



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA
LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA
EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815

AUTORES: ROMMEL IVÁN HURTADO LARA
MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA

DIRECTOR: ING. LUIS MENA

LATACUNGA

2016

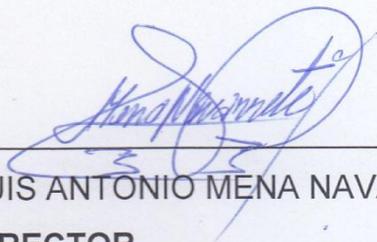


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”*** realizado por los señores ***ROMMEL IVÁN HURTADO LARA*** y ***MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***ROMMEL IVÁN HURTADO LARA*** y ***MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA*** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 05 de agosto del 2016



LUIS ANTONIO MENA NAVARRETE
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ROMMEL IVÁN HURTADO LARA**, con cédula de identidad N° 100306076-9, y **MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA**, con cédula de identidad N° 120529624-5, declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 05 de agosto del 2016

Rommel Iván Hurtado Lara

C.C.: 100306076-9

Miguel Ángel Murillo Varela

C.C.: 120529624-5



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ROMMEL IVÁN HURTADO LARA** y **MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 05 de agosto del 2016

Rommel Iván Hurtado Lara

C.C.: 100306076-9

Miguel Ángel Murillo Varela

C.C.: 120529624-5

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis queridos padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido lograr lo que hasta ahora. Su ejemplo de tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mi hermana Andrea y familia en general. También dedico a mi novia, Marianita, compañera inseparable de cada jornada. Ella represento gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A ellos este proyecto, que sin ellos, no hubiese podido ser.

Rommel Iván Hurtado Lara

DEDICATORIA

Le dedico primeramente mi proyecto a Dios quien fue el creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón pude emanar.

De igual forma a mis padres, a quien les debo toda mi vida, les agradezco el cariño y su comprensión, a ustedes quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, de igual forma a mi esposa e hijos, por el amor, compañía, comprensión en esos momento más difíciles han estado ahí conmigo.

A nuestros docentes, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que nos transmitió en el desarrollo de mi formación profesional, y por haber guiado el desarrollo de este proyecto de investigación y llegar a la culminación del mismo.

Miguel Ángel Murillo Varela

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Mi agradecimiento a mi familia por siempre brindarme su apoyo, tanto sentimental, como económico. Pero, principalmente agradezco a los estimados docentes Ing. Luis Mena e Ing. Germán Erazo por su aporte profesional en la realización de nuestro proyecto, el cual con dedicación hemos salido adelante.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por su educación que me preparo para ser un profesional competitivo y ayudar al crecimiento de nuestro país.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de este proyecto va dirigido primero a Dios ya que con su bendición se puede todo, a mis padres el Sr. Ángel Murillo y la Sra. Irene Varela, a mi Mujer Jessica Vargas con mi hijo Anderson Murillo y mi Hija Angelique Murillo quienes han sido unos grandes pilares gracias a su amor, comprensión, y compañía, para que esto sea un gran éxito en mi vida.

A mis docentes Ing. Luis Mena y Ing. Germán Erazo, con sus tutorías y experiencia como docentes fueron una gran guía que nos brindaron información relevante, muy cercana a la realidad de nuestras necesidades, los cuáles plasmaron nuestros resultados de investigación en diseños originales, atractivos y de gran jerarquía, se finalizó con éxito el proyecto.

Miguel Ángel Murillo Varela

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv

CAPÍTULO I

1. METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.	2
1.3 Descripción resumida de la investigación.	3
1.4 Justificación e importancia.	4
1.5 Objetivos.	4
1.5.1 Objetivo general.	4
1.5.2 Objetivos específicos.	4

	x
1.6 Metas.	5
1.7 Hipótesis.	5
1.8 Variables de investigación.	5
1.8.1 Variable independiente.	5
1.8.2 Variable dependiente.	5
1.8.3 Operacionalización de variables.	6
a. Variable independiente.	6
b. Variable dependiente.	6
1.9 Metodología.	7
1.9.1 Método experimental.	7
1.9.2 Método deductivo.	8
1.9.3 Método inductivo.	8
1.9.4 Método sintético.	8
1.9.5 Método analítico.	8
1.9.6 Método matemático.	8
1.9.7 Método de modelación.	9
1.9.8 Método de observación directa.	9
1.9.9 Método de medición.	9

CAPÍTULO II

2. BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS TIPO VE	12
2.1 Introducción a sistemas de inyección diésel.	12
2.2 La inyección diésel.	14
2.3 Tipos de inyección.	15
2.4 Bombas de inyección rotativas.	17
2.5 Tipos de bombas de inyección rotativas.	17
2.6 Especificaciones de la bomba de inyección.	19
2.6.1 Código de la bomba.	20
2.6.2 Especificaciones fundamentales.	20
2.7 Grupos funcionales de la bomba Bosch VE.	21
2.7.1 Bomba de transferencia.	22
2.7.2 Bomba de alta presión.	24

2.7.3	Regulador de mínimo y máximo.	25
2.7.4	Dispositivo de parada.	28
2.7.5	Bomba distribuidora con avance de inyección.	28
2.7.6	Regulación de la presión.....	30
2.8	Características de la bomba rotativa tipo VE.	32
2.9	Ventajas bomba rotativa vs. bomba lineal.....	34
2.10	Banco de pruebas de bombas de inyección.	34
2.10.1	Bancos de pruebas de bombas de inyección EPS-815.	35
2.11	Aceite de calibración ISO 4113.....	38
2.12	Mangueras hidráulicas.....	39
2.12.1	Recomendaciones de instalación.	39
2.13	Pruebas que se efectúan a la bomba de inyección en el banco.	41
2.13.1	Vacío en la bomba de alimentación.	41
2.13.2	Caudal plena carga sin presión de carga.....	41
2.13.3	Ralentí.....	41
2.13.4	Caudal de arranque.	42
2.13.5	Presión de alimentación.....	42
2.13.6	Variación de avance.	42
2.13.7	Entrega de combustible máximo.....	42
2.13.8	Corte de combustible.	43
2.14	Factor de diseño y factor de seguridad.....	43
2.14.1	Análisis de esfuerzos.	44
2.14.2	Esfuerzo normal.....	45
2.14.3	Esfuerzo cortante directo.	46
2.14.4	Esfuerzo cortante neto.....	47
2.14.5	Relación entre par de torsión, potencia y velocidad de giro.....	49
2.14.6	Esfuerzo efectivo de Von Mises.....	49
2.14.7	Esfuerzos normales máximos.....	50

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE 51

3.1	Introducción del planteamiento.	51
3.2	Especificación de los accesorios.	52
3.3	Parámetros de diseño.....	53
3.4	Factor de seguridad.	54
3.5	Diseño y función de los accesorios.....	56
3.5.1	Estudio de materiales.....	56
3.5.2	Material de manufactura - alternativas.	57
3.5.3	Acoplador.....	57
3.5.4	Base principal.	65
3.5.5	Brida de montaje.....	72
3.6	Selección mangueras hidráulicas.	79
3.7	Selección cañerías de alta presión.	80
3.8	Proceso de manufactura.	81

CAPÍTULO IV

4. CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA TIPO VE EN EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815 86

4.1	Servicio e indicaciones generales.....	86
4.2	Precauciones.	90
4.3	Herramientas de servicio especiales.	91
4.4	Procedimiento de desarmado.	92
4.5	Verificación de componentes de la bomba de inyección tipo VE.	104
4.5.1	Cabeza de distribución.....	104
4.5.2	Anillo de rodillos.....	105
4.5.3	Eje impulsor.	105
4.5.4	Disco de leva.	106
4.5.5	Contrapesos.....	107
4.5.6	Bomba de alimentación.....	107
4.5.7	Resorte del émbolo distribuidor.	108

4.6	Procedimiento de armado.....	109
4.6.1	Precauciones.....	109
4.6.2	Kit de reparación y sustitución.....	109
4.6.3	Torque de armado.....	110
4.7	Pre-puesta en marcha.....	120
4.7.1	Medidas de seguridad.....	120
4.7.2	Herramientas para instalación de la bomba.....	121
4.7.3	Accesorios para la calibración.....	122
4.7.4	Instalación de bomba en el banco de pruebas EPS-815.....	123
4.8	Puesta en marcha.....	128
4.8.1	Manual técnico de operación.....	128
4.9	Pruebas y ensayos.....	134
4.9.1	Inspecciones previas.....	134
4.9.2	Calibración.....	134
4.10	Mantenimiento del Banco de pruebas Bosch EPS-815.....	142
4.10.1	Diagrama mantenimiento banco Bosch EPS-815.....	142
4.11	Mantenimiento de accesorios.....	146
4.11.1	Diagrama mantenimiento de accesorios.....	146
 CAPÍTULO V		
5.	MARCO ADMINISTRATIVO.....	149
5.1	Recursos.....	149
5.1.1	Recursos humanos.....	149
5.1.2	Recursos tecnológicos.....	149
5.1.3	Recursos materiales.....	150
5.2	Análisis de costos del proyecto.....	150
5.2.1	Consideración del costo.....	152
5.2.2	Financiamiento.....	154

	xiv
Conclusiones.....	155
Recomendaciones.....	156
BIBLIOGRAFÍA.....	157
ANEXOS.....	159

ANEXO A Listado de accesorios y herramientas

ANEXO B Tabla de calibración

ANEXO C Tabla de manguera hidráulica

ANEXO D Resultados de la calibración

ANEXO E Planos de detalle

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variable independiente.....	6
Tabla 2	Operacionalización de variable dependiente	7
Tabla 3	Estudios de la metodología.....	9
Tabla 4	Especificaciones fundamentales.....	20
Tabla 5	Especificaciones del banco de pruebas Bosch EPS-815.....	36
Tabla 6	Características ISO 4113.....	38
Tabla 7	Especificación de los accesorios	52
Tabla 8	Momentos de giro en el accionamiento admisible	53
Tabla 9	Detalle para seleccionar el factor de seguridad	55
Tabla 10	Propiedades del acero AISI 4340	56
Tabla 11	Propiedades del acero AISI 1020	57
Tabla 12	Material de manufactura - alternativas	57
Tabla 13	Condiciones de ajuste equipos BOSCH	81
Tabla 14	Manufactura acoplador	81
Tabla 15	Manufactura base principal.....	82
Tabla 16	Manufactura brida de montaje	83
Tabla 17	Manufactura mangueras hidráulicas	84
Tabla 18	Partes de la bomba de inyección rotativa tipo VE	87
Tabla 19	Sentido de giro contratuercas.....	94
Tabla 20	Servicio eje impulsor.....	105
Tabla 21	Límite disco de leva.....	106
Tabla 22	Desgaste máximo de contrapesos.....	107
Tabla 23	Condiciones de ensayo	134
Tabla 24	Ajuste básico.....	136
Tabla 25.	Régimen de ralentí	138
Tabla 26	Caudal de arranque.....	139
Tabla 27	Recorrido del variador de avance	140
Tabla 28	Presión de bomba de alimentación	141
Tabla 29	Tipos de aceite admitidos	144
Tabla 30	Recursos humanos.....	149
Tabla 31	Recursos tecnológicos.....	149
Tabla 32	Recursos materiales	150

Tabla 33 Costo acoplador.....	151
Tabla 34 Costo brida de montaje.....	151
Tabla 35 Costo base principal.....	151
Tabla 36 Adquisición bomba, herramientas, cañerías y mangueras.....	151
Tabla 37 Costo total.....	152
Tabla 38 Ingresos por calibración de bomba rotativa.....	153
Tabla 39 Egreso mensual por calibración.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de problemas	2
Figura 2	Pistón para motor Diésel con el postizo en la cabeza	16
Figura 3	Cámara de inyección indirecta para motores Diésel.....	16
Figura 4	Bomba rotativa VE	17
Figura 5	Bomba rotativa de émbolo axial.....	18
Figura 6	Bomba rotativa de émbolo radial	19
Figura 7	Número de denominación de bomba de inyección	19
Figura 8	Grupos funcionales de la bomba Bosch VE.....	22
Figura 9	Bomba de transferencia de paletas	22
Figura 10	Funcionamiento de la bomba de transferencia	23
Figura 11	Bomba de transferencia con válvula de regulación de presión....	24
Figura 12	Bomba de alta presión	24
Figura 13	Componentes del grupo de alta presión	25
Figura 14	Elementos del regulador de mínimo y máximo	26
Figura 15.	Dispositivo de parada	28
Figura 16	Bomba distribuidora con avance de inyección.....	29
Figura 17	Elementos del avance.....	30
Figura 18	Regulación de la presión	31
Figura 19	Funcionamiento de válvula reguladora	31
Figura 20	Válvula reguladora de presión	32
Figura 21	Banco Bosch EPS 815.....	35
Figura 22	Partes Bosch EPS 815	36
Figura 23	Software EPS-945	37
Figura 24	Instalación de mangueras hidráulicas.....	40
Figura 25	Componentes del esfuerzo sobre la superficie normal	47
Figura 26	Esfuerzo tridimensional general.....	48
Figura 27	Dimensiones del banco.....	53
Figura 28	Dimensiones de la base principal	54
Figura 29	Acoplador.....	58
Figura 30	Vistas acoplador	58
Figura 31	Cuerpo libre acoplador.....	59
Figura 32	Diámetro de aplicación	59

Figura 33 Propiedades de sección	60
Figura 34 Área de torsión	62
Figura 35 Diámetro de la cara frontal del acoplado	62
Figura 36 Deformación del acoplador	64
Figura 37 Esfuerzo de Von Mises en acoplador	64
Figura 38 Factor de diseño del acoplador.....	65
Figura 39 Base principal	66
Figura 40 Carga distribuida.....	66
Figura 41 Propiedades de sección	68
Figura 42 Esfuerzo de Von Mises en base principal	70
Figura 43 Deformación de base principal	71
Figura 44 Factor de diseño de base principal	71
Figura 45 Brida de montaje	72
Figura 46 Esquema de cuerpo libre	73
Figura 47 Esfuerzos en la brida de montaje	73
Figura 48 Propiedades de sección	75
Figura 49 Deformación total de la brida de montaje	78
Figura 50 Esfuerzo de Von Mises en la brida de montaje.....	78
Figura 51 Factor de diseño de la brida de montaje.....	79
Figura 52 Especificaciones técnicas.....	80
Figura 53 Cañería de alta presión	80
Figura 54 Despiece bomba rotativa 0 460 424 210	87
Figura 55 Montaje de la bomba en el dispositivo de sujeción	92
Figura 56 Desmontaje de la palanca de ajuste	93
Figura 57 Tapa del gobernador.....	93
Figura 58 Desmontaje del eje de control	94
Figura 59 Desmontaje del eje regulador	94
Figura 60 Extracción del conjunto de Contrapesas.....	95
Figura 61 Extracción del tapón de cabeza de distribución	95
Figura 62 Extracción de la válvula de suministro	96
Figura 63 Extracción del solenoide de corte de combustible	96
Figura 64 Extracción de la cabeza de distribución	97
Figura 65 Extracción del émbolo distribuidor.....	97

Figura 66 Extracción palanca del regulador	98
Figura 67 Extracción del disco de leva y el acoplamiento.....	98
Figura 68 Extracción del resorte del variador	99
Figura 69 Extracción del pasador de tope	99
Figura 70 Extracción del pasador deslizante	100
Figura 71 Extracción del anillo de rodillo	100
Figura 72 Extracción del pistón del variador	101
Figura 73 Extracción del eje impulsor	101
Figura 74 Extracción tornillos de la bomba	102
Figura 75 Extracción bomba de alimentación	102
Figura 76 Extracción de la válvula reguladora	103
Figura 77 Componentes	103
Figura 78 Comprobación del émbolo distribuidor	104
Figura 79 Comprobación del anillo del rodillo	105
Figura 80 Comprobación del eje impulsor	106
Figura 81 Comprobación de la bomba de alimentación	108
Figura 82 Comprobación de la rectitud del resorte	108
Figura 83 Juego de reparación	110
Figura 84 Especificaciones de torsión (kg-m)	111
Figura 85 Montaje de la bomba de alimentación	112
Figura 86 Instalación del eje impulsor.....	113
Figura 87 Montaje del conjunto de rodillos	113
Figura 88 Montaje del pistón de avance	114
Figura 89 Montaje de la válvula reguladora	115
Figura 90 Instalación del acoplador.	115
Figura 91 Montaje del disco de levas.....	116
Figura 92 Montaje de la palanca del gobernador.....	116
Figura 93 Montaje del conjunto del émbolo	117
Figura 94 Montaje del cabezal.....	117
Figura 95 Montaje del tapón del cabezal	118
Figura 96 Montaje de las válvulas de entrega	118
Figura 97 Montaje del solenoide.....	119
Figura 98 Montaje conjunto del gobernador	119

Figura 99 Tapa del gobernador.....	120
Figura 100 Bomba lista	120
Figura 101 Accesorios para la calibración	122
Figura 102 Montaje de brida	123
Figura 103 Instalación de acoplador	123
Figura 104 Instalación de base principal.....	124
Figura 105 Centrado de acoplador	124
Figura 106 Ajuste base principal.....	125
Figura 107 Instalación mangueras flexibles y acoples.....	125
Figura 108 Instalación de manguera de presión interna	126
Figura 109 Instalación de tuberías de alta presión	126
Figura 110 Instalación manguera de aire.....	126
Figura 111 Conexión del cable solenoide de corte	127
Figura 112 Revisión general	127
Figura 113 Switch ON/OFF	128
Figura 114 Programa EPS 945-PE/VE/CR.....	128
Figura 115 Prueba componentes inyección	129
Figura 116 Advertencia legal	129
Figura 117 Número de tipo-pieza	130
Figura 118 Buscar componente.....	130
Figura 119 Selección de componente	131
Figura 120 Carga de pruebas para el ajuste	131
Figura 121 Prueba seleccionada	132
Figura 122 Programación automática.....	132
Figura 123 Interruptores encendido/apagado	133
Figura 124 Ventana de advertencia.....	133
Figura 125 Ajuste de presión.....	135
Figura 126 Regulación de la presión de la bomba.....	135
Figura 127 Tornillo de regulación del caudal	136
Figura 128 Caudal plena carga sin presión de carga.....	137
Figura 129 Tornillo de regulación de ralentí.....	137
Figura 130 Ralentí	138
Figura 131 Ralentí 2	139

Figura 132 Caudal de arranque	139
Figura 133 Medidor de avance	140
Figura 134 Simulación de alimentación del turbo	140
Figura 135 Recorrido del pistón de avance	141
Figura 136 Presión de bomba de alimentación.....	142
Figura 137 Esquema mantenimiento banco Bosch EPS-815	142
Figura 138 Tanque de aceite de ensayo – filtro de aspiración.....	143
Figura 139 Drenaje aceite usado	144
Figura 140 Esquema de mantenimiento de accesorios	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Factor de diseño	44
Ecuación 2 Esfuerzo normal	45
Ecuación 3 Esfuerzo cortante directo	46
Ecuación 4 Esfuerzo cortante puro	47
Ecuación 5 Segundo momento polar	48
Ecuación 6 Relación entre potencia, par de torsión y velocidad de giro	49
Ecuación 7 Esfuerzo de Von Mises	50
Ecuación 8 Esfuerzo principal máximo	50
Ecuación 9 Esfuerzo principal mínimo	50

RESUMEN

En el proyecto se realiza el diseño y construcción de accesorios para la calibración de bombas rotativas tipo VE para el banco de pruebas Bosch EPS-815. La necesidad de ofrecer servicios de reparación y calibración de bombas rotativas tipo VE en centros especializados Diésel en el país que estén equipados con accesorios para realizar la puesta a punto de las bombas rotativas. Para tal objetivo se requiere realizar el estudio, diseño y construcción de los accesorios los cuales serán indispensables para montar la bomba de inyección rotativa en el banco de pruebas Bosch EPS-815, donde en el estudio se seleccionó el material que se obtiene con facilidad en el mercado del país; para luego con las medidas y planos se llevara al software ANSYS, para la ejecución de las simulaciones y determinar los esfuerzos máximos que soporta cada accesorio y si el material es el ideal para realizar el proceso de manufactura; así se determina el factor de seguridad que debe estar dentro del rango que nos indique si el diseño es seguro. También se incluye el proceso de montaje, desmontaje y calibración de la bomba rotativa tipo VE, en donde se encuentra las herramientas especiales adquiridas para el desmontaje el cual nos permite inspeccionar cada pieza para determinar la posible falla. Finalmente se debe tomar en cuenta las medidas de seguridad antes de la puesta en marcha del banco de pruebas Bosch EPS-815 del laboratorio, usando siempre el equipo de protección tanto auditivo, visual, sistema respiratorio y físico.

PALABRAS CLAVE:

- **BOMBA ROTATIVA TIPO VE**
- **CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA**
- **FACTOR DE SEGURIDAD**
- **CAUDAL SUMINISTRO**
- **PRESIÓN INTERNA DE LA BOMBA**

ABSTRACT

In the project type VE realizes the design and accessories construction for the calibration of rotary bombs for the test bench Bosch EPS-815. The need to offer services of repair and calibration of rotary bombs type VE in specializing centers Diesel in the country that are equipped with accessories to realize the putting on the verge of the rotary bombs. For such a target it is needed to realize the study, design and construction of the accessories which will be indispensable to mount the rotary petrol pump in the test bench Bosch EPS-815, where in the study there was selected the material that is obtained by facility on the market of the country; for then with the measurements and planes it will take to the software ANSYS, for the execution of the simulations and to determine the maximum efforts that every accessory supports and if the material is the ideal to realize the manufacture process; this way there decides the safety factor that must be inside the status that it indicates us if the design is sure. Also there includes the process of assembly, dismantling and calibration of the rotary bomb type VE, where one finds the special hardware acquired for the dismantling which allows us to inspect every piece to determine the possible flaw. Finally it is necessary to take into consideration the accident control measures before the starting of the test bench Bosch EPS-815 of the laboratory, always using the team of protection so much auditory, visually, respiratory and physical system.

KEYWORDS:

- **ROTARY PUMP TYPE VE**
- **ROTARY PUMP CALIBRATION**
- **SAFETY FACTOR**
- **FLOW SUPPLY**
- **INTERNAL PRESSURE PUMP**

CAPÍTULO I

1. METODOLOGÍA PARA EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815”

1.1 Antecedentes.

En el caso de la investigación se refiere al diseño y construcción de los accesorios para la calibración de bombas rotativas tipo VE para el banco de pruebas Bosch EPS-815.

La ingeniería automotriz es una de las más amplias actividades a nivel mundial, por lo que el continuo avance tecnológico en motores diésel, lo sitúa en un lugar privilegiado en el sector de automoción.

Las transformaciones introducidas de inyección de combustible han sido la clave del auge de la tecnología diésel en los últimos años; para lograr estas mejoras, ha sido necesario el desarrollo de nuevas tecnologías encaminadas a conseguir una mayor eficiencia del motor con menores emisiones de gases contaminantes, que proteja el medio ambiente.

Es por ello que la directriz que guía la mayor parte de los proyectos de diseño y desarrollo es hoy en día la disminución del impacto medio ambiental, que provocan los motores de combustión interna.

En el ámbito legal del Ecuador existen normas que regulan las emisiones que se permite para vehículos diésel como:

NTE INEN 2202:2002, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determina la opacidad de emisiones de escape de motores diésel mediante la prueba con el vehículo detenido, método de aceleración libre.

NTE INEN 2207:2002, Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites de emisiones permitidas que producen los automóviles diésel.

1.2 Planteamiento del problema.

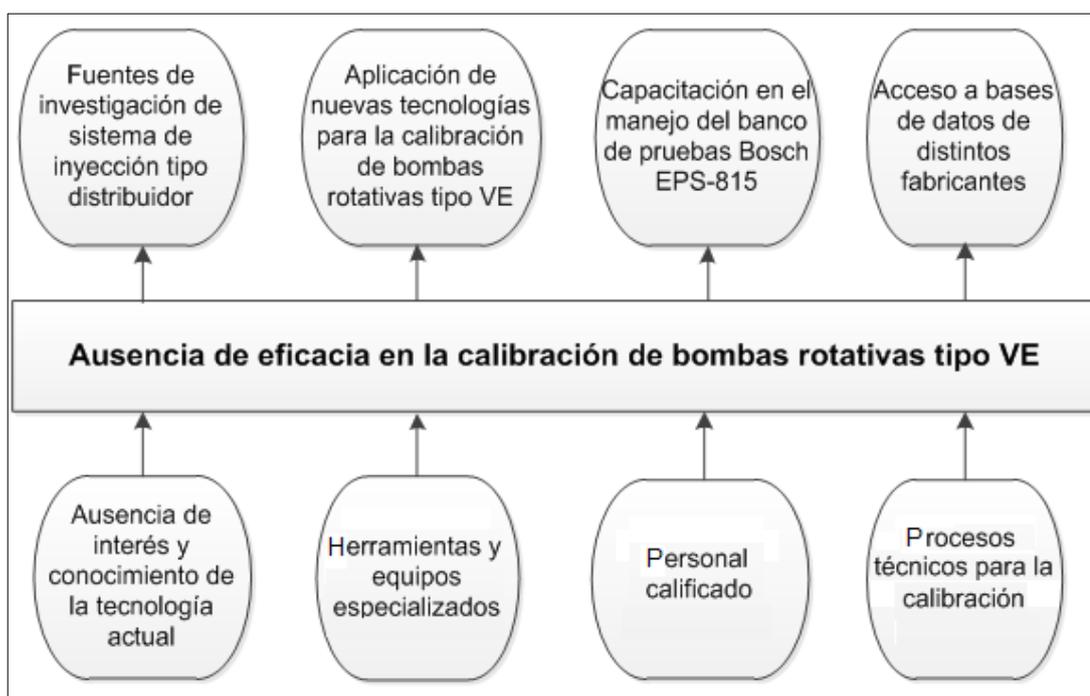


Figura 1 Esquema de problemas

La investigación se efectúa referente a la ausencia de eficacia en la calibración de bombas rotativas tipo VE debido a la ausencia de interés y conocimiento de la tecnología actual que es aplicada para la calibración de las bombas en el banco de pruebas EPS-815, es una de las problemáticas que se originan, con la mejora tecnológica las bombas de inyección rotativas son optimizadas para trabajar con valores de alta precisión, por consecuente debe ser más correcta y eficaz.

Para una calibración más eficaz se necesita herramientas y equipos especializados por ende exige la aplicación de nuevas tecnologías, lo cual garantiza obtener mejores mediciones con precisión al momento de ejecutar las calibraciones otorgadas por el fabricante.

El reducido personal calificado sobre herramientas y equipos especializados en mantenimiento y calibración estipula la optimización de equipos para la calibración de bombas modernas, ampliando la eficiencia de técnicas en laboratorios especializados afines.

Los múltiples estudios, fabricantes, y tipos de bombas de inyección rotativas exigen el acceso a bases de datos de distintos fabricantes para conseguir de forma eficaz y garantizada la información de calibraciones que determina su fabricante.

1.3 Descripción resumida de la investigación.

Se seleccionó la información bibliográfica y técnica para lo cual se adquiere fuentes confiables como libros, manuales, tesis, normas, datos técnicos realizados por el fabricante en relación con los tipos de bombas rotativas tipo VE.

Se diseñó los accesorios que permiten la eficiencia en el proceso de calibración de bombas rotativa tipo VE, tales como: el acoplador que une el eje principal de la bomba hacia el mandril del banco, la brida de montaje para centrar la bomba, la base principal en la cual se monta la bomba rotativa y en conjunto con la brida de montaje centrarla al mandril del banco.

Se efectuó el análisis de esfuerzos en el software ANSYS para luego, con estos estudios se proceda a la selección de materiales de los accesorios basados en costos, pesos, durabilidad en el proceso de manufactura y acabado cumpliendo con altos estándares de calidad.

Se realizó pruebas del desmontaje, inspección de sus piezas y el montaje, para luego proceder a la calibración de la bomba rotativa tipo VE en el banco EPS-815 referido en la ficha de calibración de la bomba Bosch tipo VE4/12F1300R630-3.

1.4 Justificación e importancia.

Esta investigación implementará nuevas opciones de mantenimiento para motores diésel con bombas rotativas tipo VE, para su correcto funcionamiento, la calibración de estas bombas será eficaz mediante el diseño y construcción de accesorios para la calibración en el banco de pruebas Bosch EPS-815.

Debido a las causas de contaminación del aire que generan los vehículos con motores de sistemas de inyección a diésel obliga a los fabricantes de motores, realizar sistemas de inyección con tolerancias más precisas a fin de obtener un mayor rendimiento, por lo cual la bomba de inyección rotativa debe ser minuciosamente calibrada cada vez más correcta y precisa para ello se requiere equipos especializados actuales.

Al adquirir actualizaciones de conocimientos en el área de diseño mecánico se perfeccionara la construcción de accesorios que no existen en el mercado y que son complementos con métodos modernos para efectuar las calibraciones en el banco Bosch EPS-815.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

- Diseñar y construir los accesorios para la calibración de bombas rotativas tipo VE en el banco de pruebas Bosch EPS-815.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Investigar información bibliográfica de fuentes confiables como libros, bibliotecas virtuales, manuales, artículos y tesis.
- Diseñar y construir accesorios que permitan una eficaz calibración; con el uso correcto del banco de pruebas Bosch EPS-815.

- Seleccionar los materiales más adecuados para el diseño y construcción de los accesorios.
- Desarrollar un manual técnico de uso y mantenimiento del banco de pruebas Bosch EPS-815 con sus accesorios para la calibración de bombas rotativas tipo VE.
- Realizar las pruebas de ajuste con la ficha de calibración obtenida con el número de pedido: 0 460 424 210 del fabricante Bosch.

1.6 Metas.

Diseñar y construir los accesorios para realizar las calibraciones con exactitud al 95% bajo el cumplimiento de las especificaciones del fabricante, así como obtener los procesos técnicos que permita la calibración de bombas de inyección rotativas tipo VE mediante la correcta puesta en marcha del banco de pruebas Bosch EPS-815.

1.7 Hipótesis.

El diseño y construcción de accesorios e implementación de herramientas, permitirá efectuar la calibración de bombas rotativas tipo VE.

1.8 Variables de investigación.

1.8.1 Variable independiente.

Accesorios para el banco de pruebas Bosch EPS-815.

1.8.2 Variable dependiente.

Calibración de bombas de inyección rotativas tipo VE.

1.8.3 Operacionalización de variables.

La operacionalización de variables, centra su análisis en verificar conceptos, categorías, indicadores, ítems, técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.

a. Variable independiente.

Accesorios para el banco de pruebas Bosch EPS-815.

Tabla 1

Operacionalización de variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Son elementos indispensables para la calibración de la bomba rotativa tipo VE en el banco de pruebas.	Académica	Bomba de inyección rotativa tipo VE	Unidad	Selección	Documento de especificaciones
	Académica y Tecnológica	Base principal			Modelado en SolidWork
		Acoplador	Unidad	Diseño	Simulación en Ansys
			Brida de montaje		
	Académica	Juego de cañerías	Unidad	Selección	Tabla de especificaciones

b. Variable dependiente.

Calibración de bombas de inyección rotativas tipo VE.

Tabla 2**Operacionalización de variable dependiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Eficiencia en la calibración de bombas de inyección rotativas tipo VE.	Pruebas en la calibración	Caudal a plena carga	cm ³	Medición	EPS 945 Módulo (KMA)
		Ralentí	cm ³	Medición	EPS 945 Módulo (KMA)
		Caudal de arranque	cm ³	Medición	EPS 945 Módulo (KMA)
		Avance	mm	Medición	Medidor de arranque
	Presión interna de la bomba	MPa	Medición	EPS-815	
	Datos y parámetros de calibración del fabricante	Especificaciones de caudal	cm ³	Base de datos	ESI tronic

1.9 Metodología.

Los siguientes métodos: método experimental, método deductivo, método inductivo, método sintético, método analítico, método matemático, método de modelación, método observación directa y método de medición son los que se usaron en la investigación.

1.9.1 Método experimental.

Es el método que mediante pruebas y calibraciones realizadas a la bomba rotativa tipo VE. Se determinó resultados de caudal a plena carga, ralentí, caudal de arranque, recorrido del pistón de avance y presión interna de la bomba para el óptimo funcionamiento de la bomba en el motor diésel.

1.9.2 Método deductivo.

Consiste en el razonamiento de conclusiones generales para obtener resultados explícitos. Mediante la investigación de diversas fuentes confiables de manuales.

1.9.3 Método inductivo.

Se caracteriza en la capacidad y el estudio de hechos específicos como el mal funcionamiento del vehículo referente al desperfecto de la bomba rotativa tipo VE, y una de las maneras más precisa y eficaz para remediar este desperfecto es la calibración.

1.9.4 Método sintético.

El personal capacitado para realizar las diferentes calibraciones en el banco de pruebas mediante la modificación de la mejor manera en los puntos de ajuste con los datos reales de calibración que nos facilita el fabricante.

1.9.5 Método analítico.

Se analiza los valores de calibración para proceder a comparar minuciosamente valores de medición. Al variar los ajustes en la bomba, se puede realizar la precisa calibración.

1.9.6 Método matemático.

Se aplica en la investigación de manera que se requiere utilizar ecuaciones, números ya sea para cálculos y tabular resultados o para realizar diseños en el caso de los accesorios para la bomba rotativa tipo VE.

1.9.7 Método de modelación.

El proyecto de investigación requiere efectuar diseños y simulaciones, por ejemplo la base principal, utilizando herramientas CAD para el diseño.

