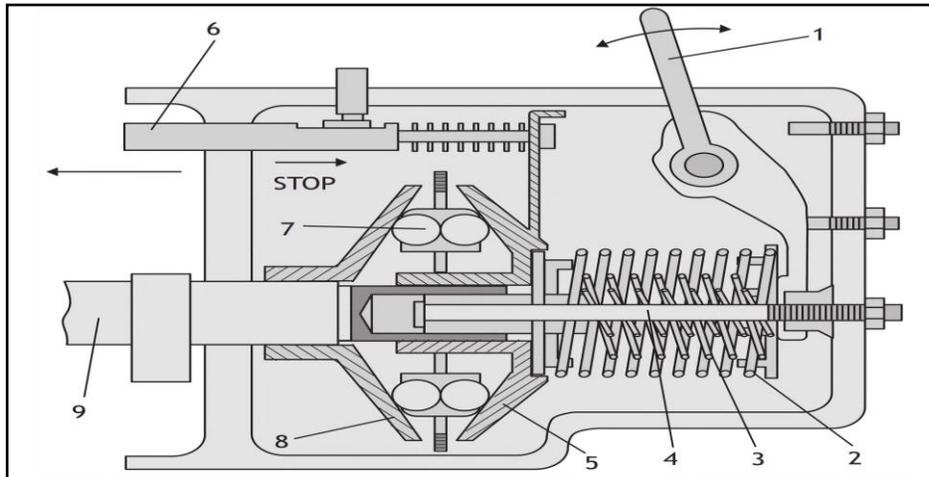


Figura 71. Esquema del Regulador mecánico centrífugo de todas las velocidades. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

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

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.

3.13.1 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 72 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.

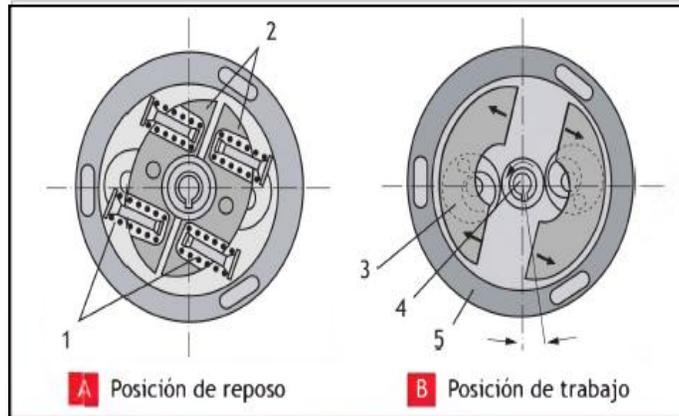


Figura 72. Variador de avance de contrapesos (Sánchez, Sistemas Auxiliares del Motor, 2103)

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

- **Variador de avance de excéntrica**

Este regulador figura 73 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.

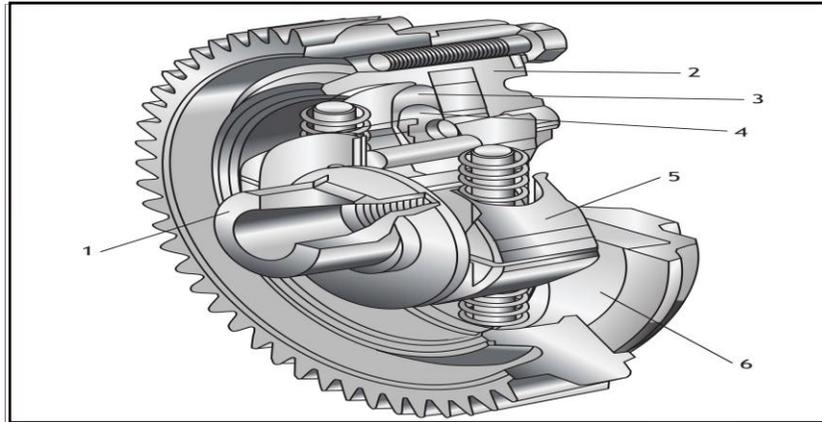


Figura 73. Variador de avance excéntrica (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| 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 (buje) 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 (figura 74), 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.

