



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA ROTATIVA
TIPO VE DE CUATRO ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE
BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

AUTOR:

DUSSAN DORIL RAMÍREZ REYNA

GUAYAQUIL, ENERO 2017

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ
CERTIFICADO

Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote Msc.

Certifica:

Que el trabajo titulado **"ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA ROTATIVA TIPO VE DE CUATRO ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIESEL COM-EMC"**, realizado por el estudiante: Dussan Doríl Ramírez Reyna, 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: Jorge Adrián Bermeo Ayora, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Enero 2017



Ing. Adolfo Juan Peña Pinargote MSc.

Director del Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Dussan Doríl Ramírez Reyna

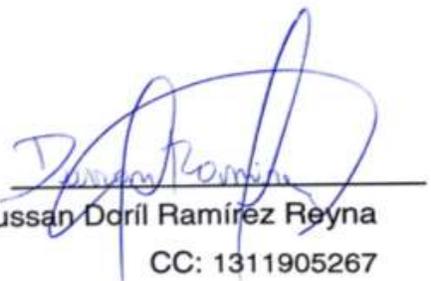
DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: "**ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CALIBRACIÓN DE BOMBA ROTATIVA TIPO VE DE CUATRO ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIÉSEL COM-EMC**", 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 en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Enero 2017


Dussan Doríl Ramírez Reyna
CC: 1311905267

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Dussan Doril Ramírez Reyna

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 DE CALIBRACIÓN DE BOMBA ROTATIVA TIPO VE DE CUATRO ELEMENTOS EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN DE BOMBAS A DIESEL COM-EMC**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Enero 2017


Dussan Doril Ramírez Reyna
CC: 1311905267

DEDICATORIA

Este trabajo de estudio especialmente a mis padres **Pablo Ramírez Roser Reyna**, por el esfuerzo

Y apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermana y tíos que estuvieron muy pendientes han sabido compartir mis momentos más difíciles y alegres.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por su comprensión y estímulo constante su apoyo incondicional en el transcurso
De mis estudios.

A los docentes que impartieron sus enseñanzas, conocimientos con mucha paciencia para la
culminación de este proyecto.

Así mismo a todas las personas que han colaborado de una u otra forma humilde y
desinteresadamente que me han llevado a obtener un gran éxito, a mis compañeros de proyecto
que me apoyaron e impulsaron hasta la culminar este objetivo.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Definición Del Problema.....	1
1.2 Ubicación Del Problema.....	2
1.3 Formulación Del Problema	2
1.4 Sistematización Del Problema	2
1.5 Objetivos De La Investigación	3
1.5.1 Objetivo General	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación De La Investigación	3
1.6.1 Justificación teórica.....	3
1.6.2 Justificación metodológica	4
1.6.3 Justificación práctica	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Bombas De Inyección Rotativas Tipo Ve	5
2.1.1 Estructura De La Bomba	6
2.1.2 Accionamiento De La Bomba VE	8
2.1.3 Bomba de alimentación de aletas	10

2.1.4 Válvula reguladora de presión.....	10
2.1.5Estrangulador de rebose.....	11
2.1.6 Funcionamiento de la sección de alta presión de la bomba	12
2.1.6.1 Discos de levas y formas de leva	12
2.1.6.2 Conjunto de la bomba	13
2.1.7 Fases de la generación y distribución del combustible a alta presión.....	13
2.1.7.1 Entrada de combustible	13
2.1.7.2 Válvula de re aspiración	14
2.1.7.3 Regulación Mecánica De La Dosificación De Combustible	16
2.1.8 Variación del avance a la inyección	17
2.1.9 Dispositivo de parada eléctrico (ELAB)	19
2.2 Inyectores Diésel.....	
2.3 Banco De Calibración	24
CAPÍTULO III MANUAL DE CALIBRACIÓN PARA BOMBAS ROTATIVAS TIPO	
VE EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN COM-EMC	
3.1 Características Del Banco De Calibración COM - EMC	26
3.2 Partes Principales Del Banco De Calibración.....	27
3.2.1 Acoplamiento de transmisión	28
3.2.2 Soporte de montaje.....	28
3.2.3 Juego de cañerías de alta presión	28
3.2.4 Juego de inyectores de alta presión.....	29
3.2.5Juego de probetas graduadas.....	29
3.2.6Sistema de vacío y presión de aire	30
3.2.7 Sistema Eléctrico	32
3.3 Desarmado De La Bomba Rotativa Tipo Ve.....	34

3.4 Armado De La Bomba Rotativa Tipo Ve	37
3.5 Montaje De La Bomba De Inyección Rotativa Ve En El Banco De Calibración COM - EMC	42
CAPÍTULO IV CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA VE EN EL BANCO COM-EMC	45
4.1 Pruebas De Calibración En La Bomba De Rotativa Ve En El Banco De Pruebas	45
4.1.1 Ajuste de la presión de transferencia	48
4.1.2 Ajuste del suministro máximo.....	49
4.2 Mantenimiento Del Equipo	51
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1 Conclusiones	53
5.2 Recomendaciones	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Ubicación de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil	2
Figura. 2 Sistema de alimentación de combustible de una bomba rotativa	5
Figura. 3 Componentes de una bomba rotativa	6
Figura. 4 Componentes de una bomba VE	7
Figura. 5 Sección de baja presión.....	9
Figura. 6 Bomba de alimentación de aletas	10
Figura. 7 Cuerpo de la válvula reguladora de presión	11
Figura. 8 Estrangulador de rebose.....	12
Figura. 9 Estrangulador de rebose.....	12
Figura. 10 Conjunto de cabezal y émbolo distribuidores	13
Figura. 11 Diferencias constructivas en los esquemas de la bomba en línea.....	14
Figura. 12 Esquema de una válvula de re aspiración.....	15
Figura. 13 Fases de funcionamiento de una válvula de re aspiración	15
Figura. 14 Regulación mecánica.....	16
Figura. 15 Disposición del variador de avance en la bomba rotativa.....	19
Figura. 16 Válvula electromagnética de parada (ELAB).....	20
Figura. 17 Inyector de manera esquemática	21
Figura. 18 Banco de pruebas universal.....	24
Figura. 19 Banco de calibración COM EMC.....	27
Figura. 20 Partes del banco de calibración COM EMC	26
Figura. 21 Partes del sistema de medición de la inyección	27
Figura. 22 Acople bomba-motor.....	28
Figura. 23 Soporte de montaje para bomba.....	28
Figura. 24 Cañerías de alta presión.....	29
Figura. 25 Inyector de pruebas	29
Figura. 26 Juego de probetas	30
Figura. 27 Esquema del sistema de control hidráulico de presión de aire y vacío.....	30
.....	30

Figura. 28 Esquema del sistema de control neumático de presión de aire y vacío....	31
.....	
Figura. 29 Partes externas del sistema eléctrico	32
Figura. 30 Partes del display.....	33
Figura. 31 Regulador de velocidad	33
Figura. 32 Desmontaje de la tapa del gobernador	34
Figura. 33 Desmontaje de la tapa del gobernador	34
Figura. 34 Desmontaje del tapón y válvulas.....	35
Figura. 35 Desmontaje del solenoide	35
Figura. 36 Desmontaje del conjunto del émbolo	36
Figura. 37 Desmontaje de la palanca y del disco de levas	36
Figura. 38 Desmontaje de la boba de alimentación	37
Figura. 39 Montaje de la bomba de alimentación	38
Figura. 40 Montaje de los cauchos en el eje del rotor	38
Figura. 41 Montaje del conjunto de rodillos.....	38
Figura. 42 Montaje del pistón de avance.....	39
Figura. 43 Montaje de la válvula reguladora	39
Figura. 44 Montaje de la palanca del gobernador	40
Figura. 45 Montaje de la palanca del gobernador	40
Figura. 46 Montaje del cabezal	40
Figura. 47 Montaje de las válvulas de entrega	41
Figura. 48 Montaje del solenoide	41
Figura. 49 Armada del conjunto del gobernador	41
Figura. 50 Acoples y herramientas para montaje en el banco	42
Figura. 51 Colocación de bases y montaje en el banco de pruebas.....	42
Figura. 52 Instalación de cañerías a los inyectores y colocación de cañerías de entrada y retorno de combustible.....	43
Figura. 53 Instalación del acople para la presión de transferencia.	43
Figura. 54 Diagrama de conexión de bombas rotativas VE.....	44
Figura. 55 Medidores de presión de baja e interna	48
Figura. 56 Válvula ajustable de presión del banco de calibración	49

Figura. 57 Tiempo de conteo de inyección (Strokes) a 600 RPM.....	50
Figura. 58 Medición en las probetas luego de los 100 strokes	50
Figura. 59 Calibración de cabezal de la bomba	51

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Calibraciones de la bomba de inyección rotativa VE	45
--	----

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el área de la mecánica automotriz, existen trabajos de mantenimiento por medio de equipos de diagnóstico que facilitan la comprobación de elementos que forman el sistema de bombas de inyección rotativa de un vehículo a diésel. Por esta razón se hace necesario el aporte tecnológico de información que ayude a comprender más ampliamente el manejo y aplicación de estos bancos de pruebas para un buen proceso de análisis de averías en los sistemas de bombas de inyección.

Es común que la mayoría de laboratorios y talleres de mecánica automotriz no puedan brindar un servicio óptimo en lo que se refiere a sistemas de inyección, ya sean estos a gasolina o a diésel, esto se debe a que no cuentan con equipos de prueba electrónicos que ayuden a realizar este tipo de pruebas. Los bancos de calibración permiten diagnosticar los diferentes tipos de bombas de inyección que existen, entre ellos las bombas rotativas. Estos bancos de pruebas permiten realizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de un sistema y han ido avanzando en base al considerable desarrollo tecnológico en los diferentes sistemas de inyección diesel que trabajan de manera mas eficientemente.

En base a esto se ve la necesidad de realizar un manual de calibración de bombas rotativa tipo VE de cuatro elementos debido al desconocimiento de la mayoría de los técnicos automotrices acerca de nuevos equipos de diagnóstico para los sistemas de bombas de inyección rotativa. Para este caso se utilizará el banco de calibración COM -EMC, el cual es adecuada para el campo automotriz para medir presiones, caudales y desgastes de elementos internos, posee relojes manométricos graduados y estrategias definidas en el equipo que facilitan el

control del mismo y su aplicación en el diagnóstico de bombas de inyección rotativa.

1.2 UBICACIÓN DEL PROBLEMA

El tema de investigación y análisis del tema se desarrolla desde el mes de octubre del 2016 hasta el mes de enero del 2017, tiempo que sirvió para presentar la propuesta y posteriormente realizar y culminar el tema de investigación. La delimitación geográfica es en la Universidad Internacional del Ecuador, sede Guayaquil en el taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz., tal como se muestra en la figura 1.



Figura. 1 Ubicación de la Universidad Internacional del Ecuador, extensión Guayaquil
Fuente: Google Maps

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿ Es necesario elaborar un manual de calibración de bomba rotativa tipo VE de cuatro elementos en el banco de calibración de bombas a diésel COM-EMC?

1.4 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Por qué la calibración de bombas a diesel rotativas deben realizarse en un banco de calibración?
2. ¿El servicio que prestan las empresas al momento de calibrar las bombas en línea poseen un manual de calibración para su correcto funcionamiento?
3. ¿El personal que labora calibrando bombas a diesel rotativas esta calificado para su operación?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

Elaborar un manual de calibración de bomba rotativa tipo VE de cuatro elementos en el banco COM-EMC de bombas a diésel.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Obtener información acerca de las bombas de inyección rotativa tipo VE para saber la información técnica para su calibración.
- Revisar cada una de las partes que posee el banco de calibración COM-EMC.
- Realizar la adaptación de las bombas de inyección rotativa tipo VE en el banco de calibración COM-EMC.

1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Justificación teórica

En el área de la mecánica automotriz, existen trabajos de mantenimiento por medio de equipos de diagnóstico que facilitan la comprobación de elementos que forman el sistema de bombas de inyección rotativa de un vehículo a diesel.

Por esta razón se hace necesario el aporte tecnológico de información que ayude a comprender más ampliamente el manejo y aplicación de estos bancos de pruebas para un buen proceso de análisis de averías en los sistemas de bombas de inyección.

1.6.2 Justificación metodológica

Al realizar el plan de tesis se desarrollaran todos los conocimientos que se adquirido en toda la carrera universitaria, y prácticas profesionales.

De igual forma se utilizarán métodos de investigación cuantitativa ya que se determinará la forma de obtener datos seguros con los que trabajan las bombas rotativas, todo esto a traves del manual del fabricante del banco de calibración COM-EMC. Además se realizarán pruebas reales en el banco.

1.6.3 Justificación práctica

Para poder realizar este proyecto se procederá a la calibración de una bomba rotativa tipo VE de cuatro elementos de un vehículo en optimas condiciones, y se utilizará el banco de calibración COM-EMC.

