



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

EXTENSIÓN LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE
PRUEBAS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN
ROTATIVA CON MANDOS ELECTRÓNICOS EN
MOTORES DIESEL (CHEVROLET D-MAX 3.0)**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

REALIZADO POR:

FERNANDO MARCELO ALULEMA CRIOLLO

Latacunga, Diciembre de 2013

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Fernando Marcelo Alulema Criollo

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA CON MANDOS ELECTRÓNICOS EN MOTORES DIESEL (CHEVROLET D-MAX 3.0)**” lo he desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando todo derecho intelectual de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía de este texto, consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y del alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, diciembre de 2013

Fernando Marcelo Alulema Criollo
CC. 1804018271

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Ing. Luis Mena (DIRECTOR DE PROYECTO)

Ing. Guillermo Cruz (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA CON MANDOS ELECTRÓNICOS EN MOTORES DIESEL (CHEVROLET D-MAX 3.0)**” realizado por FERNANDO MARCELO ALULEMA CRIOLLO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN documento empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autoriza al señor: FERNANDO MARCELO ALULEMA CRIOLLO, que lo entreguen al ING. JUAN CASTRO CLAVIJO, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Ing. Luis Mena
DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Guillermo Cruz
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Yo, Fernando Marcelo Alulema Criollo

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la institución del trabajo **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA CON MANDOS ELECTRÓNICOS EN MOTORES DIESEL (CHEVROLET D-MAX 3.0)**, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre de 2013

Fernando Marcelo Alulema Criollo

CC. 1804018271

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a toda mi familia a mi esposa e hijo que fueron el motor que me dio la fuerza para seguir con mi propósito, a mis hermanos por las palabras de alientos de cada día y a mis padres que con su esfuerzo y confianza me apoyaron incondicionalmente a culminar mis estudios y por ende la realización de este proyecto de grado,

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me ayudaron en la realización de este proyecto de tesis en especial a los ingenieros que me respaldaron con sus conocimientos académicos y tecnológicos y de igual manera a mis primos y a mi padre por la colaboración en el diseño y construcción del mismo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvii
ÍNDICE DE FORMULAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.....	1
1. PARÁMETROS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR	1
1.1. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN.....	1
1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN.	2
1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN EN LA COMBUSTIÓN.....	4
1.2.2.- SISTEMAS DE LOS INYECTORES DIESEL.....	9
1. 3. CONDICIONES DE LA INYECCIÓN EN LOS MOTORES DIESEL.....	16
CAPÍTULO II.....	18
2. BOMBAS DE INYECCIÓN.....	18
2.1. BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS.....	21
2.1.2.- BOMBA DE INYECCIÓN DPC	28
2.1.3. BOMBA DE INYECCIÓN ROOSA MÁSTER.....	29
2.1.4. BOMBA DE INYECCIÓN BOSCH EP VE Y EP VA.	30
2.1.5.- BOMBA DE INYECCIÓN DP 200 LUCAS.	32

2.1.6.- BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA VP 44.....	34
A.- SISTEMA DE BAJA PRESIÓN.	36
B. SISTEMA DE ALTA PRESIÓN	40
C.- GESTIÓN ELECTRÓNICA DE LA BOMBA	49
2.2. CONTROL ELECTRÓNICO DE LA INYECCIÓN DIESEL.	50
2.2.1. INTERCAMBIO DE DATOS CON OTROS SISTEMAS.....	55
2.2.2. REGULACIÓN DE INYECCIÓN.	59
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL DIESEL.....	67
2.4. SISTEMAS DE FILTRADO.....	76
2.4.1. FILTRACIÓN PARALELA.	76
2.4.2. FILTRACIÓN RADIAL.....	78
2.5. FILTROS DE COMBUSTIBLE.	78
2.6. FILTROS SEPARADORES DE AGUA (RACOR).	85
2.6.1. COMO SELECCIONAR UN FILTRO RACOR.....	88
2.7. ADITIVOS PARA COMBUSTIBLE.....	90
CAPÍTULO III.....	91
3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	91
3.1. DISEÑO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS.	91
3.1.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS.....	93
3.1.3. DISEÑO DEL ACOPLER MOTOR – BOMBA.	95
3.1.4. DISEÑO DEL DISCO FLEXIBLE DEL ACOPLER.....	100
3.1.5. DISEÑO DE LA CÁMARA DE INYECCIÓN	105
3.1.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL BANCO.....	110
3.2. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	116
3.3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO	119
CAPÍTULO IV	123
4. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS	123
4.1. CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA ROTATIVA.....	129
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ROTATIVA VP44.....	129
4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE PODER.	130

4.4.- MÓDULO DE ACTIVACIÓN DE LA BOMBA	134
4.5. ACOPLAMIENTO DE LOS ELEMENTOS	136
4.6.- FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	144
4.7. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.	146
4.8.- MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	147
CAPÍTULO V	150
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
5.1. CONCLUSIONES.....	150
5.2. RECOMENDACIONES.....	150
5.3. BIBLIOGRAFÍA.....	151
5.4. ANEXOS	152
5.4.1. HOJAS DE SEGURIDAD.....	152
5.4.2. PLANOS.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Bombas de inyección e inyectores diesel	4
Figura N° 1.2	Zonas del spray formado de combustible en la cámara de combustión.	5
Figura N° 1.3	Diagrama de la tasa de inyección y de la tasa de liberación de calor para un motor Diesel de inyección directa donde se identifica las fases del proceso de combustión.	6
Figura N° 1.4	Descripción esquemática de la secuencia de sucesos ocurridos durante el proceso de inyección - combustión diesel (OH* - CH* quimioluminiscencia del radical)	9
Figura N° 1.5	Inyector de orificios.....	11
Figura N° 1.6	Inyector de tetón.....	12
Figura N° 1.7	Inyector mecánico	13
Figura N° 1.8	Inyector de solenoide.....	14
Figura N° 1.9	Inyector piezoeléctrico	14
Figura N° 1.10	Inyector HEUI	15
Figura N° 1.11	Comprobador de inyectores.....	16
Figura N° 2.12	Bomba lineal PE	19
Figura N° 2.13	Tipos de bomba en línea	20
Figura N° 2.14	Bomba Rotativa.....	22
Figura N° 2.15	Elementos de la bomba rotativa	23
Figura N° 2.16	Bomba DPA.....	24
Figura N° 2.17	Despiece de bomba DPA	25
Figura N° 2.18	Bomba de inyección DPC.....	28
Figura N° 2.19	Tipos de bomba de inyección Roosa Máster	30
Figura N° 2.20	Bomba de inyección Bosch EP VE	31
Figura N° 2.21	Bomba de inyección Bosch EP VA.....	32
Figura N° 2.22	Bomba de inyección DP200.....	33
Figura N° 2.23	Flexibilidad de caudal	33