1.9.8 Método de observación directa.

Se aplica para trabajos que comprenden operaciones manuales en el ajuste de la bomba porque se considera tiempo para las diferentes calibraciones de la bomba rotativa tipo VE.

1.9.9 Método de medición.

Al instante que se efectúa las diferentes calibraciones de las bombas rotativas tipo VE. Los valores resultantes se expresan mediante los instrumentos de medición para obtener algún tipo de medición.

Tabla 3

Estudios de la metodología

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Experimental	Es el método que mediante pruebas y calibraciones realizadas a la bomba rotativa tipo VE. Se determinó resultados de caudal a plena carga, ralentí, caudal de arranque, recorrido del pistón de avance y presión interna de la bomba para el óptimo funcionamiento de la bomba en el motor diésel.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de pruebas Bosch EPS-815. ➤ Software ESI TRONIC. ➤ Bomba rotativa tipo VE. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de motores de combustión interna.
Deductivo	Consiste en el razonamiento de conclusiones generales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de pruebas Bosch 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de motores

CONTINÚA →

	para obtener resultados explícitos. Mediante la investigación de diversas fuentes confiables de manuales.	EPS-815. ➤ Software ESI TRONIC.	de combustión interna.
Inductivo	Se caracteriza en la capacidad y el estudio de hechos específicos como el mal funcionamiento del vehículo referente al desperfecto de la bomba rotativa tipo VE, y una de las maneras más precisas y eficaz para remediar este desperfecto es la calibración.	➤ Bombas rotativas tipo VE. ➤ Software ESI TRONIC.	➤ Laboratorio de motores de combustión interna.
Sintético	El personal capacitado para realizar las diferentes calibraciones en el banco de pruebas mediante la modificación de la mejor manera en los puntos de ajuste con los datos reales de calibración que nos facilita el fabricante.	➤ Banco de pruebas Bosch EPS-815. ➤ Tabla de calibración. ➤ Software ESI TRONIC. ➤ Bomba rotativa tipo VE.	➤ Laboratorio de motores de combustión interna.
Analítico	Se analiza los valores de calibración para proceder a comparar minuciosamente valores de medición. Al variar los ajustes en la bomba, se puede realizar la precisa calibración.	➤ Banco de pruebas Bosch EPS-815. ➤ Tabla de calibración. ➤ Software ESI TRONIC.	➤ Laboratorio de motor es de combustión interna.
Matemático	Se aplica en la investigación de manera que se requiere utilizar ecuaciones, números ya sea para cálculos y tabular resultados o para realizar	➤ Bomba rotativa tipo VE. ➤ Sistemas CAD.	

	diseños en el caso de los accesorios para la bomba rotativa tipo VE.		
Modelación	El proyecto de investigación requiere efectuar diseños y simulaciones, por ejemplo la base principal, utilizando herramientas CAD para el diseño.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba rotativa tipo VE. ➤ Sistemas CAD. 	
Observación directa	Se aplica para trabajos que comprenden operaciones manuales en el ajuste de la bomba porque se considera tiempo para las diferentes calibraciones de la bomba rotativa tipo VE.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de pruebas Bosch EPS-815. ➤ Bomba rotativa tipo VE. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de motores de combustión interna.
Medición	Al instante que se efectúa las diferentes calibraciones de la bomba rotativa tipo VE. Los valores resultantes se expresan mediante los instrumentos de medición para obtener algún tipo de medición.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de pruebas Bosch EPS-815. ➤ Software ESI TRONIC. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de motores de combustión interna.

CAPÍTULO II

2. BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS TIPO VE

2.1 Introducción a sistemas de inyección diésel.

(Obregon A., 2000) “La función del equipo de inyección es suministrar la cantidad exacta de combustible a cada cilindro en el momento oportuno, a la presión necesaria y con la atomización precisa. Es de la mayor importancia que el combustible que pasa a través del sistema de inyección de combustible, este limpio y libre de sustancias extrañas, de lo contrario, se dañara rápidamente la eficacia del equipo.

El motor debe quemar el combustible con la mayor eficacia posible con objeto de conseguir un rendimiento óptimo. Por tanto, los sistemas de admisión y escape deben mantenerse de modo que exista la menor resistencia posible al aire y al flujo de gas de escape. El encendido del combustible depende de la temperatura generada por la compresión del aire en la cámara de combustión. Por tanto no debe haber una cantidad de fuga de presión de compresión excesiva.

Las pérdidas por fricción en todo el vehículo deben mantenerse al mínimo mediante un mantenimiento de rutina y siguiendo las recomendaciones del fabricante con respecto a lubricación y ajustes.

En la siguiente guía de Diagnóstico de Fallos; parecerá que muchas de las “causas posibles” se deben a la falta de un buen mantenimiento o “falta de acción preventiva”. Para cualquier operario de un vehículo resultara mucho más económico “prevenir” que “curar”.

➤ **Guía para el diagnóstico de fallos**

Arranca con dificultad.- una cantidad adecuada de combustible atomizado suministrado a la presión correcta en el momento oportuno en la cámara de combustión en la que el aire comprimido ha elevado la temperatura a un nivel lo suficientemente alto como para encender el combustible.

Falta de potencia, consumo pobre de combustible.- la generación de energía más eficaz se alcanza por la mejor combustión posible de combustible y oxígeno en la cámara de combustión, lo que hará que el combustible desprenda la mayor cantidad de calor. Las pérdidas por fricción en el vehículo deben mantenerse al mínimo.

Escape de humo excesivo.- si todo el combustible y todo el aire de la cámara de combustión se quemasen, esto sería una combustión completa. Esta condición ideal nunca se consigue completamente en la práctica, sin embargo, ningún motor, si se le mantiene correctamente, debe emitir más que un tenue humillo por el tubo de escape. El humo se produce cuando la combustión no es satisfactoria y por tanto, parte del combustible no realiza un trabajo útil.

➤ **Notas sobre el humo**

En las siguientes notas se supone que el motor está en buenas condiciones, y, por tanto, no quema cantidades excesivas de aceite lubricante.

Humo negro.- consiste en gran número de partículas de carbón cuando el combustible está calentado en regiones de la cámara de combustión pobres en oxígeno.

Humo azul.- consiste en gran número de partículas de gas-oil de alrededor de 0,5 micrones o menos de diámetro. Estas partículas son gotitas condensadas de combustible parcialmente quemado o sin quemar que han

pasado por regiones en la cámara de combustión sometidas a baja temperatura.

Humo blanco.- consiste en gran número de gotitas condensadas de combustible parcialmente quemado o sin quemar mayores de 1,0 micrones de diámetro. Para que se produzca el humo blanco, el combustible tiene que haber dispuesto de más tiempo para condensarse que cuando se produce el humo azul, por ejemplo, un motor frío funcionando con poca carga y a baja velocidad podría producir humo blanco. La sincronización retardada de la inyección no permitiría el tiempo suficiente para que el combustible se queme correctamente.

- **Velocidades incorrectas del motor (ralentí y máxima).-** las velocidades de ralentí y máxima sin carga deben conseguirse rápidamente y deben mantenerse cuando la palanca de control de la bomba de inyección está en contacto con el tornillo de ajuste correctamente reglado.
- **Funcionamiento irregular, fallo de encendido.-** todos los cilindros del motor deben dar igual potencia de rendimiento a intervalos regulares del ciclo del motor con cualquier abertura del acelerador y carga aceptable. Los soportes del motor deben sujetarlo con firmeza, siendo lo suficientemente elásticos para amortiguar la vibración normal del motor”.
(p. 65)

2.2 La inyección diésel.

(Hermógenes G., 2002) “En los motores Diésel, al igual que en los de explosión, la combustión se produce por el efecto de una reacción química para la que es necesaria la presencia abundante del oxígeno contenido en el aire y la elevada temperatura (superior a los 270 °C) que el aire adquiere al ser comprimido en un cilindro por el émbolo o pistón. La alta temperatura adquirida por el aire, que por este procedimiento puede llegar a los 800 °C

en compresiones de relación 20:1 o poco más, aseguran la inflamación del gasóleo cuando es inyectado en esta atmósfera de aire altamente comprimido, el cual provee a su vez del suficiente oxígeno al combustible para que se pueda producir su combustión completa. De este modo el combustible libera toda su energía calorífica que el motor convertirá en energía mecánica.

➤ **Características de la inyección.**

La combustión del gasóleo requiere una aportación de aire de 15,10 unidades de peso de aire por cada unidad de peso de gasóleo, es decir, por cada gramo quemado de gasóleo se necesitaran consumir 15,10 gramos de aire, relación prácticamente igual a la que precisa la gasolina en los carburadores”. (p. 12)

2.3 Tipos de inyección.

(Parera A., 1996) “Según donde se efectuó la inyección en los motores Diésel, estos se clasifican en dos grupos: de inyección directa, cuando la inyección se realiza en la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón y de inyección indirecta, cuando el combustible es inyectado en una cámara de turbulencia situada en la culata del motor. Los motores de ciclo mixto son todos de inyección indirecta.

➤ **Inyección directa.**

Los motores Diésel con sistemas de inyección directa son motores más bien lentos que entregan la potencia máxima por debajo de las 4500 revoluciones por minuto de giro del cigüeñal; estos motores tienen la cámara de combustión situada en la cabeza del pistón. Por este motivo, en algunos motores (los diseñados para desarrollar elevadas potencias) la cámara de combustión la forma un postizo (a) de fundición situado en la cabeza del pistón (ver figura 2).

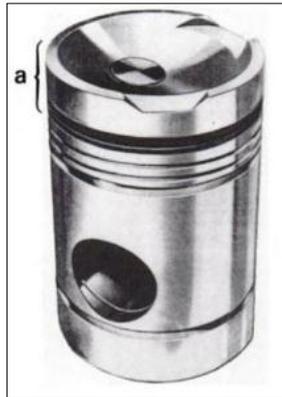


Figura 2 Pistón para motor Diésel con el postizo en la cabeza

Fuente: (Parera A., 1996)

➤ **Inyección indirecta**

Los motores de inyección indirecta son en su mayoría de ciclo mixto. Son motores rápidos en los que el cigüeñal puede llegar a girar a 5000 revoluciones por minuto (RPM).

La cámara de combustión está formada por dos partes diferenciadas; una de ellas es un pequeño volumen vaciado en la culata llamado cámara de turbulencia o precámara y la otra parte es el pequeño espacio que queda entre la cabeza del pistón y la culata cuando el pistón está situado en el PMS (punto muerto superior); ambas partes están comunicadas por un canal practicado en la culata (p. 25-29).

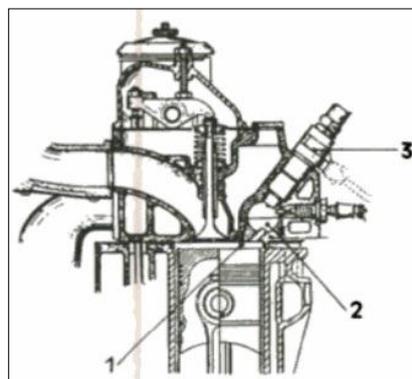


Figura 3 Cámara de inyección indirecta para motores Diésel

Fuente: (Parera A., 1996)

2.4 Bombas de inyección rotativas.

(Pons P., 1996) “Estas bombas emplean un único elemento de bombeo para comprimir y distribuir el carburante debidamente dosificado a cada uno de los cilindros del motor. Llevan como en el caso de las bombas lineales, un variador de avance a la inyección automática y un regulador de velocidad, que puede ser centrífugo o hidráulico.

Existen una serie de elementos comunes a todas las bombas rotativas, independientemente del sistema de regulación utilizado. Estos elementos son: rotor de bombeo y distribución (distribuidor y giratorio), bomba de transferencia, reguladores: mecánico o hidráulico, sistema de avance, válvula reguladora de presión, válvula dosificadora”. (p. 76-77)

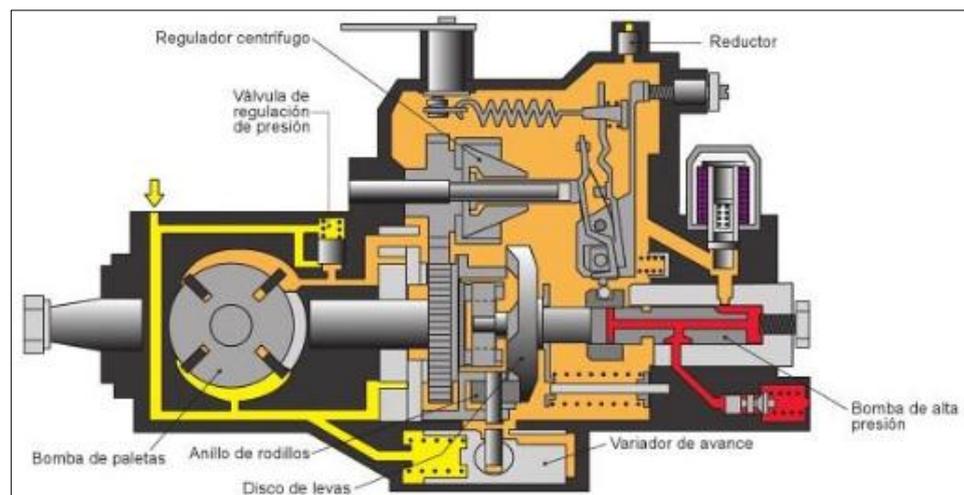


Figura 4 Bomba rotativa VE

Fuente: (Calleja D., 2015)

2.5 Tipos de bombas de inyección rotativas.

➤ Bomba de inyección rotativa de émbolo axial.

(Calleja D., 2015) “Existe una bomba de aletas que suministra el combustible a la cámara de bomba. Un émbolo distribuidor central que gira

mediante un disco de leva, asume la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a abastecer. Los resaltes de leva en el lado interior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento axial de elevación adicional al movimiento de giro. En la bomba de inyección rotativa convencional de émbolo axial VE, (ver figura 5) con regulador mecánico de revoluciones por fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador regulado electrónicamente, existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante la posición del anillo de rodillos (variador de avance)". (p. 30)



Figura 5 Bomba rotativa de émbolo axial

Fuente: (Calleja D., 2015)

➤ **Bomba de inyección rotativa de émbolo radial.**

(Calleja D., 2015) “El suministro del combustible lo realiza una bomba de aletas. Una bomba de émbolos radiales, (ver figura 6) con anillo de levas y entre dos y cuatro émbolos radiales, asume la generación de alta presión y el suministro. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de

inyección. El comienzo de suministro se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por válvula electromagnética, todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas (unidad de control de bomba y unidad de control del motor). Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones". (p. 30)



Figura 6 Bomba rotativa de émbolo radial

Fuente: (Calleja D., 2015)

2.6 Especificaciones de la bomba de inyección.

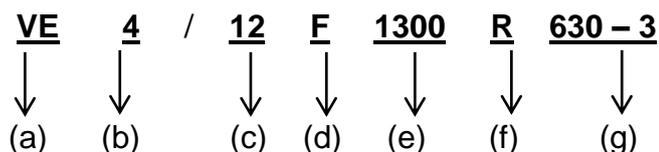
El número de denominación de la bomba de inyección (ver figura 7) contiene varios números y letras que indican principalmente el código de la bomba que se usa para adquirir la tabla de calibración según el fabricante.



Figura 7 Número de denominación de bomba de inyección

2.6.1 Código de la bomba.

Detalla cada ítem de la bomba de inyección rotativa tipo VE donde se debe tener en cuenta el sentido de giro de la bomba antes de realizar las primeras vueltas en el banco de pruebas. Se describe a continuación:



- Tipo VE (Tipo distribuidor).
- Número de cilindros del motor.
- Diámetro del émbolo distribuidor.
- Regulador tipo mecánico.
- Velocidad de la bomba regulada.
- Dirección de giro (R - derecha / L - izquierda).
- Número de diseño.

2.6.2 Especificaciones fundamentales.

Las especificaciones fundamentales (ver tabla 4) tiene las características de fabricación de las bombas de inyección rotativas tipo VE siendo muy importante identificar los ítems y su especificación para tener un amplio conocimiento sobre la bomba que tendrá a disposición en el mercado.

Tabla 4

Especificaciones fundamentales

ÍTEM	ESPECIFICACIÓN
Número de cilindros	3, 4, 5, 6 cilindros
Instalación	Tipo de brida
Impulsión	Engranaje o correa dentada
Giro	Hacia la derecha o hacia la izquierda (Visto desde el final de impulsión)

CONTINÚA →

Velocidad máx.	3000 rpm (Varía con el perfil de leva)		
Diámetro de émbolo distribuidor	3 cilindros 9 mm		
	4 cilindros 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 mm		
	5 cilindros 10 mm		
Elevación de leva	6 cilindros 9, 10, 11, 12, 13, 14 mm		
	2,0, 2,2, 2,5 2,8 mm		
Sistema de lubricación	Auto lubricación mediante combustible		
Tubo de combustible		Tamaño de tornillo	Diámetro interior del tubo (mm)
	Presión alta	M12 x 1,5	-
	Entrada	M12 x 1,5	φ6
	Rebose	M12 x 1,5	φ6
Variador	Sistema de control	Tipo hidráulico (Presión interna de la bomba)	
	Angulo de avance máx.	11,5° (Ángulo de leva de la bomba)	
Regulador	Tipo	Mecánico	
	Control	Velocidad mínima/máxima (M-M) todas las velocidades	
Corte	Corte con el solenoide de corte de combustible mediante el interruptor de encendido		

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

2.7 Grupos funcionales de la bomba Bosch VE.

Los grupos funcionales de la bomba Bosch VE se describe su función (ver figura 8):

- 1.- Bomba de alimentación con válvula reguladora de presión: aspira combustible y produce presión en la cámara interna de la bomba
- 2.- Bomba de alta presión con distribuidor: produce presión de inyección, alimenta y distribuye combustible.
- 3.- Regulador mecánico de rotación: efectúa la regulación de la rotación, modifica el volumen de débito por medio del dispositivo de regulación en el rango de regulación.
- 4.- Válvula electromagnética de parada: interrumpe el débito de combustible.

5.- Avance de inyección: regula el inicio de la inyección dependiendo de la rotación y, en parte, de la carga”. (p.8)

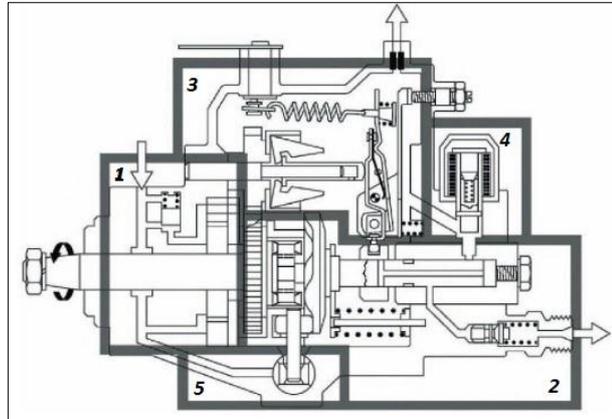


Figura 8 Grupos funcionales de la bomba Bosch VE

Fuente: (Calleja D., 2015)

2.7.1 Bomba de transferencia.

(Pons P., 1996) “Tiene la misión de aumentar la presión del carburante procedente del circuito de alimentación hasta el valor necesario en la válvula de dosificación que alimenta el elemento de bombeo. Como la capacidad de esta bomba es muy superior a la necesaria, la presión es regulada por la válvula de presión” (p. 77).

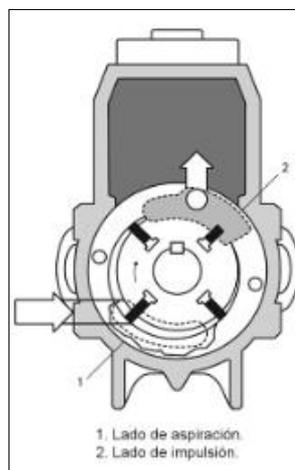


Figura 9 Bomba de transferencia de paletas

Fuente: (Calleja D., 2015)

(Pons P., 1996) “Este rotor (1) recibe el movimiento de un árbol que es accionado por el sistema de distribución del motor. Va ajustado sin juego radial en un cabezal hidráulico fijo, y lleva un orificio axial a lo largo de casi toda la longitud que pone en contacto la cámara (2) del elemento de bombeo con los orificios de alimentación (tantos como número de cilindros) y el orificio de distribución, (ver figura 10)”. (p. 77)

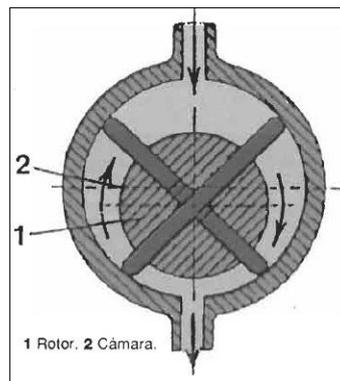


Figura 10 Funcionamiento de la bomba de transferencia

Fuente: (Pons P., 1996)

(Calleja D., 2015) “**Cuerpo de la bomba de transferencia con válvula de regulación de presión.-** la parte fundamental de este conjunto, (ver figura 11), es la bomba de transferencia o de alimentación, que suministra una cantidad de combustible constante al interior de la bomba. A continuación se detalla los elementos principales:

1. Árbol de mando.
2. Válvula de regulación de presión.
3. Anillo excéntrico.
4. Anillo soporte.
5. Rueda dentada de accionamiento del regulador.
6. Acoplamiento de garras.
7. Reductor.
8. Cuerpo de la bomba”. (p. 30)

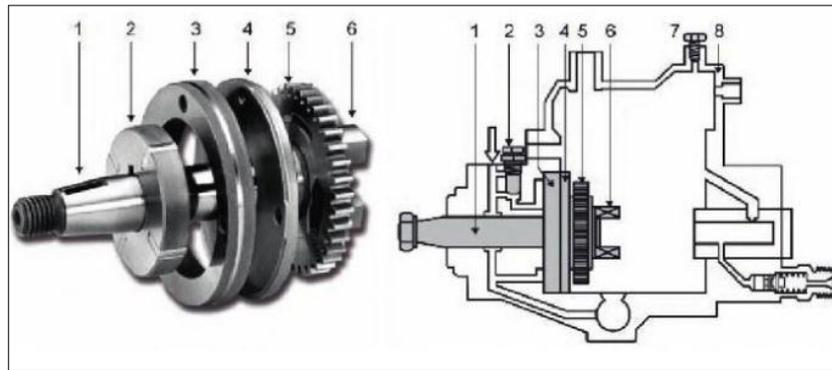


Figura 11 Bomba de transferencia con válvula de regulación de presión

Fuente: (Calleja D., 2015)

2.7.2 Bomba de alta presión.

(Bosch R., 2016) “Su función es generar la alta presión necesaria para la inyección y distribuir el combustible entre las cámaras de combustión del motor.

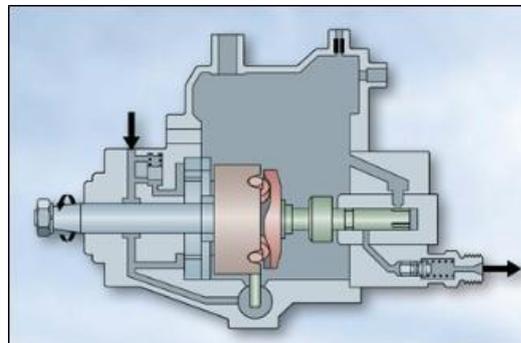


Figura 12 Bomba de alta presión

Fuente: (Bosch R., 2016)

El pistón distribuidor ejecuta un movimiento rotativo y axial (de vaivén). Cuando el pistón regresa al punto muerto inferior (PMI) libera la entrada del Diésel en la cámara de alta presión a través de uno de los canales de alimentación. El pistón distribuidor avanza, comprimiendo el combustible en la cámara de alta presión hasta alcanzar punto muerto superior (PMS), enviando el combustible para uno de los cilindros del motor, a través de la porta-válvula”. (p. 9)

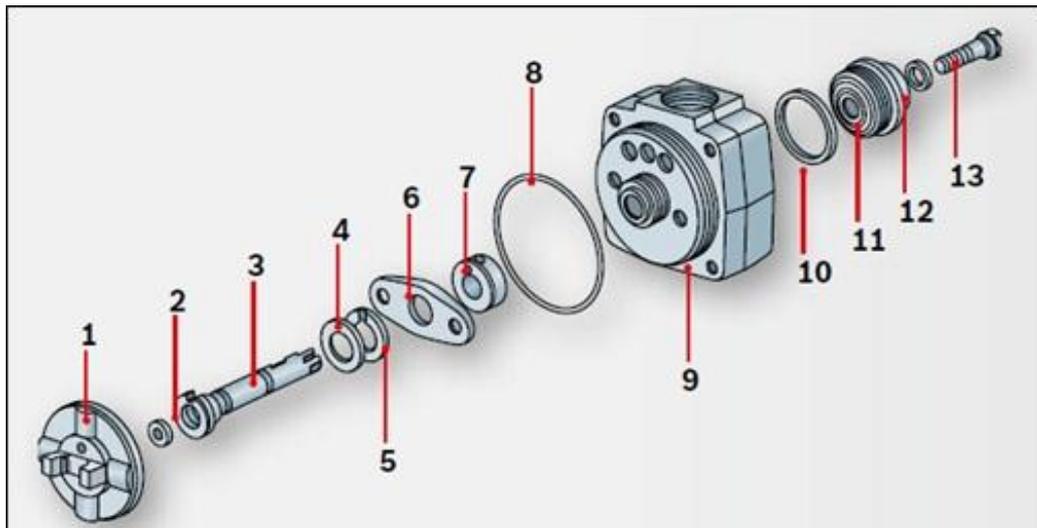


Figura 13 Componentes del grupo de alta presión

Fuente: (Bosch R., 2016)

1. Disco de levas
2. Arandela de compensación
3. Pistón distribuidor
4. Arandela de compensación
6. Anillo de apoyo
7. Bandeja de resortes
8. Taco regulador
9. Anillo de sellado
10. Cuerpo distribuidor/Cilindro de comando
11. Anillo de sellado
12. Bombona central
- 13 Tornillo de sangría

2.7.3 Regulador de mínimo y máximo.

(Calleja D., 2015) “Este tipo de regulador solo controla la velocidad mínima de ralentí y la máxima. En velocidades intermedias la regulación se efectúa por medio del pedal del acelerador. El funcionamiento del regulador de mínimo y máximo hace que el conductor perciba el manejo del motor diésel como si fuera uno de gasolina, dada su rápida respuesta al accionar el

pedal del acelerador. Por este motivo, este tipo de regulador es el más utilizado en vehículos de turismo, aunque se suelen montar una combinación de regulador de todas las velocidades y de mínimo y máximo. Los elementos del regulador de mínimo y máximo y su funcionamiento en el modo de ralentí y de plena carga. La estructura es básicamente la misma que en el caso del regulador de todas las velocidades. La diferencia fundamental es el muelle del regulador y su montaje, que ahora es de compresión y se instala en el interior de un elemento guía. El muelle del regulador y la palanca tensora se unen a través de un perno de fijación. Se distinguen tres modos básicos de funcionamiento". (p. 21)

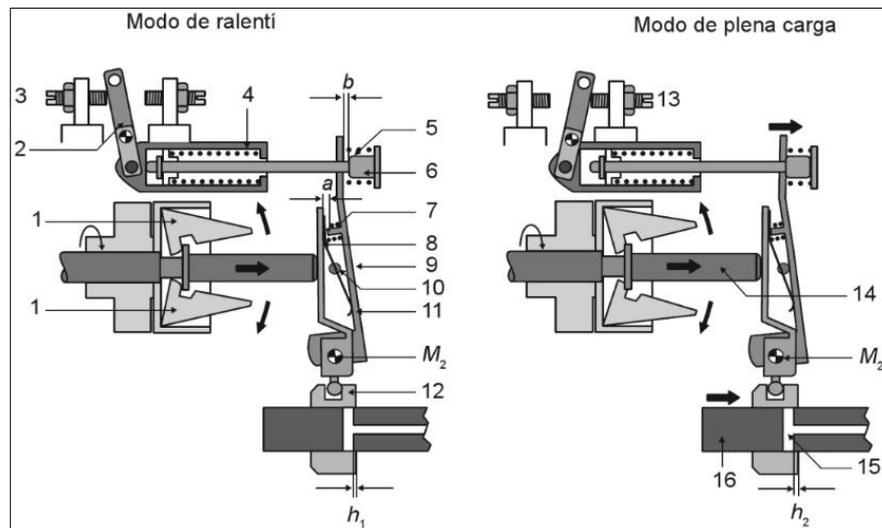


Figura 14 Elementos del regulador de mínimo y máximo

Fuente: (Calleja D., 2015)

1. Masas centrifugas.
2. Palanca del acelerador.
3. Tornillo de ajuste de la velocidad de ralentí.
4. Muelle del regulador.
5. Muelle intermedio.
6. Perno de fijación.
7. Muelle de ralentí.
8. Palanca de arranque.
9. Palanca tensora.

10. Tope de la palanca tensora.
11. Resorte de arranque.
12. Collarín de regulación.
13. Tornillo de ajuste de plena carga.
14. Manguito regulador.
15. Lumbrera de descarga del émbolo distribuidor.
16. Émbolo distribuidor.
 - a. Recorrido del resorte de arranque y ralentí.
 - b. Recorrido del muelle intermedio.
- h_1 . Carrera máxima de trabajo en ralentí.
- h_2 . Carrera máxima de trabajo a plena carga.
- M_2 . Eje de giro de los elementos 8 y 9.

(Calleja D., 2015) “**Arranque:** En esta fase, las masas centrifugas no se mueven y el manguito regulador se mantiene en su posición de reposo. Esto hace que el resorte de arranque empuje al manguito regulador de forma que mantenga las masas centrifugas contraídas. El collarín de regulación adopta la posición de caudal de arranque.

Ralentí: Una vez que el motor ha arrancado y se ha soltado el pedal del acelerador, el muelle de ralentí posiciona la palanca de mando para mantener este régimen. La fuerza de las masas centrifugas aumenta conforme lo hace la velocidad del motor, y estas empujan al manguito regulador contra la palanca de arranque. El muelle de ralentí de la palanca tensora controla, pues, el régimen de ralentí. El collarín de regulación se desplaza hacia una posición de poco caudal, manteniéndose en ese punto por el equilibrio de las fuerzas de las masas centrifugas y la del muelle.