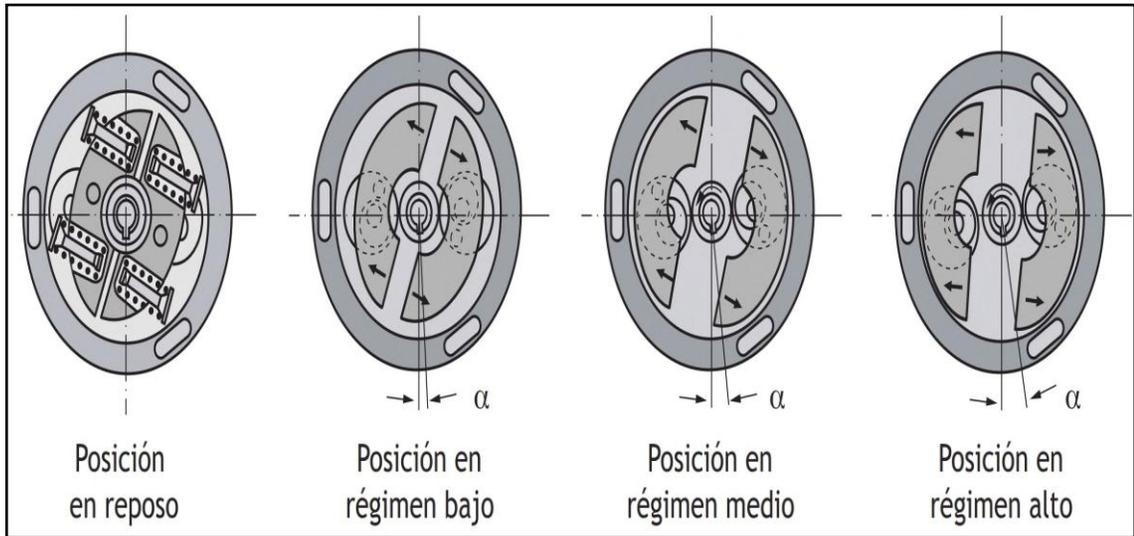


Figura 74. Funcionamiento del variador de avance de excéntrica, α : ángulo de avance. (Sánchez, *Sistemas Auxiliares del Motor*, 2103)

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL MANUAL DIDÁCTICO DE DESPIECE Y ARMADO DE LA BOMBA LINEAL DIÉSEL TIPO PE DE SEIS ELEMENTOS

4.1 Pasos Para el Despiece de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE

Para realizar un correcto proceso de despiece, análisis de elementos, componentes y el armado de la bomba lineal tipo PE es recomendable considerar que el lugar de trabajo debe estar libre de impurezas como el polvo, o cualquier residuo que pudiera generar impurezas al momento de realizar el trabajo, considerando que los elementos del sistema de alimentación diésel son de extrema exactitud en cuanto a precisión y exactitud de presión se refiere, y si estuvieran expuestos a impurezas del medio pueden generar rayaduras y daños en el interior de la bomba y esto a su vez genera una baja de presión en el sistema de alimentación de combustible.

4.1.1 Reconocimiento de la Bomba Lineal Diésel Tipo PE



Figura 75. Bomba lineal tipo PE. (Rodríguez, 2018)

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

Con los datos de la placa se podrá tener la información del caso para la adquisición de piezas y partes de la bomba.



Figura 76. Placa de identificación de la bomba. (Rodríguez, 2018)

4.1.3 Reconocimiento y extracción de la bomba de alimentación

Se reconoce y se extrae la bomba de alimentación utilizando una llave 10 mm se procede a sacar los tres pernos que la sujetan a la bomba principal.



Figura 77. Identificación de la Bomba de Alimentación. (Rodríguez, 2018)



Figura 78. Extracción de la Bomba de Alimentación (Rodríguez, 2018)

Es importante tener el cuidado necesario en cuanto al derrame de combustible de al momento de extraer la bomba de alimentación, por lo cual se recomienda tener un recipiente apropiado para la recolección del fluido y así evitar derrames que pueden presentar problemas de contaminación de las piezas y partes de la bomba lineal y no causar daños al medio ambiente.