Figura N° 2.24	Bomba rotativa VP44.....	34
Figura N° 2.25	Sensores y actuadores de la bomba VP 44.....	36
Figura N° 2.26	Bomba de émbolos sistema de baja presión	37
Figura N° 2.27	Despiece de baja presión de una bomba de inyección	38
Figura N° 2.28	Elementos del sistema de combustible de alta presión	43
Figura N° 2.29	Conjunto de cabeza y embolo distribuidor	44
Figura N° 2.30	Válvula de reaspiración	47
Figura N° 2.31	Desplazamiento de cono de válvula	48
Figura N° 2.32	Sección de inyector diesel	49
Figura N° 2.33	Puerto de conexión del módulo de control.....	54
Figura N° 2.34	Sistemas de control	56
Figura N° 2.35	Componentes para el intercambio de datos.....	58
Figura N° 2.36	Sensor TPS de Chevrolet D MAX.....	60
Figura N° 2.37	Ejemplo del amortiguador activo de sacudidas	61
Figura N° 2.38	Ejemplo de la regulación de suavidad de marcha	62
Figura N° 3.39	Especificaciones del combustible diesel	68
Figura N° 2.40	Calidad del diesel en america latina, c.- Corriente, e.- Extra	71
Figura N° 2.41	Filtro CAV	77
Figura N° 2.42	Filtración Paralela y Filtración Radial de combustible	77
Figura N° 2.43	Esquema de un sistema de combustible	79
Figura N° 2.44	Filtro de papel plegado	80
Figura N° 2.45	Filtro de algodón y fieltro	80
Figura N° 2.46	Filtro de metal sinterizado.....	81
Figura N° 2.47	Filtro contaminado por agua	82
Figura N° 2.48	Filtro contaminado con bacterias	84

Figura N° 2.49	Filtro contaminado con sedimentos y otros sólidos	85
Figura N° 2.50	Filtro separador de agua.....	86
Figura N° 2.51	Instalación de filtros primario y secundario	87
Figura N° 2.52	Filtro Racor	88
Figura N° 2.53	Tipos de series de Racor (marca de referencia DAHL)	89
Figura N° 2.54	Aditivos para el combustible diesel	90
Figura N° 3.55	Componentes del Banco de Pruebas	91
Figura N° 3.56	Modelo del Acople Motor - Bomba.....	96
Figura N° 3.57	Asignación de cargas y sujeciones al acople motor - bomba	97
Figura N° 3.58	Mallado del acople motor - bomba.....	98
Figura N° 3.59	Tensión de Von Mises en el acople motor – bomba	99
Figura N° 3.60	Distribución del factor de seguridad en el acople motor-bomba.....	100
Figura N° 3.61	Modelo del disco flexible.....	101
Figura N° 3.62	Asignación de cargas y sujeciones al disco flexible	102
Figura N° 3.63	Mallado del disco flexible	103
Figura N° 3.64	Tensión de Von Mises en el disco flexible	104
Figura N° 3.65	Desplazamientos resultantes en el disco flexible	104
Figura N° 3.66	Distribución del factor de seguridad en el disco flexible	105
Figura N° 3.67	Modelo ensamblado de la Cámara de Inyección	106
Figura N° 3.68	Asignación de cargas y sujeciones a la Cámara de Inyección.....	107
Figura N° 3.69	Mallado de la Cámara de Inyección.....	108

Figura N° 3.70	Tensión de Von Mises en la Cámara de Inyección	108
Figura N° 3.71	Desplazamientos resultantes en la Cámara de Inyección	109
Figura N° 3.72	Distribución del factor de seguridad en la Cámara de Inyección.....	110
Figura N° 3.73	Modelo de la estructura soporte del banco de pruebas	111
Figura N° 3.74	Asignación de cargas y sujeciones a la estructura soporte del banco de pruebas.....	112
Figura N° 3.75	Mallado de la estructura soporte del banco de pruebas	113
Figura N° 3.76	Tensión de Von Mises en la estructura soporte del banco de pruebas	114
Figura N° 3.77	Desplazamientos resultantes en la estructura soporte del banco de pruebas.....	115
Figura N° 3.78	Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte del banco de pruebas.....	116
Figura N° 3.79	Elementos del circuito hidráulicos de alta presión	117
Figura N° 3.80	Cañería de nylon del circuito de baja presión	118
Figura N° 3.81	Diagrama de Circuito del EMC	119
Figura N° 3.82	Diagrama de Conexiones del ECM.....	120
Figura N° 3.83	Diagrama de Conexiones del ECM.....	121
Figura N° 3.84	Diagrama de Control de Bomba de Inyección	121
Figura N° 3.85	Diagrama General	122
Figura N° 4.86	Proceso de soldadura al arco eléctrico SMAW (electrodo revestido) utilizado en la construcción de la estructura del banco.....	123

Figura N° 4.87	Estructura del banco de pruebas	124
Figura N° 4.88	Estructura para la inyección y medición de combustible.	124
Figura N° 4.89	Platina porta inyectores (A), probetas de medición (B)	125
Figura N° 4.90	Depósito de combustible.	125
Figura N° 4.91	Estructura del panel eléctrico.....	126
Figura N° 4.92	Variador de frecuencia	126
Figura N° 4.93	Instalación y acoplamiento de motor eléctrico y bomba de combustible VP44	127
Figura N° 4.94	Instalación de la base del filtro primario	127
Figura N° 4.95	Instalación de la base del filtro secundario	128
Figura N° 4.96	Bomba de Inyección Electrónica VP44	130
Figura N° 4.97	Batería 12 V	131
Figura N° 4.98	Características de Auto Descarga	133
Figura N° 4.99	ECM D-MAX 3.0	134
Figura N° 4.100	Mesa de trabajo.....	136
Figura N° 4.101	Vista frontal y posterior de la porta inyectores	137
Figura N° 4.102	Instalación de inyectores y porta probetas.....	137
Figura N° 4.103	Instalación de probetas.....	138
Figura N° 4.104	Filtro primario (A) filtro secundario (B)	138
Figura N° 4.105	Brida de conexión (A) Anti vibrador (B).....	139
Figura N° 4.106	Instalación y acoplamiento de la bomba VP44	139
Figura N° 4.107	Conexión entre el depósito y los filtros de combustible	140
Figura N° 4.108	Conexión entre los filtros y la bomba VP 44	141
Figura N° 4.109	Instalación de cañerías de acero entre la bomba VP44 y los inyectores	141