La hipótesis para el presente trabajo se determina de la siguiente manera:
¿Podemos realizar el manual de calibración de bomba rotativa tipo VE de cuatro elementos en el banco COM-EMC de bombas a diésel??

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS TIPO VE

El campo de aplicación y el diseño de la bomba vienen determinados por el número de rpm, la potencia y el tipo de construcción del motor diésel. Las bombas de inyección rotativas se utilizan principalmente en automóviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios.

En la figura 2, a diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa del tipo VE no dispone más que de un solo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto, entre las diferentes salidas correspondientes al número de cilindros del motor, del combustible alimentado por el émbolo de la bomba.

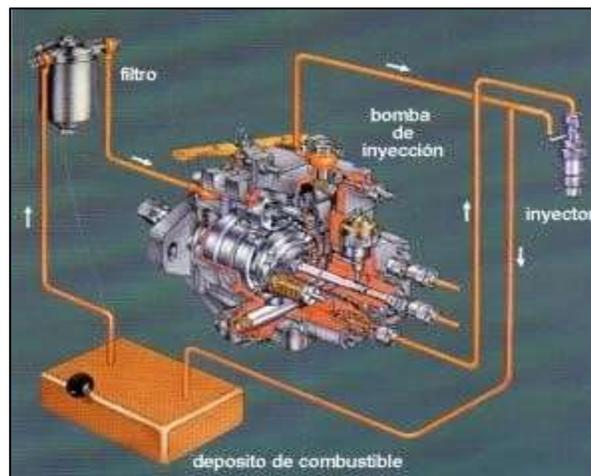


Figura. 2 Sistema de alimentación de combustible de una bomba rotativa
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales,
para motores diésel, Robert Bosch

En el cuerpo cerrado de la bomba se encuentran reunidos los siguientes componentes con sus respectivas funciones que se muestra en la figura 3:

- 1.- Bomba de alimentación de aletas: aspira combustible del depósito y lo introduce al interior de la bomba de inyección.
- 2.- Bomba de alta presión con distribuidor: genera la presión de inyección, transporta y distribuye el combustible.
- 3.- Regulador mecánico de velocidad: regula el régimen, varía el caudal de inyección mediante el dispositivo regulador en el margen de regulación.
- 4.- Válvula electromagnética de parada: corta la alimentación de combustible y el motor se para.
- 5.- Variador de avance: corrige el comienzo de la inyección en función del régimen (n° de rpm motor).

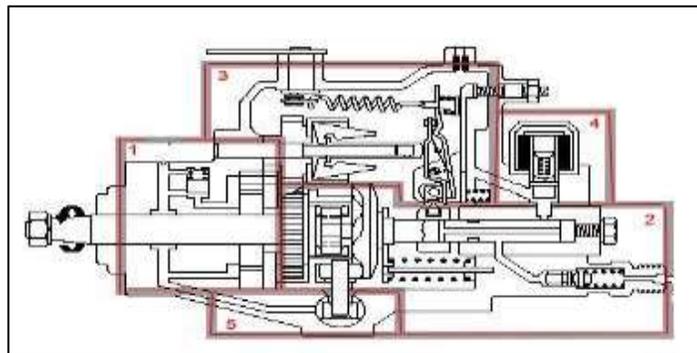


Figura. 3 Componentes de una bomba rotativa
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales,
para motores diésel, Robert Bosch

2.1.1 Estructura De La Bomba

El eje de accionamiento de la bomba va alojado en el cuerpo de ésta tal como se ve en la figura 4. Sobre el va dispuesta en primer lugar la bomba de alimentación de aletas también llamada bomba de transferencia. Detrás del eje se encuentra el anillo de rodillos, que no es solidario con el eje de accionamiento,

aunque se encuentra alojado, así mismo, en el cuerpo de la bomba. Por medio del disco de levas que se apoya sobre los rodillos del anillo y es accionado por el eje, se consigue un movimiento simultáneamente rotativo y longitudinal, que se transmite al émbolo distribuidor, el cual es guiado por la cabeza hidráulica, solidaria del cuerpo de la bomba. En este van fijados el dispositivo eléctrico de parada mediante corte de la alimentación de combustible, el tapón roscado con tornillo de purga y las válvulas de impulsión con los correspondientes racores.

El grupo regulador es movido por el accionamiento correspondiente solidario del eje conductor, a través de una rueda dentada. El grupo regulador va equipado con pesos centrífugos y el manguito regulador. El mecanismo regulador, compuesto por las palancas de ajuste, de arranque y tensora, va alojado en el cuerpo y es giratorio. Sirve para modificar la posición de la corredera de regulación del émbolo de bomba. En la parte superior del mecanismo regulador actúa el resorte de regulación, unido a la palanca de control a través del eje de esta. El eje va alojado en la tapa del regulador, mediante lo cual y a través de la palanca de control se actúa sobre el funcionamiento de la bomba. La tapa del regulador cierra por arriba la bomba de inyección. En el regulador van dispuestos, además, el tornillo de ajuste del caudal de plena carga, el estrangulador de rebose y el tornillo de ajuste de régimen.

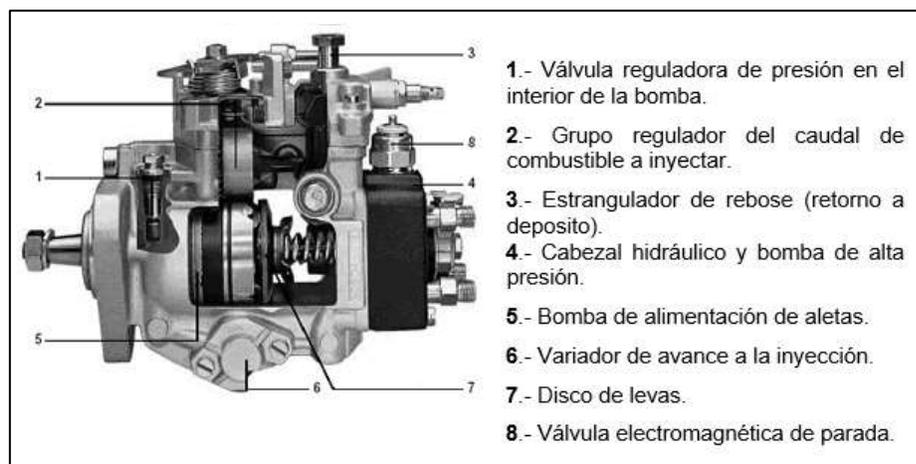


Figura. 4 Componentes de una bomba VE

Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, para motores diésel, Roberth B osch

Montado en sentido transversal al eje de accionamiento de la bomba, en la parte inferior de la bomba va alojado el variador de avance hidráulico. Su funcionamiento es influido por la presión interna de la bomba de inyección. La presión depende del número de rpm a la que gire la bomba de alimentación de paletas y de la válvula reguladora de presión.

2.1.2 Accionamiento De La Bomba VE

En los motores de 4 tiempos, la velocidad de rotación de la bomba es la mitad de la del cigüeñal del motor diésel y la misma velocidad que la del árbol de levas. El accionamiento de las bombas es forzado y, además se realiza, de forma que el eje conductor de la bomba gira en perfecto sincronismo con el movimiento del pistón del motor. Este movimiento sincrónico se consigue mediante correa dentada, piñón de acoplamiento, rueda dentada o cadena. Hay bombas rotativas de inyección para giro a derechas o a izquierdas. El orden de inyección depende, por tanto, del sentido de rotación, pero las salidas inyectan siempre el combustible según el orden geométrico de disposición. Para evitar confusiones con la designación de los cilindros del motor, las salidas de la bomba se designan con A, B, C, etc.

- **Sección De Baja Presión**

Los elementos que forman la parte de baja presión en las bombas rotativas son:

- Bomba de alimentación de aletas.
- Válvula reguladora de presión.
- Estrangulador de rebose.

En el circuito de alimentación de los motores diésel, el combustible es aspirado del depósito mediante la bomba de alimentación de aletas y transportado al interior de la bomba de inyección. Para obtener en el interior de la bomba una presión determinada en función del régimen (número de rpm), se necesita una válvula reguladora de presión que

permita ajustar una presión definida a un determinado régimen. La presión aumenta proporcionalmente al aumentar el número de rpm, es decir, cuanto mayor sea el régimen, mayor será la presión en el interior de la bomba.

Una parte del caudal de combustible transportado retorna, a través de la válvula reguladora de presión a la entrada de la bomba de aletas. Además, para la refrigeración y auto purga de aire de la bomba de inyección, el combustible retorna al depósito de combustible a través del estrangulador de rebose dispuesto en la parte superior de la bomba (figura 5).

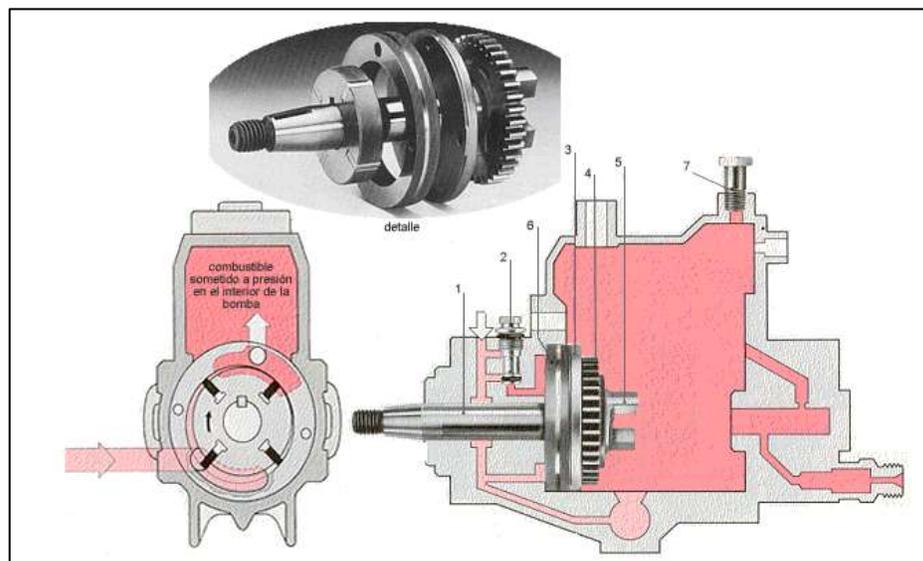


Figura. 5 Sección de baja presión
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales,
para motores diésel, Robert Bosch

Elementos que forman la parte de baja presión de una bomba de inyección:

- 1.- Eje de accionamiento
- 2.- Válvula reguladora de presión
- 3.-Anillo de apoyo
- 4.-Rueda dentada de accionamiento del regulador de caudal de combustible
- 5.- Garra del eje
- 6.- Anillo excéntrico

7.- Estrangulador de rebose.

2.1.3 Bomba de alimentación de aletas

Está montada en torno al eje de accionamiento de la bomba de inyección. El rotor de aletas está centrado sobre el eje y es accionado por una chaveta del disco. El rotor de aletas está rodeado por un anillo excéntrico alojado en el cuerpo.

Las cuatro aletas (1) del rotor (2) son presionadas hacia el exterior, contra el anillo excéntrico (3), por efecto del movimiento de rotación y de la fuerza centrífuga resultante (figura 6). El combustible llega al cuerpo de la bomba de inyección a través del canal de alimentación y pasa, por una abertura en forma de piñón. Por efecto de la rotación, el combustible que se encuentra entre las aletas, es transportado hacia el recinto superior y penetra en el interior de la bomba de inyección a través de un taladro. Al mismo tiempo, a través de un segundo taladro, una parte del combustible llega a la válvula reguladora de presión. (Dani Meganeboy, Sistemas de inyección, 2010)

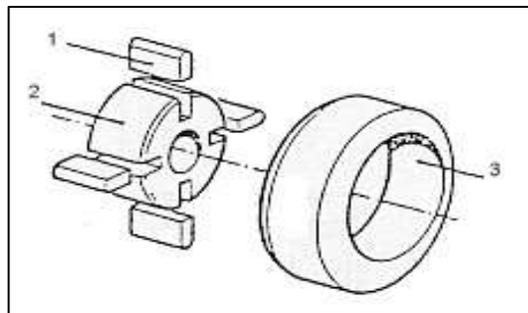


Figura. 6 Bomba de alimentación de aletas
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales,
para motores diésel, Robert Bosch

2.1.4 Válvula reguladora de presión

Está situada cerca de la bomba de alimentación de aletas. Esta válvula es de corredera, tarada por muelle, con lo que se puede variar la presión en el interior de la bomba de inyección según el caudal de combustible que se alimente. Si la presión de combustible excede un determinado valor, el émbolo de la válvula abre

el taladro de retorno, de forma que el combustible pueda retornar a la entrada de la bomba de alimentación de aletas. La presión de apertura de la válvula la determina la tensión previa del muelle de compresión (figura 7).