Demanda de carga: Al pisar el pedal del acelerador, la palanca del mismo se sitúa con un ángulo determinado. En estas circunstancias, el resorte de arranque y el muelle de ralentí dejan de actuar, entrando en acción el muelle intermedio. Este muelle favorece una transición suave al

rango no regulado. Cuando se demanda carga, el muelle intermedio es presionado contra la palanca tensora por el perno de fijación.” (p. 30)

2.7.4 Dispositivo de parada.

(Bosch R., 2016) “Su función es cortar el paso del combustible que entra en la cámara de alta presión de la bomba. Opcionalmente la bomba distribuidora puede equiparse con un dispositivo mecánico de parada, que funciona con una palanca estranguladora accionada por el conductor. La corriente eléctrica acciona el dispositivo de parada de la bomba rotativa tipo VE, cuando el conductor gira la llave de encendido. El émbolo sube, liberando el paso del combustible hacia dentro de la cámara de alta presión. Cuando la llave es girada en el encendido cortando la corriente eléctrica, el resorte empuja el émbolo para abajo, cerrando el paso de Diésel hacia dentro de la cámara de alta presión. Debido a su principio de trabajo de autoencendido, el motor Diésel puede ser detenido con la interrupción de alimentación de combustible”. (p. 11)



Figura 15. Dispositivo de parada

2.7.5 Bomba distribuidora con avance de inyección.

(Bosch R., 2016) “Aunque el combustible se inyecte a alta velocidad, a elevadas rotaciones la inyección sufre un retraso. Uno de los motivos es la dimensión de la tubería. Como la velocidad de quema del combustible en el motor es constante y es necesario un período de tiempo para que el combustible y el aire formen una mezcla inflamable, esto podría causar

pérdida de potencia en altas rotaciones y el combustible no se quemaría totalmente, produciendo humo. Para impedir ese retraso, el avance de inyección anticipa el momento de la inyección”. (p 11)

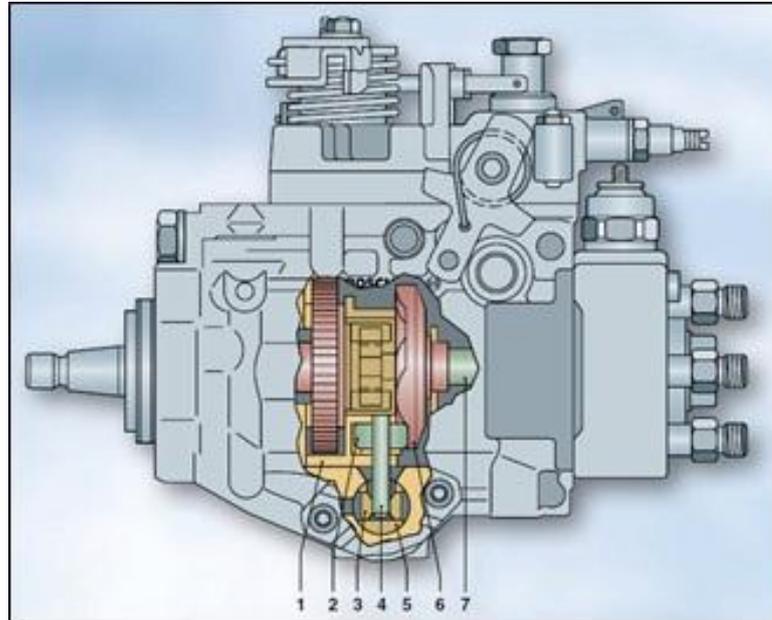


Figura 16 Bomba distribuidora con avance de inyección

Fuente: (Bosch R., 2016)

1. Porta-rodillos
2. Rodillos
3. Taco corredizo
4. Vástago
5. Pistón de avance de la inyección
6. Disco de levas
7. Pistón distribuidor

(Bosch R., 2016) “Cuando la rotación aumenta, crece también la presión interna de la bomba. El pistón de avance es empujado para adelante, venciendo la fuerza del resorte, desplazando todo el conjunto. Con eso se avanza la posición de los rodillos en relación a los relieves de la pista del disco de levas”. (p 12)

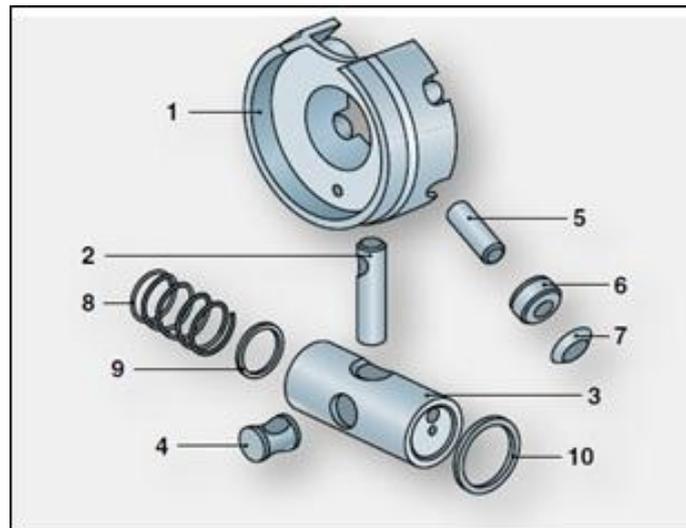


Figura 17 Elementos del avance

Fuente: (Bosch R., 2016)

1. Porta-rodillos
2. Vástago de arrastre
3. Pistón de avance
4. Taco corredizo
5. Vástago del rodillo
6. Rodillo
7. Arandela distanciadora
8. Resorte
9. Arandela de compensación
10. Anillo de sellado

2.7.6 Regulación de la presión.

(Bosch R., 2016) “El combustible se inyecta hacia el interior de la bomba, a cada vuelta del eje de accionamiento. Cuanto mayor la rotación, mayor será la cantidad de Diésel inyectada en el interior de la bomba distribuidora. Como el volumen de combustible que entra en la bomba es mayor que el volumen inyectado en el motor, es necesario liberar el exceso, si no la bomba explotaría”. (p. 13)

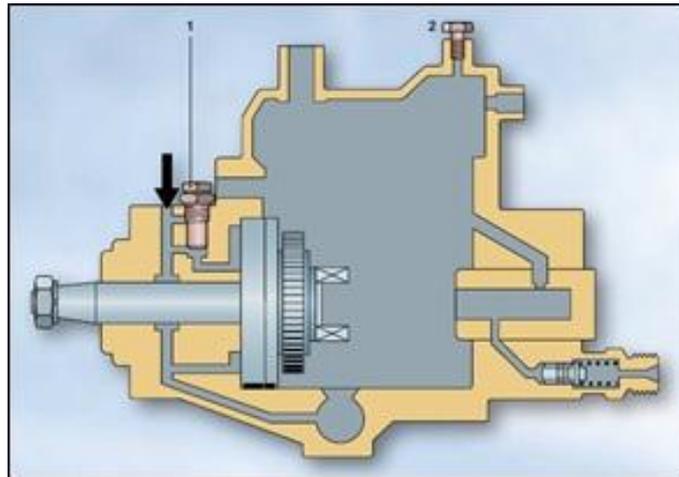


Figura 18 Regulación de la presión

Fuente: (Bosch R., 2016)

1. Válvula reguladora de presión
2. Estrangulador de retorno

(Bosch R., 2016) “La presión interna de la bomba aumenta venciendo la tensión del resorte, empujando el émbolo para arriba, liberando el paso para que el Diésel retorne a la entrada de combustible de la bomba, (ver figura 19).

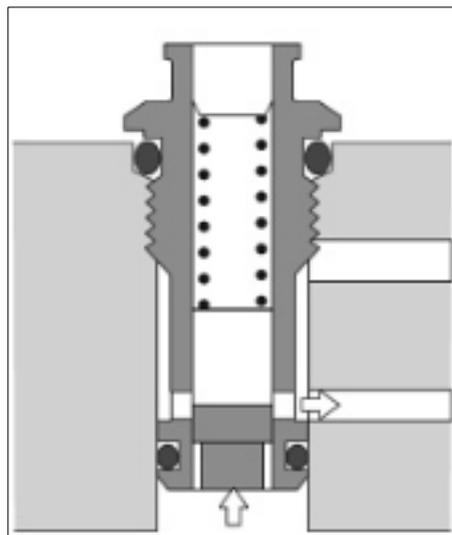


Figura 19 Funcionamiento de válvula reguladora

Fuente: (Calleja D., 2015)

La presión en el interior de la bomba distribuidora aumenta gradualmente y es regulada por la válvula reguladora de presión, para conseguir una presión proporcional a la rotación”. (p- 13)



Figura 20 Válvula reguladora de presión

(Bosch R., 2016) “La mayor parte del volumen de combustible que entra en la bomba distribuidora retorna al lado de aspiración a través de la válvula de regulación de presión. Lo que resta de combustible fluye al interior de la bomba inyectora y es enviado a los porta-inyectores o retorna al depósito de combustible por medio del tornillo hueco, garantizando de esa forma el enfriamiento de la bomba y la constante sangría. La entrega del combustible desde la bomba se realiza por un cabezal distribuidor que secuencialmente entrega el combustible a cada uno de los cilindros determinado por el número de cilindros del motor”. (p. 13)

2.8 Características de la bomba rotativa tipo VE.

(Nippondenson Co. Ltda., 1995) “Las siguientes características de diseño de la bomba tipo VE la hacen más adecuada que la bomba tipo en línea convencional para los motores diésel modernos de alta velocidad.

- **Compacta y de poco peso.-** La bomba tipo VE de cuatro cilindros es un poco más pequeña que la bomba en línea de cuatro cilindros, mientras

que la bomba tipo VE de seis cilindros es casi la mitad del tamaño de la bomba en línea de seis cilindros.

- **Capacidad de alta velocidad.-** Puede alcanzarse una velocidad del motor de 5000 rpm o más usando la bomba tipo VE, mientras que los límites superiores del motor mediante el uso de la bomba tipo en línea se encuentran por los alrededores de 4000 rpm.
- **Suministro de combustible uniforme.-** Usando un solo émbolo distribuidor para distribuir el combustible a todos los cilindros, se ha alcanzado menor variación de cilindro a cilindro. Una ventaja de la uniformidad del suministro de combustible es la reducción de los niveles de ruido del motor.
- **Arranque mejorado.-** El resorte de arranque (tipo lámina) de la bomba actúa para proporcionar combustible adicional al arrancar el motor. Esta característica facilita el arranque del motor en climas fríos, especialmente cuando se usa en motores con cámara de combustión previa.
- **Estabilidad del ralentí.-** El suministro de combustible uniforme asegura la estabilidad y el ralentí del motor más uniforme.
- **Lubricación.-** Las partes de funcionamiento interno de la bomba son lubricadas por el combustible diésel filtrado que se suministra mediante la bomba de alimentación. Este diseño elimina la necesidad de lubricación con aceite de motor para la bomba de inyección.
- **Ajuste externo de combustible.-** La facilidad de ajuste se ha alcanzado por la posición externa del tornillo de ajuste de suministro de combustible máximo.
- **Solenoide de corte.-** El suministro de combustible se corta desconectando simplemente el interruptor de encendido del motor.
- **Capacidades combinadas.-** Como unidad, la bomba tipo VE incorpora las características combinadas de una bomba de inyección, bomba de alimentación y dispositivo de variador hidráulico.
- **Sin reversa.-** Debido al diseño interno de la bomba, el motor no girara en reversa.

- **Dispositivos adicionales.-** Pueden acoplarse varios dispositivos de control en la bomba tipo VE para alcanzar características de suministro de combustible requerido. (Dispositivo de arranque en frío automático, variador con detección de carga, etc.)
- **Montaje versátil.-** La bomba tipo VE puede montarse en el motor de forma horizontal o vertical”. (p. 3)

2.9 Ventajas bomba rotativa vs. bomba lineal.

Con respecto a las bombas lineales presentan las siguientes ventajas:

- Su peso y volumen son menores.
- La dosificación de combustible es igual para cada cilindro.
- Pueden alcanzar altas velocidades de rotación.
- De fácil montaje al motor.

2.10 Banco de pruebas de bombas de inyección.

(Bosch R., 2010) “Son equipos fabricados especialmente para calibración de las bombas de inyección tanto lineal como rotativa o tipo distribuidor tanto de émbolos axiales como de émbolos radiales. Existen bancos de diferentes marcas como Bosch, Hartridge, Zexel, 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.

- En el caso de Bosch ha implementado un banco de pruebas de tecnología muy avanzada que en el tiempo no va a quedar desfasado con las nuevas tecnologías.
- El banco EPS-815 fue creado para atender las necesidades de comprobación de sistemas convencionales y electrónicos”. (p.)

2.10.1 Bancos de pruebas de bombas de inyección EPS-815.

(Bosch R., 2015) “Es un banco universal de 15 kW de potencia, que permite al especialista verificar bombas de última generación y elevado desempeño e inyectores common rail en vehículos, gracias a los equipos: KMA, VPM 844/CRS 854/CRI 846, CP 1/2/3 y CRIN con quienes se acopla, haciendo que el banco aumente sus prestaciones”. (p.1)



Figura 21 Banco Bosch EPS 815

(Bosch R., 2010) “El sistema de medición electrónico es obligatorio para los componentes modernos. Garantiza un alto nivel de exactitud de los valores medidos. Tiempos cortos de operación son posibles gracias a la gráfica de barras que se despliega en el monitor ya que cuando una medición excede una tolerancia se muestra en otro color. Todos los ajustes pueden ser pre-seleccionados y los pasos de prueba definidos por medio del software”. (p.1)



Figura 22 Partes Bosch EPS 815

Fuente: (Bosch R., 2010)

Tabla 5

Especificaciones del banco de pruebas Bosch EPS-815

Especificaciones técnicas – banco de pruebas básico EPS 815		
Dimensiones: C x A x L	mm	2260 x 1588 x 860
Peso aprox.	Kg	1000
Accionamiento:		
Motor especial con protección total (térmica y de sobrecarga)		
Torque de salida del acoplamiento, modelo básico		
Potencia liberada (permanente)	kW	10.2
Potencia liberada (20 min.)	kW	15
Potencia liberada (60 seg.)	kW	17.5
Fusible de seguridad A del cliente		35
Protección FI (Fuel Injection/ Inyección de Combustible)	mA	300
Acoplamiento de torque (permanente)		
0 a 590 rpm	Nm	164
0 a 850 rpm	Nm	-
a 1500 rpm	Nm	65
a 2500 rpm	Nm	38

CONTINÚA →

Acoplamiento de torque (60 seg.):		
0 a 590 rpm	Nm	280
0 a 850 rpm	Nm	-
a 1500 rpm	Nm	111
a 2500 rpm	Nm	67
Rango de rotación	rpm	0 – 4000
Precisión de regulación de la rotación	rpm	< ± 1

Fuente: (Bosch R., 2015)

(Bosch R., 2010) “Las especificaciones pueden ser importadas directamente del CD-TestData y del disco ESI[tronic] – W en el sistema operativo EPS 945. De esta forma el procedimiento de prueba está disponible para el usuario. Sistema de medición continua con monitor TFT 15” para montar en el banco (KMA 802) o con carro” (p. 2).

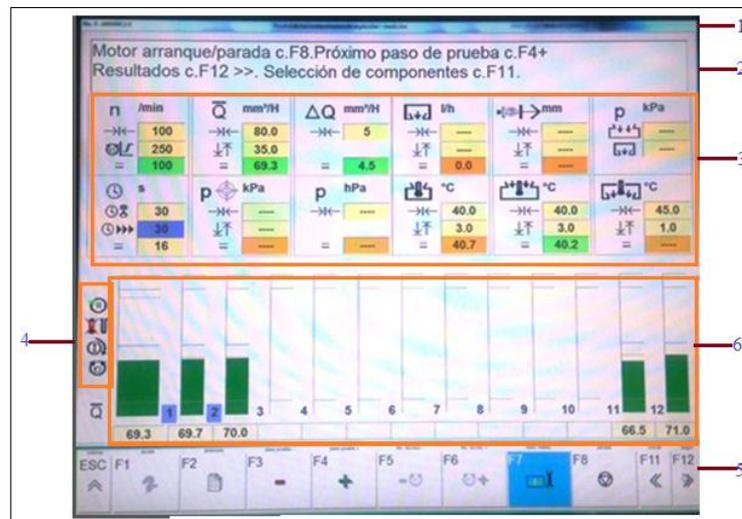


Figura 23 Software EPS-945

1. Barra de título, se visualiza el título de la calibración que se está ejecutando.
2. Mensajes de información e instrumento para el operario.
3. Indicadores para los valores teóricos, valores de tolerancia y valores de medición.
4. Indicadores de estado de servicio.

5. Barra de softkeys con hardkeys.
6. Barra de medición del caudal con valores numéricos.

2.11 Aceite de calibración ISO 4113.

(Coredisa P., 2016) “Es un fluido que sirve para la calibración de inyectores y bombas de inyección diésel. Es un aceite mineral de baja viscosidad, formulado con un conjunto de aditivos para la calibración y protección temporal (almacenamiento) de los sistemas de alimentación de combustible de los motores diésel.

Aplicaciones.- el aceite de calibración está destinado principalmente al calibrado de inyectores. Además se emplea en la protección de sistemas de alimentación de combustible de los motores diésel en períodos de inactividad. Por ejemplo: vehículos nuevos antes de ser entregados a los usuarios, tractores y demás maquinaria agrícola o de la construcción durante los períodos sin uso”. (p. 1)

Tabla 6

Características ISO 4113

Name	Method	Units	4113
Appearance	Visual	-	Clear off-white liquid
Density @ 15° C	ISO 12185/ASTM D4052	g/ml	0.825
Viscosity, Kinematic 40C	ISO 3104/ASTM D445	mm ² /s	2.53
Colour	ASTM D1500	-	0.5
Foam sequence I, Tendency/Stability	ISO 6247/ASTM D892	ml/ml	20/0
Flash Point, PMC	ISO 2719/ASTM D93	°C	84
Pour Point	ISO 3016/ASTM D97	°C	<-30
Rust Test, Procedure A	ISO 7210/ASTM D665A	-	Pass
Rust Test	ASTM D1748	-	Pass
Copper Corrosion, 3hrs @ 100C	ASTM D130	-	1a

CONTINÚA →

4 Ball wear test 300N 1450rpm/10s	ASTM D4172	mm	0.3
Lubricity HFRR	ISO 12156-1	microns	410

Fuente: (Castrol Corporation, 2016)

2.12 Mangueras hidráulicas.

- **Alta presión.-** Estas mangueras con frecuencia son llamadas mangueras de “dos alambres”, porque generalmente tienen un refuerzo de dos trenzas de alambre de acero de alta tensión. El rango de presión de operación varía de 6000 psi para tamaños de 3/16” DI, hasta 1825 psi para tamaños de 2”.
- **Mediana Presión.-** Estas mangueras se conocen como mangueras de “un alambre”, porque generalmente tienen un refuerzo de una trenza de alambre de acero de alta tensión. El rango de presión de operación varía de 2790 psi para tamaños de 1/4” DI, hasta 375 psi para tamaños de 2”.
- **Baja presión.-** Están diseñadas para usarse en diferentes aplicaciones con presiones de operación por debajo de 300 psi. Su refuerzo es generalmente un textil.

2.12.1 Recomendaciones de instalación.

- Recuerde que los flexibles sometidos a trabajo sufren una elongación o estiramiento entre un 2% a 4% de su longitud inicial, por lo que se recomienda dejarlos de un largo apropiado.
- Siempre se debe mantener un radio de curvatura lo más amplio posible, con el fin de evitar el colapso o restricción del fluido.
- Evite al instalar un flexible que este quede con alguna torcedura, por lo cual tome algún punto como referencia.
- Evite el contacto o el roce entre flexibles para que no produzcan desgastes de las superficies, para lo cual se recomienda el uso de adaptadores, codo o curvas apropiados.

- Los flexibles deben tener la longitud apropiada para que cumplan con su función de “flexible”.

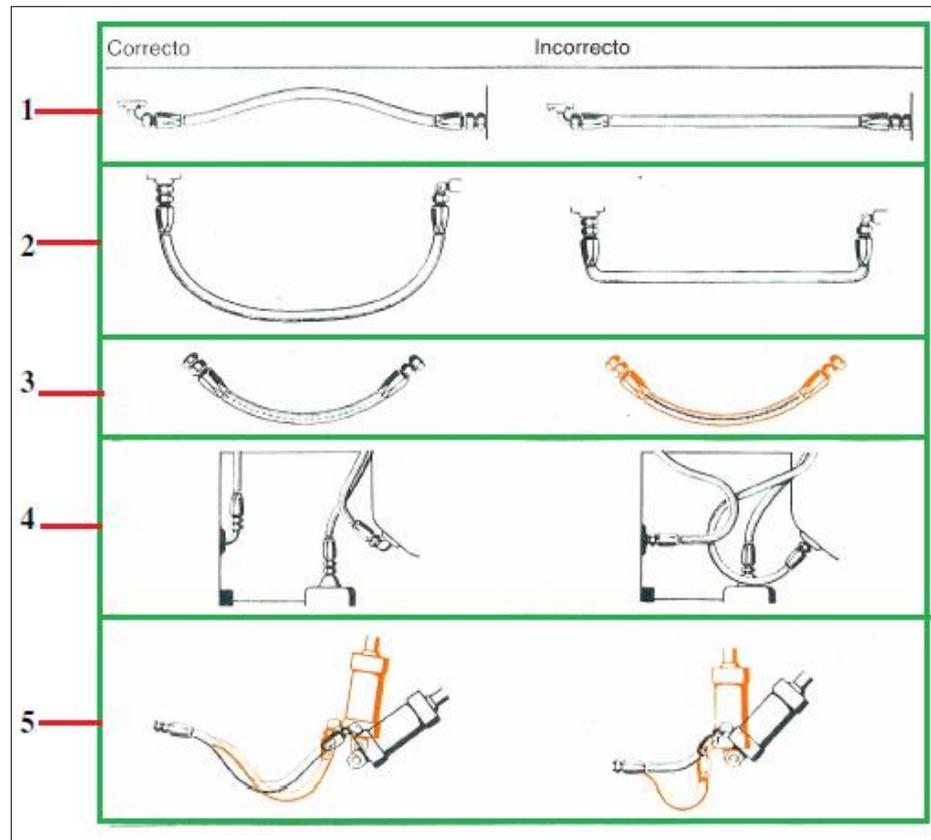


Figura 24 Instalación de mangueras hidráulicas

Fuente: (Soc.Covarrubias e hijos Ltda, 2016)

- **Uso:** En equipo y maquinarias de construcción, agrícolas, mineras y transporte en general, en líneas de mediana presión, para el transporte de aceites minerales, hidráulicos y aceite. Resiste temperaturas entre -40° y +100° C máximo y en lapsos cortos de hasta 125° C.
- **Características:**
 - Tubo interior.- De caucho sintético resistente a los aceites.
 - Refuerzo.- Una malla trenzada de alambre de acero endurecida y templada.
 - Cubierta: Caucho sintético resistente a la abrasión e intemperie.

2.13 Pruebas que se efectúan a la bomba de inyección en el banco.

A continuación se especifica cada una de las pruebas que se efectúan en el servicio de calibración de la bomba de inyección rotativa tipo VE:

2.13.1 Vacío en la bomba de alimentación.

(Torres G., 2005) “Tiene por objeto mostrar la eficacia de la bomba de transferencia y la existencia de cualquier anomalía en su conexión de entrada. La prueba se realiza haciendo funcionar el banco de pruebas a 100 rpm y cerrando la válvula de suministro de combustible durante 60 segundos. Debido a que en esta prueba se crea una falta de combustible en el rotor, no debe sobrepasarse el tiempo especificado de prueba. Después de finalizar la misma debe purgarse de nuevo la bomba mediante el correspondiente purgador del cabezal hidráulico, mientras está funcionando a 100 rpm”. (p. 62)

2.13.2 Caudal plena carga sin presión de carga.

En la prueba de caudal plena carga sin presión se gira el perno regulador de caudal en sentido horario, para el aumento del caudal y gira en sentido anti-horario para disminuir el caudal; para llegar a los valores óptimos de entrega de caudal.

2.13.3 Ralentí.

Se gira el perno de regulación de ralentí en sentido horario, si quiere aumentar el suministro de caudal y en sentido anti-horario si quiere disminuir el suministro de caudal; para llegar a los valores de calibración solicitados para la puesta a punto de la bomba en baja revolución (400 rpm).

2.13.4 Caudal de arranque.

(Torres G., 2005) “Es una prueba de entrega de combustible que se hace a menores revoluciones, generalmente a 100 rpm, se mide el combustible entregado por la bomba en 100 rpm. Esta es la prueba más importante, le indica al técnico si hay desgaste en los elementos bombeantes, generalmente se detecta la falla porque la presión que ejerce la bomba está por debajo del 60% de su capacidad normal”. (p. 64)

2.13.5 Presión de alimentación.

(Torres G., 2005) “Debido a que la presión de transferencia influye considerablemente en la entrega de combustible y controla el avance automático, es esencial que se mantenga dentro de las especificaciones a lo largo de las distintas velocidades (500 - 1050 – 1300 rpm) de funcionamiento de la bomba. Debido a esto, es frecuente comprobar la presión de transferencia para tres o cuatro velocidades distintas”. (p. 62).

Para su calibración se empuja la válvula reguladora de modo que la presión aumente a los valores requeridos a las distintas revoluciones de la bomba.

2.13.6 Variación de avance.

Se ejecuta esta calibración del avance debido que las bombas trabajan a máximas revoluciones, por lo cual se necesita un adelanto de inyección para el óptimo funcionamiento del motor diésel.

2.13.7 Entrega de combustible máximo.

(Torres G., 2005) “El suministro máximo de una bomba de combustible viene especificado en la ficha técnica del fabricante. Este suministro se controla mediante el desplazamiento máximo del émbolo y se regula por medio de la carrera del distribuidor. El procedimiento habitual es hacer

funcionar la bomba al régimen especificado y medir las entregas en los inyectores de prueba durante 1000 inyecciones (emboladas). Hay muy poca variación entre los inyectores, ya que es el mismo elemento de bombeo el que suministra todas las salidas del cabezal hidráulico y las entregas deben estar dentro de los límites especificados. Después de ajustar la entrega de combustible a la velocidad más alta de la bomba (especificada), generalmente se realiza un segundo control a una velocidad más baja. Si la entrega de combustible, en esta segunda prueba, es menor que la cifra especificada, esto indica una relación incorrecta entre la velocidad de la bomba y la presión de transferencia, o que esta última disminuye con la velocidad hasta un grado mayor de lo adecuado, la cantidad de combustible entregado en determinado número de inyecciones se mide en el sistema KMA del banco de pruebas”. (p. 63)

2.13.8 Corte de combustible.

(Torres G., 2005) “Un factor muy importante que debe ser comprobado cuando se está probando una bomba es que el motor puede pararse mediante el control de cierre. Este mecanismo no solo debe ser capaz de cortar el suministro con grandes entregas (para evitar que el motor se desbloquee), sino también para pequeños suministros. También el acelerador debe ser capaz de reducir la inyección hasta un punto capaz de parar el motor. Ambos pueden comprobarse haciendo funcionar la bomba a velocidades reducidas, con un control cerrado y el otro completamente abierto”. (p. 65)

2.14 Factor de diseño y factor de seguridad.

(Budynas R., 2008) “Un enfoque general del problema de la carga permisible contra la carga de pérdida de función es el método del factor de diseño determinístico, al que algunas veces se le llama método clásico de diseño. La ecuación fundamental (ver ecuación 1), donde n_d se conoce como *factor de diseño*. Deben analizarse todos los modos de pérdida de función, y

el modo que conduzca al factor de diseño más pequeño será el modo gobernante. Después de terminar el diseño, el factor de diseño real puede cambiar como resultado de cambios como el redondeo a un tamaño estándar de una sección transversal o el uso de componentes recién lanzados con clasificaciones más altas en lugar de emplear lo que se había calculado usando el factor de diseño. En este caso, el factor se conoce como factor de seguridad, n , que tiene la misma definición que el factor de diseño, pero por lo general difiere en su valor numérico.

Como el esfuerzo puede no variar en forma lineal con la carga, el uso de la carga como el parámetro de pérdida de función puede no ser aceptable. Entonces, es más común expresar el factor de diseño en términos del esfuerzo y una resistencia relevante. Así, (ver ecuación 1) puede reescribirse como:

Ecuación 1 Factor de diseño

$$n_d = \frac{\text{resistencia de pérdida de la función}}{\text{esfuerzo permisible}} = \frac{S}{\sigma(o \tau)}$$

Los términos esfuerzo y resistencia (ver ecuación 1) deben ser del mismo tipo y tener las mismas unidades. También, el esfuerzo y la resistencia deben aplicarse a la misma ubicación crítica en la parte.” (p. 17,18)

2.14.1 Análisis de esfuerzos.

(Mott R., 2006) “Un diseñador es responsable de la seguridad de los componentes y sistemas que diseñe. Existen muchos factores que afectan la seguridad, pero uno de los aspectos más complicados del diseño seguro consiste en que el nivel de esfuerzo al que está sometido el componente de una máquina debe ser seguro, bajo condiciones previsiblemente razonables. Este principio implica, por supuesto, que en realidad nada se rompa.

También se puede comprometer la seguridad si se permite que los componentes se deformen demasiado, aun cuando nada se rompa”. (p. 84)

2.14.2 Esfuerzo normal.

(Budynas R., 2008) “**Esfuerzo normal.**- Cuando se aísla una superficie interna, la fuerza y el momento totales que actúan sobre la superficie se manifiestan a sí mismos como distribuciones de fuerzas a través de toda el área. La distribución de fuerza que actúa en un punto sobre la superficie es única y tendrá componentes en las direcciones normal y tangencial llamado esfuerzo normal y esfuerzo cortante tangencial, respectivamente. Los esfuerzos normales y cortantes se identifican con las letras griegas σ (sigma) y τ (tau), respectivamente. Si la dirección de σ es saliente de la superficie se considera un esfuerzo de tensión y es un esfuerzo normal positivo. Si σ entra hacia la superficie se considera un esfuerzo compresivo y comúnmente se considera una cantidad negativa. Las unidades de esfuerzo usuales en Estados Unidos son libras por pulgada cuadrada (psi). En el caso de las unidades sistema internacional (SI), el esfuerzo se representa en newtons por metro cuadrado (N/m^2); $1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ pascal (Pa.)}$).

Ecuación 2 Esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

F = Carga de tensión

A = Área

Componentes cartesianos del esfuerzo: Los componentes cartesianos del esfuerzo se establecen mediante la definición de tres superficies mutuamente ortogonales en un punto dentro del cuerpo. Las normales a

cada superficie establecerán los ejes cartesianos x , y , z . En general, cada superficie tendrá un esfuerzo normal y uno cortante. El esfuerzo cortante puede tener componentes a lo largo de dos ejes cartesianos. Por ejemplo, el aislamiento de un área superficial infinitesimal en el punto Q dentro de un cuerpo donde la normal a la superficie es la dirección x . El esfuerzo normal se denomina σ_x . El símbolo σ indica un esfuerzo normal, mientras que el subíndice x señala la dirección de la normal a la superficie”.

2.14.3 Esfuerzo cortante directo.

(Mott R., 2006) “El esfuerzo cortante directo se produce cuando la fuerza aplicada tiende a cortar el elemento como si fuera unas tijeras o una navaja, o como cuando se usa un troquel para perforar una lámina. Otro ejemplo importante de cortante directo en el diseño de máquinas es la tendencia de una cuña a ser cortada entre el eje y el cubo de un elemento de máquina cuando transmite par de torsión.

La ecuación del esfuerzo cortante directo se puede entonces escribir (ver ecuación 3):

Ecuación 3 Esfuerzo cortante directo

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante directo

F = Fuerza de corte

A = Área al corte” (p. 92)

2.14.4 Esfuerzo cortante neto.

El esfuerzo cortante neto que actúa sobre la superficie $(\tau_x)_{total}$, el cual puede descomponerse en componentes en las direcciones y y z, los cuales se marcan como τ_{xy} y τ_{xz} , respectivamente. Observe que los dobles subíndices son necesarios para el cortante. El primer subíndice indica la dirección de la normal a la superficie mientras que el segundo es la dirección del esfuerzo cortante.” (p. 75).

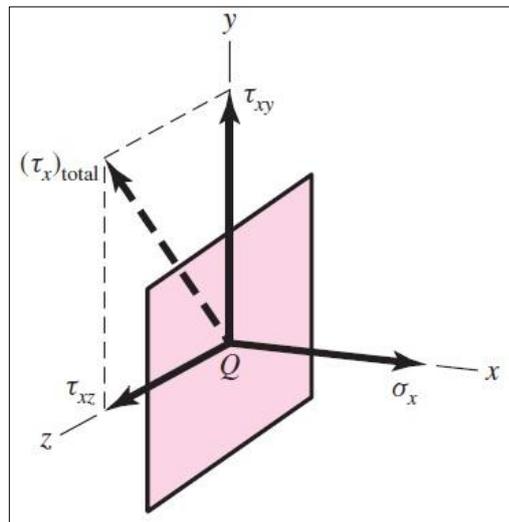


Figura 25 Componentes del esfuerzo sobre la superficie normal

Fuente: (Budynas R., 2008)

Ecuación 4 Esfuerzo cortante puro

$$\tau = \frac{T\rho}{J}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante puro

T = Torque aplicado

ρ = Radio

J = Momento de inercia

(Budynas R., 2008) “El estado de esfuerzo en un punto descrito mediante tres superficies mutuamente perpendiculares. Puede mostrarse, a través de la transformación de coordenadas, que esto es suficiente para determinar el estado de esfuerzo sobre cualquier superficie que interseca al punto. A medida que las dimensiones del cubo (ver figura 26) se aproximan a cero los esfuerzos en las caras ocultas se vuelven iguales y opuestas a los de las caras visibles. Así que, en general, un estado de esfuerzo completo se define mediante nueve componentes de esfuerzo, σ_x , σ_y , σ_z , τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yx} , τ_{yz} , τ_{zx} y τ_{zy} . Para el equilibrio, en la mayoría de los casos, los “cortantes transversales” son iguales, por lo cual.”, (p. 76).

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} \quad \tau_{zy} = \tau_{yz} \quad \tau_{xz} = \tau_{zx}$$

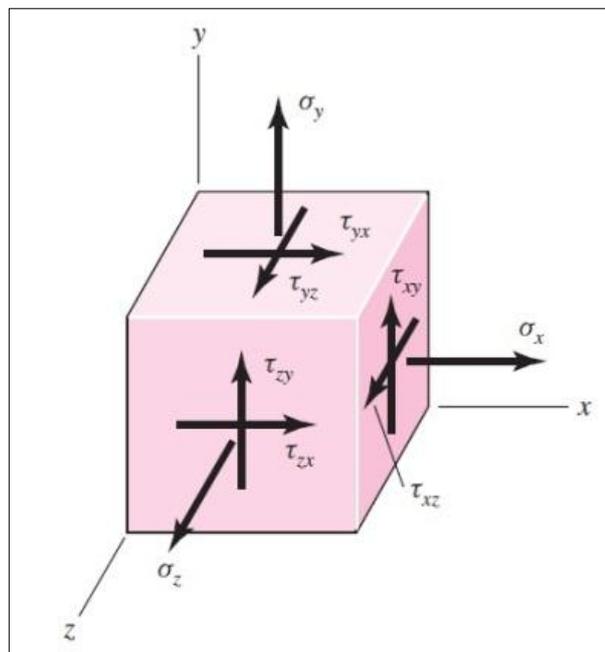


Figura 26 Esfuerzo tridimensional general

Fuente: (Budynas R., 2008)

Ecuación 5 Segundo momento polar

$$J = \frac{\pi r^4}{2}$$

Donde:

J = Segundo momento polar

r = Radio

2.14.5 Relación entre par de torsión, potencia y velocidad de giro.

(Mott R., 2006) “La relación entre la potencia (P), la velocidad de giro (n) y el par de torsión (T) en un eje se describe con (ver ecuación 6):

Ecuación 6 Relación entre potencia, par de torsión y velocidad de giro

$$T = \frac{P}{n}$$

Donde:

T = Par de torsión

P = Potencia

n = Velocidad de giro

En unidades SI, la potencia se expresa en watts (W), o en newton metros por segundo (N-m/s), que son equivalentes, y la velocidad de giro se expresa en radianes por segundo (rad/s)”. (p. 94)

2.14.6 Esfuerzo efectivo de Von Mises.

(Mott R., 2006) “Se ha demostrado que el método de la energía de distorsión es el mejor estimador de la falla para materiales dúctiles bajo cargas estáticas o para esfuerzos normales, cortantes o combinados totalmente reversibles. Requiere la definición del nuevo término esfuerzo de Von Mises, representado por el símbolo σ' , que se puede calcular para esfuerzos biaxiales, con los esfuerzos principales máximo y mínimo σ_1 y σ_2 :

Ecuación 7 Esfuerzo de Von Mises

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2}$$

Donde:

σ' = Esfuerzo efectivo de Von Mises

σ_1 = Esfuerzo principal máximo

σ_2 = Esfuerzo principal mínimo” (p. 189)

2.14.7 Esfuerzos normales máximos.

La combinación de esfuerzos normales y cortantes aplicados que produce el esfuerzo normal máximo se llama esfuerzo principal máximo σ_1 . Su magnitud se calcula con (ver ecuación 8):

Ecuación 8 Esfuerzo principal máximo

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

La combinación de esfuerzos principales aplicados que produce el esfuerzo normal mínimo se llama esfuerzo principal mínimo σ_2 . Su magnitud se calcula con (ver ecuación 9):

Ecuación 9 Esfuerzo principal mínimo

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE

3.1 Introducción del planteamiento.

Las bombas de inyección rotativas tipo VE son utilizadas en vehículos de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios, se requiere herramientas especiales, el laboratorio diésel con equipos de calibración modernos, el cual permita obtener resultados de alta eficiencia en la calibración.