Figura 79. Despiece de la Bomba de Alimentación (Rodríguez, 2018)

Se debe proceder al despiece de la bomba de alimentación, de esta forma podemos analizar los elementos internos y verificar su estado actual, en el análisis de las piezas y elementos se debe considerar que, a la mínima presencia de rayones, óxidos o cualquier elemento puede generar un problema en el funcionamiento de la bomba.

Por seguridad se debe cambiar los anillos o arandelas que se utilizan una vez que sean retirados, pues una vez utilizados se deforman y pierden su característica de maleabilidad, de apriete y de sellado y por esta razón no deben ser reutilizados, 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 PE, para esto se debe tener en cuenta que este 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.

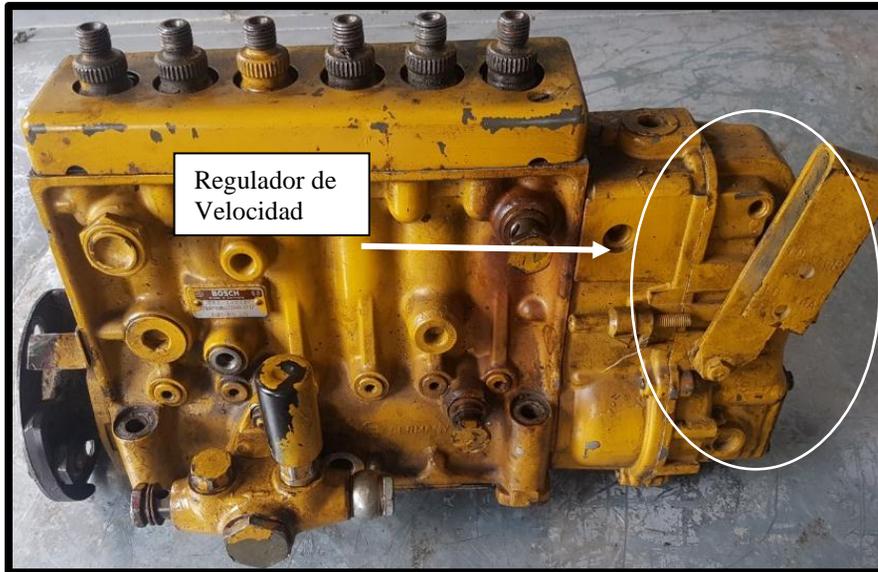


Figura 80. Identificación del Regulador de Velocidad de la Bomba. (Rodríguez, 2018)



Figura 81. Extracción del Regulador de Velocidad de la Bomba. (Rodríguez, 2018)

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

Los plunger de la bomba tipo PE, que se encuentran bajo una tapa que viene en la parte superior de la bomba, para lo cual procedemos a retirarla con un destornillador en cruz (estrella) y se retiran los dos pernos que están ubicados en forma diagonal en la tapa superior.



Figura 82. Reconocimiento de la tapa superior de la Bomba. (Rodriguez, 2018)



Figura 83. Reconocimiento de los porta plunger de la Bomba. (Rodriguez, 2018)

Una vez que se extrae la tapa superior se procede a extraer los porta plunger, se debe considerar que la posición en que salen cada uno de los mismos ya que deben ser ubicados en el mismo orden de salida, para así mantener las condiciones y características de cada cilindro, puesto que el desgaste que va a existir en cada uno de ellos no es igual para todos, por esta razón deben ser ubicados en el mismo lugar que salieron. Para extraer los porta plunger se utiliza una llave de $\frac{1}{2}$ pulgada y se los extrae.



Figura 84. Extracción de los porta plunger de la Bomba. (Rodriguez, 2018)



Figura 85. Extracción de los porta plunger en forma ordenada. (Rodríguez, 2018)

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



Figura 86. Despiece de la bomba de inyección. (Rodríguez, 2018)

4.2 Análisis de los elementos de la Bomba lineal diésel tipo PE

- Luego de realizar el despiece de la bomba debemos analizar cada elemento, considerando que los mismos son de alta presión de trabajo y a la mínima presencia de rayones por más pequeño e insignificante que aparente el elemento debe ser cambiado.
- Si por cualquier motivo se presenta algún tipo de anomalías en algún no se debe 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.