Figura N° 4.110 Panel frontal eléctrico: variador de frecuencia, interruptores de encendido, break monofásico	142
Figura N° 4.111 Instalaciones eléctricas.....	143
Figura N° 4.112 Acoplamiento de la ECU.....	143
Figura N° 4.113 Socker de conexión de la bomba VP44	144
Figura N° 4.114 Banco de pruebas armado completo	145
Figura N° 4.115 Purga del filtro de combustible.....	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1	Clasificación de las bombas de inyección en línea.....	21
Tabla N° 2.2	Valores de puntos de inflamacion de combustible	69
Tabla N° 2.3	Tabla comparativa de densidad y viscosidad.....	70
Tabla N° 2.4	Comparación de número de cetano.....	72
Tabla N° 2.5	Propiedades del diesel	74
Tabla N° 2.6	Valores del poder calorífico de combustibles	75
Tabla N° 2.7	Selección de filtro Racor	89
Tabla N° 3.8	Propiedades del acero estructural AISI 1010.....	96
Tabla N° 3.9	Propiedades del acrílico medio impacto.....	101
Tabla N° 3.10	Propiedades del acero ASTM A36.....	106
Tabla N° 3.11	Propiedades del acero ASTM A36.....	111
Tabla N° 4.12	Tabla de funcionamiento.....	147

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 2.1 Esquema funcional de la Bomba C.A.V serie D.P.A	27
Cuadro N° 2.2 Fases de la generación y distribución de combustible a alta presión	45
Cuadro N° 2.3 Regulación del comienzo de inyección	65
Cuadro N° 2.4 Regeneración de las señales del sensor de movimiento de aguja.....	67

ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula N° 1 Torque transmitido por el motor (T_M):	93
Fórmula N° 2 Peso del combustible (diesel):	94

RESUMEN

El siguiente documento se presenta como un trabajo previo a la obtención del pre grado en Ingeniería Automotriz y que tuvo como objetivo diseñar y construir un banco didáctico para el funcionamiento de la BOMBA ELECTRÓNICA VP 44 para el uso formativo de futuros profesionales en el área de Ingeniería Automotriz.

En el proyecto se representa el funcionamiento del sistema de combustible de un vehículo CHEVROLET D-MAX 3.0, con el cual se indica la variación de caudal entregada por la bomba mediante las variaciones de revoluciones por minuto que genera el motor utilizado en el banco.

En el desarrollo del proyecto se aplican procedimientos, técnicas, métodos de investigación, diseño y construcción, normas de seguridad y primeros auxilios que darán como resultado una culminación y una manipulación exitosa del proyecto planteado, en este proyecto se desarrollaron dos puntos cruciales como son: el diseño mecánico y el diseño eléctrico que conjuntamente con la parte hidráulica existentes en los vehículos a diesel nos ayudaron a simular el funcionamiento de la BOMBA ELECTRÓNICA VP44

La culminación de nuestro proyecto da como resultado la realización de pruebas que mediante la variación de revoluciones de la bomba nos dan unas diferencias de caudal entregada hacia los inyectores, lo cual conduce a una formulación de conclusiones y recomendaciones, con una correcta manipulación del banco de pruebas para el beneficio de los estudiantes de la institución

ABSTRACT

The following document is presented as a work prior to obtaining undergraduate courses in automotive engineering and aimed to design and build a functioning bank didactic ELECTRONIC PUMP VP 44 for educational use of future professionals in the area of engineering automotive.

The draft shows the operation of the fuel system of a vehicle CHEVROLET D-MAX 3.0 with which indicates the variation of flow delivered by the pump through variations rpm.

In developing the project uses procedures, techniques, research methods, design and construction, safety and first aid will result in completion and successful manipulation of the proposed project, this project is developing two crucial points such as the mechanical design, electrical design in conjunction with the existing hydraulic diesel vehicles helped us to simulate the operation ELECTRONIC PUMP VP44

The culmination of our project results testing that by varying pump speed gives us a differential flow delivered to the injectors which leads to a formulation of conclusions and recommendations and the proper handling of a testbed for the benefit of students of the institution.

CAPÍTULO I

1. PARÁMETROS EN EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR

1.1. EL PROCESO DE COMBUSTIÓN.

La Combustión es una reacción termoquímica muy rápida, entre el oxígeno del aire y el combustible, para formar teóricamente CO₂ y H₂O, más el consiguiente desprendimiento de calor (Reacción exotérmica). Para que se produzca la reacción de una manera efectiva, el combustible debe pasar a estado gaseoso para mezclarse con el oxígeno. De esta manera, la reacción se generará de una forma más eficaz debido a que el proceso no es 100% eficaz, parte de los reactivos no se transforman en CO₂ y H₂O, sino que se formarán en sustancias contaminantes que se emiten al exterior en forma de emisiones. Como consecuencia, parte de la energía química de los reactivos no se transformarán en calor.

El periodo de combustión es muy corto, en torno a decenas de milisegundos, ya que se necesita que la reacción sea rápida y completa, el periodo de combustión normalmente está entre 40° y 50° de giro de cigüeñal (que va entre 20° APMS y de 20° a 30° DPMS). Si por ejemplo, en un motor que funciona a 1500 rpm. El tiempo disponible para la combustión será de:

$$50^\circ (1 \text{ min}/1500 \text{ rpm}) \times (1 \text{ rpm}/360^\circ) \times (60 \text{ seg}/1 \text{ min}) = 5.6 \text{ ms}$$

Para que se produzca una buena combustión se deben de cumplir varias premisas:

- Transformar el combustible líquido a estado gaseoso ya que cuanto mayor sea el peso molecular del compuesto del hidrocarburo menos volátil será, y así será más complejo el proceso de combustión.¹
- Hacer que el aire y el combustible se mezclen y alimenten la zona de ignición y de combustión.