En el análisis del diseño se requiere el software ANSYS, para la manufactura de los accesorios.

Las pruebas de calibración en el banco de pruebas Bosch EPS-815 son: ajuste básico de la bomba rotativa tipo VE, ajuste de la presión de alimentación de la bomba de transferencia, ajustes de la palanca del regulador, dentro de este ajuste se encuentran: ajuste caudal de suministro máximo, verificación del ajuste de suministro en ralentí, verificación del caudal de arranque, se ajusta al procedimiento siguiente:

- Desmontaje e inspección de los componentes, montaje e ajustes de los componentes especiales que poseen las bombas rotativas tipo VE. (Herramientas especiales para el desmontaje y montaje; del tapón del cabezal, la válvula reguladora y la palanca del regulador).
- El proceso de calibración de la bomba de inyección: calibración de la bomba forma manual y verificación de la calibración de forma automática por el banco de pruebas.

3.2 Especificación de los accesorios.

El diseño de accesorios que se detalla a continuación (ver tabla 7) indica una breve explicación de la función que cumple cada uno previo al estudio de diseño.

Tabla 7

Especificación de los accesorios

ACCESORIOS	ESPECIFICACIÓN
Brida de montaje	La brida permite la unión y centrado por medio de sus tres pernos de sujeción a la bomba de inyección al momento del montaje para que no tenga ningún movimiento que afecte a los elementos de la bomba y el banco de calibración.
Acoplador	Este elemento es el encargado de transmitir el torque que entrega el motor hacia la bomba de inyección, por lo tanto debe ser capaz de soportar dicho torque sin deformarse.
Base principal	Este elemento se instala sobre la consola de montaje, la principal característica es su diseño y material, ya que debe resistir el peso de la bomba de inyección y movimientos de torsión a los cuales va a estar sometida la bomba de inyección.
Juego de cañerías	Las cañerías deben soportar la presión máxima del sistema, ya que el paso del fluido en el interior puede alcanzar hasta 1200 bar, por esta razón se seleccionó tubos de acero sin costura y de alta resistencia.
Herramientas	Su función es brindar la asistencia para el desmontaje y montaje de las bombas tipo VE en general.

3.3 Parámetros de diseño

Para el diseño de los accesorios, se considera las especificaciones técnicas que son facilitadas por el fabricante del banco de calibración EPS-815 en las cuales se debe tomar en cuenta el torque que transmite el motor del banco para herramientas de transmisión de movimiento. Las especificaciones técnicas, tomando en cuenta el banco de pruebas cuentan con un motor que tiene la potencia constante de 10.2 kW, ó 13.68 Hp.

Acoplador.- Este accesorio de la bomba rotativa tipo VE, se fija en el eje de impulsión de la bomba de inyección se toma los momentos admisibles del acoplador (ver tabla 8).

Tabla 8

Momentos de giro en el accionamiento admisible

Propiedad		EPS 815		
Momento de giro en el acoplamiento	min^{-1}	0 - 850	1500	2500
Servicio permanente	Nm	170	72	37

Fuente: (Bosch R., 2010)

Base principal.- Para el montaje de la bomba rotativa tipo VE, se fija sobre la consola de montaje del banco EPS-815. Para su construcción se toma en cuenta el centro al mandril del banco de (125mm), (ver figura 27).

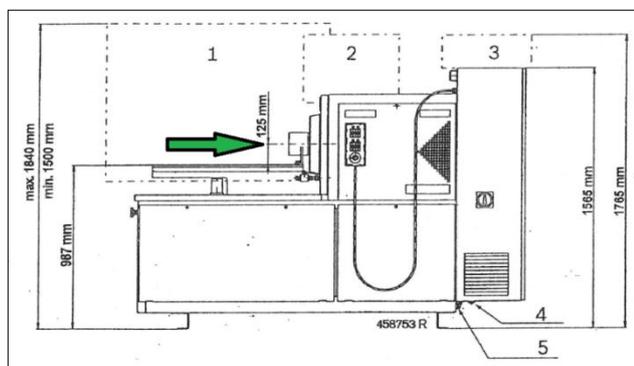


Figura 27 Dimensiones del banco

Fuente: (Bosch R., 2010)

Las bases de bancada además deben permitir el desplazamiento de la base principal sobre el eje longitudinal de la bancada, de dimensión 20 mm del riel de bancada, deben tomarse en cuenta para la guía de la base principal a diseñar.

Brida de montaje.- Para su construcción de la brida de montaje se toma en cuenta el diámetro de 120 mm de las dimensiones, (ver figura 28).

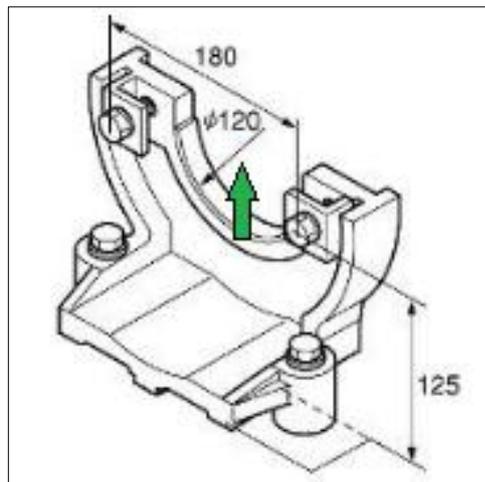


Figura 28 Dimensiones de la base principal

Fuente: (Bosch R., 2010)

3.4 Factor de seguridad.

(Mott R., 2006) “El término de diseño, N, es una medida de la seguridad relativa de una componente bajo la acción de una carga. En la mayor parte de los casos, la resistencia del material con que se fabricará el componente se divide entre el factor de diseño para determinar un esfuerzo de diseño σ_d , que a veces se llama esfuerzo admisible o esfuerzo permisible. Entonces, el esfuerzo real que se desarrolla en el componente debe ser menor que el esfuerzo de diseño. Para algunos tipos de carga, es más cómodo establecer una relación con la que se pueda calcular el factor de diseño, N, a partir de los esfuerzos reales aplicados y de la resistencia del material.

El diseñador debe determinar cual será un valor razonable del factor de diseño en determinado caso. Con frecuencia, el valor del factor de diseño o del esfuerzo de diseño está definido por códigos establecidos por organizaciones de normalización, como la Sociedad Estadounidense de Ingenieros.” (p. 84)

Tabla 9

Detalle para seleccionar el factor de seguridad

Factor de seguridad	Aplicación
1.25 – 2	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2 – 2.5	Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5 – 4	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4 – o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.
3 - 4	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
4 – 8	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo carga dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

Fuente: (Mott R., 2006)

Se escoge el factor de seguridad (ver tabla 9), de 2 para el diseño de los accesorios debido a que estos estarán expuestos a cargas estáticas, dinámicas y combinadas.

3.5 Diseño y función de los accesorios.

3.5.1 Estudio de materiales.

Acoplador.- El material seleccionado para este elemento es un acero de medio carbono aleado con molibdeno, cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad de los aceros, menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros aleados para maquinaria. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

Este acero combina alta resistencia mecánica con buena tenacidad. Las propiedades mecánicas se muestran a continuación (ver tabla 10):

Tabla 10

Propiedades del acero AISI 4340

Propiedad	Valor
Resistencia a la tracción	1227 - 1200 MPa
Límite de fluencia	689 - 1124 MPa
Elongación	Min 12%
Reducción del área	Min 45%
Resistencia al impacto	Aprox. 20 J
Dureza	270-330 HB (Dureza Brinell)

Fuente: (Bohman I., 2015)

Base principal y brida de montaje.- En la tabla 11 se detalla las propiedades mecánicas del Acero AISI 1020 para manufactura de la base principal y brida de montaje, estos son accesorios principales para que la

bomba este centrada y al calibrar bombas de inyección se realicen con eficacia y precisión.

Tabla 11

Propiedades del acero AISI 1020

Propiedad	Valor
Dureza	163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de fluencia	310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo máximo	565 MPa (81900 PSI)
Elongación	16% (en 50 mm)
Reducción de área	(40%)
Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad	57% (AISI 1212 = 100%)

Fuente: (Bohman I., 2015)

3.5.2 Material de manufactura - alternativas.

En la tabla 12 se resume los materiales de manufactura y otras alternativas.

Tabla 12

Material de manufactura - alternativas

Componente	Manufactura	Alternativas	Ventajas	Desventajas
Acoplador	Acero 4340	Aluminio T6	Menor peso	Costo
Brida de montaje	Acero 1020	Hierro fundido	Absorben vibraciones	Fragilidad
		Aluminio T6	Menor peso	Costo
Base principal	Acero 1020	Hierro fundido	Peso	Fragilidad

3.5.3 Acoplador.

La función de este elemento es el encargado de transmitir el torque que entrega el motor hacia la bomba de inyección, por lo tanto debe ser capaz de soportar dicho torque sin deformarse.

➤ **Cálculos**

Tomando en cuenta la función que desempeña el acoplador en el banco de pruebas en la unión del mandril con el eje impulsor de la bomba de inyección, el material seleccionado es el AISI 4340. Además se toma en cuenta un torque de 170N-m a 850 rpm.

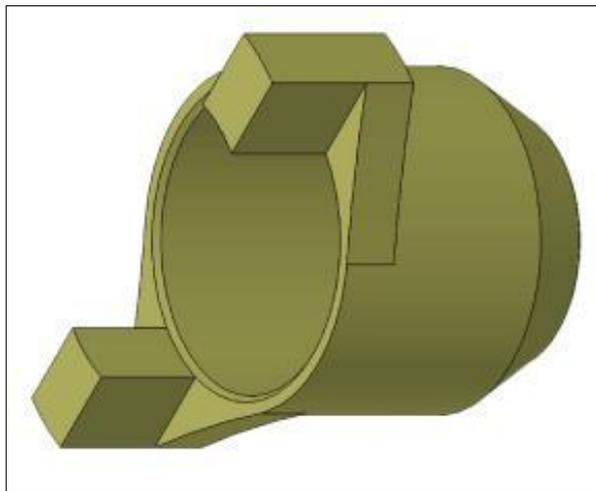


Figura 29 Acoplador

A continuación se aprecia el diagrama del acoplador, (ver figura 30):

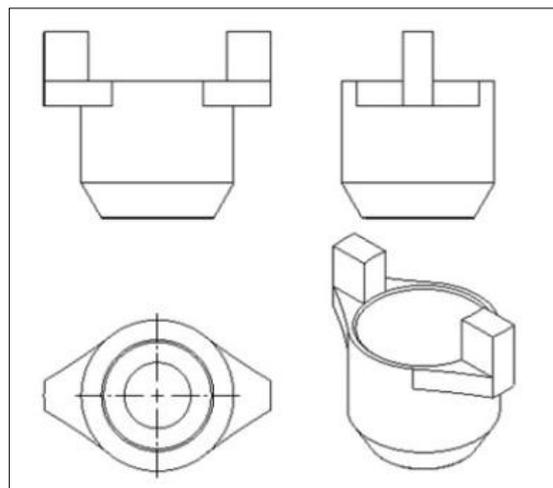


Figura 30 Vistas acoplador

A continuación el diagrama de cuerpo libre para el acoplador, (ver figura 31):

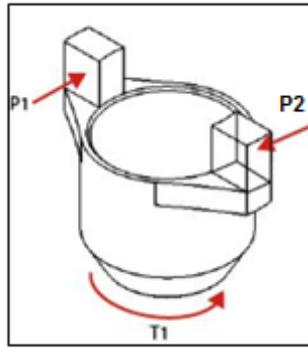


Figura 31 Cuerpo libre acoplador

Para efecto del cálculo de las cargas P1 y P2 se toma en cuenta el siguiente diámetro de aplicación de las cargas mencionadas sobre los dientes del acoplador, (ver figura 32).

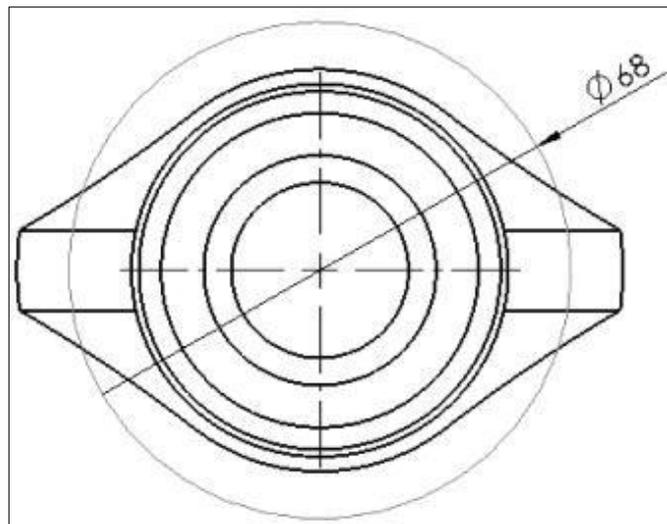


Figura 32 Diámetro de aplicación

De tal manera:

$$T = 170 \text{ N.m según catálogo de la bomba}$$

$$d = 68 \text{ mm}$$

$$d = \text{Diámetro de aplicación}$$

$$r = \frac{\frac{d}{2} \text{ mm}}{1000} \text{ N.m}$$

$$r = 0.34 * 10^{-1} m$$

$$T = P1 * r$$

$$P1 = 5000 N$$

$$P2 = -P1$$

Para el esfuerzo de corte presente en los dientes del acoplador, se tiene las propiedades de sección de la cara seleccionada, (ver figura 33).

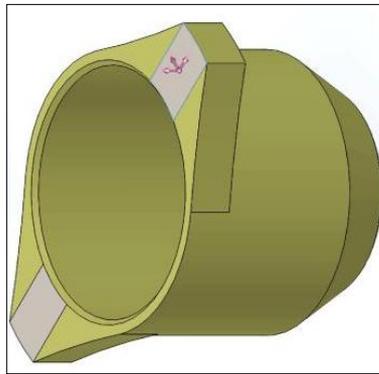


Figura 33 Propiedades de sección

$$\text{Área} = 171.33 \text{ mm}^2$$

El centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida: (milímetros).

$$X = 33.09$$

$$Y = 50.00$$

$$Z = 0.00$$

Los momentos de inercia, del área en el centro de gravedad: (mm^4).

$$L_{xx} = 1734.39$$

$$L_{xy} = 0.00$$

$$L_{xz} = 0.00$$

$$L_{yx} = 0.00$$

$$L_{yy} = 5202.06$$

$$L_{yz} = 0.00$$

$$L_{zx} = 0.00$$

$$L_{zy} = 0.00$$

$$L_{zz} = 3467.68$$

El segundo momento polar de inercia, del área, en el centro de gravedad
 $= 5202.06 \text{ mm}^4$

El ángulo entre ejes principales y ejes de pieza $= 90.00^\circ$

Los momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad:
 (mm^4)

$$L_x = 1734.39$$

$$L_y = 3467.68$$

Los momentos de inercia del área, en el sistema de coordenadas de salida:

$$L_{xx} = 430069.27$$

$$L_{xy} = 283456.25$$

$$L_{yx} = 283456.25$$

$$L_{yy} = 192782.97$$

$$L_{zx} = 0.00$$

$$L_{zy} = 0.00$$

$$A = \frac{171.33 \text{ mm}^2}{1 * 10^6} \text{ m}^2$$

$$A = 1.71 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Ecuación 10 Esfuerzo cortante directo

$$\tau = \frac{P1}{A}$$

$$\tau = \frac{5000 \text{ N}}{1.71 * 10^{-4} \text{ m}^2} \text{ Pa}$$

$$\tau = 29.18 \text{ MPa}$$

Es requerido evaluar el esfuerzo que se genera por efecto del torque aplicado, de tal manera se efectúa el cálculo en función al área más crítica sobre la cual actúa esta carga, (ver figura 34).

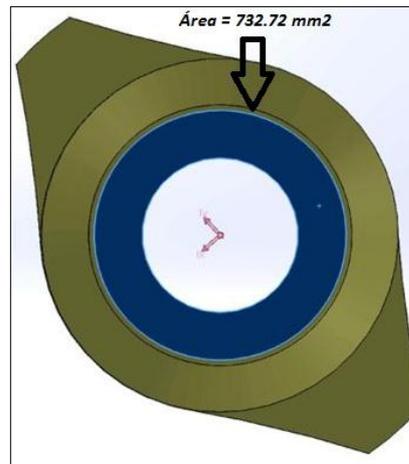


Figura 34 Área de torsión

Con la asistencia del software SolidWorks se obtiene el área de torsión la cual se detalla a continuación:

$$A_{\text{torsión}} = \frac{732.72 \text{ mm}^2}{1 * 10^6} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{torsión}} = 7.33 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Donde d es el diámetro, (ver figura 35).

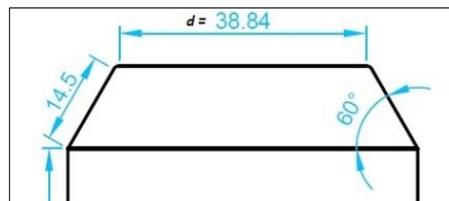


Figura 35 Diámetro de la cara frontal del acoplado

$$d = 38.84 \text{ mm} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 38.84 * 10^{-3} \text{ m};$$

$$c = \frac{d}{2} = \frac{38.84 * 10^{-3} \text{ m}}{2}$$

$$c = 19.42 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$J = \frac{\text{Pi} * d^4}{32} = \text{m}^4$$

$$J = 2.23 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

Ecuación 11 Esfuerzo cortante puro

$$\tau_1 = \frac{T * c}{J}$$

$$\tau_1 = 14.76 \text{ MPa}$$

Se toma el valor de esfuerzo más alto para determinar el factor de diseño según la teoría de la energía de la distorsión.

$$S_y = 20 \text{ MPa}$$

Ecuación 12 Factor de diseño

$$n = \frac{S_y}{\tau_1}$$

$$n = \frac{20 \text{ MPa}}{14.76 * \text{ MPa}}$$

$$n = 1.35$$

El valor n se determina como el factor de seguridad el cual está dentro del rango comprobado en el software.

➤ **Evaluación del cálculo – acoplador con ANSYS - simulación.**

Se procede a evaluar los resultados obtenidos:

Deformación total.- Se muestra el valor de la deformación máxima de $6.8 * 10^{-3} \text{ mm}$, que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas, (ver figura 36).

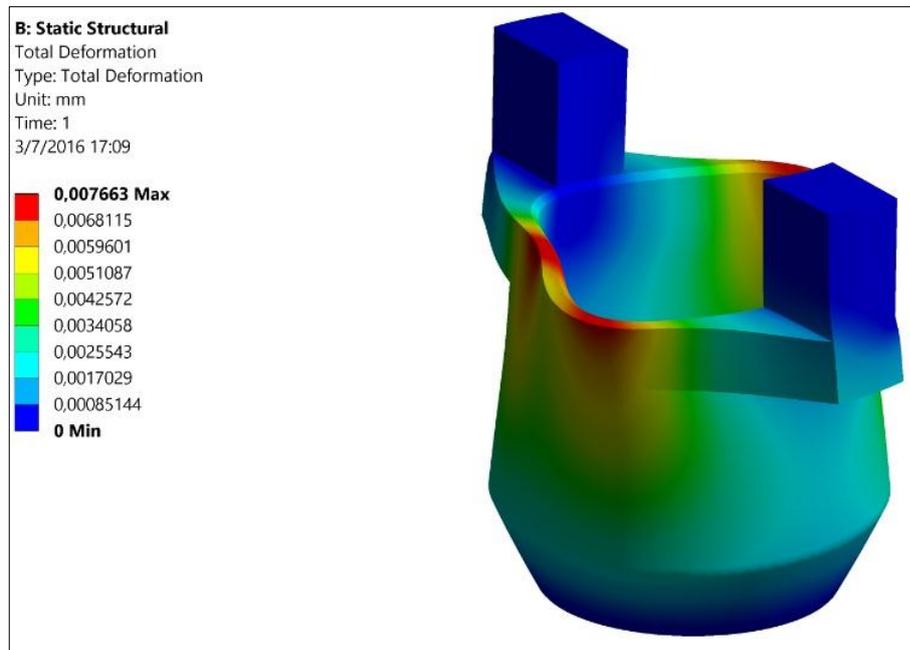


Figura 36 Deformación del acoplador

Esfuerzo de Von Mises.- La energía de deformación para este elemento según los resultados obtenidos para el acero AISI 4340 se determina el esfuerzo máximo de 102.44 MPa, (ver figura 37).

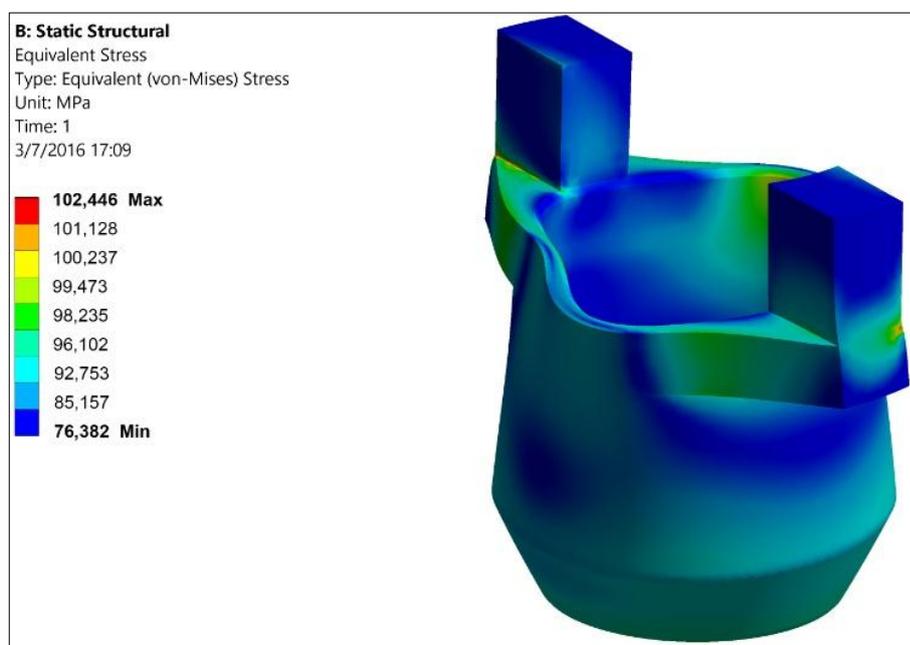


Figura 37 Esfuerzo de Von Mises en acoplador

Factor de diseño.- Permite visualizar el factor de diseño que significa la medida de la seguridad relativa de un elemento bajo la operación de una carga, (ver figura 38).

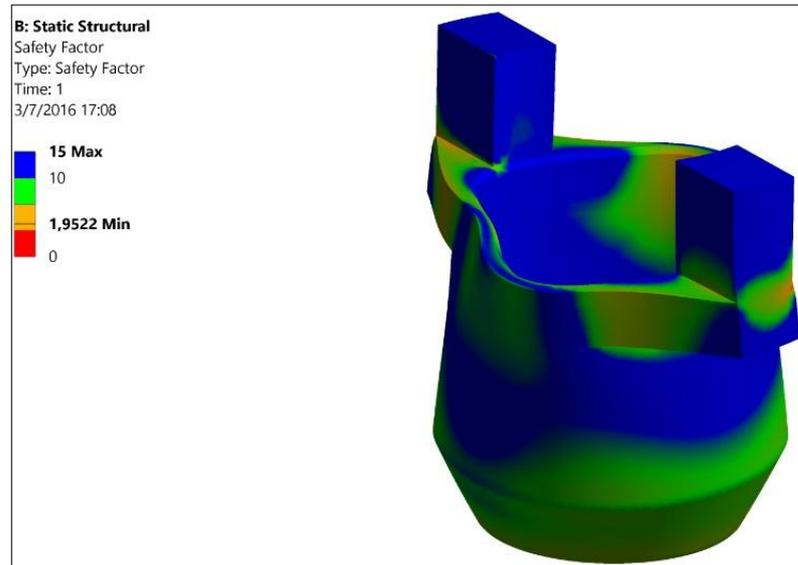


Figura 38 Factor de diseño del acoplador

Se finaliza el estudio con los resultados que nos permiten determinar que el acoplador no se deforma, y su factor de diseño cumple con la condición establecida con un valor de 1.9, el cual indica que el diseño es aceptable.

3.5.4 Base principal.

La función es mantener alineado y centrada el accionamiento principal de la bomba con el acoplador y el husillo del banco de pruebas EPS-815.

➤ Cálculos.

Se realiza un análisis de vibración puesto que el sistema debe reducir en lo posible para mantener frecuencias menores que puedan envolver al sistema en la resonancia, se seleccionó el material AISI 1020.

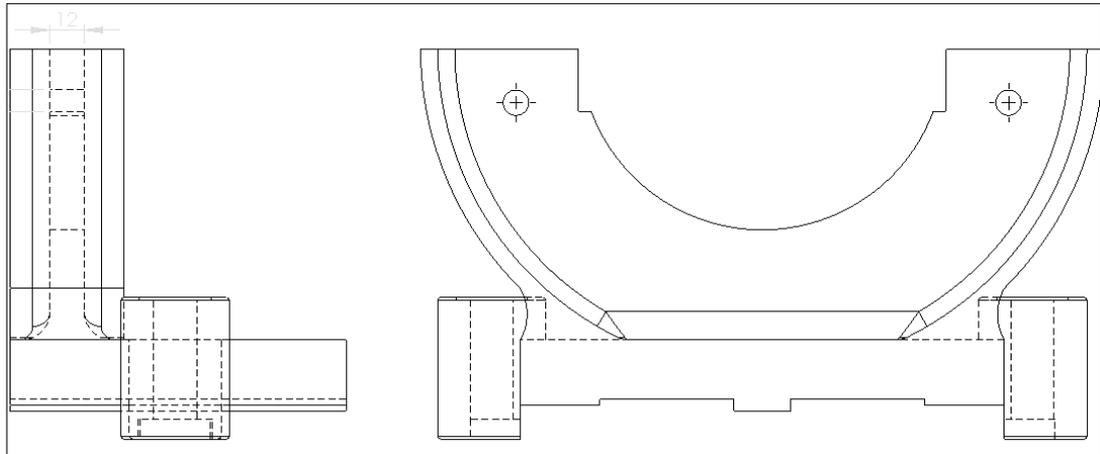


Figura 39 Base principal

El diagrama de cuerpo libre para la base principal se muestra en la figura 40:

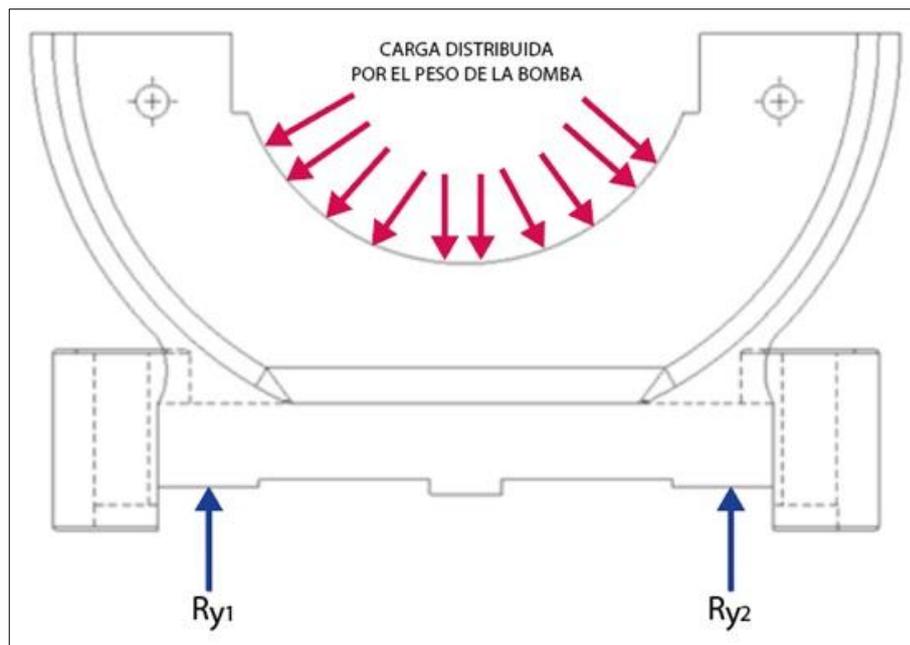


Figura 40 Carga distribuida

Donde:

$M_{\text{brida}} = \text{Masa de la brida}$

$$M_{\text{brida}} = \frac{2303.67\text{gr}}{1000} \text{Kg}$$

$$M_{\text{brida}} = 2.30 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{brida}} = \text{peso de la brida}$$

$$P_{\text{brida}} = M_{\text{brida}} \text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{brida}} = 22.57 \text{ N}$$

$$P_{\text{bomba}} = 294 \text{ N}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{brida}} + P_{\text{bomba}} \text{N}$$

$$P_{\text{total}} = 316.57 \text{ N}$$

$$P_1 = P_2 = \frac{P_{\text{total}}}{2} = \frac{316.57 \text{ N}}{2}$$

$$P_1 = P_2 = 158.28 \text{ N}$$

$$a = 120.20 \text{ mm}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$

$$A_t = \frac{a * b}{1 * 10^6} \text{m}^2$$

$$A_t = \frac{120.2 * 12}{1 * 10^6} \text{m}^2$$

$$A_t = 1.44 * 10^{-3} \text{m}^2$$

A continuación se procede al cálculo del esfuerzo de apoyo:

Ecuación 13 Esfuerzo normal

$$\sigma_y = \sigma_1 = \frac{P_1}{A_t}$$

$$\sigma_y = \sigma_1 = \frac{158.28 \text{ N}}{1.44 * 10^{-3} \text{m}^2}$$

$$\sigma_y = \sigma_1 = 0.11 \text{ MPa}$$

Por ser el esfuerzo predominante, se lo considera como el esfuerzo principal, así se aplica la teoría de Von Mises:

$$S_y = \text{Esfuerzo de fluencia del acero}$$

Ecuación 14 Factor de diseño

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1}$$

$$n = 1.82$$

Se evalúa también a corte los apoyos de la base principal, mediante la siguiente sección, (ver figura 41).

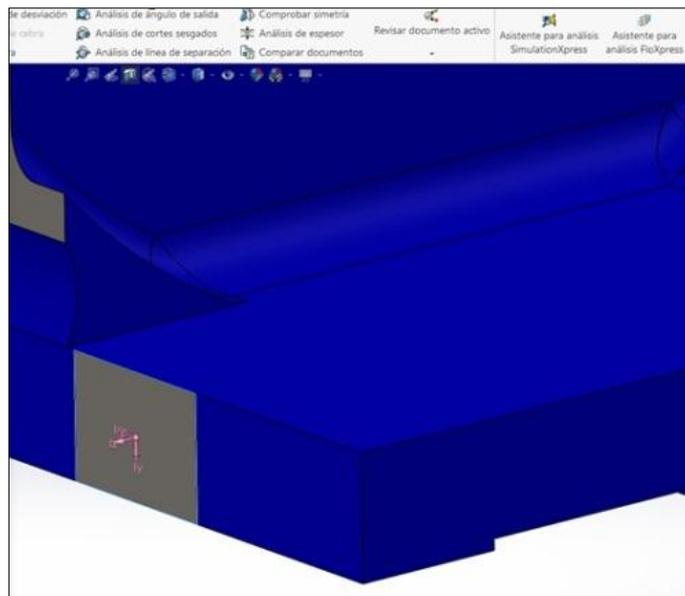


Figura 41 Propiedades de sección

Las propiedades de sección de la cara seleccionada de la base son:

$$\text{Área} = 743.15 \text{ mm}^2$$

El centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida: (mm).

$$X = 85.00$$

$$Y = -114.50$$

$$Z = -38.00$$

Los momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad: (mm^4).

$$\begin{array}{lll} L_{xx} = 97414.94 & L_{xy} = 0.00 & L_{xz} = 0.00 \\ L_{yx} = 0.00 & L_{yy} = 64654.29 & L_{yz} = 0.00 \\ L_{zx} = 0.00 & L_{zy} = 0.00 & L_{zz} = 32760.65 \end{array}$$

El momento polar de inercia del área, en el centro de gravedad = 97414.94 mm^4

Los momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad: (mm^4)

$$L_x = 32760.65$$

$$L_y = 64654.29$$

De tal manera que:

$$A_{\text{corte}} = \frac{743.35mm^2}{1 * 10^7} m^2$$

$$A_{\text{corte}} = 7.40 * 10^{-5} m^2$$

Ecuación 15 Esfuerzo cortante directo

$$\tau_{yz} = \frac{P_1}{A_{\text{corte}}}$$

$$\tau_{yz} = 2.13 \text{ MPa}$$

Ecuación 16 Factor de diseño

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{yz}}$$

$$n = 4.69$$

➤ **Evaluación del cálculo- base principal con ANSYS - simulación.**

A continuación, la base debe ser sometida a situaciones de esfuerzos y cargas a las que está establecido el análisis de requerimientos.