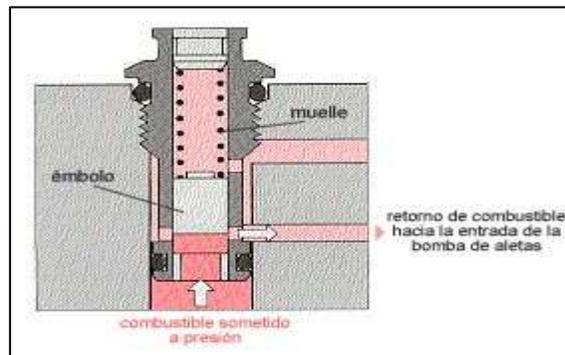


Figura. 7 Cuerpo de la válvula reguladora de presión
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales,
para motores diésel, Robert Bosch

2.1.5 Estrangulador de rebose

Va roscado en la parte superior de la bomba de inyección. Permite el retorno de un caudal variable de combustible al depósito, a través de un pequeño orificio (diámetro 0.6 mm.). El taladro ofrece una resistencia a la salida de combustible, por lo que se mantiene la presión en el interior de la bomba. Como en el recinto interior de la bomba se necesita una presión de combustible exactamente definida de acuerdo con el régimen, el estrangulador de rebose y la válvula reguladora de presión están coordinados entre sí en lo que al funcionamiento se refiere (figura 8).

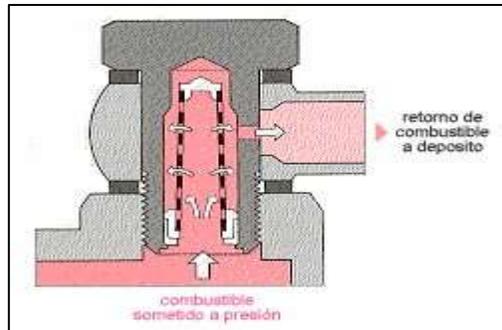


Figura. 8 Estrangulador de rebote
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, para motores diésel, Roberth Bosch

En la figura 9 se muestra los elementos encargados de generar y distribuir el combustible a alta presión, (figura 9).

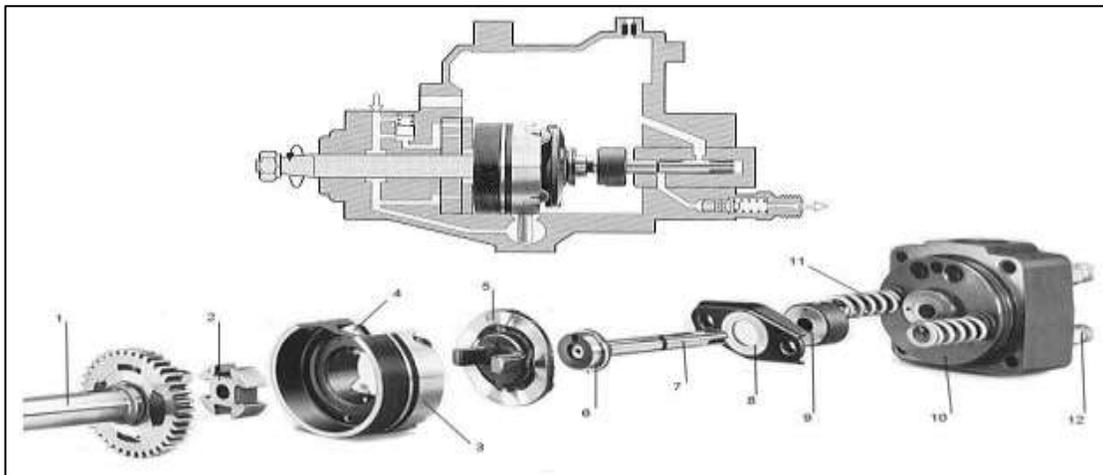


Figura. 9 Estrangulador de rebote
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, para motores diésel, Roberth Bosch

- 1.- Eje de accionamiento
- 2.- Disco cruceta
- 3.- Anillo de rodillos
- 4.- Rodillo
- 5.- Disco de levas
- 6.- Arandelas de ajuste
- 7.- Émbolo distribuidor

- 8.- Puente elástico
- 9.- Corredera de regulación
- 10.- Cabeza distribuidora
- 11.- Muelle
- 12.- Racor de impulsión (válvula de re aspiración).

2.1.6 Funcionamiento de la sección de alta presión de la bomba

El movimiento rotativo del eje de accionamiento se transmite al émbolo distribuidor por medio de un acoplamiento. Las garras del eje de accionamiento y del disco de levas engranan en el disco cruceta dispuesto entre ellas. Por medio del disco de levas, el movimiento giratorio del eje de accionamiento se convierte en un movimiento de elevación y giro. Esto se debe a que la trayectoria de las levas del disco discurre sobre los rodillos del anillo. El émbolo distribuidor es solidario del disco de levas por medio de una pieza de ajuste, y está coordinado por un arrastrador. El desplazamiento del émbolo distribuidor hacia el punto muerto superior (PMS) está asegurado por el perfil del disco de levas. Los dos muelles antagonistas del émbolo, dispuestos simétricamente, que reposan sobre la cabeza distribuidora y actúan sobre el émbolo distribuidor a través de un puente elástico, que provocan el desplazamiento del émbolo al punto muerto inferior (PMI). Además, dichos muelles impiden que el disco de levas pueda saltar, a causa de la elevada aceleración, de los rodillos del anillo. Para que el émbolo distribuidor no pueda salirse de su posición central a causa de la presión centrífuga, se ha determinado con precisión la altura de los muelles antagonistas del émbolo que están perfectamente coordinados.

2.1.6.1 Discos de levas y formas de leva

Además de la función motriz del eje de accionamiento, el disco de levas influye sobre la presión de inyección y sobre la duración de esta. Los criterios determinantes a este respecto son la carrera y la velocidad de elevación de la leva. Según la forma de la cámara de combustión y el método de combustión de los distintos tipos de motor, las condiciones de inyección deberán producirse de forma individualmente coordinada.

Por esta razón, para cada tipo de motor se calcula una pista especial de levas que luego se coloca sobre la cara frontal del disco de levas. El disco así configurado se monta acto seguido en la correspondiente bomba de inyección (S.A. Bombas de inyección rotativas, Salamanca, 2009)

2.1.6.2 Conjunto de la bomba

La cabeza y el émbolo distribuidores, así como la corredera de regulación están tan exactamente ajustados entre sí (por rodaje) que su estanqueidad es total incluso a las presiones más elevadas.

Las pérdidas por fugas son inferiores, pero tan inevitables como necesarias para la lubricación del émbolo distribuidor.

Por esta razón, en caso de sustitución deberá cambiarse el conjunto de bomba completa; en ningún caso el émbolo distribuidor, la cabeza distribuidora o la corredera de regulación, por separado, (figura 10).

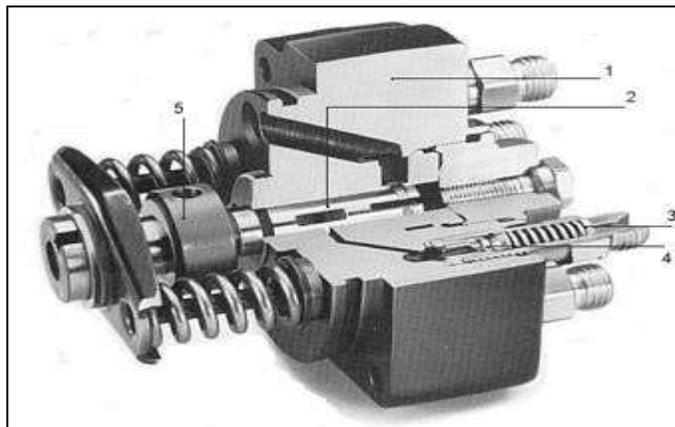


Figura. 10 Conjunto de cabezal y émbolo distribuidores
Fuente: Bosch, año 2009, (P-6)

1.-Cabeza distribuidora;
2.- Émbolo distribuidor;
3.- Racor de impulsión;

4.- Válvula de re aspiración (también llamada de impulsión);
5.- Corredera de regulación.

2.1.7 Fases de la generación y distribución del combustible a alta presión

2.1.7.1 Entrada de combustible

Con el émbolo en posición PMI (Punto Muerto Inferior), el combustible entra al recinto de alta presión, a través del canal de entrada y la ranura de control. Las fases que sirven para generar y distribuir el combustible a alta presión que se ven en el cuadro superior corresponden a la alimentación de uno de los cilindros del motor. En el caso de un motor de 4 cilindros el émbolo describe un cuarto de vuelta entre las posiciones PMI y PMS y un sexto de vuelta si se trata de un motor de 6 cilindros, (figura 11).

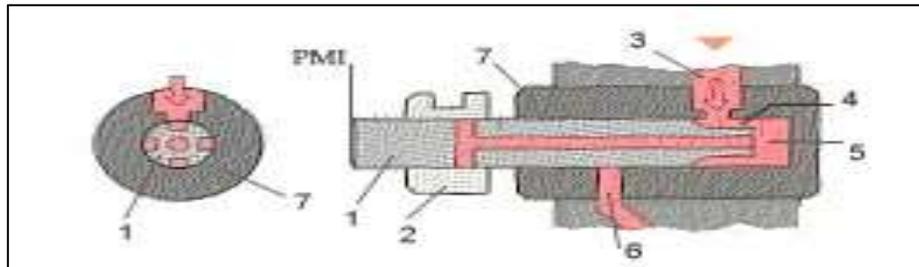


Figura. 11 Diferencias constructivas en los esquemas de la bomba en línea
Fuente: Dani Meganeboy, año 2010, (P-7)

2.1.7.2 Válvula de re aspiración

También llamada de impulsión 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 12).

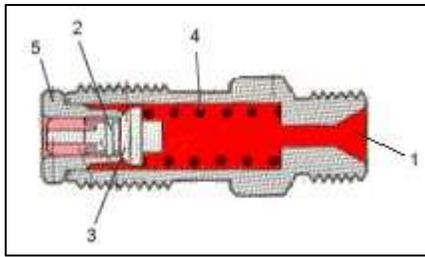


Figura. 12 Esquema de una válvula de re aspiración
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, para motores diésel, Robert Bosch

1.- Salida de combustible hacia inyector a través del tubo.
2.- Pistón de expansión.

3.- Cono de válvula.
4.- Muelle.
5 Porta-válvula unida a la bomba.

Al final de la inyección, la válvula desciende bajo la acción del muelle. El pistón de expansión se introduce en la porta-válvula, antes de que el cono de válvula descienda sobre su asiento, aislando el tubo de alimentación de inyector.

El descenso de la válvula realiza una re-aspiración 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.

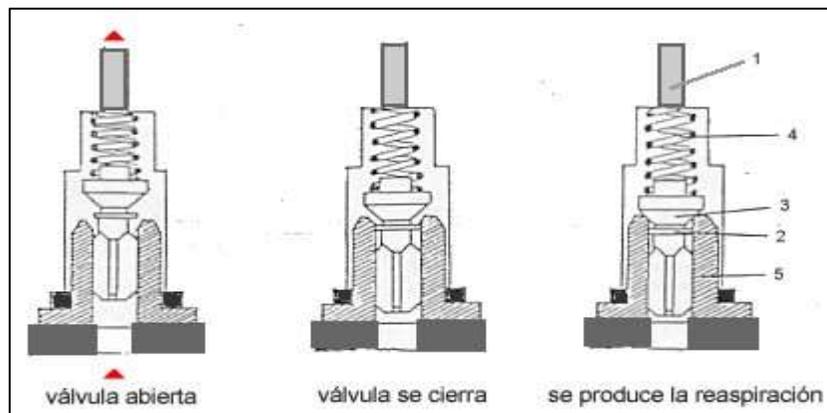


Figura. 13 Fases de funcionamiento de una válvula de re aspiración
Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, para motores diésel, Robert Bosch

2.1.7.3 Regulación Mecánica De La Dosificación De Combustible

El comportamiento de los vehículos diésel es satisfactorio cuando el motor responde a cualquier movimiento del acelerador. Al ponerlo en marcha, no debe tender a pararse de nuevo. Cuando se varía la posición del pedal del acelerador, el vehículo debe acelerar o retener sin tirones. A idéntica posición del acelerador y con pendiente constante de la calzada, la velocidad de marcha debe mantenerse asimismo constante. Al dejar de pisar el acelerador, el motor debe retener el vehículo. En el motor diésel, estas funciones están encomendadas al regulador de régimen o también llamado regulador de la dosificación de combustible.