La ignición del combustible se produce cuando está finamente pulverizada, con una temperatura suficiente dentro de la cámara de combustión, sin embargo de no estar con las condiciones adecuadas (como son: moléculas muy grandes, poca cantidad de oxígeno y/o temperatura insuficiente) el combustible se quemará parcialmente, es decir que se oxidará formando partículas de carbonilla y otros tipos de partículas contaminantes.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN.

Para realizar la combustión es necesario inyectar una determinada cantidad de diesel finamente pulverizado en la cámara de combustión, en la cual se encuentra el aire comprimido a una temperatura elevada. Dicha misión está encomendada a los inyectores, que reciben el combustible de la bomba de inyección la cual se observa en la figura 1.1

El combustible debe ser inyectado en la cámara de combustión, pues el correcto funcionamiento de un motor Diesel depende en gran parte de una inyección correcta. Las condiciones esenciales son:

¹

http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/analisis_de_la_combustion.pdf

- Suministrar a cada cilindro y en cada ciclo la cantidad de combustible justa, adecuándola a las condiciones de marcha del motor.
- Iniciar la inyección en el momento preciso, de manera que la combustión se realice de forma correcta y por completo, variando el punto de inyección a medida que el régimen de giro del motor varíe haciendo que la bomba de inyección aumente o disminuya su caudal de entrega.²
- Pulverizar el combustible, de forma que se reparta uniformemente dentro del cilindro para facilitar su inflamación.
- Dar a esas gotas de combustible la suficiente capacidad de penetración en la cámara donde se encuentra el aire comprimido.
- Difundir de manera uniforme las partículas de combustible en el aire de la cámara de combustión.
- Los elementos encargados de cumplir estas necesidades son: 1.- La bomba de inyección, que se encarga de dar combustible a cada inyector en el momento oportuno a la presión requerida y en una cantidad determinada para cada condición de funcionamiento del motor; 2.- Los inyectores, que pulverizan el combustible en el interior de las cámaras de combustión de forma uniforme sobre el aire comprimido que las llena.

2



Figura N° 1.1 Bombas de inyección e inyectores diesel

Fuente.- <http://www.sasguildford.com/fuel.html>

1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA INYECCIÓN EN LA COMBUSTIÓN.

Cuando se inyecta combustible en la cámara de combustión de un motor diesel se forman zonas ricas y otras zonas pobres en el interior de la cámara, estas dos zonas están involucradas en el proceso de combustión. En las zonas ricas el combustible suele generar mayor cantidad de CO, HC, mientras que en las zonas pobres se produce mayor cantidad de NOX.

En la figura 1.2, se observa que el chorro de combustible se atomiza en finas gotas de combustible. Cuando el aire se encuentre aproximadamente en 1000° K, el combustible se evapora de manera muy fácil. La entrada del aire en la cámara de combustión hace que se forme un torbellino, evaporando más fácilmente el combustible, al arrastrar parte del spray y mezclándose con él, creando zonas ricas y pobres en combustible. La inflamación suele producirse muy cerca del punto estequiométrico, quemándose toda la mezcla disponible instantáneamente. La mezcla que no se puede quemar por su pobreza tiende a oxidarse en parte pero no se quema.

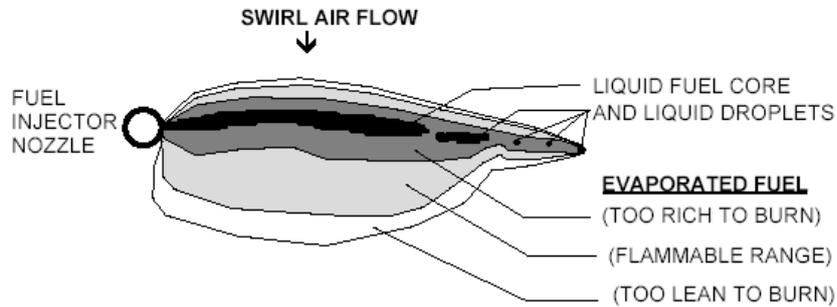


Figura N° 1.2 Zonas del spray formado de combustible en la cámara de combustión.

Fuente:http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/analisis_de_la_combustion.pdf

La mezcla formada alrededor del spray de diesel produce dos zonas: la inflamable y la combustible. Cada una de ellas es importante desde el punto de vista de formación de contaminantes.

Probablemente la forma más tradicional de representar la evolución del proceso de combustión de un motor Diesel es la comparación entre la evolución temporal de la masa de combustible inyectada por unidad de tiempo (tasa de inyección 1), y la energía liberada en el proceso de combustión por unidad de tiempo (tasa aparentemente de liberación de calor). Este último parámetro se calcula a partir de la medida de presión instantánea, mediante la aplicación combinada de la primera ley de la Termodinámica y de las ecuaciones de estado al volumen de gas encerrado en el cilindro. Otras propiedades termodinámicas se pueden estimar mediante la aplicación de modelos de diagnóstico de la combustión basados en estos mismos conceptos. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo de la evolución temporal de ambas tasas características para un motor Diesel de inyección directa. La secuencia de fases se describe a continuación³:

³ <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8192/tesisupv3256.pdf>

- **Tiempo de Retraso (T_{delay}):** Esta fase empieza con el inicio de la inyección del combustible (SOI) y termina cuando se produce el inicio del proceso de combustión (SOC) figura 1.3. Durante esta fase (definida desde el instante de tiempo en el cual la tasa de inyección crece por encima de cero), el combustible se mezcla con el aire gracias a una serie de procesos físicos como son la atomización del combustible líquido, la evaporación del combustible atomizado y el englobamiento del aire.