Esfuerzo de Von Mises.- La energía de deformación para este elemento según los resultados obtenidos para el acero AISI 1020 se determina el esfuerzo máximo de 114.94 MPa, (ver figura 42).

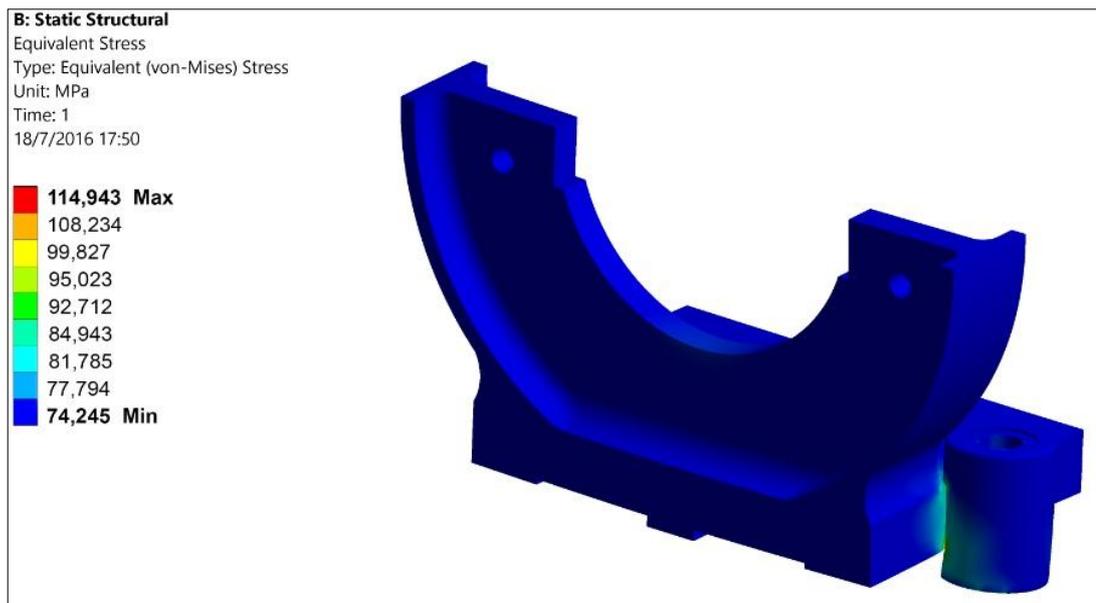


Figura 42 Esfuerzo de Von Mises en base principal

Deformación total.- Se muestra el valor de la deformación máxima de $1.69 * 10^{-3}$ mm que presenta el miembro estructural bajo la situación de cargas establecidas, (ver figura 43).

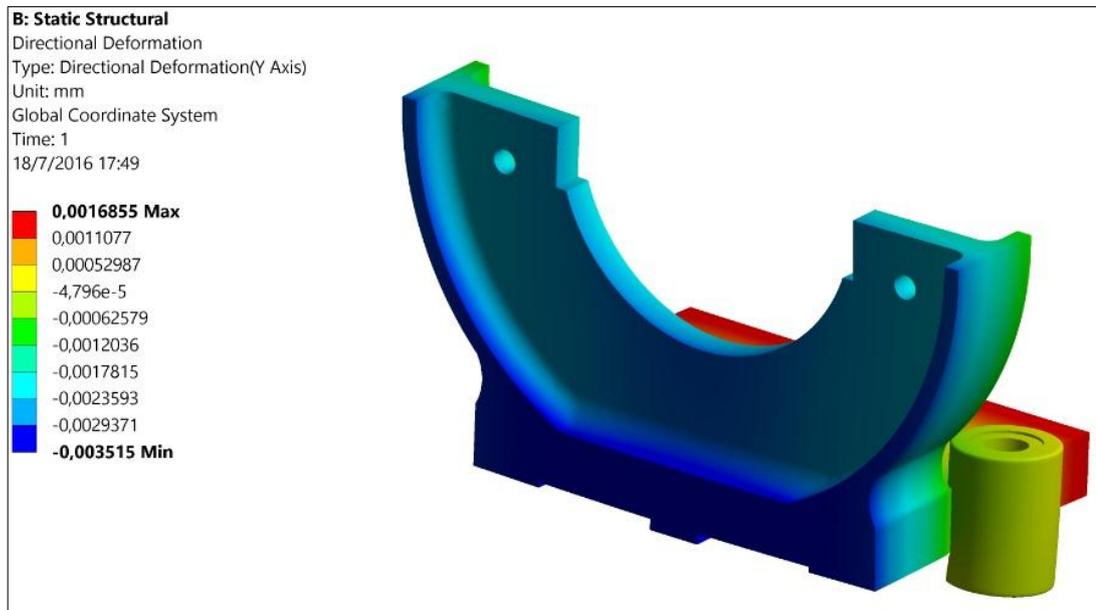


Figura 43 Deformación de base principal

Factor de diseño.- Permite visualizar el factor de diseño que representa la medida de seguridad relativa de un elemento bajo la operación de una carga.

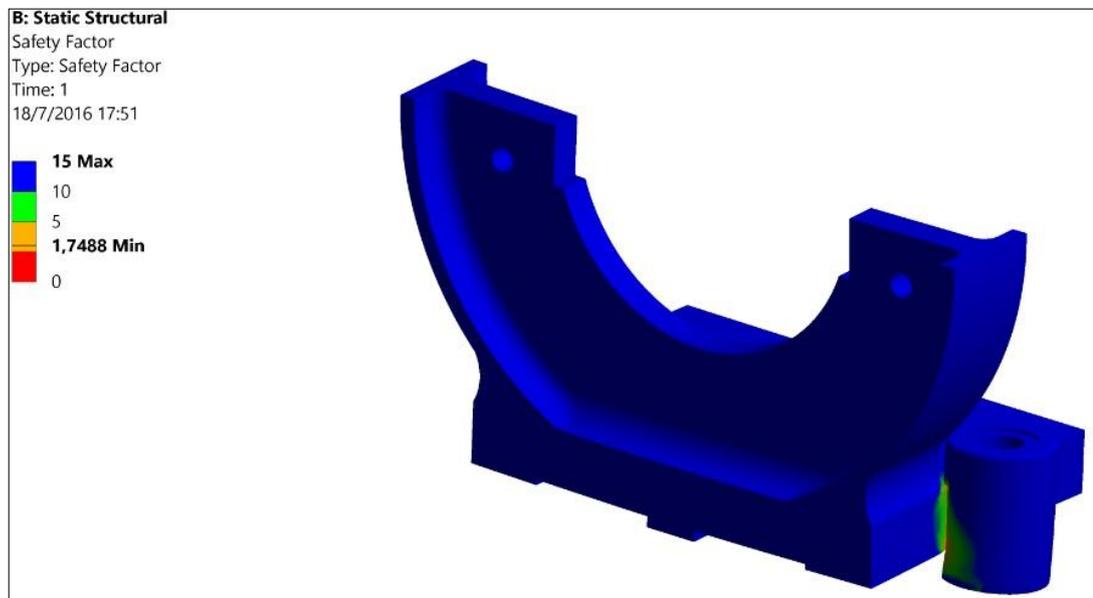


Figura 44 Factor de diseño de base principal

Al concluir con el estudio, se establece que la base principal bajo la acción de cargas no se deforma, y su factor de diseño cumple con la condición establecida de un valor de 1.7, el cual indica que el diseño es aceptable, (ver figura 44).

3.5.5 Brida de montaje.

La función de este elemento el cual va instalado entre el acoplador y la bomba es el encargado de mantener sellado el matrimonio, así como el de permitir cierto grado de desalineación entre el eje de motor y la bomba, por lo tanto debe ser capaz de soportar el torque que transmite el motor de impulsión.

➤ Cálculos.

En la figura 45, se muestra un bosquejo indicando las áreas de sujeción.

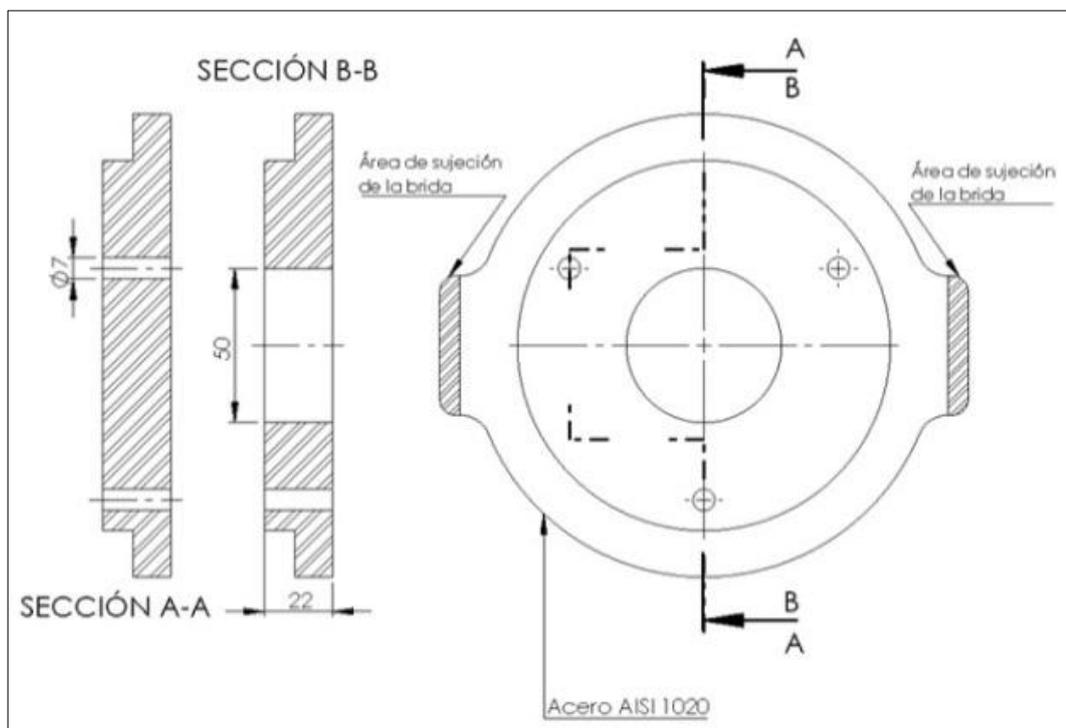


Figura 45 Brida de montaje

A continuación se presenta el esquema de cuerpo libre de la brida de montaje, (ver figura 46).

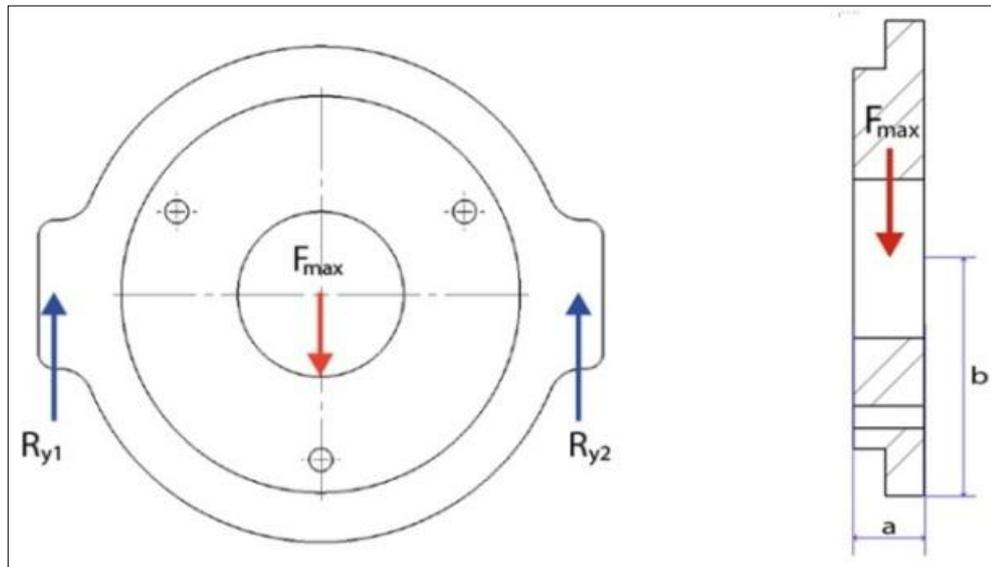


Figura 46 Esquema de cuerpo libre

Se considera esfuerzo de corte en la sujeción de la brida y un esfuerzo de apoyo en el habitáculo del eje de la bomba es decir en el orificio central de la brida, (ver figura 47).

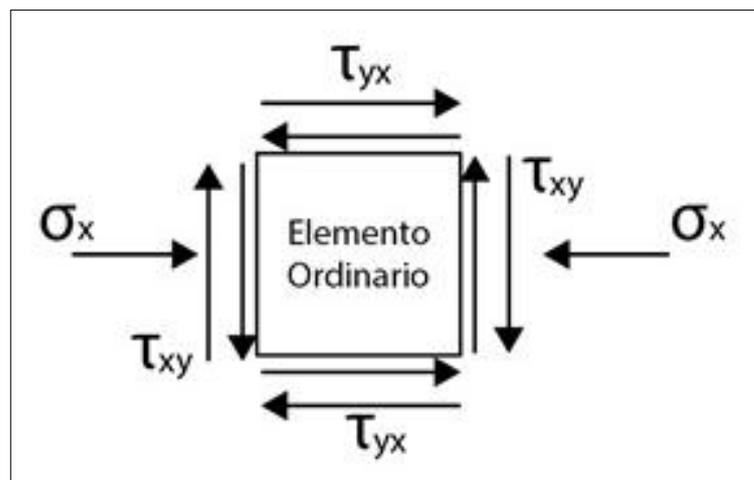


Figura 47 Esfuerzos en la brida de montaje

$$a = 22 \text{ mm}$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

$$A = \frac{a * b}{1 * 10^6} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{22 * 25}{1 * 10^6} \text{ m}^2$$

$$A = 0.55 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

Donde:

a = profundidad de la brida

b = radio de la brida

A = área

$$P_{\text{total}} = 30 \text{ Kg}$$

P_{total} = masa para cálculo de la carga total aplicada

$$P_1 = P_{\text{total}} \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot N$$

$$P_1 = 30 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot N$$

$$P_1 = 294 \text{ N}$$

Ecuación 17 Esfuerzo normal

$$\sigma_x = \frac{P_1}{A}$$

$$\sigma_x = 534545.45 \text{ Pa}$$

$$R_{y1} + R_{y2} = P_1$$

$$R_{y1} = R_{y2} = 147$$

El área para el cálculo del esfuerzo de corte se determina el área con asistencia del software SolidWorks, (ver figura 48).

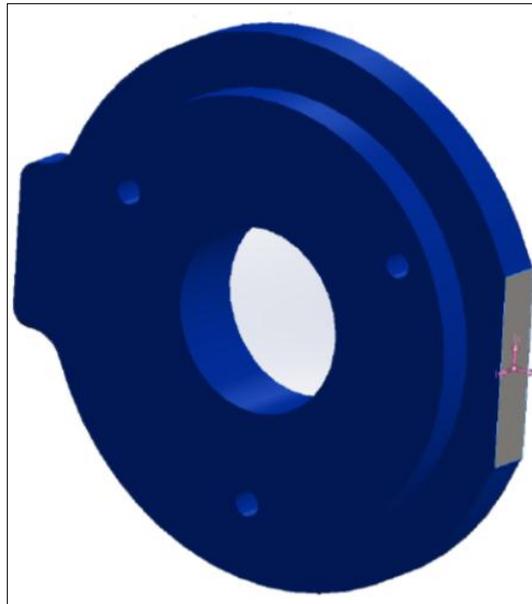


Figura 48 Propiedades de sección

Las propiedades de sección de la cara seleccionada de la base son:

$$\text{Área} = 622.39 \text{ mm}^2$$

El centro de gravedad con relación al origen del sistema de coordenadas de salida: (mm).

$$X = 71.00$$

$$Y = 0.00$$

$$Z = 0.00$$

Los momentos de inercia, del área, en el centro de gravedad: (mm^4).

$$L_{xx} = 146990.07$$

$$L_{xy} = 0.00$$

$$L_{xz} = 0.00$$

$$L_{yx} = 0.00$$

$$L_{yy} = 7468.66$$

$$L_{yz} = 0.00$$

$$L_{zx} = 0.00$$

$$L_{zy} = 0.00$$

$$L_{zz} = 139521.40$$

El momento polar de inercia del área, en el centro de gravedad = 146990.07 mm^4

Los momentos principales de inercia, del área, en el centro de gravedad:
(mm^4)

$$L_x = 7468.66$$

$$L_y = 139521.40$$

$$R_{y2} = 147 \text{ reacción aplicada}$$

$$A_1 = \frac{622.39}{1 * 10^6} m^2 \text{ Área de la oreja de la brida}$$

$$A_1 = 62.24 * 10^{-5} m^2$$

Ecuación 18 Esfuerzo de corte máximo

$$\tau_{xy} = \frac{R_{y2}}{A_1}$$

$$\tau_{xy} = \frac{147 N}{62.24 * 10^{-5} m^2}$$

$$\tau_{xy} = 236186.31 Pa$$

Ecuación 19 Esfuerzo principal máximo

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{534545.45}{2} + \sqrt{\left(\frac{534545.45}{2}\right)^2 + (236186.31)^2}$$

$$\sigma_1 = 623950.01 Pa$$

Ecuación 20 Esfuerzo principal mínimo

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{534545.45}{2} - \sqrt{\left(\frac{534545.45}{2}\right)^2 + (236186.31)^2}$$

$$\sigma_3 = -89404.55 \text{ Pa}$$

El esfuerzo efectivo de Von Mises es:

Ecuación 21 Esfuerzo de Von mises

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{(623950.01)^2 - (623950.01)(-89404.55) + (-89404.55)^2}$$

$$\sigma_{VM} = 673120.17 \text{ Pa}$$

Ecuación 22 Factor de diseño

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{VM}}$$

$$n = 2.97$$

➤ **Evaluación del cálculo – brida de montaje con ANSYS – simulación.**

Se procede a efectuar el cálculo computacional para evaluar los resultados obtenidos:

Deformación total.- Se muestra el valor de la deformación máxima de $6.70 * 10^{-8}$ mm que presenta la de brida montaje bajo la situación de cargas establecidas, (ver figura 49).

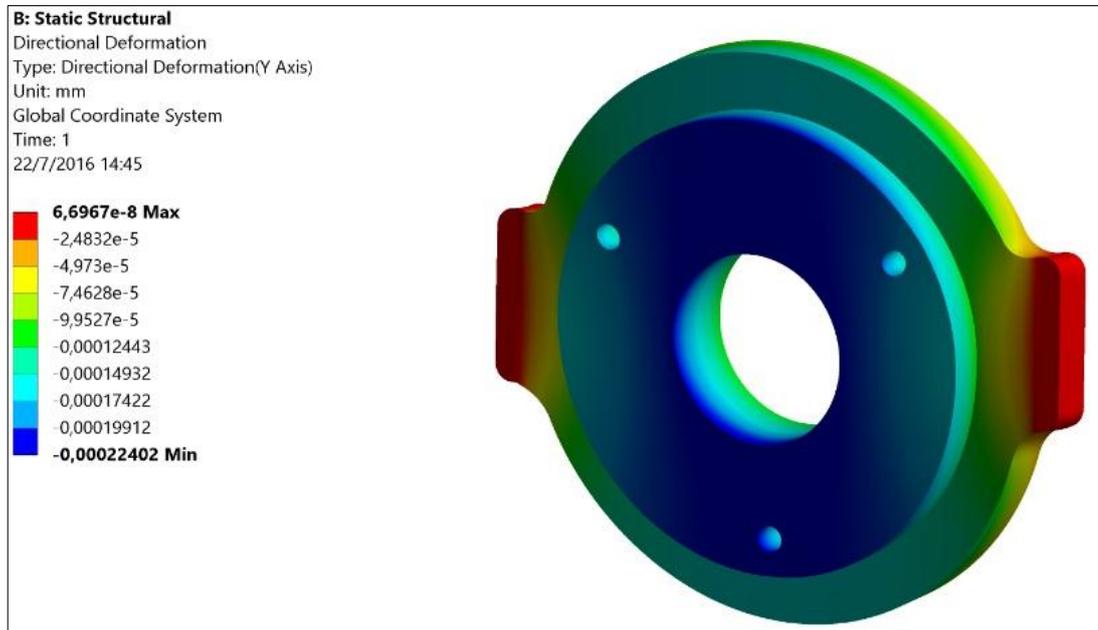


Figura 49 Deformación total de la brida de montaje

Esfuerzo de Von Mises.- La energía de deformación para este componente según los resultados obtenidos para el acero AISI 1020, se determina el esfuerzo máximo de 3,77 MPa, (ver figura 50).

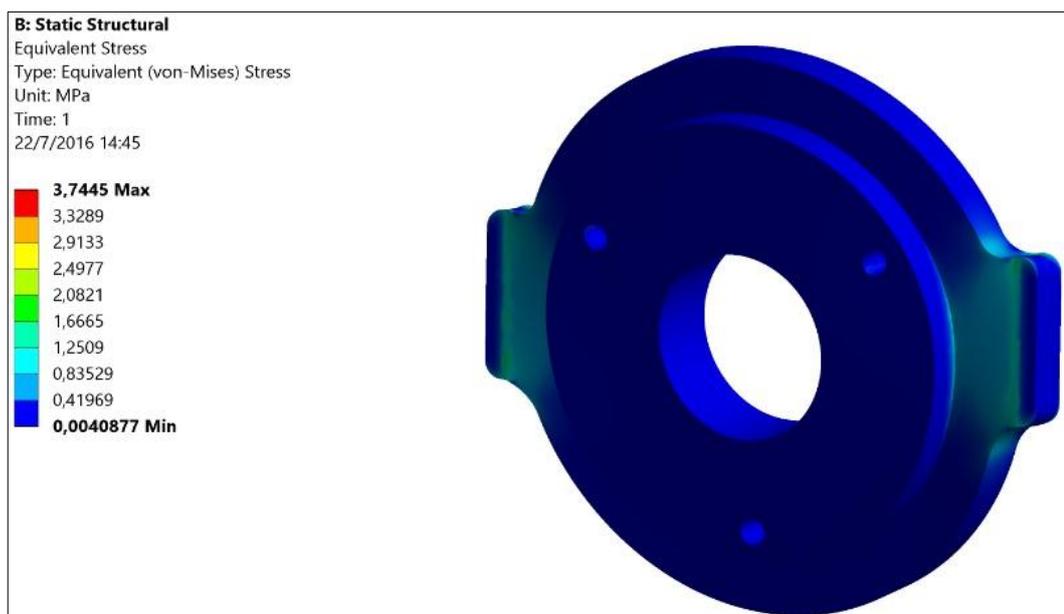


Figura 50 Esfuerzo de Von Mises en la brida de montaje

Factor de diseño.- Permite visualizar el factor de diseño que representa la medida de seguridad efectiva de un elemento bajo la operación de una carga.

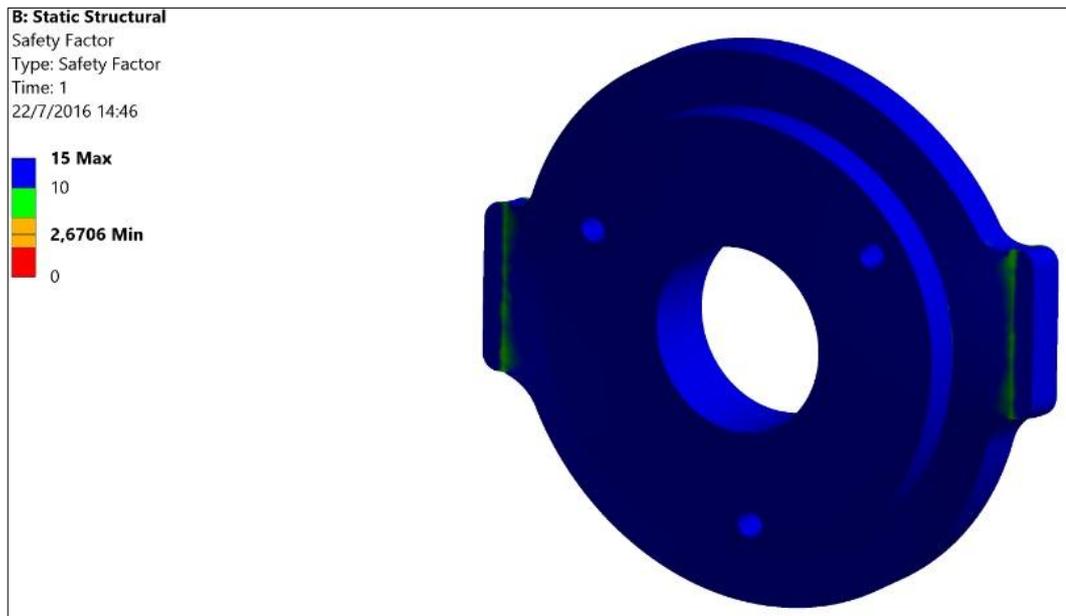


Figura 51 Factor de diseño de la brida de montaje

Bajo estos resultados, se establece que la brida de montaje no se deforma, bajo la acción de las cargas, y su factor de diseño satisface la condición establecida que es un valor de 2.7, que indica que este diseño es aceptable para su construcción, (ver figura 51).

3.6 Selección mangueras hidráulicas.

Normalmente, una manguera de goma está constituida por un tubo interior de goma sintética extruido, cuyo único objetivo es mantener en la manguera el fluido transportado.



Figura 52 Especificaciones técnicas

Seleccione las mangueras hidráulicas para alimentación y retorno por tabla según la norma SAE de fabricación, un aspecto fundamental es la máxima presión de la bomba del banco de 600 MPa.

$$600 \text{ MPa} = 60 \text{ Bar} * \left(\frac{14.5 \text{ Psi}}{1 \text{ Bar}} \right) = 870 \text{ Psi}$$

Con esta presión de 60 Bar = 870 Psi escoja la medida número 16, de 1 pulgada de diámetro interior; pero seleccione la número 8 porque es más versátil, en conclusión la SAE 100R1AT - 1/2", (ver ANEXO C).

3.7 Selección cañerías de alta presión.

Su función es conducir el aceite de ensayo desde la bomba hacia los porta-inyectores para ello las formas se ajustan según las especificaciones del fabricante.



Figura 53 Cañería de alta presión

Según las tablas de calibración para equipos de inyección diésel al realizar los ajustes de la bomba inyectora es fundamental seleccionar las cañerías correctas y de la misma longitud ya que llegaría a unos inyectores más rápido que a otros y el comienzo de la inyección sería diferente, las características de las cañerías se detallan a continuación, (ver tabla 13):

Tabla 13

Condiciones de ajuste equipos BOSCH

Diámetro interior (mm)	Diámetro exterior (mm)	Longitud (mm)	Rosca Bomba	Rosca Inyector
2	6	600	M12 x 1.5	M14 x 1.5

Fuente: (Bosch R., 2010)

3.8 Proceso de manufactura.

- Detalle de forma resumida el proceso de manufactura del acoplador, (ver tabla 14).

Tabla 14

Manufactura acoplador



**Procedimiento y
Herramientas Manuales**

Seleccione un eje solido de 20 cm. largo por 10cm. de diámetro de material acero AISI/SAE 4340.

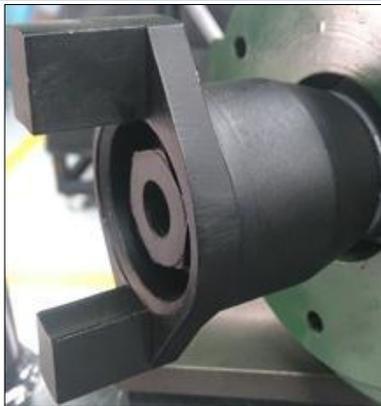
- Sierra.
- Escuadra.
- Rayador.
- Calibrador (pie de rey)

CONTINÚA →



Máquinas Herramientas

- Taladro.
- Torno.
- Fresadora.
- Cepilladora.



- Pieza terminada

- Detalle de forma resumida el proceso de manufactura de la base principal, (ver tabla 15).

Tabla 15

Manufactura base principal



Procedimiento y Herramientas Manuales

Utilice placas de $\frac{1}{4}$ in, $\frac{1}{2}$ in, 1 in, y ángulo $\frac{3}{4}$ x 2 in. Luego corte las medidas proporcionadas.

- Escuadra.
- Sierra.
- Calibrador (pie de rey).
- Machuelo M10x1.50.

CONTINÚA →

	Máquinas Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Taladro. ➤ Torno. ➤ Fresadora. ➤ Cepilladora.
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pieza terminada

- Detalle de forma resumida el proceso de manufactura de la base principal, (ver tabla 16).

Tabla 16

Manufactura brida de montaje

	Procedimiento y Herramientas Manuales	Corte una placa de 170 mm de diámetro de material AISI 1020 con oxiacetilénica.
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calibrador (pie de rey) ➤ Machuelo M8 x 1.50

CONTINÚA →



Máquinas
Herramientas

- Taladro.
- Torno.
- Fresadora.
- Cepilladora.

➤ Pieza terminada

- Detalla de forma resumida el proceso de manufactura de las mangueras hidráulicas, (ver tabla 17)

Tabla 17

Manufactura mangueras hidráulicas



Procedimiento y Herramientas Manuales



Seleccione dos mangueras hidráulicas de longitud 1000 mm y 1100 mm, SAE100 R1AT8 1/2" WP160BAR/ 2320 PSI.

Acoples de 1/2 tipo CAT giratorios con rosca paso 1.50 en cada extremo.

Acople tipo ojo (18mm y 12 mm) con rosca paso 1.50 instale en los acoples tipos CAT.

Neplos de paso de fluido (18mm y 12 mm) instale en los acoples tipo ojo.

Arandelas de ajuste (12mm y 18mm)

- Flexo metro
- Sierra
- Calibrador (pie de rey)



Máquinas y Herramientas



Prensa Hidráulica
Suelda Autógena (varillas de cobre y fundentes de Boras)



- Producto terminado

CAPÍTULO IV

4. CALIBRACIÓN DE LA BOMBA ROTATIVA TIPO VE EN EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815

4.1 Servicio e indicaciones generales.

Para el desmontaje y montaje de la bomba de inyección rotativa tipo VE tome en cuenta los siguientes parámetros:

- Las piezas se deben lavar con diésel o aceite de ensayo ISO 4113.
- Sustituir los elementos, juntas y los cojinetes del eje de accionamiento.
- Cubrir y proteger contra la corrosión las piezas de la bomba de inyección rotativa tipo VE que serán almacenadas durante largos períodos.
- Tener en cuenta las partes de la bomba de inyección rotativa.
- El lugar de trabajo y el soporte de la bomba debe estar inmaculadamente limpio y debe tener muchísimo cuidado durante el desmontaje.
- Antes del desmontaje, efectuar una inspección preliminar (sobre las características de suministro) para que determine el grado de fallas de la bomba. Esto sirve para descubrir la causa de los problemas de la bomba a través de la comparación de las mediciones de ajuste antes y después del desmontaje.
- Comprobar cuidadosamente para ver su condición de acoplamiento, deformación, daños, golpes, desgaste, etc.
- Ordenar las piezas para facilitar su montaje subsecuente. En particular, separar las partes de reemplazo a ser reutilizadas.
- Observar el despiece de la bomba de inyección rotativa tipo VE marca Bosch VE4/12F1300R630-3 e identificar las piezas de desgaste, repuestos y las piezas en las que no exista repuesto, (ver tabla 18).