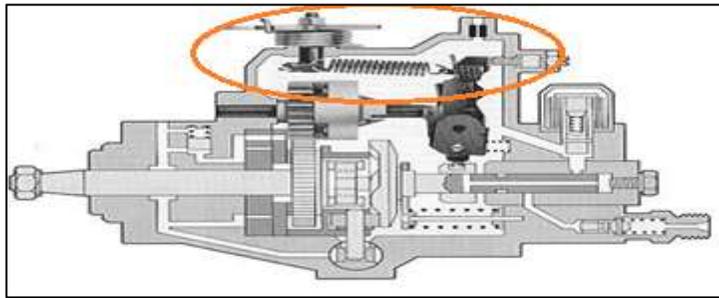


Figura. 14 Regulación mecánica

Fuente: Bombas rotativas de inyección de émbolos radiales, Robert Bosch

Entre las principales funciones del regulador tenemos los siguientes enunciados:

- **Regulador del ralentí**

El motor diésel no funciona con un régimen de ralentí inferior al prefijado, si dicho régimen ha sido regulado.

- **Regulación del régimen máximo**

En caso de bajada de régimen máximo de plena carga está limitado al de ralentí superior. El regulador considera esta situación y retrae la corredera de regulación hacia la dirección de parada. El motor recibe menos combustible.

- **Regulación de regímenes intermedios**

Esta función corre a cargo del regulador de todo régimen. Con este tipo de regulador también se pueden mantener constantes, dentro de determinados límites, los regímenes comprendidos entre el de ralentí y el máximo.

Además de sus funciones propias, al regulador se le exigen funciones de control:

- Liberación o bloqueo de un caudal mayor de combustible necesario para el arranque.
- Variación del caudal de plena carga en función del régimen (corrección). Para estas funciones adicionales, se precisan, en parte, dispositivos adaptadores.

2.1.8 Variación del avance a la inyección

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

Durante la fase de alimentación de la bomba de inyección, la apertura del inyector se produce mediante una onda de presión que se propaga a la velocidad del sonido por la tubería de inyección. El tiempo invertido en ello es independiente del régimen, sin embargo, el ángulo descrito por el cigüeñal entre el comienzo de la alimentación y de la inyección aumenta con el régimen. Esto obliga, por tanto, a introducir una corrección adelantando el comienzo de la alimentación. El tiempo de la propagación de la onda de presión la determinan las dimensiones de la tubería

de inyección y la velocidad del sonido que es de aprox. 1500 m/seg. en el gasóleo. El tiempo necesario para ello se denomina retardo de inyección y el comienzo de la inyección esta, por consiguiente, retrasado con respecto al comienzo de alimentación. Debido a este fenómeno, a regímenes altos el inyector abre, en términos referidos a la posición del pistón, más tarde que a regímenes bajos.

Después de la inyección, el gasóleo necesita cierto tiempo para pasar al estado gaseoso y formar con el aire la mezcla inflamable.

Este tiempo de preparación de la mezcla es independiente del régimen motor. El intervalo necesario para ello entre el comienzo de la inyección y de la combustión se denomina, en los motores diesel, retraso de inflamación que depende del "ÍNDICE de cetano", la relación de compresión, la temperatura del aire y la pulverización del combustible. Por lo general, la duración del retraso de inflamación es del orden de 1 milisegundo. Siendo el comienzo de la inyección constante y el régimen del motor ascendente, el ángulo del cigüeñal entre el comienzo de la inyección y el de la combustión, va aumentando hasta que esta última no puede comenzar en el momento adecuado, en términos relativos a la posición del pistón del motor.

Como la combustión favorable y la óptima potencia de un motor diesel solo se consiguen con una posición determinada del cigüeñal o del pistón, a medida que aumenta el régimen debe adelantarse el comienzo de alimentación de la bomba de inyección para compensar el desplazamiento temporal condicionado por el retraso de la inyección e inflamación. Para ello se utiliza el variador de avance en función del régimen.

El variador de avance por control hidráulico va montado en la parte inferior del cuerpo de la bomba rotativa de inyección, perpendicular a su eje longitudinal.

El émbolo del variador de avance es guiado por el cuerpo de la bomba. Que va cerrado por tapas a ambos lados. En el émbolo hay un orificio que posibilita la entrada de combustible, mientras que en lado contrario va dispuesto un muelle de compresión. El émbolo va unido al anillo de rodillos mediante una pieza deslizante y un perno, (figura 15).

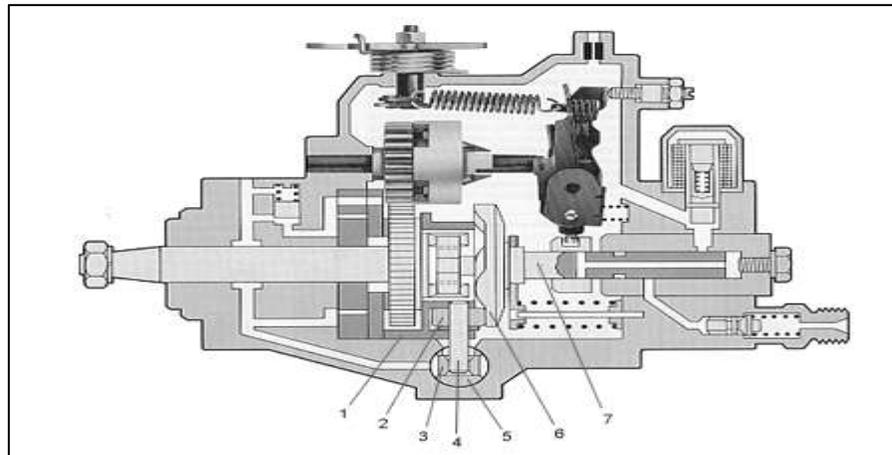


Figura. 15 Disposición del variador de avance en la bomba rotativa

Fuente: Dani Meganeboy, fecha 2007 (P-1)

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

2.1.9 Dispositivo de parada eléctrico (ELAB)

Este dispositivo se activa con la llave de contacto, tiene mayor aceptación por que ofrece al conductor una mayor comodidad de manejo. La válvula electromagnética de corte de alimentación de combustible va montada en la parte superior de la cabeza distribuidora de la bomba de inyección. Cuando está conectada, es decir, con el motor diesel en marcha, el electroimán mantiene abierto el orificio de entrada al recinto de alta presión. Al quitar el contacto mediante el interruptor correspondiente, la bobina del electroimán queda sin corriente.

El campo magnético se anula y el muelle presiona el inducido contra el asiento de la válvula, con lo que se obtura el orificio de llegada a la cámara de alta presión y el émbolo distribuidor deja de alimentar combustible. Existen diversas posibilidades de realizar el circuito eléctrico de corte (electroimán de tracción o de empuje). Con la regulación electrónica diésel (EDC) se para el motor mediante el mecanismo posicionado de caudal (procedimiento: caudal de inyección a cero). En este caso el ELAB (dispositivo de parada eléctrico) sirve únicamente para efectuar la desconexión de seguridad en caso de fallo del mecanismo posicionado, (figura 16).

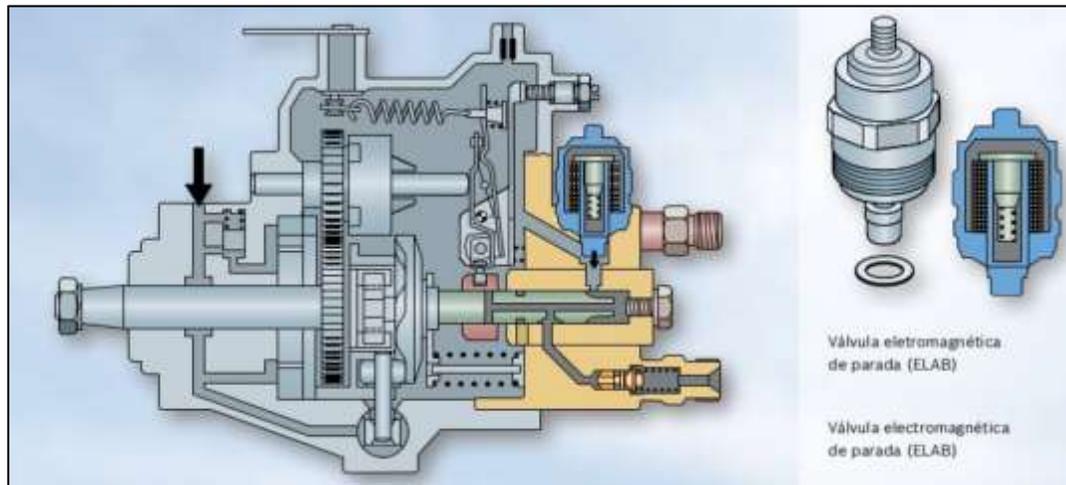


Figura. 16 Válvula electromagnética de parada (ELAB)
Fuente: Catalogo Bosch Bombas Diésel VE

2.2 INYECTORES DIÉSEL

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

El cuerpo del inyector aparece seccionado. Observe como una pieza en forma de cilindro terminado en punta entra a la cámara de combustión, esta pieza se conoce como tobera y es la encargada de pulverizar el combustible para formar el aerosol (figura 17).

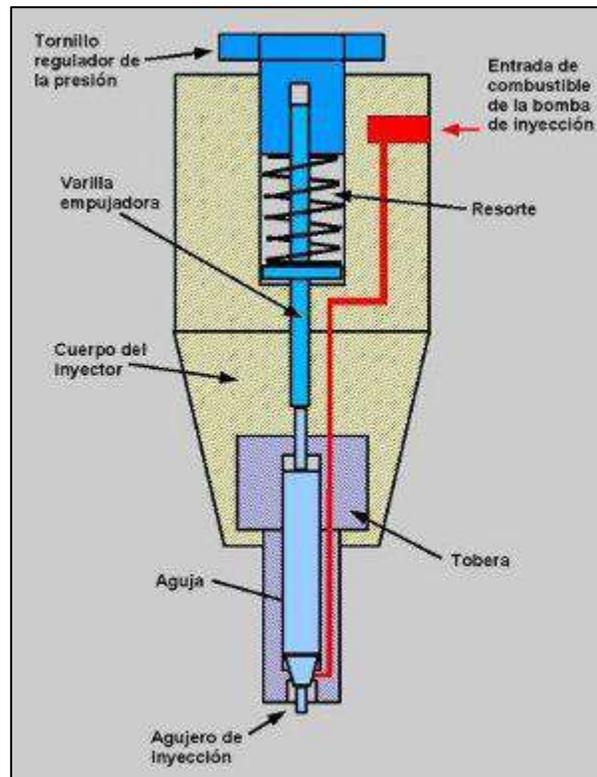


Figura. 17 Inyector de manera esquemática
Fuente: Catalogo Bosch Bombas Diésel VE

El combustible procedente de la bomba de inyección se alimenta a una entrada del inyector, este combustible, a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector (señalados en rojo, en la figura 17) se conduce hasta una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida al ser empujada a través de una varilla por un resorte. De esta manera el paso del combustible a la cámara de combustión está bloqueado.

Cuando la presión en el conducto de entrada crece lo suficiente por el empuje de la bomba de inyección, la presión puede vencer la fuerza del resorte y levantar la aguja, de esta forma se abre el pequeño conducto de acceso a la cámara, y el combustible sale muy pulverizado por el extremo inferior. Observe que la presión del combustible actúa sobre un área pequeña de la parte inferior de la aguja, una vez que la presión vence la fuerza del resorte entra a la cámara donde está la parte cilíndrica de la aguja que tiene mayor área, la fuerza de empuje crece y la aguja es apartada de su asiento de manera abrupta. Este efecto garantiza que la apertura del inyector de haga muy rápidamente lo que es deseable.

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

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

- *Intensidad del chorro de descarga.* Es la cantidad q de combustible, en peso, que atraviesa un orificio en un segundo de tiempo.
- *Coefficiente angular de descarga.* es el peso del combustible que atraviesa el orificio, mientras el eje cigüeñal gira un grado de su camino.
- *Descarga.* Es el peso Q del líquido inyectado del inicio al final de un periodo completo de inyección.

- *Velocidad del chorro.* Se mide refiriéndola al orificio; se distinguen así: velocidad de salida (que es la medida en el orificio de salida), y velocidad extrema (que es la medida en la partícula del chorro más alejada del orificio)
- *Velocidad media de la descarga.* Es la relación entre la cantidad de movimiento M del chorro y la descarga Q .
- *Cantidad de movimiento del chorro.* Es la suma de las proyecciones de las cantidades de movimiento, década una de las partículas que constituyen el chorro, sobre el eje de éste.
- *Distribución de combustible.* Es la relación del volumen del aire al de la mezcla carburada.
- *Atomización.* Es el tamaño de las gotas en las cuales se rompe el chorro de combustible.
- *Penetración.* Es la distancia del orificio a la cual llega una gota de combustible en un cierto momento del período de inyección.
- *Penetración total.* Es la distancia del orificio a la cual se para una partícula de aceite; esto es la distancia a la cual se anula la velocidad de la partícula.
- *Pulverización.* El orificio se inyecta a través de orificios muy pequeños, practicados en la tobera; la presión de inyección es muy alta, con el objeto de

conseguir una elevada velocidad. Los orificios de las toberas se trazan de manera que, al salir el chorro de combustible, éste se rompa en gotitas y se proyecte en la cámara de combustión.