Dadas las propiedades termodinámicas de la atmósfera donde se inyecta, la mezcla de aire y combustible no es estable, en el interior de la misma comienzan a darse pre-reacciones químicas de baja intensidad que producen la rotura de moléculas de combustible en cadenas de hidrocarburos más cortas, junto con la formación de radicales libres

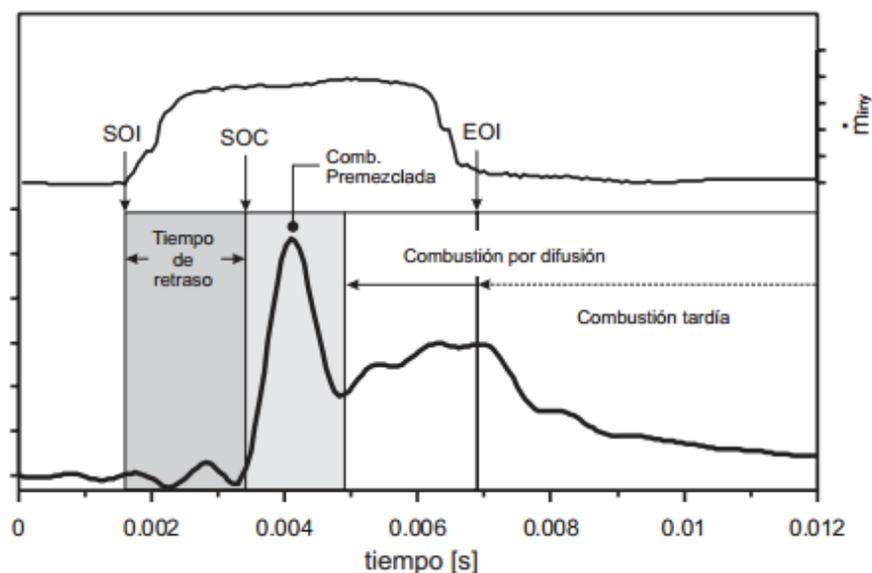


Figura N° 1.3 Diagrama de la tasa de inyección y de la tasa de liberación de calor para un motor Diesel de inyección directa donde se identifica las fases del proceso de combustión.

Fuente: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8192/tesisupv3256.pdf>

Las pre-reacciones culminan con el autoencendido espontáneo de la mezcla marcando el final de la fase de retraso. Dicho autoencendido suele definirse como el momento en que se produce un crecimiento súbito de la ley de liberación de calor. La duración de esta fase dependerá de las condiciones operativas del motor.

- **Combustión Premezclada:** Esta fase es la que sigue al T_{delay} . De carácter no estacionario, se caracteriza por una rápida oxidación del combustible que se ha mezclado con el aire entre los límites de inflamabilidad en la fase previa. La cinética química entra en una fase de alta temperatura con lo que la tasa de consumo de combustible crece de una manera elevada y como consecuencia se presenta una elevada tasa de liberación de calor.

El fuerte incremento de temperatura junto con el aumento brusco de presión en un intervalo de tiempo tan corto, favorece el ruido de motor característico de los Diesel. A partir del consumo de combustible se forman tanto las especies finales CO_2 y H_2O , como los productos intermedios precursores del hollín. La forma característica de la ley de liberación de calor durante esta etapa es un perfil casi triangular con un máximo y una caída a un mínimo relativo donde se suele definir el final del proceso de combustión premezclada.

- **Combustión por Difusión:** Una vez que se consume toda la masa de la mezcla adquirida en el tiempo de retraso, se observa una tasa más baja de liberación de calor que corresponde a la fase de combustión por difusión. La ley de liberación de calor durante la combustión por difusión está controlada principalmente por el proceso de mezcla del combustible evaporado con el aire en el interior de la cámara de combustión. La hipótesis generalmente

asumida es que la combustión durante esta fase se realiza en condiciones localmente estequiométricas o próximas a ella. Durante esta fase la estructura de la llama alcanza un período cuasi-estacionario que se mantiene mientras se siga inyectando combustible.

- **Combustión por Difusión Tardía⁴**: Una vez que se termina el aporte de combustible (EOI) figura 1.4, termina el período cuasi-estacionario de la combustión por difusión. En esta fase final, de combustión por difusión tardía, se detiene el aporte de cantidad de movimiento del chorro para el proceso de mezcla, observándose un decrecimiento progresivo de la ley de liberación de calor causado por el deterioro del proceso de mezcla aire-combustible.

El fenómeno de oxidación queda controlado entonces por la turbulencia residual que queda en la cámara de combustión hasta que se consuma todo el combustible.

⁴ <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8192/tesisupv3256.pdf>

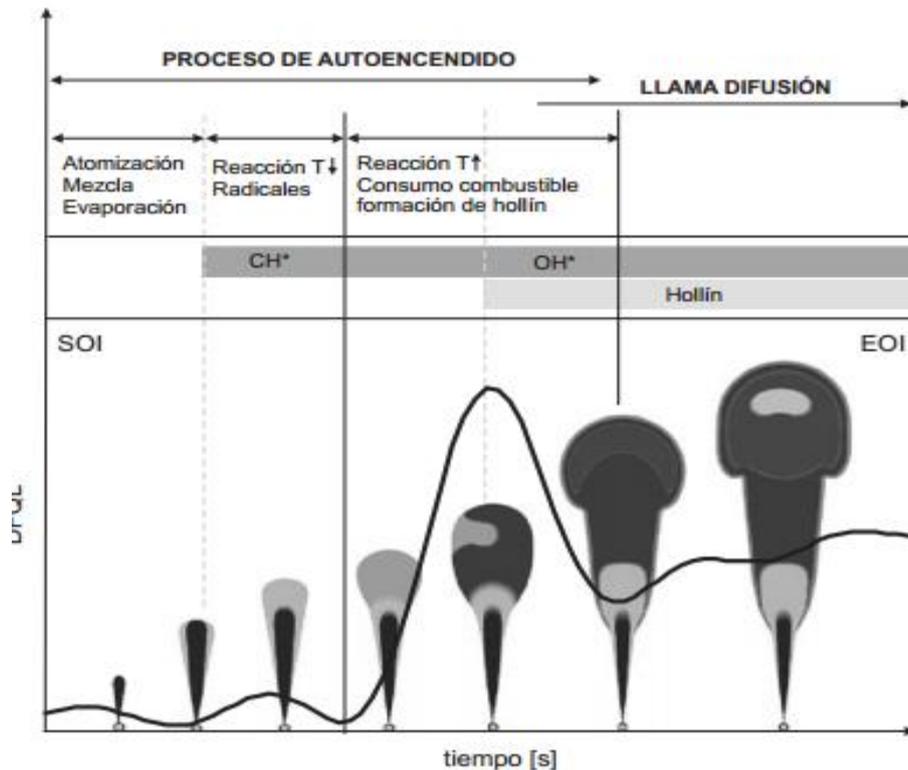


Figura N° 1.4 Descripción esquemática de la secuencia de sucesos ocurridos durante el proceso de inyección - combustión diesel (OH* - CH* quimioluminiscencia del radical)

Fuente: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8192/tesisupv3256.pdf>

1.2.2.- SISTEMAS DE LOS INYECTORES DIESEL.