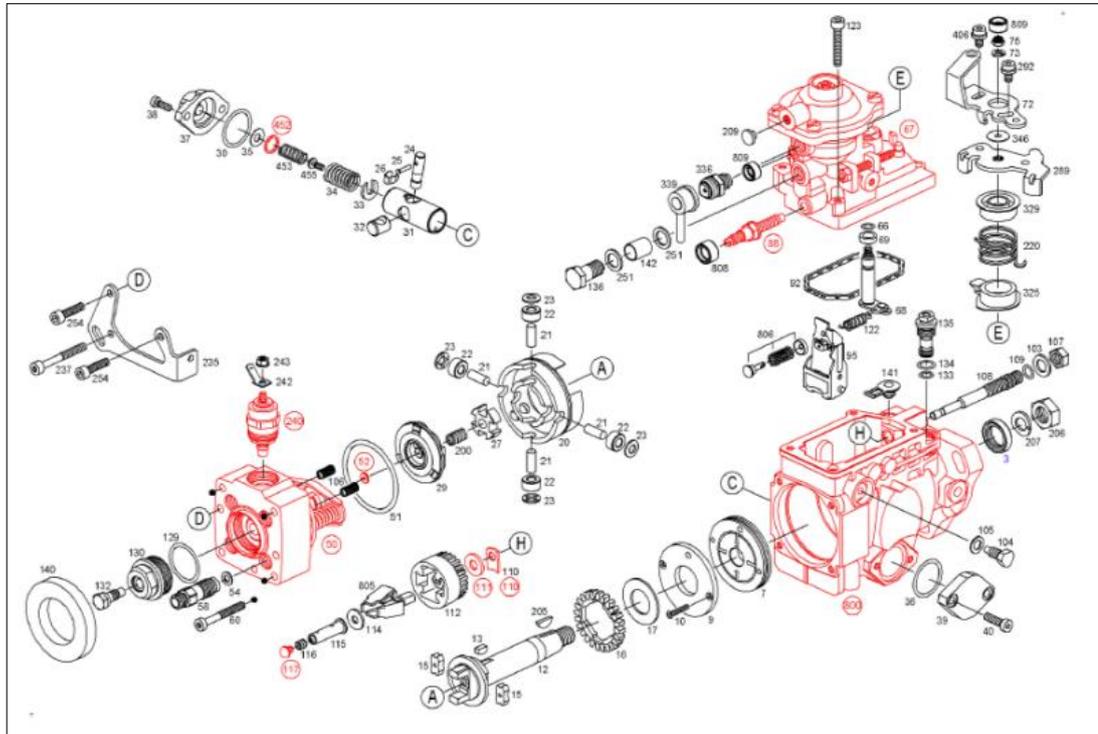


Figura 54 Despiece bomba rotativa 0 460 424 210

Fuente: (R. Bosch Corporation, 2016)

Tabla 18

Partes de la bomba de inyección rotativa tipo VE

ÍTEM	INFORMACIÓN	DENOMINACIÓN
3	A	RETÉN PARA ARBOLES
7	B	BOMBA DE ALIMENTACIÓN
9	B	ANILLO DE APOYO
10	B	TORNILLO TORX AVELLANADO
12	B	ÁRBOL DE ACCIONAMIENTO
13	B	CHAVETA DE DISCO
15	A	TOPE
16	B	RUEDA DE ENGRANAJE
17	B	ARANDELA DESLIZANTE
20	B	ANILLO DE RODILLOS
21	B	PERNO DE COJINETE
22	B	RODILLO
23	B	ARANDELA DE FRICCIÓN
24	B	BULÓN REGULADOR

CONTINÚA →

24	B	BULÓN REGULADOR
25	B	PASADOR DE SUJECIÓN
26	B	ESTRIBO DE SUJECIÓN
27	B	ARANDELA EN CRUZ
29	A	DISCO DE LEVAS
30	A	ANILLO DE JUNTA
31	B	ÉMBOLO VARIADOR DE AVANCE
32	B	PIEZA DESLIZANTE
32	B	PIEZA DESLIZANTE
33	B	ARANDELA DE AJUSTE
34	A	MUELLE DE COMPRESIÓN
35	B	ARANDELA
36	A	ANILLO DE JUNTA
37	B	TAPA DE CIERRE
38	B	TORNILLO CILÍNDRICO TORX
39	B	PLACA DE CUBIERTA
39	B	PLACA DE CUBIERTA
40	B	TORNILLO CILÍNDRICO TORX
50	A	CABEZA HIDRÁULICA
51	A	ANILLO TOROIDAL
52	Z	SURTIDO DE PIEZAS ARANDELA DE AJUSTE
54	A	JUNTA
58	B	RACOR DE EMPALME
60	B	TORNILLO CILÍNDRICO TORX
66	A	ANILLO TOROIDAL
67	B	TOPE PRESIÓN SOBREALIMENTACIÓN
68	B	EJE DE PALANCA DE MANDO
69	B	ANILLO DISTANCIADOR
72	B	PALANCA DE MANDO
73	B	ARANDELA GROVER, DIN 128 – A6 – FST
75	B	TUERCA HEXAGONAL
88	Z	TORNILLO DE REGULACIÓN
92	A	JUNTA
95	B	PALANCA DE REGULACIÓN
95	B	PALANCA DE REGULACIÓN
103	B	ARANDELA, DIN 433 – 10,5-160 HV

CONTINÚA →

104	B	TORNILLO CON PIVOTE
105	A	JUNTA
106	A	MUELLE DE COMPRESIÓN
107	B	TUERCA HEXAGONAL
108	B	EJE DE REGULADOR
109	A	ANILLO TOROIDAL
110	Z	SURTIDO DE PIEZAS PLACA DE COMPENSACIÓN
110	B	PLACA DE COMPENSACIÓN, 0,95 MM
111	Z	SURTIDO DE PIEZAS ARANDELA DE APOYO
112	B	CONJUNTO MASAS ROTANTES
114	B	ARANDELA DE AJUSTE
114	B	ARANDELA DE AJUSTE
115	B	MANGUITO DE REGULADOR
116	B	CAPERUZA DE ESTANQUEIDAD
117	B	SURTIDO DE PIEZAS TAPÓN
122	A	MUELLE DE TRACCIÓN
123	B	TORNILLO HEXAG. INTERIOR, ISO 4762 – M6X35-8.8
129	A	ANILLO TOROIDAL
130	B	TAPÓN ROSCADO
132	B	TORNILLO DE PURGA DE AIRE
133	A	ANILLO TOROIDAL
134	A	ANILLO TOROIDAL
135	B	VÁLVULA REGULADORA
136	A	TORNILLO HUECO
140	B	CAPERUZA PROTECTORA
141	B	CAPERUZA PROTECTORA
142	B	VAINA PROTECTORA
200	A	MUELLE DE COMPRESIÓN
205	B	CHAVETA DE DISCO
206	B	TUERCA HEXAGONAL, DIN 934-M14X1,5-8-A
207	B	ARANDELA GROVER
207	B	ARANDELA GROVER, DIN 128-A14-FST
209	B	CAPERUZA PROTECTORA

CONTINÚA →

209	B	CAPERUZA PROTECTORA
220	A	MUELLE CON PATAS
235	B	ESCUADRA DE SOPORTE
237	B	TORNILLO CILÍNDRICO TORX
240	B	ELECTROIMÁN DE TRACCIÓN
242	B	CLAVIJA APLANADA
243	B	TUERCA CON COLLAR
251	A	JUNTA PLANA
254	B	TORNILLO HEXAG. INTERIOR, ISO 4762-M6X25-8.8
289	B	PALANCA DE MANIOBRA
289	B	PALANCA DE MANIOBRA
292	B	TORNILLO CON ARANDELA
325	B	PLATILLO DE MUELLE
329	B	PLATILLO DE MUELLE
336	B	UNIÓN PURGADORA
339	B	CAPERUZA PROTECTORA
346	B	ARANDELA
406	B	TORNILLO CON ARANDELA
452	Z	SURTIDO DE PIEZAS ARANDELA DE AJUSTE
453	B	MUELLE DE COMPRESIÓN
455	A	CORREDERA DE REGULACIÓN
800	A	CONJUNTO PIEZAS RECAMBIO
800	A	CONJUNTO PIEZAS RECAMBIO CUERPO DE BOMBA
805	B	JUEGO DE PIEZAS PESO CENTRIFUGO
806	B	JUEGO DE PIEZAS PASADOR DE SUJECIÓN
808	B	CÁPSULA PRECINTADORA, ROJO
809	B	CÁPSULA PRECINTADORA, ROJO

Fuente: (R. Bosch Corporation, 2016)

4.2 Precauciones.

- Antes de efectuar el servicio de la bomba, preparar las herramientas de

servicio especiales necesarias, así como las herramientas básicas para tenerlas a mano.

- No sustituir ninguna herramienta de servicios especiales por otras herramientas en trabajos que requieran el uso de las mismas.
- No transportar la bomba sujetando su palanca de ajuste, ya que puede dañar otras partes.
- Tener cuidado al colocar la bomba en el banco de pruebas, no la golpee; cualquier deformación de la envoltura de la bomba causará mal funcionamiento del variador de tiempo.

4.3 Herramientas de servicio especiales.

A continuación se indica las herramientas de servicio especiales y accesorios del banco de prueba que necesita para el desmontaje y montaje.

a. Llave tubular de tapón de culata.

Se usa para extraer el tapón de la cabeza de distribución.

b. Llave de caja de soporte del regulador.

Se usa para extraer (o montar) el perno de soporte del enlace del regulador.

c. Llave tubular de válvula reguladora.

Se usa para extraer la válvula reguladora.

d. Soporte de la bomba de alimentación.

Se usa para extraer (o montar) la bomba de alimentación entera.

4.4 Procedimiento de desarmado.

Para desarmar la bomba de inyección se debe lavar todo el exterior de la misma para quitar los residuos de lodo y demás impurezas, luego pulverizar con aire comprimido para quitar el exceso de diésel de la bomba. Drenar todo el combustible de la bomba extrayendo el tornillo de rebose.

➤ **Montaje de la bomba en el dispositivo de sujeción**

Montar la bomba de inyección rotativa tipo VE sobre la brida de montaje (1), para que no afectar la carcasa de la bomba durante el proceso de desarmado, (ver figura 55).



Figura 55 Montaje de la bomba en el dispositivo de sujeción

➤ **Palanca de ajuste.**

Utilizar la llave de 10mm para aflojar la tuerca del eje de control (1), (ver figura 56) y retirar la palanca de ajuste (2).

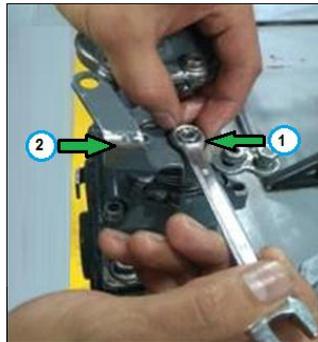


Figura 56 Desmontaje de la palanca de ajuste

➤ **Tornillo de ajuste de carga completa y tapa del gobernador.**

Usar la llave 13mm para aflojar la contratuerca y retirar el tornillo de ajuste de carga completa (1), y con un hexágono 5mm retire los tornillos que sujetan la tapa del gobernador (2), (ver figura 57).

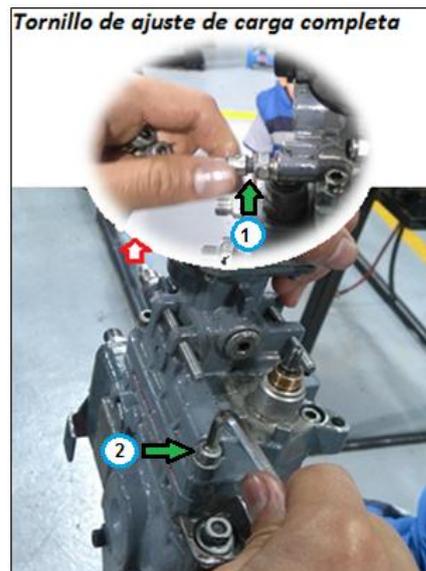


Figura 57 Tapa del gobernador

➤ **Eje de control.**

Desmontar el eje de control con sus respectivos resortes, observar como retirar el resorte de retorno y su instalación correcta (1), antes de la extracción, (ver figura 58).



Figura 58 Desmontaje del eje de control

➤ **Eje regulador.**

Con la llave 14mm aflojar la contratuerca del eje regulador (1), (ver figura 59).

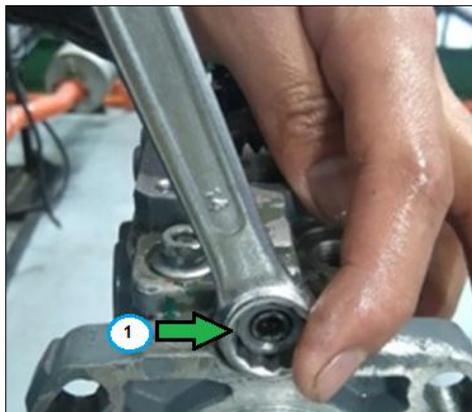


Figura 59 Desmontaje del eje regulador

Para aflojar la contratuerca depende del giro de la bomba, (ver tabla 19).

Tabla 19

Sentido de giro contratuercas

Giro de la bomba vista desde el lado de impulsión	Contratuerca y eje del regulador
CW (hacia la derecha)	Tornillo con rosca hacia la izquierda
CCW (hacia la izquierda)	Tornillo con rosca hacia la derecha

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

Utilizar un hexágono 5mm para desmontar el eje y el conjunto de contrapesas, placa de compensación, arandela de apoyo, porta contrapesos, contrapesos, taco del regulador, arandela distanciadora, (ver figura 60).

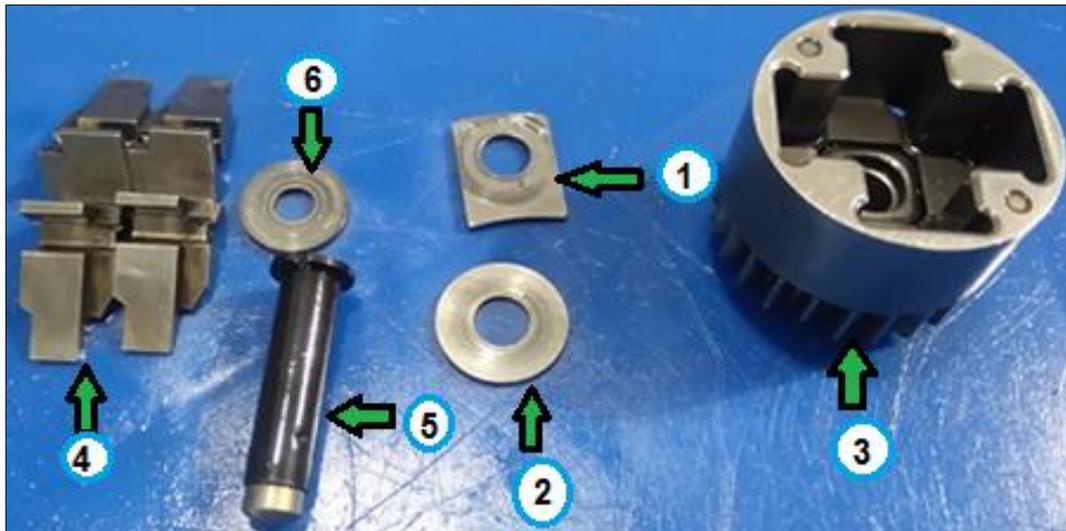


Figura 60 Extracción del conjunto de Contrapesas

➤ **Tapón de la cabeza de distribución.**

Con la llave tubular aflojar el tapón de culata (1), extraer el tapón de la cabeza de distribución y desechar el anillo "O", (ver figura 61).



Figura 61 Extracción del tapón de cabeza de distribución

➤ **Válvula de suministro.**

Con el dado largo de 14mm aflojar las portaválvulas (1), extraer las portaválvulas de suministro y con mucho cuidado la válvula de suministro, resorte de válvula, empaquetadura, y asiento de resorte, (ver figura 62).

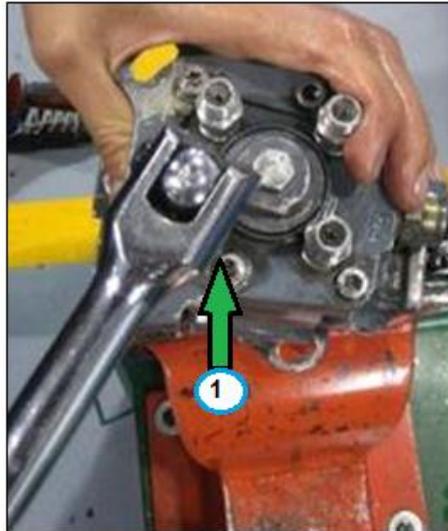


Figura 62 Extracción de la válvula de suministro.

➤ **Solenoide de corte de combustible.**

Con la llave 24mm aflojar el solenoide (1), (ver figura 63) y extraer el anillo "O", pistón de resorte, filtro y arandela ondulada con cuidado.



Figura 63 Extracción del solenoide de corte de combustible

➤ **Cabeza de distribución.**

Aflojar los tornillos de retención de la cabeza de distribución con un torx 27 (1) y elevar la cabeza recta hacia arriba alejada del cuerpo de la bomba (2), extraer los resortes de retorno del émbolo distribuidor junto con los asientos de resorte superior, laminillas y guías de resorte del émbolo distribuidor (3), (ver figura 64).

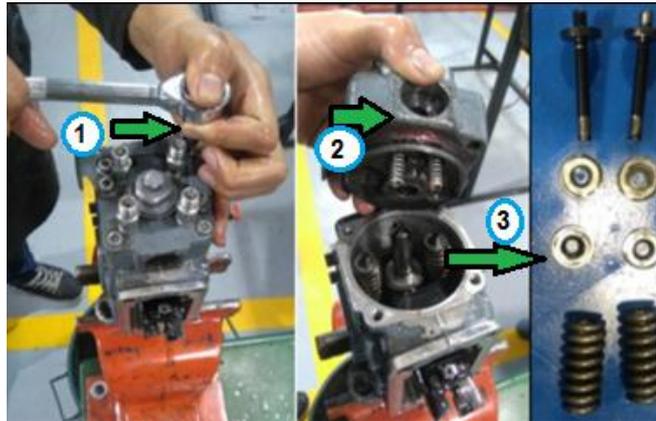


Figura 64 Extracción de la cabeza de distribución

➤ **Émbolo distribuidor.**

Extraer el émbolo distribuidor (1), placa inferior (2), placa superior (3), asiento inferior de resorte (4), junto con el anillo de rebose (5), (ver figura 65).



Figura 65 Extracción del émbolo distribuidor

➤ **Palanca del regulador.**

Con la llave de caja (1) de soporte del regulador, aflojar y extraer los pernos del enlace del regulador (2), las arandelas y elevar el conjunto de la palanca del regulador para retirarlo de la bomba (3), (ver figura 66).



Figura 66 Extracción palanca del regulador

➤ **Disco de leva.**

Con una pinza extraer el disco de leva (1) y el acoplamiento (2), (ver figura 67).

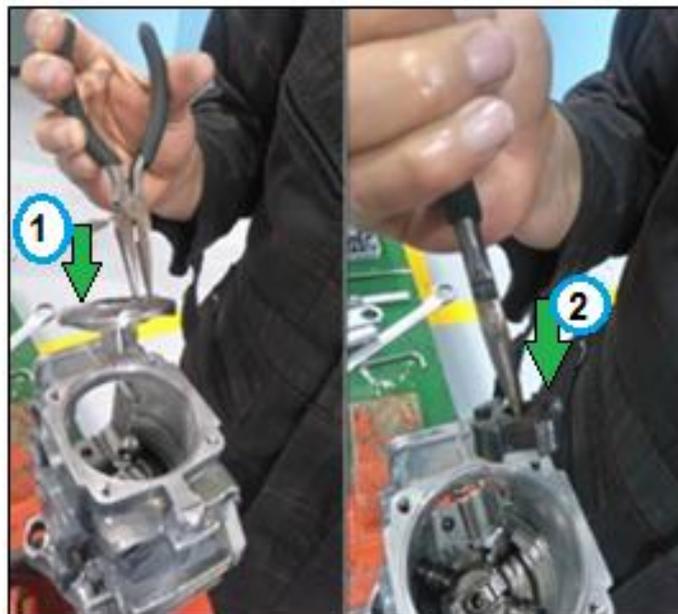


Figura 67 Extracción del disco de leva y el acoplamiento

➤ **Resorte del variador.**

Con un hexágono 5mm aflojar y extraer los pernos de la cubierta del variador (1), retirar el resorte del variador (2), arandelas de ajuste y el anillo "O" (3), (ver figura 68).



Figura 68 Extracción del resorte del variador

➤ **Pasador de tope.**

Con una pinza extraer con cuidado el seguro del variador (1) y el pasador de tope (2), (ver figura 69).

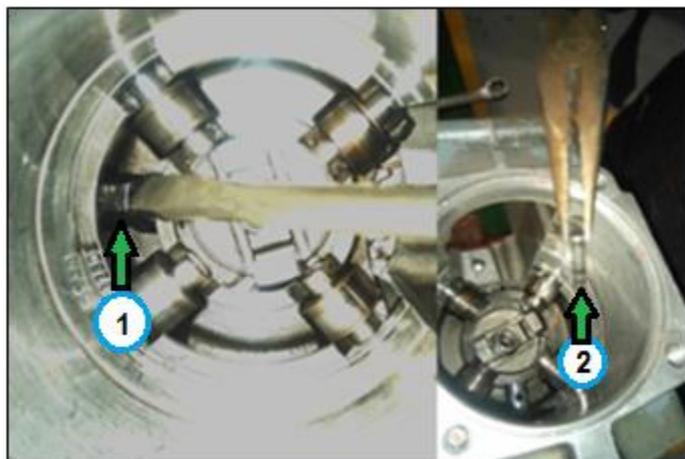


Figura 69 Extracción del pasador de tope

➤ **Pasador deslizante.**

Girar el eje de impulsión de forma que las lengüetas no obstruyan el pasador deslizante del variador (1), mientras está siendo sacado hacia el centro del anillo de rodillo, (ver figura 70).

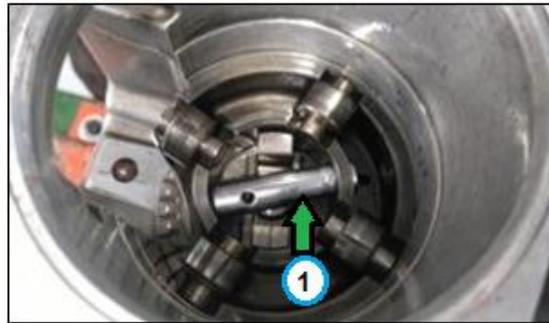


Figura 70 Extracción del pasador deslizante

➤ **Anillo de rodillo.**

Con la ayuda de una pinza elevar el anillo de rodillo (1) recto hacia arriba para sacarlo de la bomba teniendo cuidado de no mover de lugar ninguno de los rodillos y pasadores, (ver figura 71).



Figura 71 Extracción del anillo de rodillo

➤ **Pistón del variador.**

Presionar el pistón (1) junto con el pistón secundario del variador (2) desde cualquier lado, con mucho cuidado que no se caiga el pistón secundario, (ver figura 72).

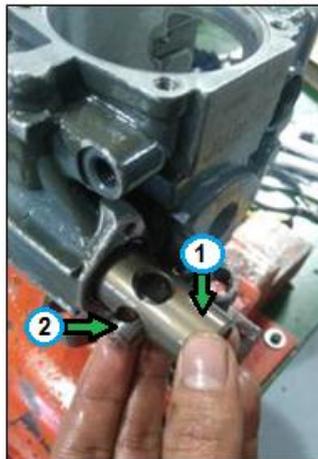


Figura 72 Extracción del pistón del variador

➤ **Eje impulsor.**

Extraer el eje de impulsión (1), chaveta de la bomba de alimentación (2), engranaje (3), amortiguadores de goma (4) y arandela separadora (5), retire recto hacia arriba, (ver figura 73).



Figura 73 Extracción del eje impulsor

➤ **Bomba de alimentación.**

Con un destornillador aflojar y extraer los tornillos de la cabeza avellanada (1) que sujetan la bomba de alimentación, (ver figura 74).



Figura 74 Extracción tornillos de la bomba

Con el soporte (1) presionar contra la bomba de alimentación, colocar la caja de la bomba hacia arriba. Tirar del soporte hacia abajo poco a poco para extraer la bomba de alimentación (2). Tener cuidado de que el conjunto de la bomba de alimentación no se separe durante la extracción, (ver figura 75).



Figura 75 Extracción bomba de alimentación

➤ **Válvula reguladora.**

Con la llave tubular de válvula reguladora (1), aflojar y extraer la válvula reguladora (2) junto con los anillos "O" (3), (ver figura 76).



Figura 76 Extracción de la válvula reguladora

➤ **Partes.**

Limpiar completamente todas las partes con los compuestos de limpieza apropiados después del desarmado. Después de la limpieza de cada parte, revisar para ver si hay desgaste o daños y sustituir por nuevos elementos, (ver figura 77).



Figura 77 Componentes

4.5 Verificación de componentes de la bomba de inyección tipo VE.

A continuación se detalla la verificación de los componentes.

4.5.1 Cabeza de distribución.

- Inspeccionar visualmente el émbolo distribuidor (1) para ver si hay desgaste, descolorido anormal, o cualquier otro daño.
- Comprobar el grado de movimiento libre en la carrera del émbolo distribuidor.
- Lubricar la cabeza de distribución, anillo de rebose (5), y émbolo distribuidor con aceite de prueba.
- Inclinar la cabeza de distribución aproximadamente 60°.
- Con el anillo de rebose contra la cabeza, tirar hacia afuera el émbolo distribuidor aproximadamente 15 milímetros.
- Soltar el émbolo distribuidor y dejar que se deslice libremente por su propio peso. Un émbolo distribuidor en buen estado deberá desplazarse un mínimo de 3 milímetros.
- Girar el émbolo 90° y repetir la prueba de deslizamiento.
- Si el émbolo distribuidor se adhiere puede causar problemas y puede resultar necesario su reemplazo.



Figura 78 Comprobación del émbolo distribuidor

4.5.2 Anillo de rodillos.

- Picaduras, ralladuras y cualquier otro tipo de desgaste anormal requiere el reemplazo del conjunto del anillo de rodillo (1).

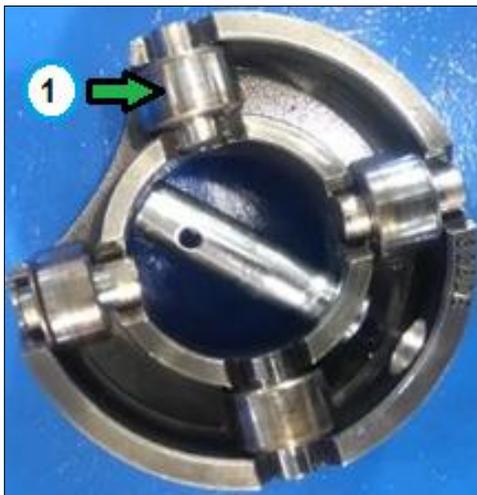


Figura 79 Comprobación del anillo del rodillo

- La altura de cada rodillo es importante, cada uno de los rodillos debe estar dentro de 0,02 mm o menos entre sí, los rodillos pueden reubicarse dentro del anillo para que satisfagan la misma especificación de altura.

4.5.3 Eje impulsor.

- Comprobar el área de contacto del sello de aceite para ver si hay desgaste excesivo (1), (ver tabla 17).

Tabla 20

Servicio eje impulsor

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

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

- Comprobar el área de la chaveta (2), para ver si hay desgaste o picadura.
- Revisar los dientes del engranaje que no estén dañados (3).
- Revisar y verificar que los amortiguadores de goma estén en buen estado sin picaduras (4).
- Renovar las roscas donde estén un poco dañadas (5).

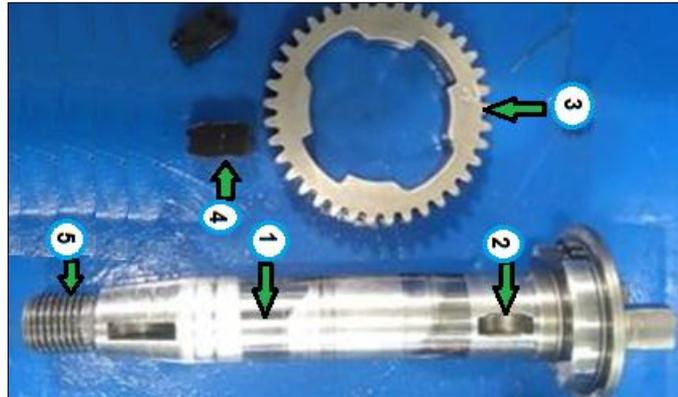


Figura 80 Comprobación del eje impulsor

4.5.4 Disco de leva.

- Picaduras, ralladuras o cualquier otro tipo de desgaste anormal requieren el reemplazo del disco de leva.
- Debe comprobar el desgaste en la superficie de la leva donde las laminillas de ajuste del émbolo distribuidor hacen contacto. Reemplazar el disco de leva si la cantidad de desgaste excede el límite de servicio, (ver tabla 21).

Tabla 21

Límite disco de leva

Ítem	Límite de desgaste
Ajuste de la superficie de leva del disco de leva que hace contacto con la laminilla.	4,2mm

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

- El pasador de impulsión del émbolo distribuidor, situado en el disco de lava, debe ser redondo. Cuando se forma una superficie plana en el

pasador, deberá reemplazarse el disco de leva. Un pasador desgastado causará problemas en la variación de tiempo de inyección.

4.5.5 Contrapesos.

- Inspeccionar el área de superficie de contacto de cada contrapeso para ver el grado de desgaste. Reemplazar los contrapesos si el desgaste es mayor que 0,2 mm, (ver tabla 22).

Tabla 22

Desgaste máximo de contrapesos

Ítem	Límite de desgaste
Desgaste en el contacto de la arandela de la superficie del contrapeso	0,2 mm

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

4.5.6. Bomba de alimentación.

- Examinar la arandela de cierre (1) asegúrese de que no haya picaduras, oxidación o desgaste de las paletas (2) que se mueven con libertad en el disco de paletas. Examinar la chaveta del disco de paletas (3) para ver si hay picaduras o grietas. Inspeccionar el anillo excéntrico (4) para ver si hay picaduras o ralladuras. Reemplazar todo el conjunto de la bomba de alimentación desgastado o dañado.



Figura 81 Comprobación de la bomba de alimentación

4.5.7 Resorte del émbolo distribuidor.

- Inspeccionar el resorte de retorno del émbolo distribuidor para ver si hay algún daño en la superficie y reemplazar si es necesario. Los resortes debe reemplazar por par.
- **Rectitud del resorte.**- Poner los resortes a lado de una escuadra y girar el resorte. Si el resorte no hace buen contacto en la parte superior, mientras que la inferior toca la escuadra, medir la separación si esta es más de 2,0 mm requiere el reemplazo de los resortes.

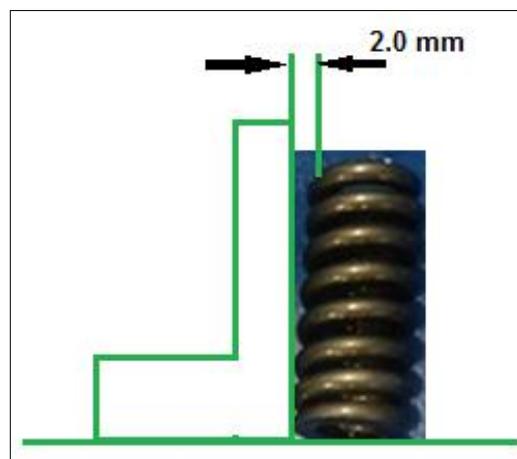


Figura 82 Comprobación de la rectitud del resorte

4.6 Procedimiento de armado.

Para el armado de la bomba de inyección invierta el procedimiento de desarmado, pero tenga en cuenta los siguientes puntos.

4.6.1 Precauciones.

- Tener cuidado durante el montaje para mantener el banco de trabajo limpio.
- Cada parte debe estar exenta de materias extrañas y debe lavar con aceite de calibración limpio o líquido similar.
- Todas las especificaciones de torsión y dimensiones críticas deberán ser efectuadas como se indica.
- Lubricar todos los anillos "O", sellos, y juntas. En el momento del montaje.
- Reemplazar todos los anillos "O", sellos y juntas. Desechar las usadas.
- Tener cuidado de no dejar ingresar materias extrañas en la bomba durante el armado.

4.6.2 Kit de reparación y sustitución.

Las piezas desgastadas y deterioradas sustituir por piezas de recambio.



Figura 83 Juego de reparación

4.6.3 Torque de armado.

Efectuar el armado en los pasos correctos y fijar cada parte a su torsión de apriete especificada, (ver figura 84).

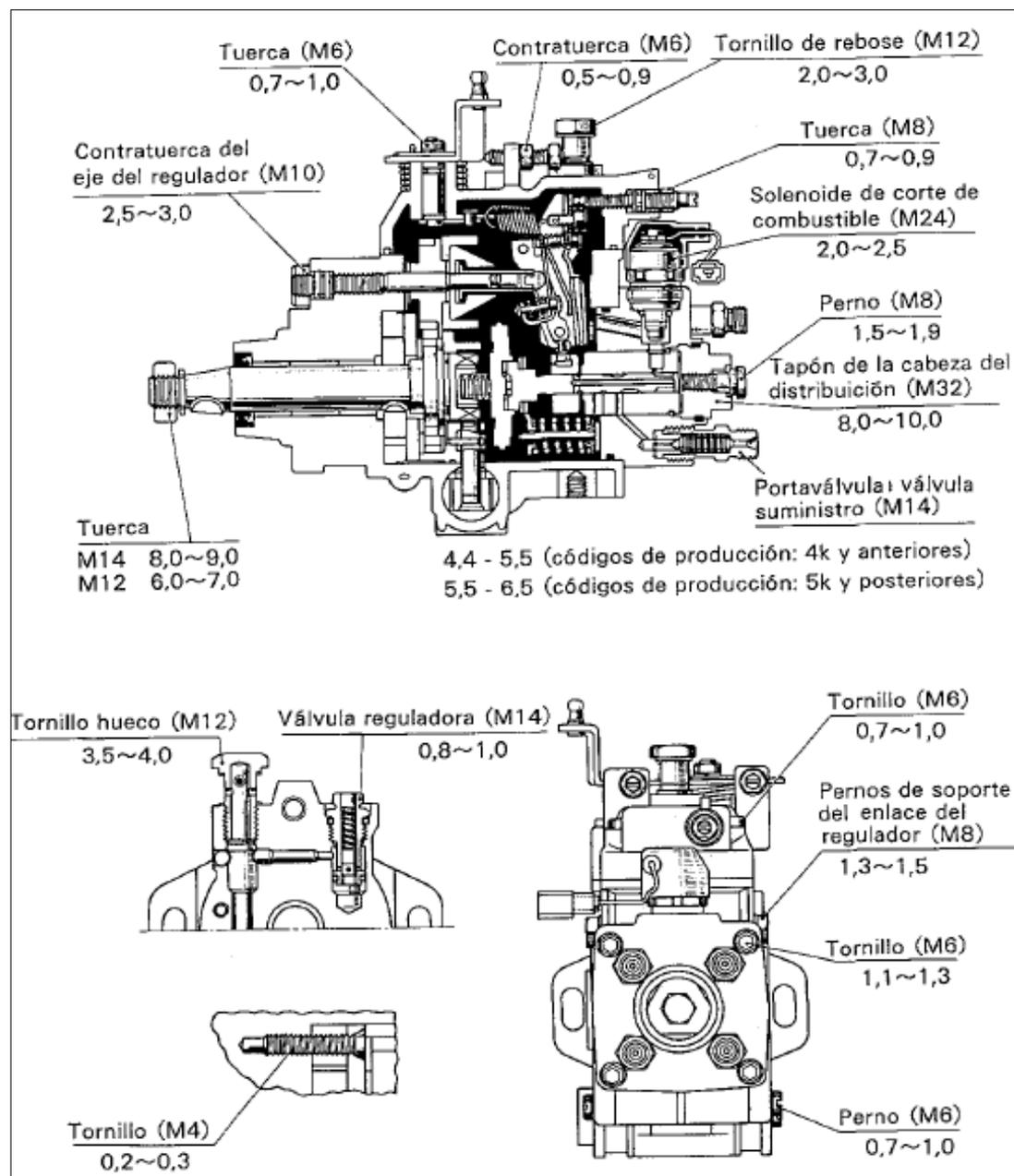


Figura 84 Especificaciones de torsión (kg-m)

Fuente: (Nippondenson Co. Ltda., 1995)

➤ **Sello de aceite.**

Instalar el retén con la goma selladora con cuidado de no dañar cerco del mismo.