- En el caso de existiera desgaste en algún elemento o pieza lo indicado es el cambiarlo por otro elemento, aclarando que no se debería reutilizar otro elemento de otra bomba, aunque su apariencia demuestre excelentes condiciones. 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.
- 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.
- 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, cao contrario se debe proceder al cambio del mismo.



Figura 87. Despiece de la bomba de inyección. (Rodriguez, 2018)

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

En el proceso de armado se debe realizar en forma inversa del proceso de despiece, considerando el no alterar o cambiar el orden de salida de la porta plunger, es decir que deben ir en el mismo orden que salieron, de esta manera se logra evitar la des calibración de la bomba de inyección, exceptuando la situación que realice el cambio de alguno o varios elementos.

4.3.1 Instalación de los elevadores de los porta plunger de la bomba

Cuando el despiece se realiza exclusivamente por mantenimiento, debemos mantener el orden de salida de los porta plunger, y deben ser colocados en el mismo orden para no tener problemas al momento de la calibración, en caso de que se hubiera adquirido todo el juego nuevos allí no importa el orden, pero se debe considerar tener una limpieza adecuada del lugar de trabajo y los elementos que se van a instalar, pues recordemos que no se debe tener ningún tipo de impurezas que puedan causar daños en los elementos de la bomba una vez que se realicen pruebas de funcionamiento.



Figura 88. Instalación de los porta plunger. (Rodriguez, 2018)

Es de suma importancia no olvidar colocar las arandelas de separación de los porta plunger de la base, ya que si no se ubican en el lugar indicado esto puede causar un aumento de presión en el sistema, debido a que los plunger estarían recorriendo una menor distancia en el mismo tiempo de funcionamiento.



Figura 89. Instalación de los elevadores de los plunger. (Rodríguez, 2018)

4.3.2 Instalación de la tapa superior de la bomba de inyección

Una vez colocados los porta plunger en su lugar se procede a ubicar la tapa superior de la bomba.

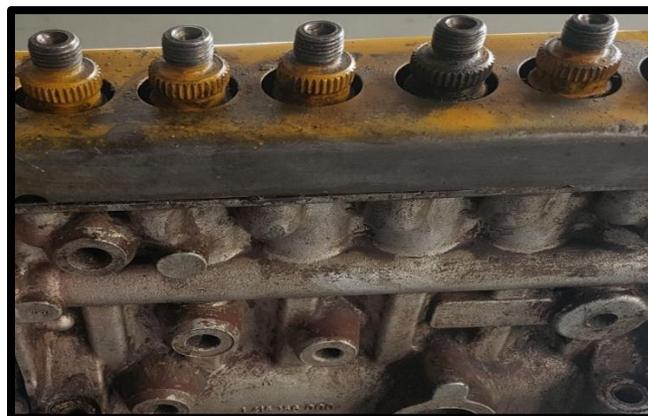


Figura 90. Instalación de los elevadores de los plunger. (Rodríguez, 2018)

4.1.6 Instalación del regulador de velocidad de la bomba

Una vez instalado la tapa superior de la bomba se procede a instalar el regulador de velocidad de la bomba de inyección diésel tipo PE, con una llave 10 mm se procede a colocar los pernos que lo unen a la bomba.



Figura 91. Instalación del regulador de velocidad. (Rodríguez, 2018)

4.1.7 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 0,2 mm, 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 de combustible de la bomba de alimentación, 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 92. Bomba de alimentación armada. (Rodríguez, 2018)

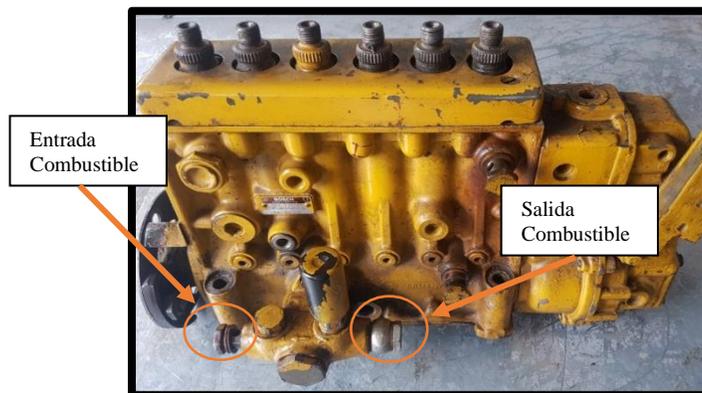


Figura 93. Bomba de alimentación instalada. (Rodríguez, 2018)