2.3 BANCO DE CALIBRACIÓN

Estos son equipos fabricados especialmente para la calibración de las bombas de inyección tanto lineal como rotativa o tipo distribuidor, ya sea de émbolos axiales como radiales. Existen bancos de diferentes marcas como Bosch, Hartridge, Zexel, Tain, etc. Y todos realizan las mismas funciones, del mismo modo también se puede decir que en la fabricación se ha dado un avance tecnológico importante, adecuándose a las nuevas tecnologías automotrices. El banco de calibración está diseñado para un amplio rango de aplicaciones, además poseen una serie de probetas graduadas, los cuales ofrecen una lectura del caudal entregado por la bomba en los distintos ensayos, también provee manómetros y varios acoples para diferentes tipos de bombas, (figura 18).



Figura. 18 Banco de pruebas universal
Fuente: dieseltronic.wordpress.com

Los bancos de calibración han sido utilizados para bombas con control mecánico y se han acondicionado para bombas con control electrónico incorporando dispositivos electrónicos, que simulan las distintas señales de los sensores del motor, necesarias para el control y funcionamiento en el banco de pruebas.

Estos bancos siguen las especificaciones de los fabricantes de automóviles y las leyes sobre emisión de gases de escape. Incluso se garantiza la prueba de futuros componentes de los sistemas de inyección diésel, debido al desarrollo continuo de los accesorios opcionales. Ciertas exigencias sirven para:

- Accionamiento libre de mantenimiento con alto grado de rendimiento.
- El contrapeso para regulación de la altura del instrumento de prueba simplifica bastante el trabajo.
- La reducción de vapores y humo del aceite contribuyen al cuidado con el medio ambiente y la facilidad en la operación.
- Las características excelentes de uniformidad en el funcionamiento y la estabilidad del número de rotaciones garantizan la elevada precisión de repetitividad, principalmente durante el proceso de inyección.
- Mayor vida útil de los tubos de presión, ya que raramente es necesario doblarlos (el instrumento de prueba puede ser regulado en cada uno de los tres niveles).

CAPÍTULO III

MANUAL DE CALIBRACIÓN PARA BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN COM-EMC

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL BANCO DE CALIBRACIÓN COM - EMC

Taian Common Rail Industry, es un fabricante de mantenimiento automático que produce los bancos de prueba de la bomba de la inyección de combustible, los bancos de prueba del common rail de la presión alta, y EUI en el nivel avanzado mundial¹. Entre estos bancos de calibración, se tiene al banco COM-EMC, que sirve para probar bombas de inyección diesel, estas mediciones son medidas y controladas por la computadora en tiempo real.

Existen varios parámetros como la temperatura, la velocidad de rotación, los strokes o conteos de inyección, presión de aire y ángulo de avance, y algunos más que se muestran en el computador. La potencia de trabajo que tiene el banco es de 15 KW. La velocidad de rotación, el conteo, la temperatura, la presión de aire y el ángulo de avance se controlan mediante computadoras en tiempo real y luego se muestran con una pantalla de 15", (figura 19).

Las funciones principales del banco son:

- Medición de cada entrega de cilindros a varias velocidades de rotación.

¹ www.com-rail.com/

- Comprobación de cada tiempo de inyección de los cilindros con estado estático.
- Comprobación de los reguladores de velocidad mecánicos.
- Comprobación de la válvula electromagnética de las bombas distribuidoras.
- Comprobación del rendimiento de presión positiva de los reguladores de velocidad neumáticos.
- Comprobación de los resultados neumáticos del vacío de los reguladores de velocidad.
- Medición del suministro de reflujo de bombas distribuidoras.
- Medición de la presión interna del cuerpo de la bomba del distribuidor.
- Comprobación del rendimiento de los compensadores de presión (con LDA).
- Comprobación del sellado del cuerpo de la bomba de inyección de combustible.
- Medición del ángulo de avance.
- Medición del recorrido del bastidor.



Figura. 19 Banco de calibración COM EMC

Fuente: El autor

3.2 PARTES PRINCIPALES DEL BANCO DE CALIBRACIÓN

Es una estructura hecha de barras rectangulares de acero. El motor impulsa directamente la bomba a probar a través de un acoplamiento flexible. En la parte superior del banco de pruebas se fija el indicador de control mediante el monitor.

Los siguientes elementos son los que forman parte del banco de calibración que se muestran en la figura 20.²

² www.com-rail.com

1. Inyector estándar
2. Taza de aceite de la colección
3. Caja de aceite de la colección
4. Cilindro graduado
5. Acoplamiento flexible
6. Disco Graduado
7. Motor eléctrico principal
8. Soporte para motor eléctrico principal
9. Inversor
10. Carcasa superior de la máquina
11. Mesa de trabajo
12. Dispositivo de elevación y caída
13. Monitor
14. El panel frontal
15. La puerta hidráulica
16. Radiador
17. Tanque de aceite
18. Tablero de conmutación

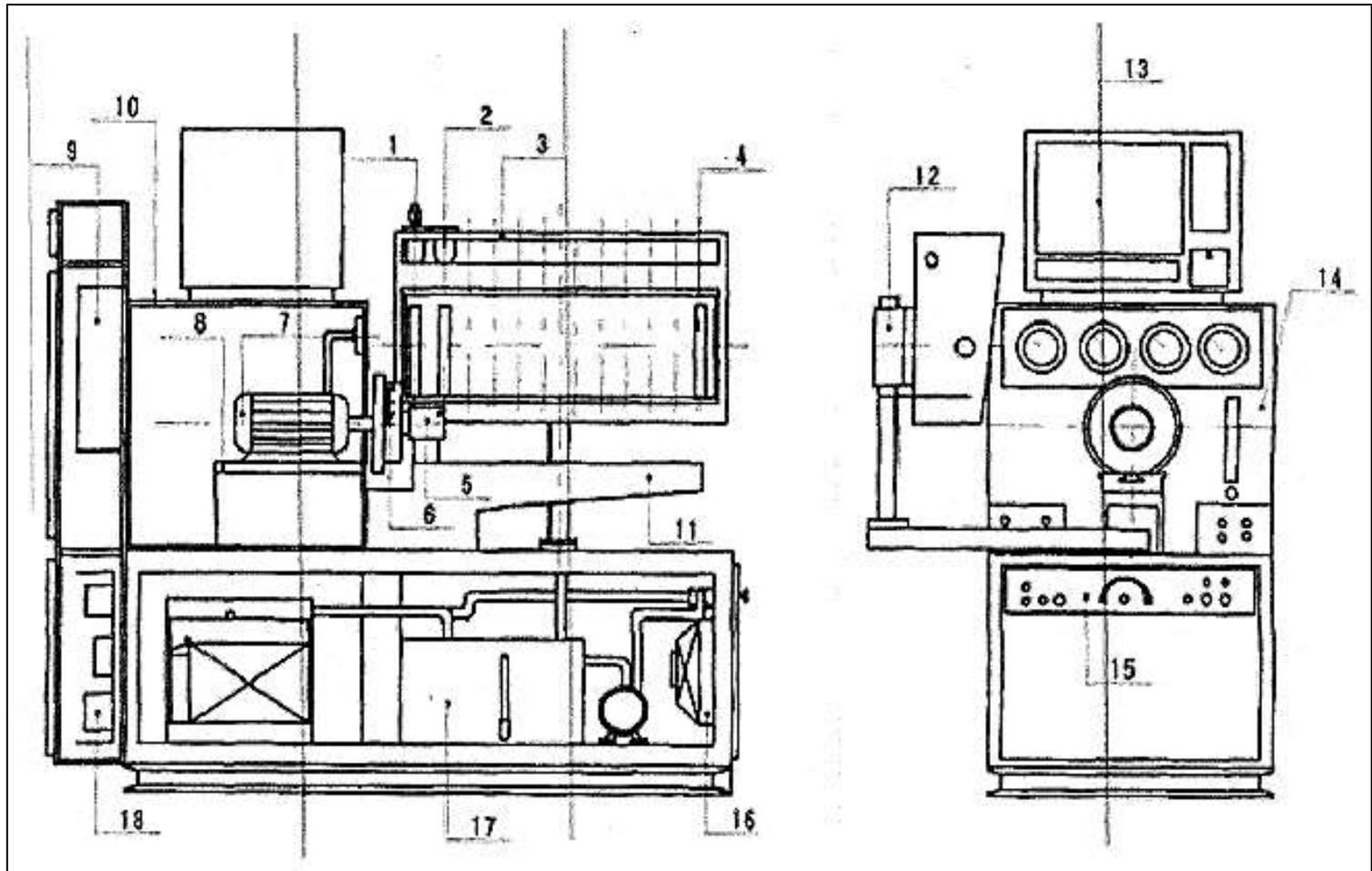


Figura. 20 Partes del banco de calibración COMEMC
Fuente: www.com-rail.com

Además, existe la parte del sistema de medición que se utiliza para verificar la entrega de cada cilindro de la bomba de inyección que se va a calibrar. Posee un brazo giratorio que soporta a la base donde se asientan las probetas. Este brazo giratorio puede girar 180 °.

Los siguientes elementos se muestran en la figura 21.

1. Brazo giratorio
2. Caja cuerpo
3. Clips para cilindros graduados
4. Probeta graduada
5. Placa para bloquear aceite
6. Acero electromagnético
7. Tornillo pasador roscado con tuerca
8. Pilar
9. Inyectores estándar

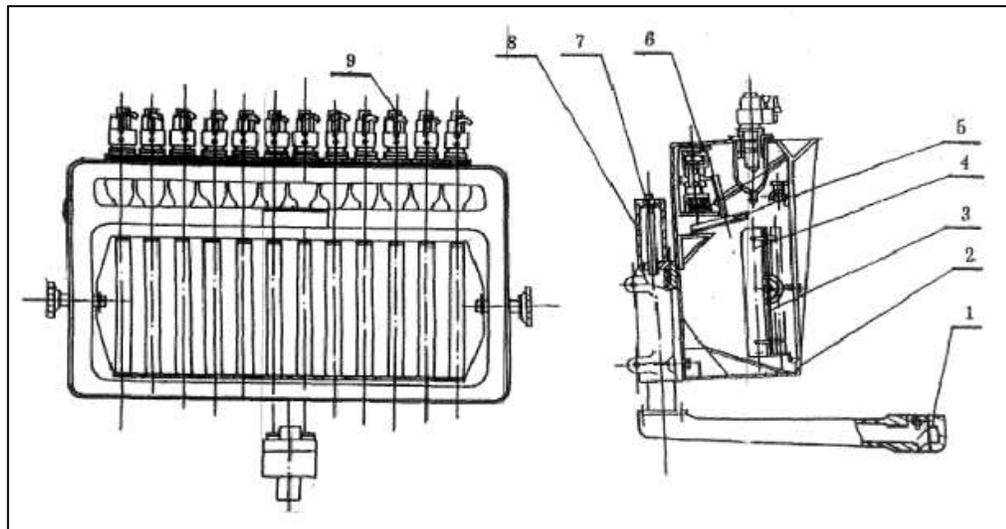


Figura. 21 Partes del sistema de medición de la inyección
Fuente: www.com-rail.com

3.2.1 Acoplamiento de transmisión

Son acoples entre la bomba y el eje de transmisión del banco sirve para hacer girar la bomba en cualquier sentido y a todas las velocidades indicadas en los datos de prueba y en la placa de características de la bomba, (figura 22).



Figura. 22 Acople bomba-motor
Fuente: El autor

3.2.2 Soporte de montaje

Es la sujeción de la bomba al banco y sirve para poder centrar a la bomba de inyección al tambor o dumper, (figura 23).

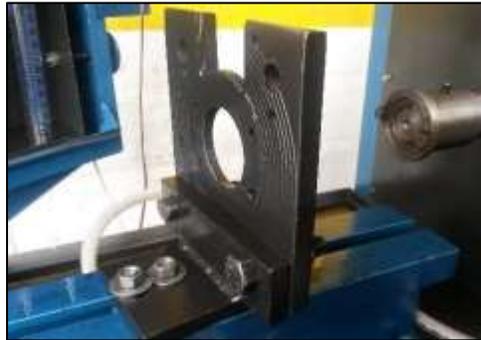


Figura. 23 Soporte de montaje para bomba
Fuente: El autor

3.2.3 Juego de cañerías de alta presión

Acopla las conexiones externas de la bomba de inyección según el número de cilindros a un juego de inyectores reglados a una presión indicada, (figura 24).