Para lograr una buena combustión, es necesario que el combustible sea inyectado en el interior del cilindro muy finamente pulverizado, con el objetivo de lograr una mejor y más rápida combustión, el inyector es el elemento que cumple los requisitos necesarios para conseguir la pulverización del combustible en la medida idónea y distribuirlo uniformemente por la cámara de combustión. Es por eso que sus características dependen del tipo de cámara en que va montado el inyector, cualquiera que sea su tipo, se fija a la cámara de combustión por medio del porta inyector, que está formado por un cuerpo al que se acopla

el inyector en sí, o como también se le llama, tobera. Éste último lo compone el cuerpo y la aguja (una tuerca es la encargada de fijar la unión).

Debido a las diferentes cámaras de combustión utilizadas en los motores Diesel, la forma, fuerza de penetración, y pulverización del chorro de combustible proporcionado por el inyector están adaptados a las condiciones específicas del motor. De esta manera, se distinguen dos tipos esenciales de inyectores:

- De orificios.
- De tetón o espiga.

En el caso del inyector de orificios figura 1.5, tiene uno o varios orificios para la salida de combustible, las válvulas que van en su interior abren y cierran las salidas sin introducirse en dichos orificios, estando más expuestos a taponarse por la carbonilla generada por la combustión del combustible. Sin embargo tiene la ventaja de permitir la orientación y el reparto del diesel pulverizado asegurando una completa combustión, aunque no haya una gran turbulencia de aire, de ahí que sea muy utilizado en las inyecciones directas, la presión de inyección es superior a los inyectores de espiga alcanzando valores entre 350 y 300 kg/cm².

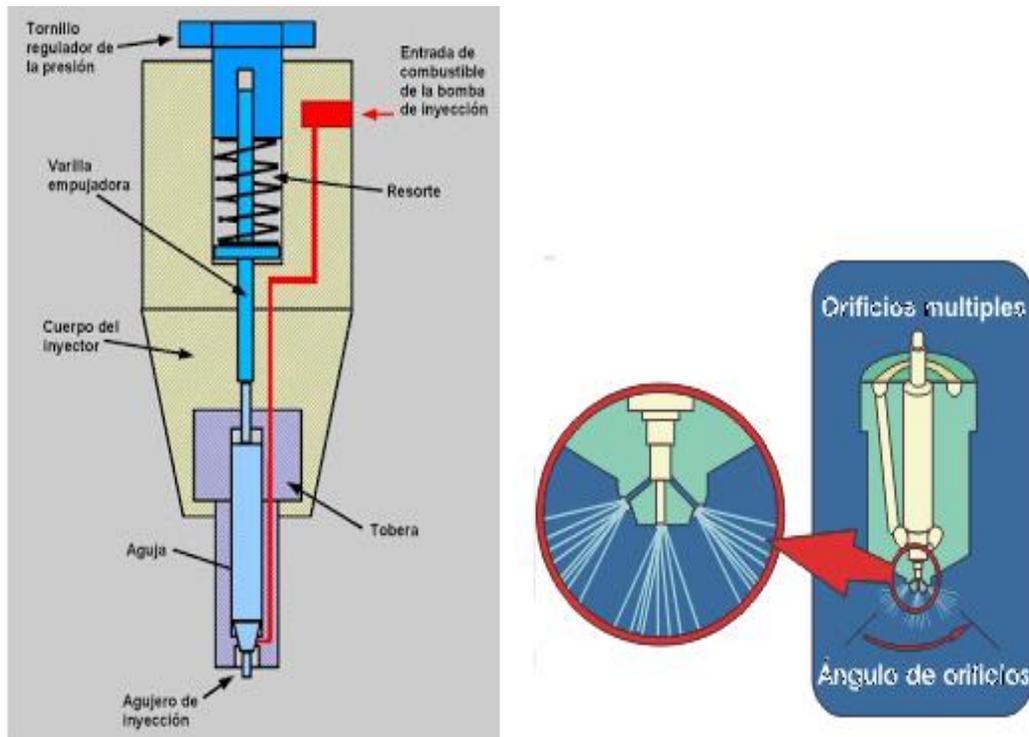


Figura N° 1.5 Inyector de orificios

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/inyectores.html>

En el caso de los inyectores de tetón o espiga figura 1.6, tienen su aplicación en motores con pre cámara o cámara de turbulencia, la preparación de la mezcla de combustible se efectúa principalmente mediante turbulencia de aire asistida por un chorro de inyección con la forma apropiada, para este tipo de inyectores la presión de apertura de inyección se encuentra sobre los 110 y 135 bares, este tipo de inyector tiene su nombre por la válvula en forma de espiga que entra y sale en el orificio de paso de combustible siendo difícil su taponamiento, el cierre de flujo de combustible se efectúa por la parte cónica que lleva por encima de la espiga.

En la actualidad, y gracias al avance de los distintos materiales, algunas piezas de los inyectores son realizadas en material plástico, en zonas donde la presión no sea un peligro para su integridad, también se siguen

fabricando inyectores completamente metálicos, siendo su accionamiento de forma mecánica con solenoides, piezo eléctricos o HEUI.

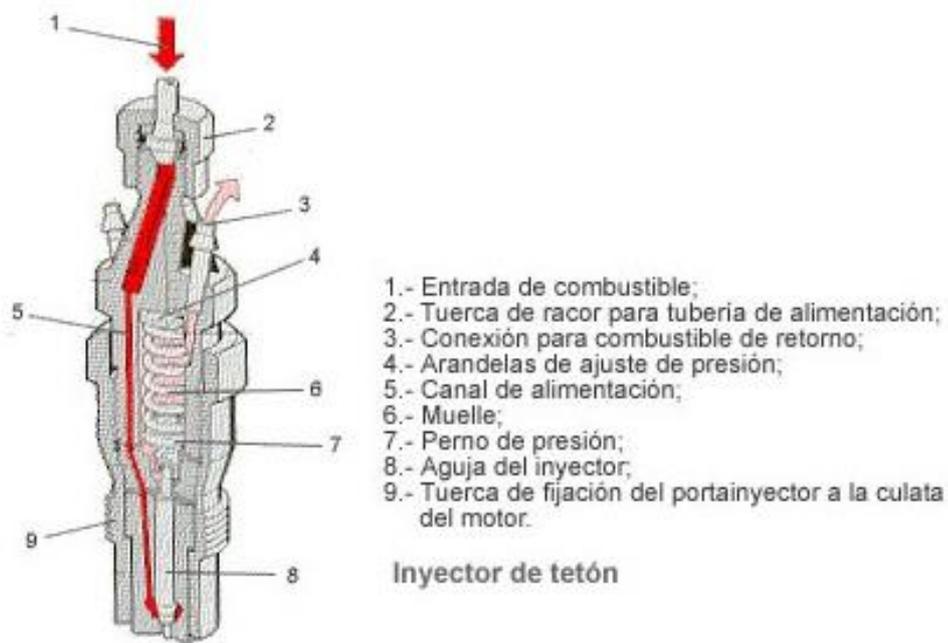


Figura N° 1.6 Inyector de tetón

Fuente:

http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel.htm

En el caso de los inyectores mecánicos figura 1.7, son los más antiguos entre los inyectores de combustible diesel y son los cargados por resorte siendo todavía empleados en diversas aplicaciones ya que su funcionamiento se basa en un sistema de válvulas de rápida acción, siendo capaz de abrir e inyectar el combustible dentro del motor en cuanto este adquiera la presión suficiente.



Figura N° 1.7 Inyector mecánico

Fuente: <http://www.bosch.com.mx/content/language1/html/13449.htm>

Los inyectores de solenoide figura 1.8, son empleados en motores a diesel como en motores a gasolina, ya que funcionan mediante señales electrónicas enviadas por computador, las cuales activan un electro magneto que separan las válvulas de entrega de su asiento con la frecuencia prevista y el cierre de las válvulas corre a cargo de un pequeño muelle que hace su trabajo en cuanto el magneto se desenergiza



Figura N° 1.8 Inyector de solenoide

Fuente: <http://datoscatpillar.blogspot.com/2013/01/los-inyectores-unitarios-heui-eui-el.html>

Los materiales que se utiliza para los inyectores piezo eléctricos figura1.9, le dan la propiedad de dilatarse cuando se les aplica una corriente eléctrica, esta característica es aprovechada aquí gracias a la presencia de piezas de cristal piezo eléctrico, que de esta forma controlan la inyección de combustible, este tipo de inyectores están entre los más precisos de funcionamiento.



Figura N° 1.9 Inyector piezoeléctrico

Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/inyectores-de-coomon-rail/36-comprobacion-inyectores-common-rail-denso.html>

Los inyectores HEUI figura 1.10, cuyo significado es unidad de inyección activada hidráulicamente y controlada de manera electrónica lo cual describe el funcionamiento de dichos inyectores ya que la presión hidráulica se obtiene mediante un diafragma accionado por aceite, el cual presiona e inyecta la cantidad de combustible necesario dentro del motor y se puede decir que estos son los mejores y más seguros dentro de los tipos de inyectores diesel.



Figura N° 1.10 Inyector HEUI

Fuente: http://www.hpetersen.com.py/repuestos/combustible_system.html



Figura N° 1.11 Comprobador de inyectores

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/s60h-diesel-fuel-injector-tester-332765614.html>

1. 3. CONDICIONES DE LA INYECCIÓN EN LOS MOTORES DIESEL.

Lo primero que se debe tener en cuenta es como afectan las propiedades físicas del combustible en la forma de la atomización, penetración, evaporación y mezcla con el aire para quemarse.

- Retraso de la ignición pequeño (ms) para evitar el golpeteo diesel, ya que se forman grandes cantidades de mezcla antes de la ignición.
- Cuanto mayor número de cetano posee el combustible diesel es mejor, ya que los retrasos a la ignición son menores. Cuanto mayor y más lineal sea la molécula poseerá un número de cetano mayor.
- Cuanto mayor sea el número de cetano menos tiempo (en grados de cigüeñal) tarda en alcanzar la presión máxima de combustión. Cuanto menor avance de cigüeñal se utilice el tiempo (en grados de cigüeñal) que tarda en alcanzar la presión máxima de pico disminuye.

- Cuanto más fácil sea de crear las turbulencias con el combustible mejor mezcla entre combustible y aire se dará.
- La inyección del combustible en el interior de la cámara de combustión en los motores Diesel debe realizarse a elevadas presiones (de 250 a 400kg/cm²) por dos razones:
 - La primera es necesario superar la elevada presión que tiene el aire aspirado al final de la carrera de compresión para conseguir introducir el combustible
 - La segunda es para conseguir que el combustible salga del inyector en chorros finamente pulverizados y de esta forma disminuir el tiempo de retardo de la combustión.

En consecuencia, es necesaria una bomba que soporte las grandes presiones que genera la válvula de salida y los inyectores. Además esta bomba debe soportar las presiones mientras realiza las funciones de avance y distribución de la inyección (para ciertos casos), lo cual hace una bomba de inyección robusta y de gran precisión.

CAPÍTULO II

2. BOMBAS DE INYECCIÓN.

Al finalizar el año 1922 el técnico alemán Robert Bosch empezó a desarrollar un sistema de inyección para los motores a diesel, para reemplazar al sistema de alimentación de combustible mediante el método de asistencia neumática que era aplicado en esos años, a mediados de 1923 empezaron los primeros ensayos en la utilización de bombas de inyección en los motores diesel, existiendo una docena de bombas de inyección distintas, por fin en el verano europeo de 1925 se empezaron a dar los últimos toques al diseño definitivo de la bomba de inyección, a mediados de 1927 empezaron a salir las primeras bombas de inyección de tipo mecánicas con elementos en línea que se fabricaron en serie de la fábrica Stuttgart (Alemania), y desde entonces comenzó la evolución del sistema de inyección diesel y hasta hoy incesantemente sigue su evolución, siendo como modelos principales las bombas en línea y bombas distribuidoras (rotativas).

Para el caso de las bombas de inyección en línea figura 2.12, la cual fue creada por Robert Bosch, siendo en el siglo XX la más utilizada, por no decir que la única que funcionaba correctamente en vehículos pesados, incluso se la utilizó en vehículos de turismo hasta la finalización de la década de los 60, pero se vio sustituida por las bombas rotativas, las bombas lineales son de constitución muy robusta y de una funcionalidad mecánica, sus inconvenientes principales son su tamaño, peso y que están limitadas a un número de revoluciones que las hacen aptas para vehículos pesados pero no para turismo. Las bombas en línea están constituidas por tantos elementos de bombeo, colocados en línea, como cilindros tenga el motor. En su conjunto incluye además de los elementos de bombeo, un regulador de velocidad que puede ser centrífugo,

neumático o hidráulico, y un variador de avance automático de inyección acoplado al sistema de arrastre de la bomba.