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

- Al proceder con los pasos que se describen en el manual se logró realizar un trabajo de forma eficiente y rápida en el proceso de despiece, análisis y armado de la bomba lineal diésel tipo PE que sirva para evaluar el desarrollo de las actividades estudiantiles, y este material se lo puede aplicar como herramienta didáctica en la Facultad De Ingeniería Automotriz para comprender el funcionamiento de la bomba lineal tipo PE de seis elementos.
- Al lograr diseñar el manual se logró el trabajo de despiece, análisis y armado de la bomba lineal tipo PE de seis elementos se debe realizar con las herramientas apropiadas, ya que al utilizar la misma se alcanzó una eficiencia en trabajo realizado.
- Al aplicar los pasos estipulados en el manual se realizará un proceso de forma analítica y técnica, teniendo como resultado la eficiencia y rapidez en cuanto al mantenimiento y reparación de la bomba lineal diésel tipo PE de seis elementos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar los pasos descritos en el manual para el proceso de despiece, análisis de elementos y armado de la bomba lineal diésel tipo PE de seis elementos.
- Utilizar en forma adecuada las herramientas especiales para el proceso de despiece, análisis de elementos y armado de la bomba lineal diésel tipo PE de seis elementos mas del cuidado necesario para conservar las mismas.
- Tener la precaución adecuada en la limpieza de las herramientas, elementos, piezas y partes cuando se realice cualquier trabajo en la bomba lineal diésel tipo PE de seis elementos, debido a la importancia de evitar cualquier tipo de impurezas o residuos que se pudieran presentar al momento de manipulación de la bomba descrita, esto con la finalidad alcanzar correcto y preciso funcionamiento al momento de realizar las pruebas y operación de la bomba.
- Realizar diagnóstico de partes y piezas de la bomba lineal diésel tipo PE de precisión absoluta, debido a la esto dependerá el éxito de las operaciones que se efectúen, también se recuerda que por ningún motivo se debe realizar operaciones de manufactura o maquinado en los elementos de la bomba, si se presenta algún inconveniente comprobado lo ideal es cambiar el elemento.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- BlogdeAutomoviles. (15 de Junio de 2018). BlogdeAutomoviles.com. Obtenido de BlogdeAutomoviles.com.
- 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_d_e_Inyecci%C3%B3n.pdf
- Crouse, W. (2008). Mecanica del Automovil. Barcelona: McGraw-Hill .
- De Castro Vicente, M. (2008). Inyeccion y encendido. Barcelona: CEAC.
- 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>
- 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->
- Grupo Bosch. (2000). Manual práctico del automóvil - reparación, mantenimiento y prácticas. Madrid: Grupo cultural.
http://manualtecnico.blogspot.com/2011/08/concepto_21.html. (Agosto de 2011).
http://manualtecnico.blogspot.com/2011/08/concepto_21.html.
- <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n3/rus38317.pdf>. (Agosto de 2017).
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n3/rus38317.pdf>.
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>. (23 de Julio de 2014).
<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>. Obtenido de

<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>:
<http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>
<https://www.significados.com/manual/>. (2018). <https://www.significados.com/manual/>.
Pérez, M. (2013). *Sistemas Auxiliares del Motor*. Madrid: Paraninfo.
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/
Rodríguez, R. (14 de Noviembre de 2018). *Figuras tesis*. tesis. Guayaquil.
Sánchez, E. (2013). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid.
Sánchez, E. (2013). *Sistemas Auxiliares del Motor*. MACMILLAN.
Srinivasan, S. (2008). *Automotive Mechanics*. New Delhi: Tata McGraw-Hill
Education .