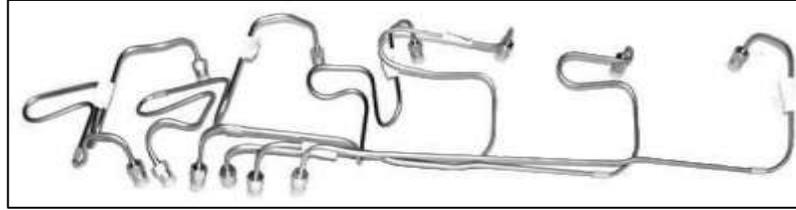


Figura. 24 Cañerías de alta presión
Fuente: El autor

3.2.4 Juego de inyectores de alta presión

El juego comprende de inyectores de calibración maestros que se encuentran con idoneidad para todas las bombas en línea. Estos se encuentran para el uso de las pruebas, así como la para calibración de bombas y son compatibles con la gama completa de la bombas de inyección de combustible diésel, (figura 25).



Figura. 25 Inyector de pruebas
Fuente: El autor

3.2.5 Juego de probetas graduadas

Indica el rendimiento del caudal de cada cilindro de la bomba, (figura 26).

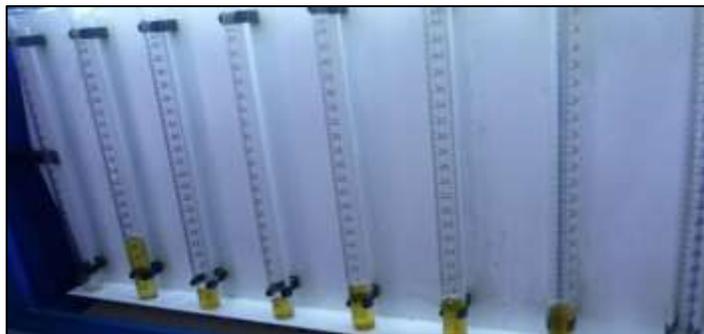


Figura. 26 Juego de probetas

Fuente: El autor

3.2.6 Sistema de vacío y presión de aire

El sistema incluye el ajuste de la válvula de presión, dos posiciones de cinco canales de la válvula, válvula de control de flujo, etc., el sistema está instalado en el panel hidráulico, el cual posee las siguientes partes y se muestra en la figura 27.

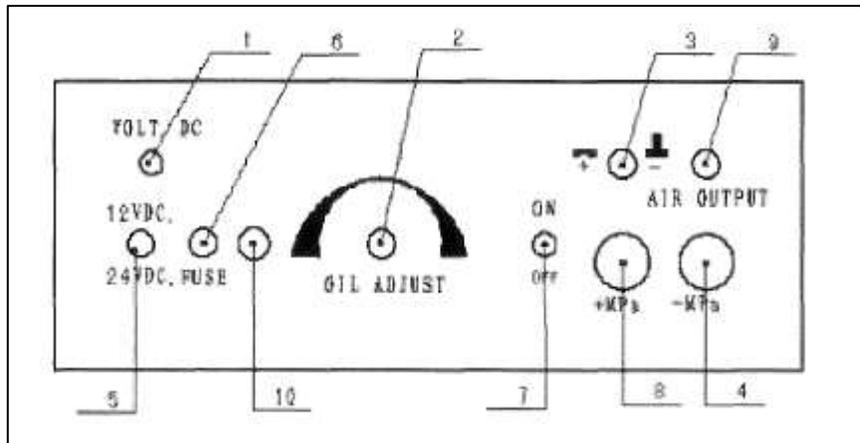


Figura. 27 Esquema del sistema de control hidráulico de presión de aire y vacío

Fuente: TAIAN Common Rail

1. Orificio para DC. Salida de la fuente
2. Válvula de presión de ajuste de suministro de aceite
3. Interruptor de selección de presión negativa/positiva
4. Válvula de ajuste de presión negativa
5. Conmutador de alimentación 12 / 24V DC.
6. Conector de fusible de salida de alimentación DC.
7. Interruptor de presión de aire
8. Válvula de ajuste de presión positiva
9. Salida de la fuente de gas
10. Socket de ángulo de avance

Este sistema de presión de aire, posee dos líneas de conducción. La primera es la de presión positiva que se muestra de línea gruesa en la figura 28 y la de presión negativa o vacío, representada con una línea delgada en la misma figura.

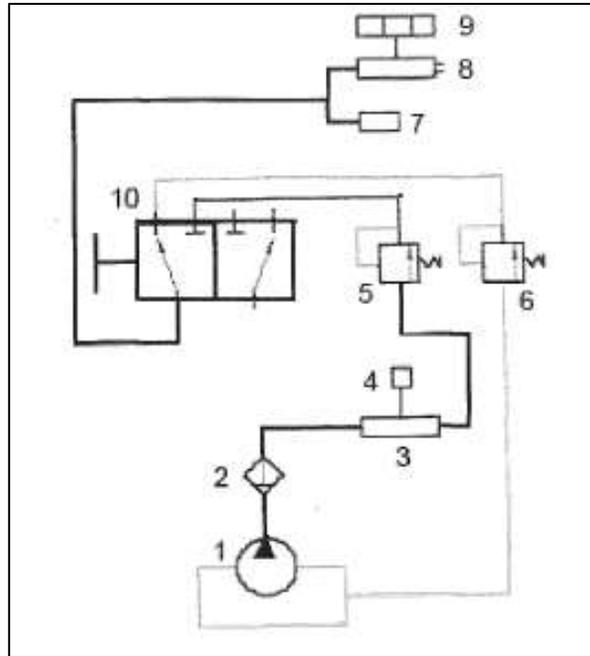


Figura. 28 Esquema del sistema de control neumático de presión de aire y vacío
Fuente: www.com-rail.com

1. Bomba de aire
2. Filtro de desvío de agua
3. Reservorio de almacenamiento de gas
4. Válvula de seguridad
5. Válvula de ajuste para presión
6. Válvula de ajuste para vacío
7. Válvula
8. Sensor de presión de aire
9. Medidor de presión de aire
10. Válvula de dos posiciones de cinco canales

3.2.7 Sistema Eléctrico

A continuación, se indica en la figura 29, la descripción de las partes en la cual se maneja la información del sistema eléctrico.

1. Manómetro de alta presión: 0-4MPa
2. Medidor de presión de aire: 0,1-0,5 MPa
3. Manómetro interno para las bombas de VE: 0-1.6MPa
4. Medidor de presión baja: 0-0.4MPa
5. Caudalímetro
6. Unión de retorno para el soporte de prueba
7. Unión para el medidor de flujo
8. Unión para manómetro 0-1,6MPa
9. Unión para la bomba VE
10. Unión de suministro para puestos de prueba
11. Unión de recorrido del estante

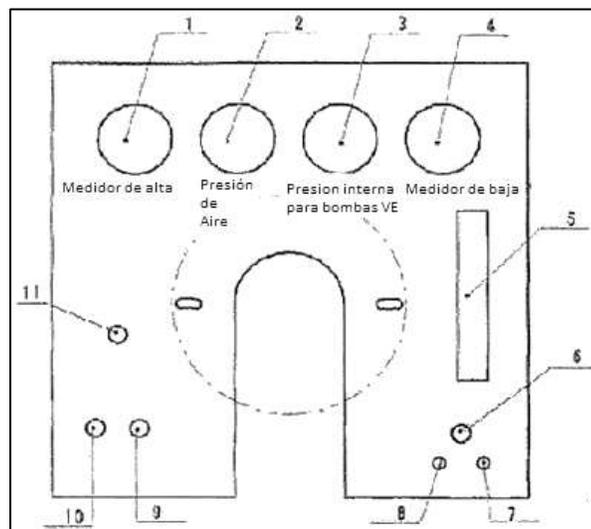


Figura. 29 Partes externas del sistema eléctrico
Fuente: www.com-rail.com

En el panel digital se tiene 4 funciones para poder controlar el banco, en la figura 30 se muestra la función de cada uno. Sólo puede utilizar el modelo de ordenador o el modelo

digital. Una vez que elija el modelo de computadora, no conecte el puerto en la parte posterior de la computadora en la segunda línea. Los números que constan en la figura 30 se detallan de la siguiente manera: 1) Teclado digital 1; 2) Teclado para CRDI; 3) Teclado digital 2; 4) Pantalla

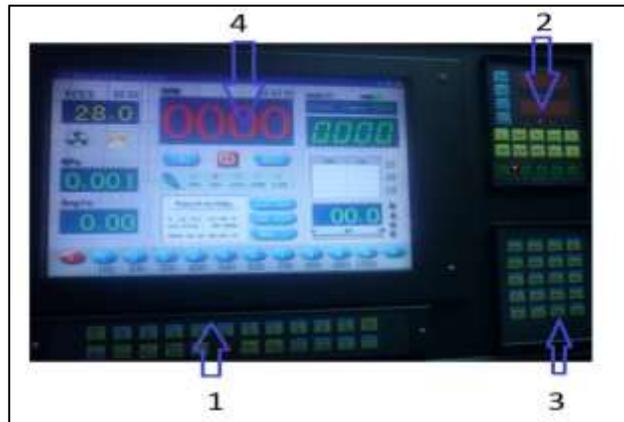


Figura. 30 Partes del display
Fuente: www.com-rail.com

Para poder regular la velocidad que se necesita para poder controlar las RPM del motor AC hacia la bomba, se necesita de un regulador de velocidad electromecánico derecha / izquierda. Este puede ir desde 0 a 4000 revoluciones por minuto. En la figura 31 se muestra el regulador.

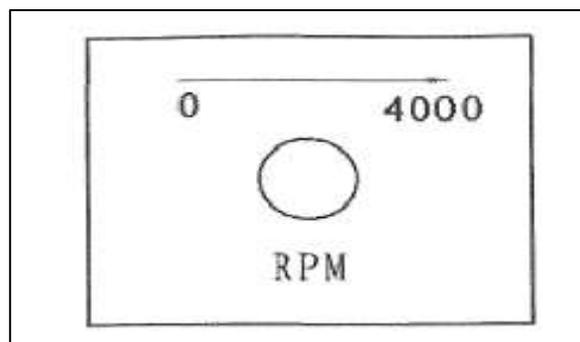


Figura. 31 Regulador de velocidad
Fuente: TAIAN Common Rail

3.3 DESARMADO DE LA BOMBA ROTATIVA TIPO VE

Para el desarmado de la bomba VE se debe lavar todo el exterior de la misma para quitar los residuos de lodo y demás impurezas, luego se sopleteó con aire comprimido para quitar el exceso de diésel de la bomba. Esta bomba es de un motor cummins, Bosch. Se coloca en los camiones Jack 245 o en Hino FC, también puede venir en el Ford 4000.

Para proceder a explicar el desarmado de la bomba se va a nombrar cada paso.

- Paso 1) Procedemos a retirar los tornillos que sujetan la tapa del gobernador, luego retiramos el eje del acelerador con sus respectivos resortes, (figura 32).



Figura. 32 Desmontaje de la tapa del gobernador
Fuente: El autor

- Paso 2) Aflojamos la tuerca del eje del gobernador para poder retirar el eje y el conjunto de contrapesas, (figura 33).



Figura. 33 Desmontaje de la tapa del gobernador

Fuente: El autor

- Paso 3) Procedemos a aflojar el tapón del cabezal y lo retiramos, luego sacamos las porta válvulas con su respectivo resorte y sus válvulas, colocando la válvula y su respectiva porta válvula en un mismo lugar para que no se mezclen, por esto hemos adquirido cajas con celdas distintas para no mezclar los diferentes elementos que cuenta la bomba de inyección, (figura 34).



Figura. 34 Desmontaje del tapón y válvulas.

Fuente: El autor

- Paso 4) Luego sacamos la válvula de solenoide o de paro eléctrico, (figura 35).



Figura. 35 Desmontaje del solenoide

Fuente: El autor

- Paso 5) Para sacar el cabezal debemos quitar los tornillos que sujetan el cabezal y lo retiramos con sus respectivos resortes y guías de resortes, láminas de resorte, asientos y resortes del émbolo, retiramos el émbolo junto a sus placas y asiento de resorte y el anillo de rebose, (figura 36).

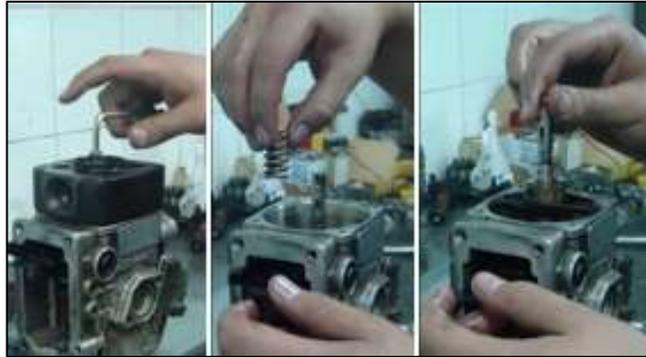


Figura. 36 Desmontaje del conjunto del émbolo
Fuente: El autor

- Paso 6) Aflojamos los tornillos de los costados de la carcasa y retiramos la palanca del gobernador, retiramos el disco de levas el resorte de unión, (figura 37).