➤ **Bomba de alimentación.**

Si es necesario reemplazar todo el conjunto de la bomba de alimentación y no por partes.

Nota: Asegúrese de insertar el conjunto recto para evitar rayar la bomba y el orificio de salida de combustible quede situado en la parte superior de la carcasa de la bomba.

Apretar los tornillos de fijación a la torsión de 0,2 a 0,3 kgm y comprobar que el disco de paletas se mueva con suavidad.



Figura 85 Montaje de la bomba de alimentación

➤ **Eje impulsor.**

Colocar los cauchos que van entre el piñón y el eje de mando, con su respectiva chaveta con bastante grasa y la arandela de empuje. Con la carcasa en posición horizontal, insertar el eje impulsor, teniendo cuidado de no desplazar la chaveta al entrar en el disco de levas de la bomba.

Nota: Después de instalar, gire el eje impulsor para comprobar si la operación es uniforme.



Figura 86 Instalación del eje impulsor

➤ **Conjunto del anillo de rodillo.**

Instalar el conjunto de rodillos con la carcasa en posición vertical teniendo cuidado de no dejar caer ningún rodillo durante la instalación, con la sección de ranura el anillo hacia la parte superior de la carcasa de la bomba.



Figura 87 Montaje del conjunto de rodillos

➤ **Cilindro de avance.**

Insertar el pistón secundario en el pistón de avance, lubricar el pistón e insertar en el cilindro de avance. Instalar el pasador deslizante en el pistón secundario del variador luego colocar el pasador de tope con su seguro.

Poner el resorte del avance y arandela de ajuste en el pistón de avance. Instalar los anillos de las cubiertas del avance y apretar los cuatro pernos a un torsión (0,7 – 1 kgm).

Nota: El lado del resorte (lado hueco del pistón) debe estar en el lado derecho, mirando desde el extremo de impulsión de la bomba.



Figura 88 Montaje del pistón de avance

➤ **Válvula reguladora.**

Con anillos nuevos proceder a montar la válvula reguladora de presión.



Figura 89 Montaje de la válvula reguladora

➤ **Acoplador de leva.**

Instalar el acoplador de leva encima de las colas del eje impulsor y en el centro del anillo de rodillos. Asegurarse de que el acoplador provisto para el resorte de acoplamiento, esté en el lado contrario del eje impulsor.



Figura 90 Instalación del acoplador.

➤ **Disco de levas.**

Colocar el disco de levas alineado correctamente con la chaveta del eje impulsor para sincronizar el tiempo.



Figura 91 Montaje del disco de levas.

➤ **Palanca del regulador.**

Colocar el conjunto armado de la palanca gobernadora, y asegurar los pernos que están al costado de la carcasa.



Figura 92 Montaje de la palanca del gobernador

➤ **Émbolo distribuidor.**

Colocar la arandela de compensación con grasa en el conjunto del émbolo guiando en el disco de levas y con mucho cuidado el anillo de rebose en la guía de la palanca del gobernador.



Figura 93 Montaje del conjunto del émbolo

➤ **Cabezal.**

Colocar un anillo nuevo en la cabeza de distribución.

Insertar los dos resortes de soporte en los dos orificios de la cabeza de distribución. Usar grasa pesada para retener los resortes de soporte en el cabezal.

Colocar con cuidado la cabeza de distribución sobre el émbolo distribuidor en la carcasa de la bomba y apretar los pernos de retención de la cabeza a una torsión adecuada (1,1 – 1,3 kgm).



Figura 94 Montaje del cabezal

➤ **Tapón del cabezal**

Colocar el tapón con su respectivo anillo de caucho y su respectivo ajuste (8 – 10 kgm), usar la herramienta especial.

Nota: El tapón debe reemplazarse por otro nuevo cada vez que se extraiga.



Figura 95 Montaje del tapón del cabezal

➤ **Válvulas de entrega**

Instalar las válvulas de entrega con sus respectivos resortes y válvulas sin alterar su orden y dar el torque especificado de 5,5 – 6,5 kg-m.

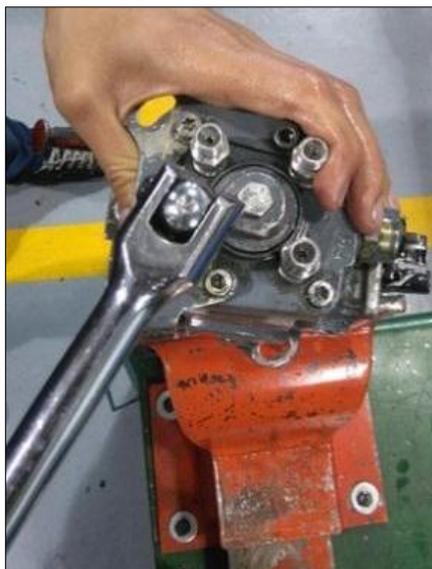


Figura 96 Montaje de las válvulas de entrega

➤ **Solenoide**

Instalar la válvula solenoide con su respectivo apriete, (2,0 – 2,5) kg- m.



Figura 97 Montaje del solenoide

➤ **Gobernador**

Armar el conjunto del gobernador e instalar en la carcasa con el eje del gobernador y su tuerca. El espacio debe estar en su medida especificada.



Figura 98 Montaje conjunto del gobernador

➤ **Tapa del gobernador**

Por último armar la tapa del gobernador, y el eje del acelerador con su respectivo resorte y proceder a poner los respectivos tornillos.

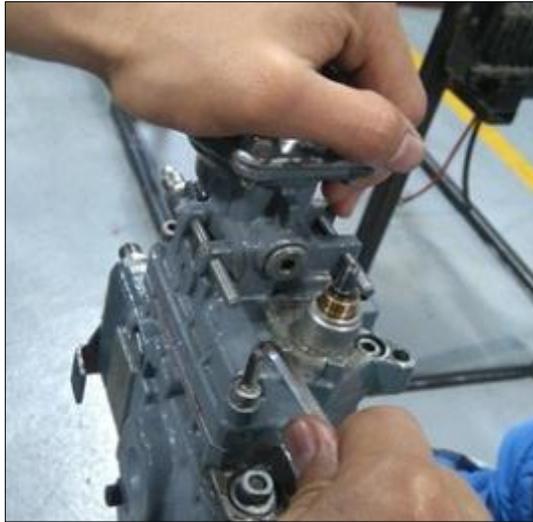


Figura 99 Tapa del gobernador

- **Bomba lista, (ver figura 100).**

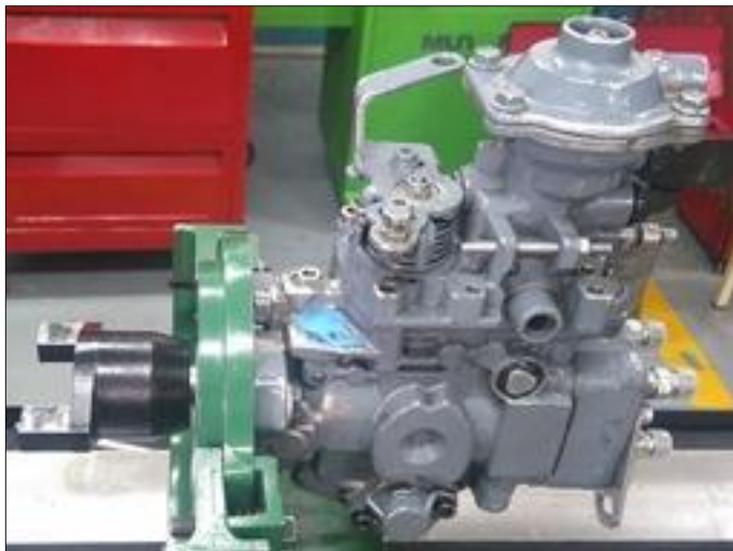


Figura 100 Bomba lista

4.7 Pre-puesta en marcha.

4.7.1 Medidas de seguridad.

- Usar gafas de protección.
- No entrar en contacto con el chorro de prueba saliente.

- Antes de la primera puesta en servicio, volver a apretar los racores hidráulicos.
- Los tubos flexibles de alta presión superior a 60 bar deben sustituirse después de 3 años.
- Sustituir los tubos flexibles hidráulicos a los intervalos prescritos o a intervalos adecuados (se recomienda hacerlo después de 6 años).
- Comprobar los tubos, mangueras y racores de forma periódica en cuanto a estanqueidades y daños reconocibles desde el exterior. Eliminar los daños de inmediato.
- Instalar y montar los tubos de aire a presión hidráulicos. No confundir las conexiones. Las griferías, la longitud y la calidad de los tubos flexibles deben corresponder a los requerimientos.
- No fumar.
- Especificar el llenado y vaciado adecuado de la zona de trabajo.
- Identificar la zona de trabajo como zona de ruido.
- Durante el servicio de comprobación el personal de servicio debe emplear la protección auditiva personal prescrita.
- Evitar en la medida de lo posible la inhalación de vapores de aceite de ensayo.
- Evitar el contacto prolongado, continuo e intenso con la piel, en caso necesario ponerse guantes y batas de protección.
- Lavar con agua y detergente o jabón indicado la piel que entró en contacto con el aceite.
- No se deben llevar trapos de limpieza aceitados en los bolsillos.

4.7.2 Herramientas para instalación de la bomba.

Seleccionar las herramientas para la instalación de la bomba rotativa tipo VE en el banco de pruebas Bosch EPS-815, a continuación se detalla:

- Llaves mixtas: 10, 11, 12, 13, 17, 18, 19 y 22, 24, 25mm.
- Dado 27mm.

- Palanca de fuerza.
- Hexágono 5 y 10mm.
- Destornillador plano.
- Torx 30mm.
- Llave inglesa.
- Calibrador pie de rey.

4.7.3 Accesorios para la calibración.

Los accesorios que se utilizan para la calibración son, (ve figura 101):

1. Juego de cañerías de alta presión.
2. Base principal.
3. Acoplador.
4. Mangueras hidráulicas.
5. Porta-inyectores de ensayo.
6. Banco Bosch EPS-815.
7. Brida de montaje.



Figura 101 Accesorios para la calibración

4.7.4 Instalación de bomba en el banco de pruebas EPS-815.

- Colocar la brida de montaje a la bomba con los tres pernos de sujeción y utilizar la llave 13mm, (ver figura 102).



Figura 102 Montaje de brida

- Instalar el acoplador en el eje de la bomba de inyección con el dado 27mm. y palanca de fuerza, (ver figura 103).



Figura 103 Instalación de acoplador

- Instalar la base principal en la consola de montaje con la bomba de inyección en la misma y ajustar los dos pernos con la llave mixta 17mm, (ver figura 104).

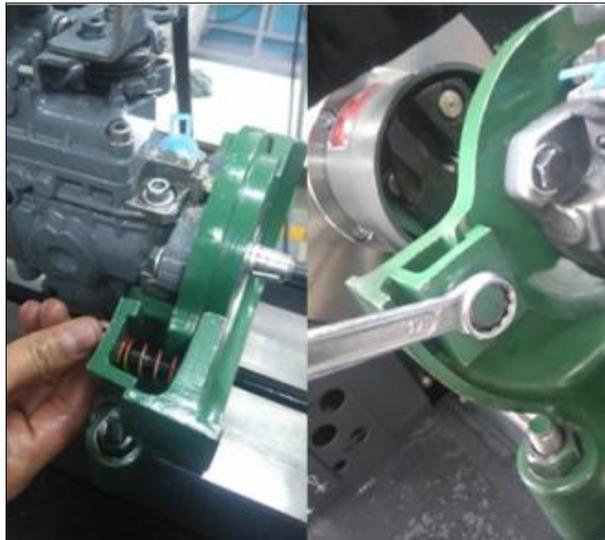


Figura 104 Instalación de base principal

- Girar el mandril con la palanca para centrar el acoplador y ajustar con el hexágono 10mm, (ver figura 105).

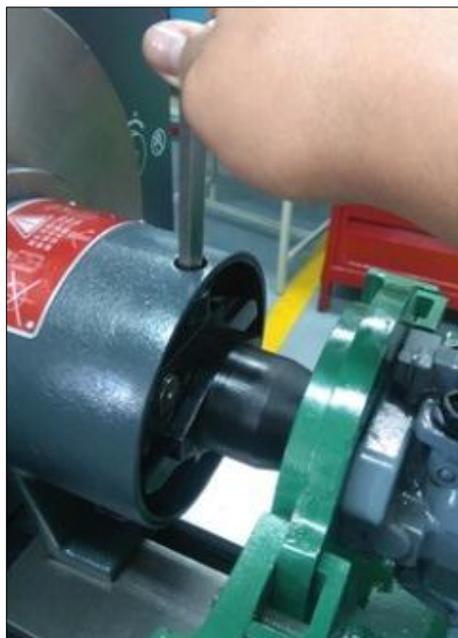


Figura 105 Centrado de acoplador

- Ajustar los pernos de la base principal con la llave mixta 22mm, (ver figura 106).



Figura 106 Ajuste base principal

- Instalar la manguera flexible SAE 100R1 AT8 ½” de 1100mm. de longitud desde la conexión de alimentación del banco a la entrada de la bomba de inyección con el acople tipo ojo 12mm. con la llave 17mm. y 24mm, (ver figura 107).



Figura 107 Instalación mangueras flexibles y acoples

- Instalar la manguera flexible desde la conexión para la presión interna de la bomba con el adaptador especial, luego colocar la manguera SAE 100R1 AT8 ½” de 10mm. de longitud con la válvula reguladora de presión, (ver figura 108)



Figura 108 Instalación de manguera de presión interna

- Instalar las tuberías de alta presión desde los porta-inyectores de ensayo con la llave 19mm. a los racores de impulsión de la bomba de inyección con la llave 18mm, (ver figura 109).



Figura 109 Instalación de tuberías de alta presión

- Instalar la manguera desde el compresor de aire a la toma del compensador de refuerzo para la simulación del turbo, (ver figura 110).



Figura 110 Instalación manguera de aire

- Instalar el cable desde los bornes de conexión de 12 voltios hasta el solenoide de corte de combustible, (ver figura 111).

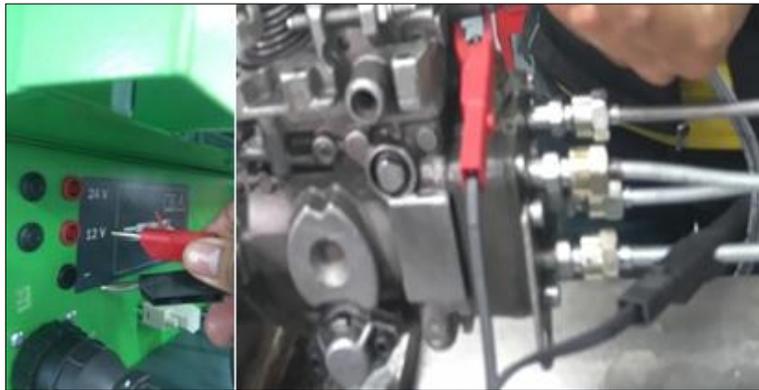


Figura 111 Conexión del cable solenoide de corte

- Verificar que todos los componentes estén bien conectados antes de poner en marcha el banco, (ver figura 112).



Figura 112 Revisión general

4.8 Puesta en marcha.

4.8.1 Manual técnico de operación.

- Accionar el banco de pruebas Bosch EPS-815 girando la perilla indicada en sentido horario y la computadora se enciende automáticamente, (ver figura 113).



Figura 113 Switch ON/OFF

- Una vez encendido el banco el programa verifica que los sensores del KMA y
- funcionamiento de. Para dar inicio al programa EPS 945-PE/VE/CR, (ver figura 114).



Figura 114 Programa EPS 945-PE/VE/CR

- Después de arrancar el software de sistema KMA de Bosch aparece la ventana "Prueba componentes inyección" en la pantalla. El software realiza automáticamente la inicialización después del arranque. Durante

la inicialización, la tecla F12 está bloqueada y sólo es liberada si la inicialización finaliza con éxito.



Figura 115 Prueba componentes inyección

- Una vez que estén instalados los equipos, pulsar la tecla F12. Aparece la ventana, leer y observar la advertencia legal, Pulsar nuevamente la tecla F12 y se abre la segunda ventana, lea y observe la advertencia legal.

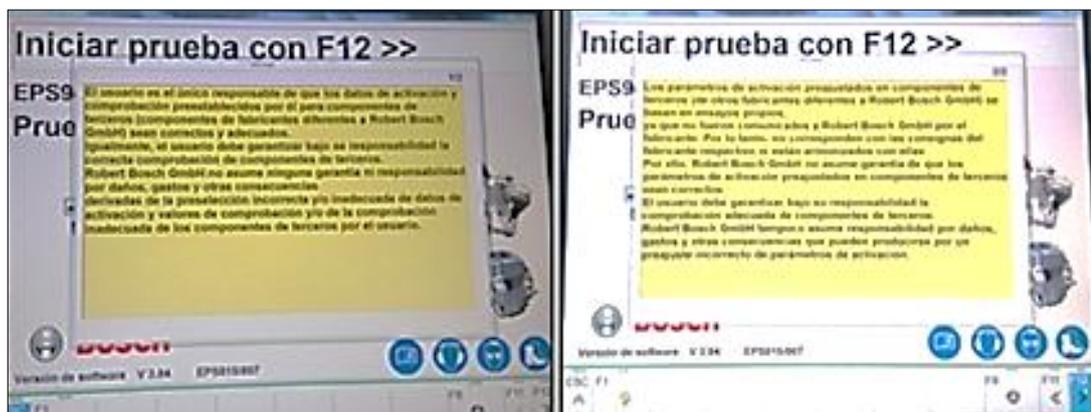


Figura 116 Advertencia legal

- Vuelva a pulsar la tecla F12 en su teclado, se abre una nueva ventana, y en el recuadro introduzca el número de tipo-pieza, (ver figura 117)

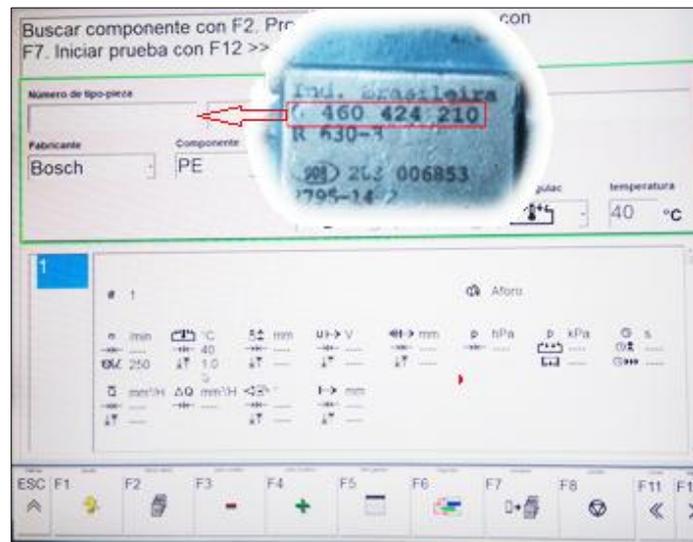


Figura 117 Número de tipo-pieza

- Pulsar la tecla F2 en el teclado y seleccionar buscar componente, al momento de realizar introducciones de textos debe prestar atención a las mayúsculas/minúsculas, (ver figura 118).

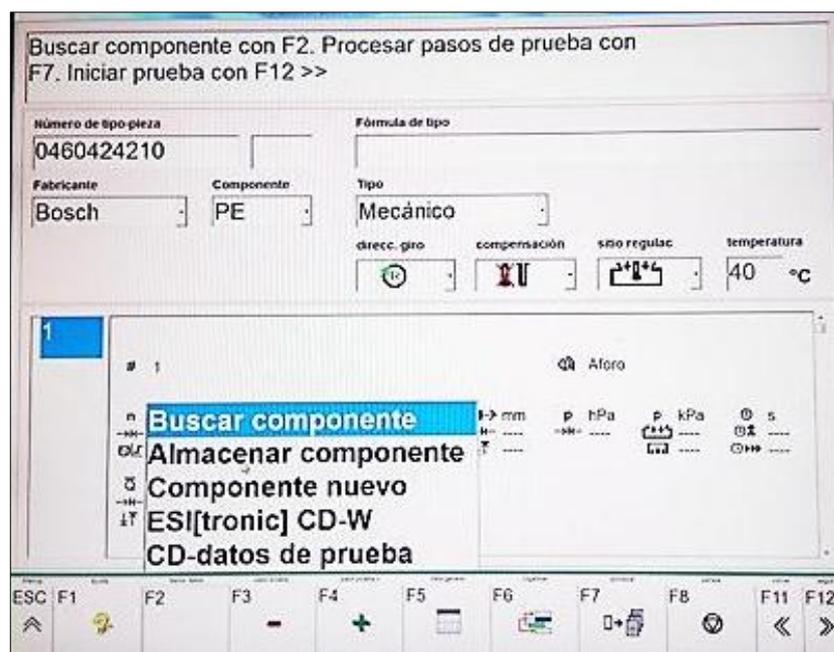


Figura 118 Buscar componente

- Después de elegir la función “Buscar componente” se considera los componentes, especificados por el número de tipo-pieza, que coincidan con los criterios de búsqueda en las filas de entrada. El primer componente en la lista aparece con una barra azul como fondo y letras blancas, (ver figura 119).

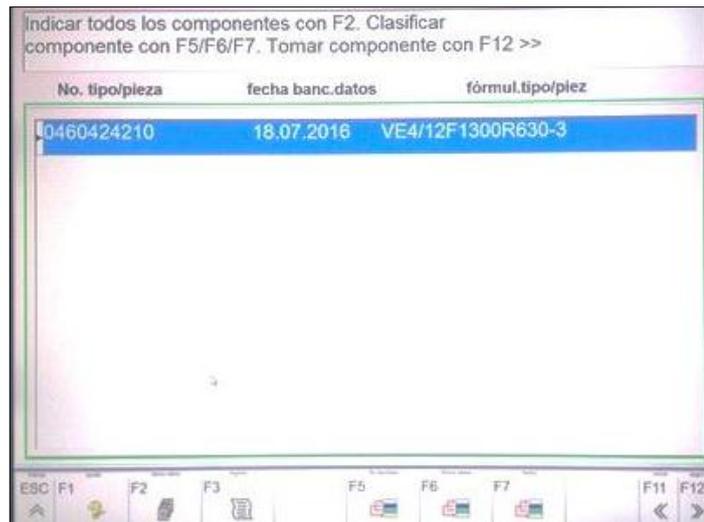


Figura 119 Selección de componente

- Luego de elegir la componente se cargara los pasos de prueba y los datos de ajuste de la componente, (ver figura 120).

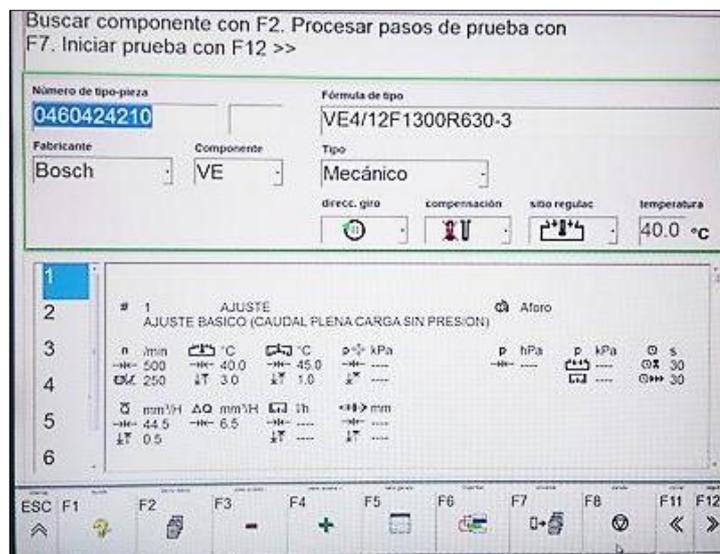


Figura 120 Carga de pruebas para el ajuste

- Seleccionar la primera prueba y pulsar F12, se abre la ventana de ensayo acatando cual sea la prueba a ejecutar, (ver figura 121).

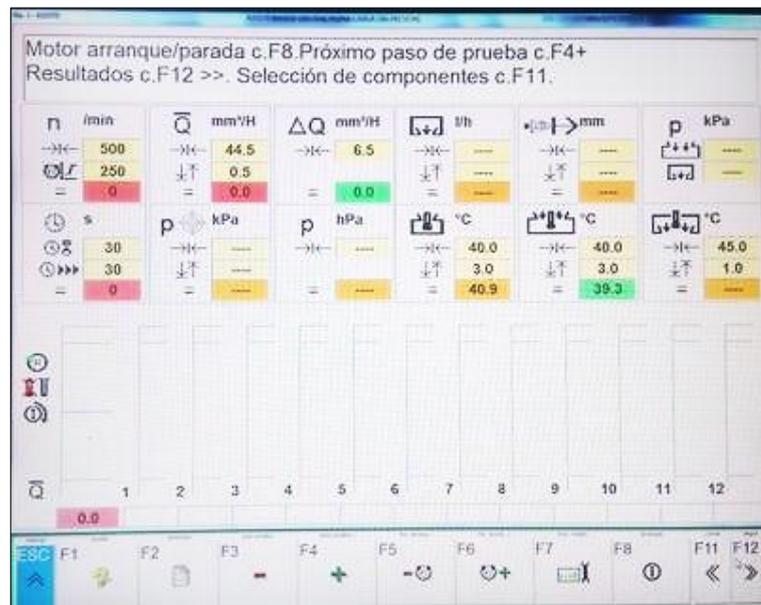


Figura 121 Prueba seleccionada

- Pulsar F7, en “ajustes” escoger los canales a ser medidos por el KMA, para programar los seleccionados presionar F4, para la programación automática seleccionar “camb. automát. con./desc.”. y se realiza las pruebas, guardándose automáticamente todos los resultados de verificación de calibración, (ver figura 122).

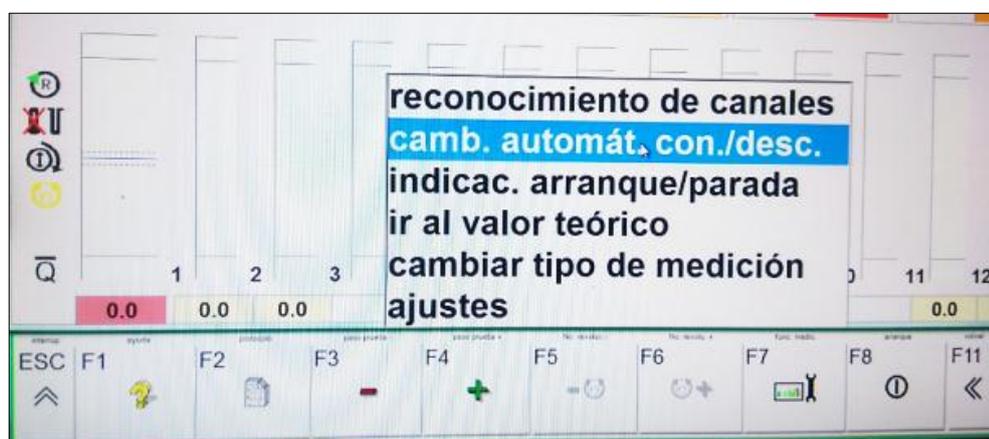


Figura 122 Programación automática

- Desactivar el botón de paro emergente (5), luego encender el convertidor de la alimentación de aceite de control (1) y el motor de impulsión (2), (ver figura 123).

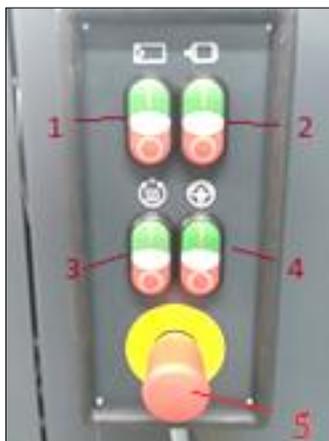


Figura 123 Interruptores encendido/apagado

- Para comenzar la prueba presionar la tecla F8. Se despliega la ventana de advertencia en la cual indica que todo debe estar en orden ya que el motor va a comenzar a girar. Finalmente presionar las dos teclas Shift a la vez, (ver figura 124).

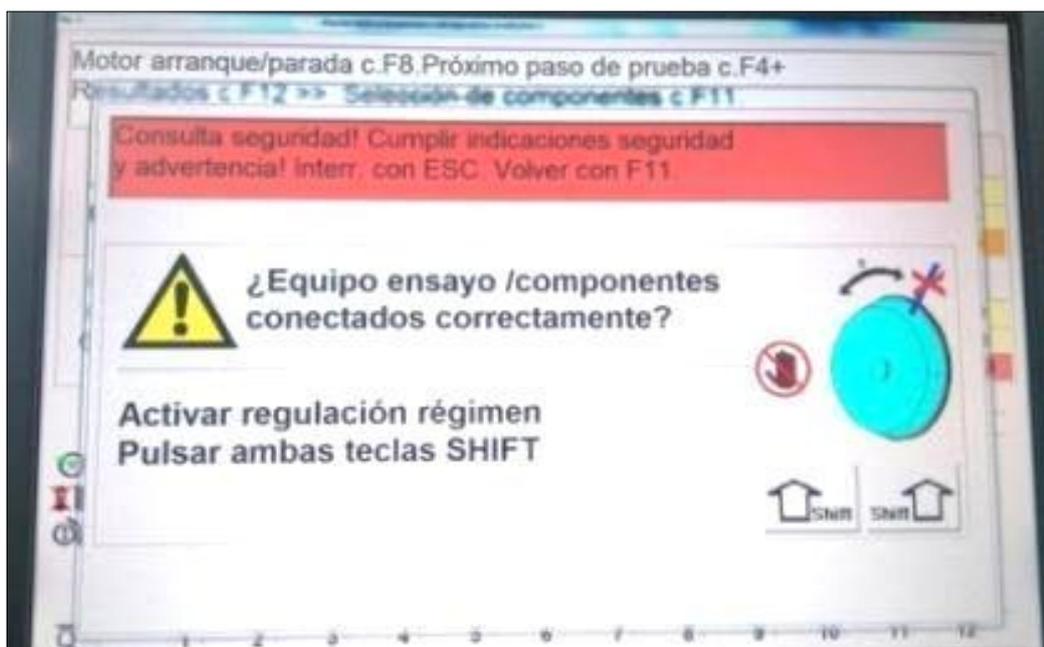


Figura 124 Ventana de advertencia

4.9 Pruebas y ensayos.

4.9.1 Inspecciones previas.

La inspección que debe realizar antes de comenzar a calibrar son:

- Verificar el ajuste y fugas en las tuberías de ensayo y en los racores de impulsión.
- Verificar que no exista fugas en la manguera flexible de alimentación de entrada de combustible, de medición de presión interna y retorno.
- Mover varias veces el eje de accionamiento girando el volante manualmente para verificar que no se bloquee.
- Verificar la conexión del solenoide de corte a 12V y a masa para su correcta activación.

4.9.2 Calibración.

Según las condiciones de ensayo (ver tabla 23), se detalla los valores necesarios para realizar la calibración de la bomba de inyección rotativa tipo VE.

Tabla 23

Condiciones de ensayo

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máx.
Aceite de prueba		ISO 4113		
Temperatura retorno aceite de ensayo	°C	45.0	44.0	46.0
Presión de entrada	Bar	0.35	0.30	0.40
Combinación porta-inyectores de ensayo		1 688 901 109		
Presión de apertura	Bar	207.0	204.0	210.0

Presión de alimentación.- Ajustar la presión de alimentación de la bomba en (0.35 bar = 35 Kpa), (ver figura 125).