Figura. 37 Desmontaje de la palanca y del disco de levas
Fuente: El autor

- Paso 7) Para retirar la bomba de alimentación removemos los dos pernos y retiramos todo el conjunto con su respectiva herramienta, (figura 38).



Figura. 38 Desmontaje de la boba de alimentación
Fuente: El autor

- Paso 8) Destornillamos la válvula reguladora de presión, y procedemos a retirar el retenedor con una herramienta apropiada. A continuación, procedemos a lavar cada una de las piezas y componentes de la bomba con sumo cuidado de no alterar ni perder las piezas.
- Paso 9) Una vez que la bomba ya este desarmada y lavado todas sus piezas procedemos a ver los componentes que tengan desgaste y que toque sustituirlos por nuevos elementos.

3.4 ARMADO DE LA BOMBA ROTATIVA TIPO VE

Para comenzar con el armado de la bomba instalamos el retén con la goma selladora con mucho cuidado de no dañar el borde del mismo. De la misma manera se describirán los pasos a seguir.

- Paso 1) Proceder a montar el conjunto de la bomba de alimentación. Si es necesario reemplazar todo el conjunto de la bomba de alimentación y no por partes, y la sujetamos con sus respectivos tornillos para asegurar que el rotor pueda moverse libremente, (figura 39).



Figura. 39 Montaje de la bomba de alimentación
Fuente: El autor

- Paso 2) Colocamos los cauchos que van entre el piñón y el eje de mando y lo instalamos en el rotor con su respectiva chaveta y la arandela de empuje. Girando el eje de mando cerciórese que pueda rotar fácilmente sin resistencia, (figura 40).



Figura. 40 Montaje de los cauchos en el eje del rotor
Fuente: El autor

- Paso 3) Instalamos el conjunto de rodillos con la carcasa en posición vertical teniendo cuidado de no dejar caer ningún rodillo durante la instalación, (figura 41).

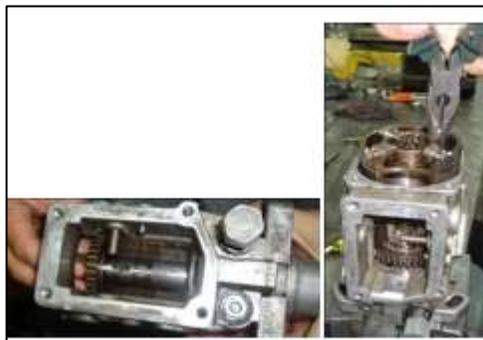


Figura. 41 Montaje del conjunto de rodillos
Fuente: El autor

- Paso 4) Montamos el cilindro de avance en la posición correcta y con su respectivo pistón, instalamos el pasador con sus respectivos seguros, luego montamos las arandelas y sus respectivos resortes y colocamos los anillos de caucho ya las tapas con sus tornillos, (figura 42).



Figura. 42 Montaje del pistón de avance.
Fuente: El autor

- Paso 5) Con anillos nuevos procedemos a montar la válvula reguladora de presión, (figura 43).



Figura. 43 Montaje de la válvula reguladora
Fuente: El autor

- Paso 6) Colocamos el conjunto armado de la palanca gobernadora asegurando con sus pernos que están al costado de la carcasa, (figura 44).



Figura. 44 Montaje de la palanca del gobernador
Fuente: El autor

- Paso 7) Colocamos el conjunto del émbolo ceñida a la palanca del gobernador (figura 45).



Figura. 45 Montaje de la palanca del gobernador
Fuente: El autor

- Paso 8) Para facilitar el montaje del cabezal engrasamos cada pieza para que no se caigan cuando estemos instalando el cabezal en el conjunto del émbolo, (figura 46).



Figura. 46 Montaje del cabezal
Fuente: El autor

- Paso 9) Instalamos las válvulas de entrega con sus respectivos resortes y válvulas sin alterar su orden y le damos el torque especificado, (figura 47).



Figura. 47 Montaje de las válvulas de entrega
Fuente: El autor

- Paso 10) Instalamos la válvula solenoide con su respectivo apriete, (figura 48).



Figura. 48 Montaje del solenoide
Fuente: El autor

- Paso 11) Armamos el conjunto del gobernador e instalamos en la carcasa con el eje del gobernador y su tuerca. (figura 49).



Figura. 49 Armada del conjunto del gobernador
Fuente: El autor

- Paso 12) Por último procedemos a armar la tapa del gobernador, y el eje del acelerador con su respectivo resorte y procedemos a poner sus respectivos tornillos.

3.5 MONTAJE DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA VE EN EL BANCO DE CALIBRACIÓN COM - EMC

Luego de haber analizado el desarmado y armado de la bomba se procede a realizar el montaje de la misma por medio de acoples. Estos se visualizan en la siguiente figura 50.

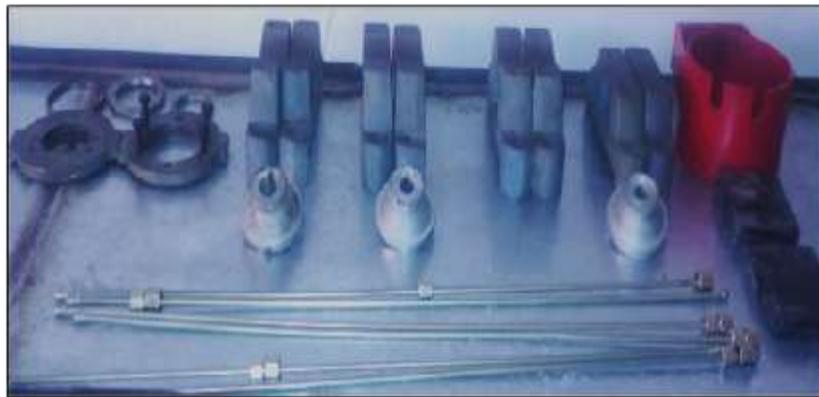


Figura. 50 Acoples y herramientas para montaje en el banco
Fuente: El autor

Colocamos la base para el banco de pruebas y el acople en el eje de mando de la bomba y montamos al banco, fijamos con los soportes del banco, (figura 51).



Figura. 51 Colocación de bases y montaje en el banco de pruebas
Fuente: El autor

Conectamos las cañerías de entrada (A) y retorno (B) de combustible y el medidor de transferencia y ajustamos las cañerías. Instalamos las cañerías de los inyectores de prueba a la bomba, procedemos a sangrar la bomba. Para esto se debe colocar la pantalla de medición en el centro debido a la conexión de las cañerías de los inyectores deben ir en dirección del cabezal (C) de la bomba, (figura 52).



Figura. 52 Instalación de cañerías a los inyectores y colocación de cañerías de entrada y retorno de combustible.

Fuente: El autor

Para finalizar se coloca el acople para la presión de transferencia de la bomba que va directamente en el avance, (figura 53).



Figura. 53 Instalación del acople para la presión de transferencia.

Fuente: El autor

En la figura 54 siguiente se ve estructuralmente la forma de conexión de este tipo de bombas rotativas VE.

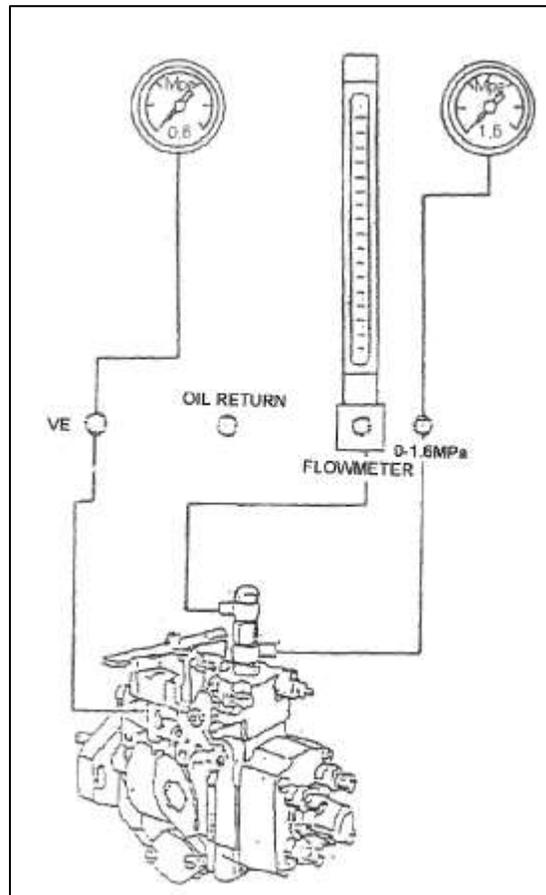


Figura. 54 Diagrama de conexión de bombas rotativas VE
Fuente: TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO.
Manual de instrucciones, 2013.

Para comenzar con el movimiento del motor y por ende la bomba se procede a escoger en el monitor digital cualquiera de los diez tipos de rotación de velocidad. La velocidad preestablecida anterior se muestra en la ventana de velocidad y, a continuación, haga clic en el botón <FWD> ya que la bomba es de sentido de lado derecho. En modo manual hacer clic en el botón <L>, arrancara el motor principal dependiendo del giro del potenciómetro de velocidad. Si lo gira en el sentido de las agujas del reloj, el valor de velocidad aumentará gradualmente o el valor de velocidad disminuirá gradualmente.

CAPÍTULO IV

CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA VE EN EL BANCO COM-EMC

4.1 PRUEBAS DE CALIBRACIÓN EN LA BOMBA DE ROTATIVA VE EN EL BANCO DE PRUEBAS

Las calibraciones se lo harán de acuerdo a las tablas de calibraciones especificada por el fabricante³. Y se deberá seguir la secuencia del orden de calibraciones tal como se especifica:

- Ajuste de la presión de transferencia
- Ajuste del variador de avance de la inyección
- Ajuste de la velocidad de corte
- Ajuste del suministro máximo
- Verificación del suministro en ralentí
- Ajuste del caudal de arranque

En el caso de estudio se comprobará el ajuste de la presión de transferencia y el ajuste del suministro máximo. Para esto hay que tener los valores de las pruebas del fabricante que se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1 Calibraciones de la bomba de inyección rotativa VE

Número del conjunto	3960902
Número del conjunto BOSCH	0460424326J
Código de tipo BOSCH	VE4/R860-8
Tipo del motor	4BT

³ TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO. Manual de instrucciones, 2013.

1.- Condiciones del ajuste

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Máx.	Valores reales
Aceite de prueba		ISO4113orSAEJ967d			
	1404Test oil				
Tempe. de aceite	deagC	45	45	50	
Bocal		105000-2010			
Código inyector BOSCH		NP- DN12SD12TT			
Presión apertura	MPa	14.7	14.7	15.19	
Presión apertura	Kgf/cm ²	150	150	155	
Presión bomba	kPa	20	20	20	
Presión bomba	Kgf/cm ²	0.2	0.2	0.2	
Dirección de rota.		R (izquierda)			

2.- Especificaciones de ajuste

2.1.- Entrega de plena carga

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	600	550	650	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	100	99,5	100,5	
Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	2100	2100	2100	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	26.5	24	28	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	1750	1750	1750	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	57.2	54.2	60	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	1400	1400	1400	

Cantidad de inyección	mm ³ /st	70	68.5	72.5	
-----------------------	---------------------	----	------	------	--

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	700	700	700	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	65.3	60.3	70.3	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	400	400	400	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	65.3	60.3	70.3	

2.2 Regulación (Corte total)

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	2200	2200	2200	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	20	18	22	

2.3 Inicio (Arranque)

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	100	100	100	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	50	45	55	

2.4 Ralentí

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	350	350	350	
Cantidad de inyección	mm ³ /st	15	18	22	

2.5 Presión de la cámara de la bomba (Presión atmosférica)

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	1600	1600	1600	
Presión	PSI	72	70	75	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
--------------	--------	-----------------	------	------	----------------

Velocidad de la bomba	r/min	1000	1000	1000	
Presión	PSI	45	41	48	

Denominación	Unidad	Valor de ajuste	Min.	Max.	Valores reales
Velocidad de la bomba	r/min	1750	1750	1750	
Presión	PSI	80	78	83	

Fuente: www.com-rail.com

4.1.1 Ajuste de la presión de transferencia

Para el ajuste de la presión de transferencia, hay que tener en cuenta que la presión de alimentación o de trabajo que va a enviar el banco de calibración y que se va a verificar en el medidor de baja, va a ser cero (0). Esto debido a que la bomba de transferencia de la bomba es la que genera la presión. Es por esta que debemos tener en cuenta el medidor de presión interna, que esta calibrado entre 0 a 1.6 MPa. (figura 55).



Figura. 55 Medidores de presión de baja e interna

Fuente: El autor

La presión de baja se la puede controlar por medio de la válvula de presión de ajuste del combustible que posee el banco, es decir la presión siempre que se va a utilizar es la de baja presión, (figura 56).



Figura. 56 Válvula ajustable de presión del banco de calibración
Fuente: El autor

4.1.2 Ajuste del suministro máximo

Esto se consigue ajustando el caudal medio y la diferencia entre los orificios del cabezal bajo las condiciones prescritas para “caudal de plena carga en tope de plena carga”, y comparando después el comportamiento en otras condiciones de servicio, esto es, el ralentí, el caudal de arranque y otros que puedan venir en el dato de prueba.

Para esto se ajusta la velocidad a 600 RPM, carga full o tope, en este momento ajustar el recuento de pulverización de combustible (strokes) a 100 (según la tabla del fabricante) ver figura 58. Haga clic en el botón <Inicio> en la imagen principal, el sistema comienza a contar desde 0 y el botón <Inicio> se activa. Al mismo tiempo, el combustible pulverizado en cada cilindro cae en los cilindros correspondientes. Al hacer clic en el botón <Pausa>, el sistema deja de contar y la placa de combustible de bloque empieza a bloquear el mismo. Volver a pulsar el botón <Inicio>, (figura 57).



Figura. 57 Tiempo de conteo de inyección (Strokes) a 600 RPM
Fuente: El autor

Cuando el recuento se da hasta el valor de ajuste 100, el sistema detiene automáticamente el recuento y corta la medición de combustible. Mientras tanto, el volumen de diésel en el cilindro es el volumen de entrega de cada cilindro a la velocidad de rotación en la definición de los tiempos de rociado.

Si la medición en las probetas no da 10 ml (figura 58) en todos los cilindros, que es lo que especifica el fabricante en la tabla 1 se debe regular el caudal. Para esto se debe regular el caudal del tornillo de regulación del cabezal que se muestra en la figura 59.

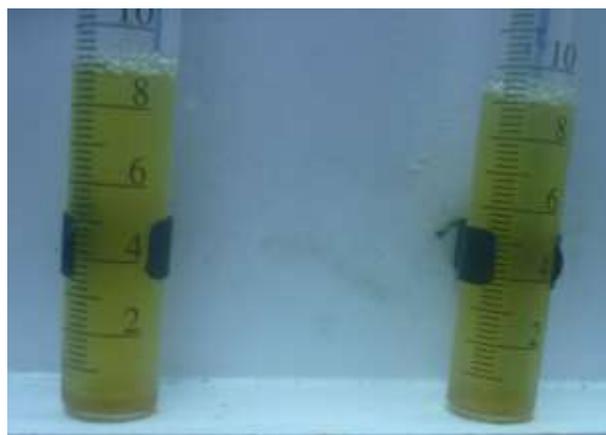


Figura. 58 Medición en las probetas luego de los 100 strokes
Fuente: El autor



A) Tomillo de calibración

Figura. 59 Calibración de cabezal de la bomba

Fuente: El autor

Una vez regulado el valor del caudal se comprueba nuevamente con otra prueba de conteo de strokes para verificar el caudal por cilindro.

También se puede realizar diferentes tipos de pruebas que dependiendo la tabla de calibración indicada en la tabla 1 se podrían realizar.

4.2 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Una vez realizadas las diferentes pruebas de calibración, se debe realizar los parámetros de mantenimiento para que el banco de calibración COM- EMC funcione correctamente. Para ello se realizan los siguientes mantenimientos.

- **Ajuste del inyector del banco de calibración**

Para garantizar la precisión de la prueba del soporte de prueba, calibre los inyectores estándar utilizando el probador de inyectores y compruebe la presión de apertura / cierre. La presión estándar es $17.5 + 0.2\text{MPa}$.

- **Mantenimiento** del sistema de combustible
- El diésel de prueba debe ser reemplazado después de haber probado 500 bombas o trabajado 800 horas.
- Limpie el filtro.
- No girar el volante de la válvula de presión de ajuste fuera de su límite para no dañarlo.
- **Inspección periódica del inversor**

Apagar siempre la fuente de alimentación antes de comenzar la inspección y, a continuación, esperar al menos un minuto antes de comenzar la inspección, asegurarse de no tocar los terminales inmediatamente después de apagar la alimentación. No cambiar el programa sin autorización.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Todo trabajo que se realice en un banco de calibración debe ser manejado por profesionales en manejo de bancos de calibración, ya que al manejar presiones altas y velocidades con diferente sentido de giro podemos tener consecuencias graves tanto en el operario como en el banco.
- Se concluye que la presión de transferencia o trabajo, no es la que el banco envía por medio de su bomba de alimentación que puede verse en el medidor de presión baja, sino a través de la propia bomba de transferencia que posee la bomba de inyección.
- Todo diagnostico que emita el banco de calibración permitirá actuar de manera precisa sobre los elementos defectuosos de la bomba de inyección rotativa y lograr con ello un correcto funcionamiento.
- Se concluye que para medir el caudal que va a enviar la bomba se debe tener la tabla de calibración, y en el caso de las bombas rotativas VE poseen un tornillo de regulación que afecta al caudal que envía el cabezal.
- Se debe encerrar siempre la bomba de inyección antes de realizar cualquier prueba, con ello aseguramos que no exista presencia de aire dentro del sistema y con ello se podría descalibrar aún más la bomba.

5.2 RECOMENDACIONES

- Recomendamos a las personas que estarán a cargo del manejo del banco de pruebas, indiquen a los estudiantes los parámetros de seguridad antes de manipular en banco, ya que es un equipo muy costoso y muy peligroso para las personas que la estén manejando.
- Cuando se repare una bomba de inyección esta debe estar limpia de impurezas de lodo y aceite para poder manipular sus partes y no contaminar sus elementos internos ya que se puede causar ralladuras a los elementos.
- Para obtener una correcta calibración y un buen funcionamiento de las bombas de inyección se debe calibrar con las tablas que indique su fabricante de acuerdo al modelo y tipo de bombas de inyección.
- Nunca girar el motor del banco en sentido opuesto al del giro de la bomba, ya que podría descalibrar completamente la misma, por lo que se tendría que desarmar completamente.
- Se recomienda seguir la tabla de mantenimiento indicada, especialmente en lo que se refiere al cambio del diésel cada 500 bombas u 800 horas de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

BOSCH DIESEL (2009) “Manual de BOMBAS VE”, primera edición, España.

DEMPSEY P. (2000) “Motores Diésel Localización y Reparación de Averías”, primera edición, España.

ESQUIUS, Juan Villalta. 2002. Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor. Perú: Ediciones Ceac, 2002, pág. 28.

IMPERIAL, Juan Miralles de. 2002. *Motor Diésel, Funcionamiento y estructura del motor.* Perú: Ediciones Ceac, 2002.

JENSEN Cecil, SHORT Dennis, HELSEL Jay (2003), Dibujo y Diseño en Ingeniería, Sexta edición, Mc Graw Hill, México.

MOTT, Roberth. 2006. *Diseño de elementos de máquinas.* México: Pearson, 2006.

REUTER, Dr. Ing. Uwe. 1999. *Técnica de Inyección Diésel como visión de conjunto.* Alemania: Robert Bosch GmbH, 1999.

RITTER, Ernst. 2001. *Reguladores para bombas de inyección diésel en línea.* Alemania: Robert Bosch GmbH, 2001.

TAIAN COMMON RAIL INDUSTRY & TRADING CO. Manual de instrucciones, 2013.

ZEXEL CORPORATION (1999), “Manual de servicio bombas de inyección”, Japón

ANEXOS

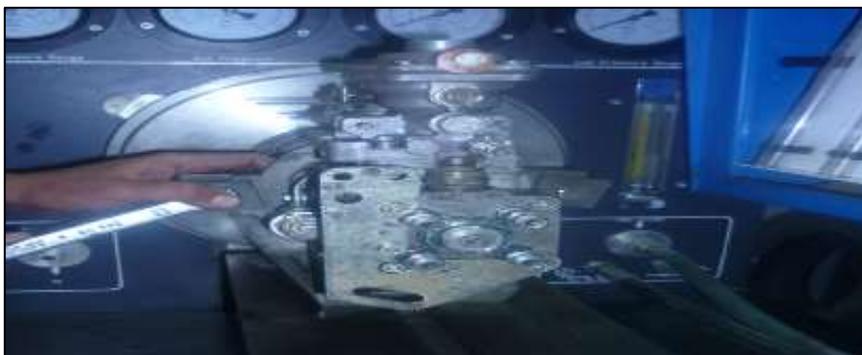
Anexo 1. Acoples flexibles



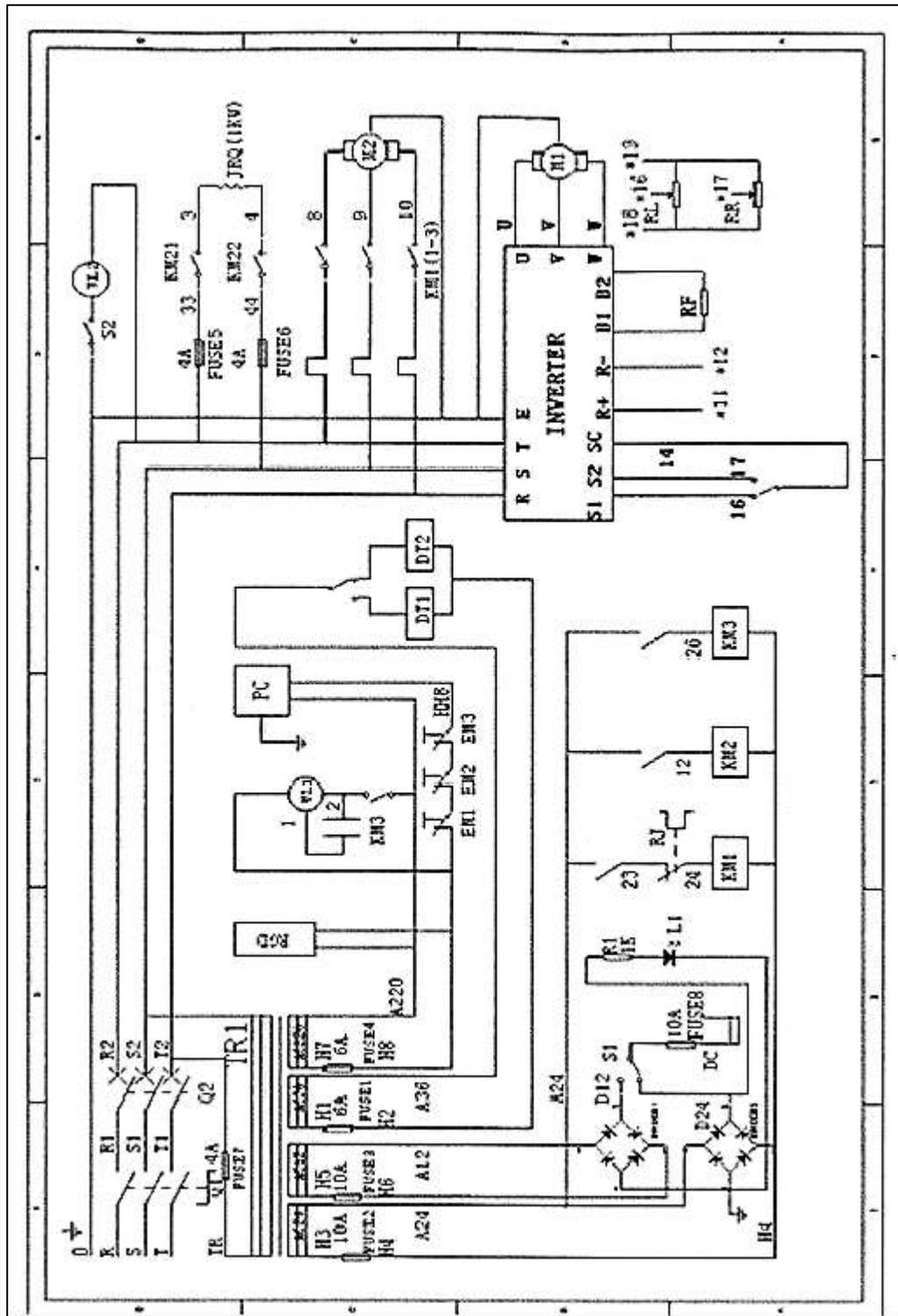
Anexo 2. Sistema neumático



Anexo 3. Ajuste de la bomba VE al dumper del banco



Anexo 5. Diagrama eléctrico del banco de calibración



Anexo 5. Diagrama De Conexión De Los Contactores