Figura 125 Ajuste de presión

- Para que aumente la presión interna de la bomba presionar el punzón de la válvula reguladora, (ver figura 126).



Figura 126 Regulación de la presión de la bomba

- Las calibraciones a realizar en el banco Bosch EPS-815 son:
- **Nº1 CAUDAL PLENA CARGA SIN PRESIÓN DE CARGA.-** Con la palanca del gobernador a plena carga, utilizar la llave 13mm para aflojar la contratuerca y con un destornillador plano girar el perno regulador de

caudal, en sentido horario para aumentar el caudal y en sentido anti-horarios para disminuir el caudal; y llegar a los valores de calibración solicitado, (ver figura 127).

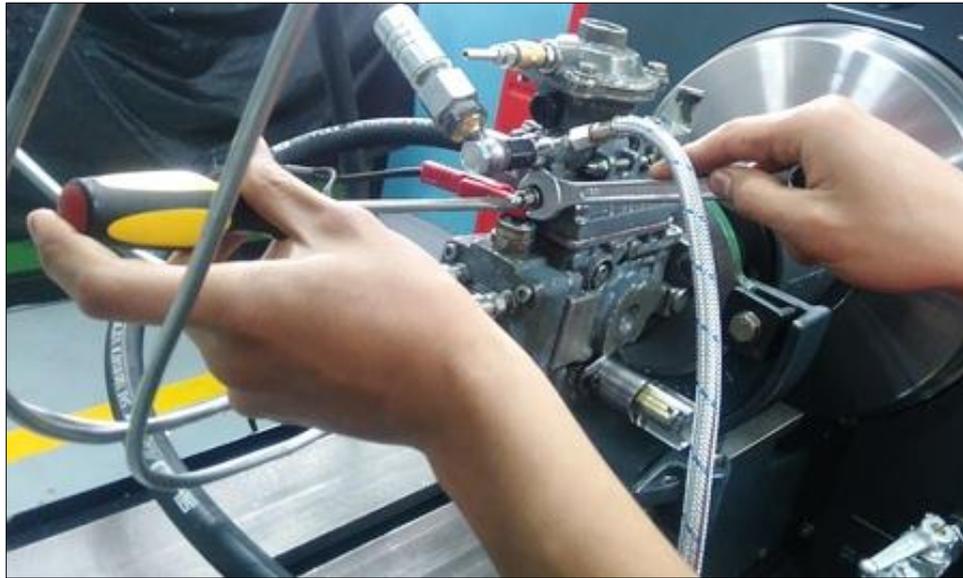


Figura 127 Tornillo de regulación del caudal

- Con la palanca del gobernador a plena carga, calibrar según los datos de ajuste (ver tabla 24).

Tabla 24

Ajuste básico

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máy.
CAUDAL PLENA CARGA SIN PRESIÓN DE CARGA				
Régimen	1/min	500		
Temperatura de medición	°C	46		
Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	44.50	44.00	45.00

- Datos de verificación de calibración de caudal a plena carga sin presión de carga, (ver figura 128).

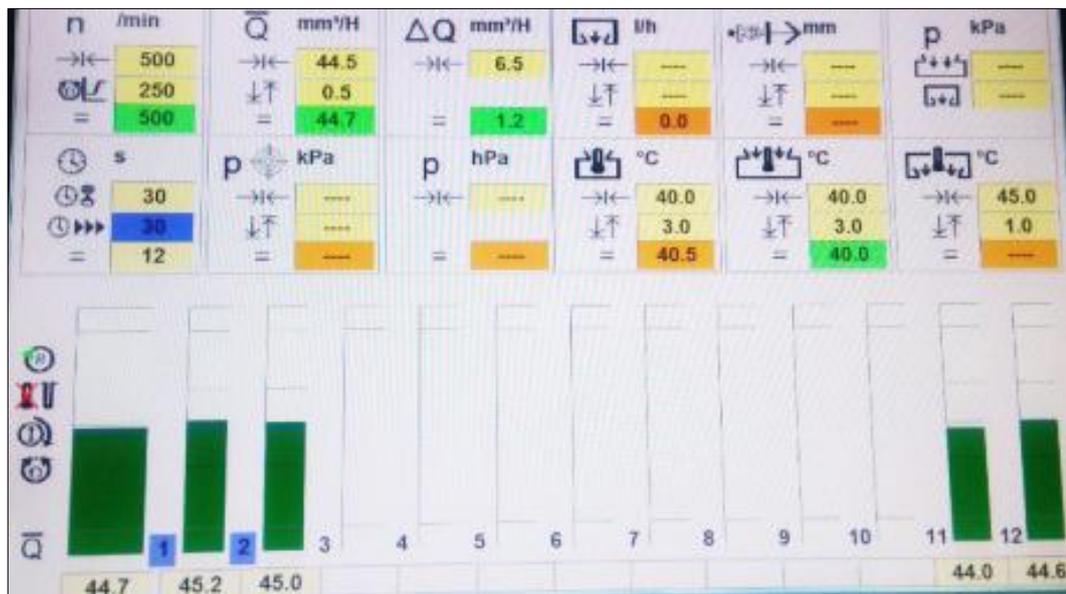


Figura 128 Caudal plena carga sin presión de carga

- **Nº2 RALENTÍ.-** Utilizar la llave 10mm para aflojar la contratuerca y con un destornillador plano girar el perno de regulación de ralentí, en sentido horario aumenta el caudal y en sentido anti-horario disminuye el caudal; y así llegar a los valores de calibración solicitado, (ver figura 129).



Figura 129 Tornillo de regulación de ralentí

- Con la palanca del gobernador sin plena carga calibrar según los datos de ajuste, (ver tabla 25).

Tabla 25.

Régimen de ralentí

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máx.
Régimen	1/min	400		
Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	15.50	13.50	17.50
Régimen	1/min	340		
Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	30.00	24.00	36.00

- Datos de verificación de calibración del régimen de ralentí, (ver figura 130).



Figura 130 Ralentí

- **Nº3 RALENTÍ 2.-** Con la palanca del gobernador sin plena carga, verificar los datos de ajuste, (ver tabla 25), datos de la calibración de régimen de ralentí a 340 rpm, (ver figura 131).

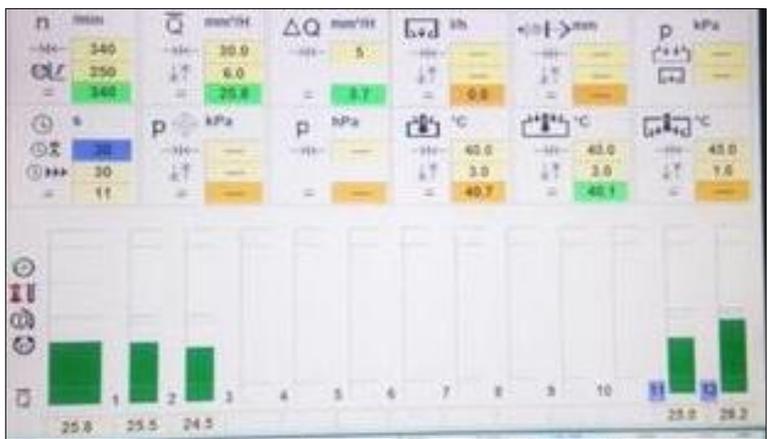


Figura 131 Ralentí 2

- **Nº4 CAUDAL DE ARRANQUE.-** Con la palanca del gobernador sin plena carga, verificar los datos de ajuste, (ver tabla 26).

Tabla 26

Caudal de arranque

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máx.
Régimen	1/min	100		
Caudal de suministro	cm ³ /1000c.	80.00	55.00	105.00

- Datos de verificación de la calibración de caudal de arranque, (ver figura 132).



Figura 132 Caudal de arranque

- **N°5 Regulador.-** Instalar el medidor de avance utilizando el hexágono 5mm, (ver figura 133).



Figura 133 Medidor de avance

- Instalar la manguera en la entrada de sobrealimentación desde el compresor con manómetro para simular el turbo, (ver figura 134).



Figura 134 Simulación de alimentación del turbo

- Con una presión de aire de (1500 hPa = 1.5 Bar) simulando al turbo, (ver tabla 27).

Tabla 27

Recorrido del variador de avance

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máx.
Régimen	1/min	1050		
Presión carga	hPa / Bar	1500 / 1.5		
Recorrido del variador de avance	Mm	1.50	1.00	2.00
Régimen	1/min	1300		
Presión carga	hPa / Bar	1500 / 1.5		
Recorrido del variador de avance	Mm	4.00	3.90	4.10

- Con la palanca del gobernador acelerando y desacelerando verificar la lectura en el medidor de avance, el recorrido del pistón de avance, (ver figura 135).



Figura 135 Recorrido del pistón de avance

- **N°6 PRESIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN.-** Con la palanca del gobernador sin plena carga, verificar la presión de la bomba, (ver tabla 28).

Tabla 28

Presión de bomba de alimentación

Denominación	Unidad	Valor teórico	Mín.	Máy.
PRESIÓN DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN				
Régimen	1/min	1300		
Presión carga	hPa / Bar	1500 / 1.5		
Presión bomba alimentación	Bar / MPa	8.00 / 0.80	7.70 / 0.77	8.30 / 0.80

- En el manómetro de alta presión del banco de pruebas, verificar la presión interna de la bomba, (ver figura 136).



Figura 136 Presión de bomba de alimentación

- **Resultado de la calibración.-** (Ver ANEXO D), valores de calibración con números de color rojo volver a calibrar, color verde calibración exitosa.

4.10 Mantenimiento del Banco de pruebas Bosch EPS-815.

4.10.1 Diagrama mantenimiento banco Bosch EPS-815.

Detalle de mantenimiento del banco de pruebas, (ver figura 137):

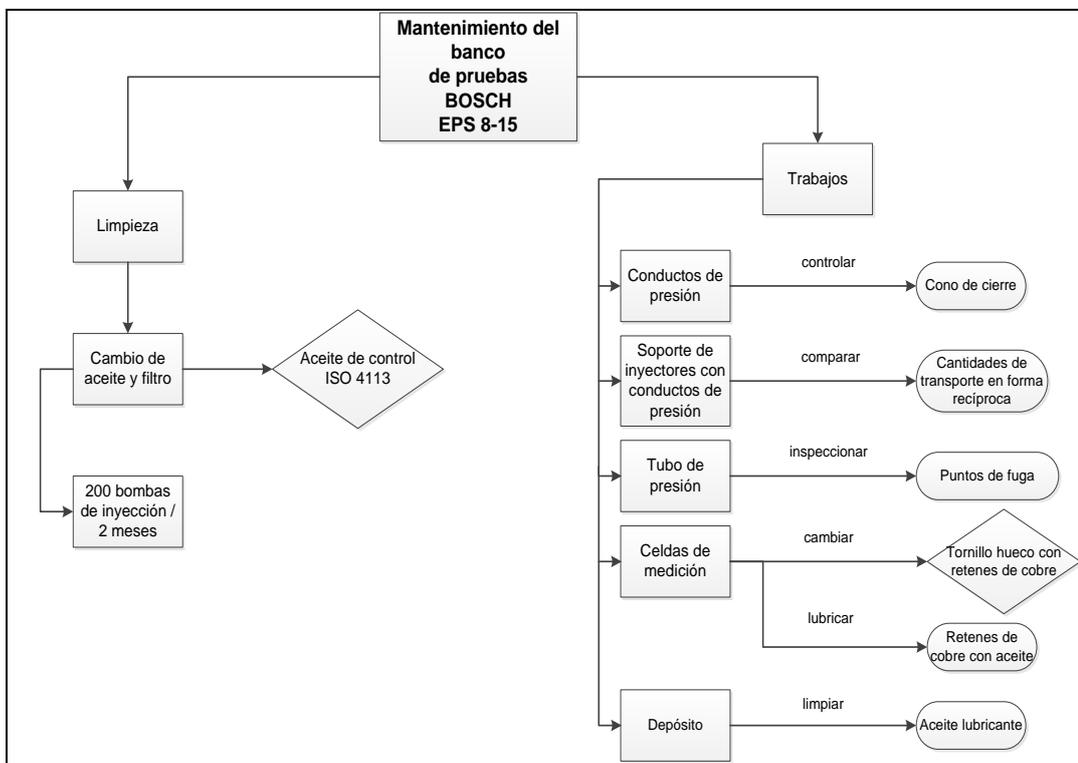


Figura 137 Esquema mantenimiento banco Bosch EPS-815

Limpieza.

El aceite de ensayo no debe estar sucio o mezclado con el aceite de lubricación de la bomba de inyección. Este aceite de ensayo tiene un color amarillo intenso o bien muy transparente está mezclado con aceite de ensayo turbio con un tono gris está sucio y puede dañar tanto la bomba de inyección como los porta-inyectores de ensayo.

El aceite de control y el filtro de aceite de ensayo deben ser cambiados/renovados:

- Después de controlar 200 bombas de inyección, pero a más tardar cada 2 meses.
- Durante la inspección principal, o según necesidad.

Durante este trabajo, limpiar y enjuagar siempre el tanque de aceite de ensayo (1) y el filtro de aspiración (2). El tanque de aceite de ensayo puede evacuarse a través de la bomba de transporte y la manguera de acceso a la bomba, (ver figura 138).

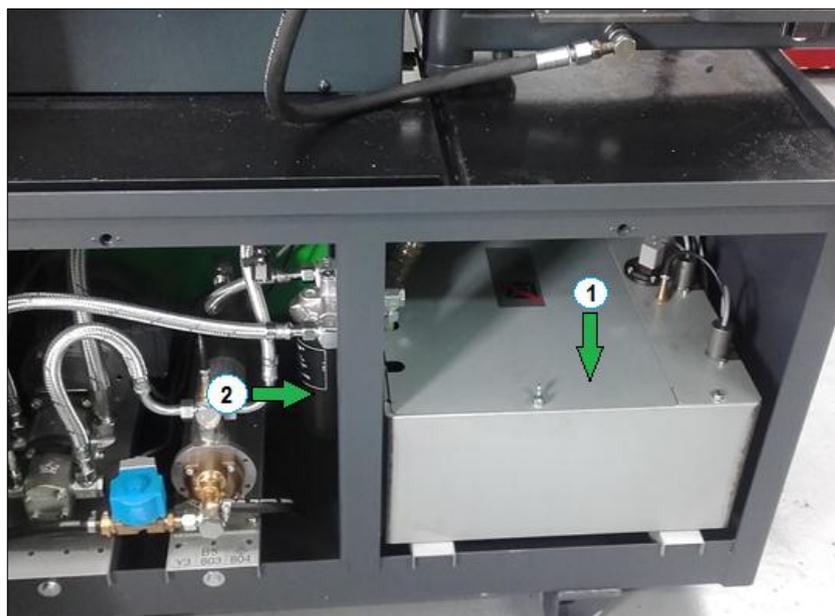


Figura 138 Tanque de aceite de ensayo – filtro de aspiración

- Cantidad de llenado: aprox. 50 litros.
- Emplear solo aceite de ensayo según norma ISO 4113.

Tabla 29**Tipos de aceite admitidos**

Tipo de aceite	Fabricante
SHELL Calibration Fluid S 9365	Shell International
Aceite SHELL V 1404	Shell Alemania
SHELL Normafluid B. R	Shell Francia
VISCOR Calibration Fluid 1487 AW-2	Rock Vallery
CASTROL fluido para Calibracao 4113	Castrol Brasil
ESSO EGL 70 147	Esso AG
BENZ UCF-1 Calibration Fluid	Benz Oil

Fuente: **(Bosch R., 2010)**

Aceite usado.

- El aceite usado ubicado en el espacio de almacenamiento (1) debajo del riel de montaje debe ser cambiado semanalmente o según necesidad.
- Colocar para ello un recipiente apropiado debajo de la llave de salida (2) y dejar salir el aceite.

**Figura 139 Drenaje aceite usado**

Servicio de mantenimiento.

- **Presión de abertura de inyector:** controlar según prescripción, si hace falta ajustar. Controlar antes el manómetro de control de inyectores.
- **Conductos de presión:** controlar el estado impecable del cono de cierre y las perforaciones, si hace falta cambiar por conductos nuevos.
- **Soporte de inyectores con conductos de presión:** intercambiar entre sí y comparar cantidades de transporte en forma recíproca. Deben obtenerse cantidades de transporte iguales.
- **Tubo de presión:** cambiar por filtro varilla o bien filtro tamiz.
- Inspeccionar el dispositivo de medición respecto a puntos de fuga y, si fuera necesario, eliminar los mismos.
- **Tubos de medición:** controlar visualmente, cambiarlos en caso necesario.
- Comprobar el dispositivo de medición respecto a la precisión de medición.
- **Celdas de medición:** efectuar seguidamente la medición de caudal en los canales de mediciones pares e impares y comparar los caudales entre sí: se pueden obtener los mismos caudales.
- Cambiar el tornillo hueco con retenes de cobre.
- Lubricar con aceite los retenes de cobre. Par de apriete: 30 + 3 Nm. (salida de la unidad de amortiguación y juegos de equipamiento ulterior).
- **Manómetros:** controlar con manómetro calibrado. Cambiar si hay discrepancias.
- **Aparato regulador y medidor de temperatura:** controlar su exactitud. Reparar si hay discrepancias.
- **Contador de carreras y revoluciones:** controlar la exactitud de medición. Reparar si hay discrepancias.
- **Aceite de control:** cambiarlo.
- **Filtro de aceite de control:** renovarlo.
- **Contenedor de aceite de control y filtro de aspiración:** limpiar y

enjuagar.

- **Aceite usado:** hacerlo salir en el espacio de almacenamiento debajo del riel de montaje.
- Cambiar el aceite lubricante.
- Limpiar el depósito de aceite lubricante.

4.11 Mantenimiento de accesorios.

4.11.1 Diagrama mantenimiento de accesorios.

Detalle del mantenimiento de accesorios, (ver figura 140):

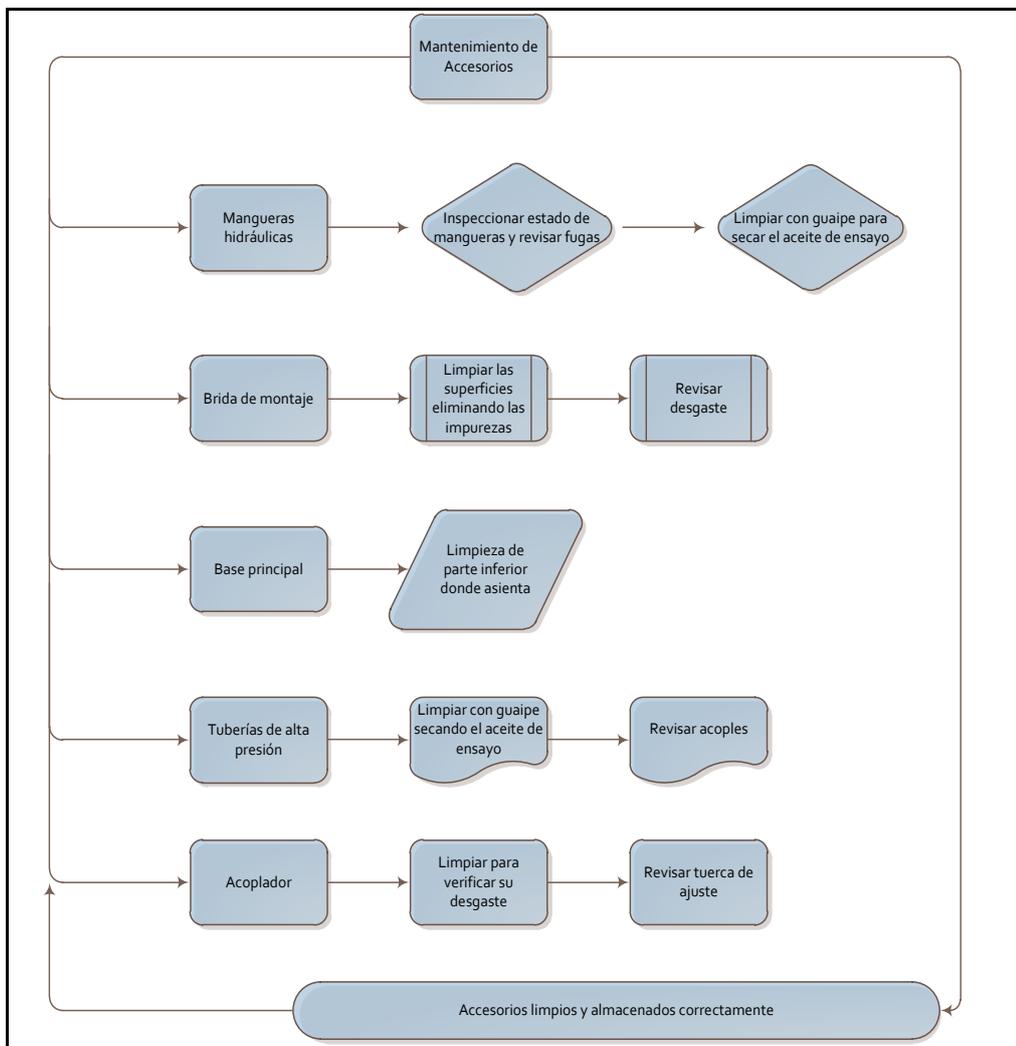


Figura 140 Esquema de mantenimiento de accesorios

1. Acoplador.

- Limpiar las superficies de contacto con un guaipe seco y almacenar en el mostrador del banco de pruebas.
- Revisar periódicamente la vincha y la tuerca de sujeción.

2. Brida de montaje.

- Limpiar antes de cada montaje utilizando un guaipe seco y eliminar las impurezas para su correcto acoplamiento.
- Revisar periódicamente los orificios donde sujetan los tornillos al momento del montaje de la bomba.

3. Base principal.

- Limpiar las superficies de contacto especialmente en la parte inferior donde guía con el riel y permita centrar la bomba en la consola de montaje.
- Lubricar los pernos de sujeción de la base, inspeccionar las tuercas y los resortes y cambiarlos en caso de encontrarse en mal estado y no cumplan con su función.

4. Tuberías de alta presión.

- Revisar estrictamente cada tubería que no tengan fugas y tenga el ajuste correcto cada acople.
- Cambiar periódicamente las tuberías para obtener medidas precisas en la calibración de las bombas.

5. Mangueras hidráulicas.

- Inspeccionar periódicamente el estado de las mangueras que no tengan fugas y que los acoples sellen normalmente al momento del apriete

tanto en el banco de pruebas como en la bomba de inyección.

- Limpiar las mangueras y sus respectivos acoples, para poder almacenarlas para su próxima utilización.

CAPÍTULO V

5. MARCO ADMINISTRATIVO

5.1 Recursos.

Con el propósito de llevar a cabo el proyecto de manera planificada y eficiente y optimizar el uso de los recursos: humanos, tecnológicos y materiales que son aspectos esenciales para el desarrollo del proyecto.

5.1.1 Recursos humanos.

En la elaboración del proyecto el grupo de investigación se conformó por:

Tabla 30

Recursos humanos

No.	Nominación	Referencia
1	Ing. Luis Mena	Tutor
2	Rommel Hurtado	Investigador
3	Miguel Murillo	Investigador

5.1.2 Recursos tecnológicos.

Para llevar a cabo el logro de las metas planteadas, fue necesario el uso de materiales y equipos tecnológicos, (ver tabla 31):

Tabla 31

Recursos tecnológicos

No.	Recursos
1	Banco Bosch EPS-815
2	Torno
3	Fresadora
4	Moladora

CONTINÚA →

5	Taladro
6	Soldadora
7	Software EPS945
8	Software SolidWorks 2016
9	Software Ansys 17.1
10	Cámara fotográfica
11	Computador portátil

5.1.3 Recursos materiales.

Reúne todos los materiales tangibles que se requieren para concretar el proyecto los cuales son: acoplador, base principal, brida de montaje, tuberías de alta presión, mangueras hidráulicas, herramientas especiales, bomba de inyección rotativa tipo VE marca Bosch, (ver tabla 32).

Tabla 32

Recursos materiales

No.	Recursos materiales
1	Bomba de inyección rotativa tipo VE Bosch
2	Acoplador
3	Base principal
4	Brida de montaje
5	Mangueras hidráulicas
6	Tuberías de alta presión
7	Adquisición de herramientas especiales

5.2 Análisis de costos del proyecto.

En la elaboración del proyecto se debe tener presente, el costo total del mismo concedido por el conjunto de accesorios para obtener una calibración adecuada de las bombas rotativas tipo VE. Conforme a esto se comprobó la rentabilidad de la ejecución del proyecto, para incorporar un conjunto de

accesorios ideal frente a otros de similares características, que sirve como guía para establecer costos e implementar en otros laboratorios.

Tabla 33**Costo acoplador**

Recurso	Cantidad	Unidad	Costo	C. Total
Acero AISI 4340	0.5	Bloque	\$80.00	\$40.00
Mano de obra	8	H	\$10.00	\$80.00
Energía eléctrica	25	kW/h	\$ 0.18	\$ 4.50
Total				\$124.50

Tabla 34**Costo brida de montaje**

Recurso	Cantidad	Unidad	Costo	C. Total
Acero AISI 1020	0.5	Bloque	\$80.00	\$40.00
Mano de obra	4	H	\$10.00	\$40.00
Energía eléctrica	15	kW/h	\$ 0.18	\$ 2.70
Total				\$82.70

Tabla 35**Costo base principal**

Recurso	Cantidad	Unidad	Costo	C. Total
Acero AISI 1020	1	Plancha ½ in 20x40	\$120.00	\$120.00
Mano de obra	10	H	\$10.00	\$100.00
Energía eléctrica	50	kW/h	\$ 0.18	\$ 9.00
Total				\$229.00

Tabla 36**Adquisición bomba, herramientas, cañerías y mangueras.**

Elementos	Cantidad	C. unitario	C. Total
Bomba de inyección rotativa tipo VE Bosch	1	\$600.00	\$600.00
Llave tubular de válvula reguladora	1	\$ 20.00	\$ 20.00

CONTINÚA →

Llave tubular de tapón de culata	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Llave de caja de soporte del regulador	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Medidor de avance	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Soporte de la bomba de alimentación	1	& 10.00	\$ 10.00
Cañerías	4	\$ 25.00	\$100.00
Manguera hidráulica	2	\$ 40.00	\$ 80.00
Total			\$930.00

Tabla 37**Costo total**

Nº.	Elemento	Cantidad	C. Unitario	C. Total
1	Acoplador	1	\$124.50	\$124.50
2	Brida de montaje	1	\$ 82.70	\$ 82.70
3	Base principal	1	\$229.00	\$229.00
4	Adquisición de Accesorios y herramientas especiales	1	\$330.00	\$930.00
Total				\$1366.20

5.2.1 Consideración del costo.

Al efectuar el control entre el costo económico junto con los alcances del proyecto, se señala que el proyecto titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ACCESORIOS PARA LA CALIBRACIÓN DE BOMBAS ROTATIVAS TIPO VE PARA EL BANCO DE PRUEBAS BOSCH EPS-815” se ha cumplido con los objetivos que establece un aporte trascendental a la comunidad y es un aporte primordial en la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

Ingresos por calibración mensual de bombas rotativas, (ver tabla 38).

Tabla 38**Ingresos por calibración de bomba rotativa**

Labor	Cantidad	Período	Monto	Total
Calibración	30 / mes	0.4 horas	\$60	\$1800

Egresos de calibraciones mensuales, (ver tabla 39).

Tabla 39**Egreso mensual por calibración**

Empleo	Egreso unitario	E. Total, mensual
Operador	\$ 500	\$500.00
Luz	\$ 0.74/bomba	\$ 22.20
Aceite de ensayo	\$ 2.00/bomba	\$ 60.00
Adicionales repuestos	\$ 90	\$ 90.00
Total		\$672.20

Para el cálculo se toma en consideración el valor del ingreso, egresos e inversión inicial:

Ecuación 23 Periodo de recuperación

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ingresos} - \text{Egresos}}$$

Donde:

PR= período de recuperación.

$$PR = \frac{766.20}{1800/mes - 672.2/mes}$$

$$PR = 0.68\text{-mes} \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$PR = 21 \text{ dias}$$

La inversión del presente proyecto se recuperará en 21 días, demostrado en la ecuación 23.

5.2.2 Financiamiento.

La propuesta es financiada por los autores de la investigación en su totalidad, debido que se lo realizo por motivación de adquirir conocimientos en el área y de esa manera servir a las personas que lo requieran siendo así un aporte a la comunidad.

Conclusiones.

Al terminar el proyecto de investigación se pone en consideración lo siguiente:

- Se diseñó accesorios para la calibración de la bomba rotativa tipo VE utilizando acertadamente el proceso de montaje en el banco de pruebas Bosch EPS-815.
- Se realizó la investigación, descubriendo fuentes confiables en libros, bibliotecas virtuales, manuales y tesis que orientó al análisis y diseño de accesorios.
- Se seleccionó los materiales más adecuados para el diseño y construcción de los accesorios.
- Se desarrolló un proceso técnico para el desmontaje, montaje y calibración de las bombas de inyección rotativas tipo VE en el banco de pruebas Bosch EPS-815.
- De acuerdo a la guía de la ficha de calibración del fabricante Bosch se determinó el número de pedido: 0 460 424 210 donde se obtuvo los datos de ajuste de dicha bomba.

Recomendaciones.

- Revisar que el aceite de control este en su nivel y no debe estar sucio o mezclado con el aceite de lubricación de la bomba de inyección.
- Se debe realizar un mantenimiento periódico al banco de pruebas Bosch según el manual; principalmente cambiando el filtro cada dos meses y realizar la limpieza del mismo semanalmente para su conservación.
- Poner en marcha el banco únicamente cuando los dispositivos de seguridad; protección móviles, dispositivos de parada de emergencia estén listos para el servicio.
- Utilizar equipo de protección personal, gafas, casco, mandil, guantes, tapones para los oídos, antes de realizar las pruebas dentro del laboratorio, ya que sin la utilización de ellos puede ocasionar riesgos de salud.
- Antes del proceso de comprobación se deben retirar las herramientas de montaje de la bomba de inyección, de la consola de montaje y la zona de acoplamiento.
- Utilizar las herramientas adecuadas para realizar el trabajo de mantenimiento de la bomba rotativa tipo VE.
- Reemplazar los componentes en mal estado y obtener una bomba bien calibrada, que será un cliente satisfecho.

BIBLIOGRAFÍA

- Bohman I. (2015). *Propiedades de los aceros*. Guayaquil: Iván Bohman C.A.
- Bosch R. (2010). *Manual original "Banco de pruebas para bombas de inyección EPS 807 / 815"*. Alemania: Bosch.
- Bosch R. (2015). *Sistemas Modernos de Inyección a Diésel*. México D.F.: Bosch.
- Bosch R. (02 de Junio de 2016). *Bombas VE*. Obtenido de http://br.bosch-automotive.com/media/parts/download_2/diesel/catalogo_catalogo_bombas_ve_2009_2010.pdf
- Budynas R., N. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley: octava edición*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Calleja D. (2015). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel*. Madrid: Paraninfo, SA.
- Castrol Corporation. (17 de Julio de 2016). *Calibration Oil 4113*. Obtenido de Calibration Oil 4113: [http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/2AF8D13D25BFB750802577E0005BB19F/\\$File/BPXE-8BGMVA_0.pdf](http://msdspds.castrol.com/bpglis/FusionPDS.nsf/Files/2AF8D13D25BFB750802577E0005BB19F/$File/BPXE-8BGMVA_0.pdf)
- Coredisa P. (14 de Mayo de 2016). *Aceite de calibración ISO 4113*. Obtenido de Common Rail Peru: <http://www.commonrailperu.com/aceite-calibracion-iso4113.html>
- Hermógenes G. (2002). *Sistemas de inyección Diésel*. Madrid: Ediciones Ceac.
- Mott R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México D.F.: Pearson Educación.
- Nippondenson Co. Ltda. (1995). *Manual de servicio "Bomba de inyección de combustible Tipo distribuidor VE"*. Japon: Nippondenson.
- Obregon A. (2000). *Manual de Practicas "Para talleres y Laboratorio diésel de las Bomba de inyección"*. México D.F.: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Parera A. (1996). *Inyección electrónica en motores diésel*. Barcelona: Boixareu.

- Pons P. (1996). *Mecánica Vehículos Pesados*. Madrid: Editorial Pons.
- R. Bosch Corporation. (2016). *ESI TRONIC 2016*. Alemania: Bosch.
- Soc.Covarrubias e hijos Ltda. (15 de Abril de 2016). *Catálogo general "Manguera Hidráulica"*. Obtenido de <http://www.sccovarrubias.cl/Manguera%20Hidrau.pdf>
- Torres G. (2005). Metodología para el diagnóstico del sistema de inyección de motores diésel a partir de las líneas de inyección. En T. A. Giovanni, *Metodología para el diagnóstico del sistema de inyección de motores diésel a partir de las líneas de inyección* (págs. 62-69). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

ANEXOS

ANEXO A Listado de accesorios y herramientas

ANEXO B Tabla de calibración

ANEXO C Tabla de manguera hidráulica

ANEXO D Resultados de la calibración

ANEXO E Planos de detalle



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **ROMMEL IVÁN HURTADO LARA** y **MIGUEL ÁNGEL MURILLO VARELA**.

En la ciudad de Latacunga a los 05 días del mes de agosto del 2016.

Ing. Luis Mena

DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Danilo Zambrano

DIRECTOR DE CARRERA

Dr. Juan Carlos Díaz

SECRETARIO ACADÉMICO