Figura N° 2.12 Bomba lineal PE

Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/bomba_de_inyecci%c3%b3n

Este tipo de bombas figura 2.13, pueden ser utilizadas en motores con potencias que van desde los 10 hasta los 200 kw/cilindro esto es posible gracias a la gran variedad de bombas de inyección en línea, siendo su utilización más eventual en motores diesel instalados en camiones y autobuses, pero también se las utiliza en tractores y máquinas agrícolas, así como en maquinaria de construcción, otro campo de aplicación de las bombas de inyección en línea son: en motores navales y grupos electrógenos; Bosch es el principal fabricante de este tipo de bombas y las denomina **PE**.

Existen bombas **PE** de distintos tamaños que se adaptan a la potencia del motor a la que van alimentar, los tipos de bombas se reúnen en grupos o series cuyos rendimientos se establecen en los máximos y mínimos, dentro de las bombas en línea **PE** existen dos construcciones distintas,

por un lado tenemos las denominadas “M” y “A” y por el otro las “MW” y “P”



Figura N° 2.13 Tipos de bomba en línea

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>

Tabla N° 2.1 Clasificación de las bombas de inyección en línea

Clasificación de la bombas de inyección en línea PE					
Características:	Tipos:				
	M	A	MW	P3000	P7100
Presión de inyección (bar)	550	750	1100	950	1300
Aplicación	Turismos y vehículos de transporte	Camiones ligeros y medianos, tractores, motores industriales		Camiones de gran tonelaje, motores industriales	
Potencia por cilindro (kW/cilindro)	20	27	36	60	160

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>

2.1. BOMBAS DE INYECCIÓN ROTATIVAS.

A este tipo de bombas figura 2.14, se las conoce como bombas distribuidoras, requieren tolerancias y especificaciones muy estrictas para que se obtengan las diferentes características de inyección deseada, los diseños, los conceptos y las apariencias, son totalmente diferentes a la de las bombas en línea, principalmente porque se utiliza solo un pistón en su interior para los diversos cilindros del motor ya que a través de un solo orificio, se hace el control de la inyección de cada cilindro, con el movimiento rotativo del pistón el orificio coincide con la línea de alta

presión conectada a un inyector específico, ese movimiento coordina la secuencia de inyección.



Figura N° 2.14 Bomba Rotativa

Fuente: <http://www.naikontuning.com/nt/bomba-de-inyeccion-diesel/>

A diferencia de las bombas en línea, las bombas rotativas, se lubrican con el propio combustible que está dentro de ellas ya que es una de las razones fundamentales por las que se aconseja cambiar los filtros de combustible en el período indicado, ya que de esta manera se garantiza una mayor durabilidad de los componentes internos de la bomba, normalmente las bombas rotativas son más compactas que las bombas en línea, más livianas y soportan mayores revoluciones, pueden funcionar en cualquier posición, este tipo de bombas son robustas y permiten muchas reparaciones, pero su vida útil depende del tipo de reparaciones y de la calidad de los componentes utilizados en las reparaciones. En la figura 2.15 se muestra los elementos de una bomba rotativa.

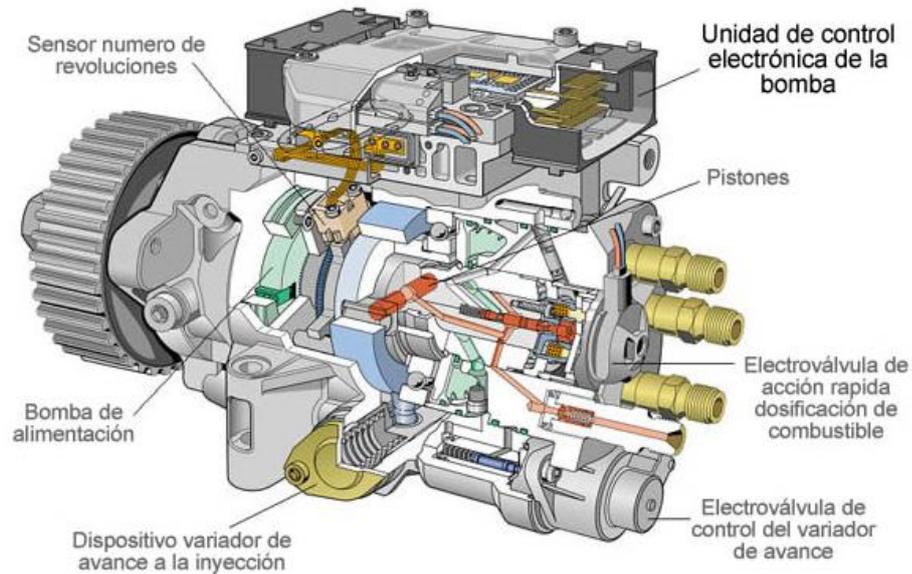


Figura N° 2.15 Elementos de la bomba rotativa

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-embolos-radiales2.htm>

Existen varios tipos de bombas rotativas y se pueden clasificar en dos grandes grupos y cada uno de estos grupos a su vez se subdivide en otros dos:

- Por la disposición de los émbolos de presión dentro de la bomba las bombas pueden ser: 1.- De émbolos radiales, 2.- De un solo embolo axial.
- Por el tipo de regulador que lleve la bomba pueden ser: 1.- De regulador centrífugo, 2.- De regulador hidráulico

2.1.1. BOMBAS INYECCIÓN DPA



Figura N° 2.16 Bomba DPA

Fuente:

http://www.garner.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=77&itemid=105

Las bombas de inyección tipo distribuidor DPA, figura 2.16, se utilizan en la actualidad en todos los vehículos diesel ya que su funcionamiento es seguro y durable, incluyendo en las aplicaciones agrícolas, industriales y marinas, este tipo de bombas son versátiles y apropiadas para los motores de 2, 3, 4 y 6 cilindros en los cuales no excedan presiones de 500 bar, su mayor atributo es ser compactas, eficaces con poco consumo y robustas. En la figura 2.17 se muestran las partes más importantes de este tipo de bomba:

- Carcasa
- Eje de mando
- Árbol de levas
- Cabezal hidráulico
- Conjunto de rotor distribuidor
- Rodillo y zapatas

- Ballestas
- Paletas (carbones)
- Pistón regulador y tornillo de ajuste
- Válvula dosificadora

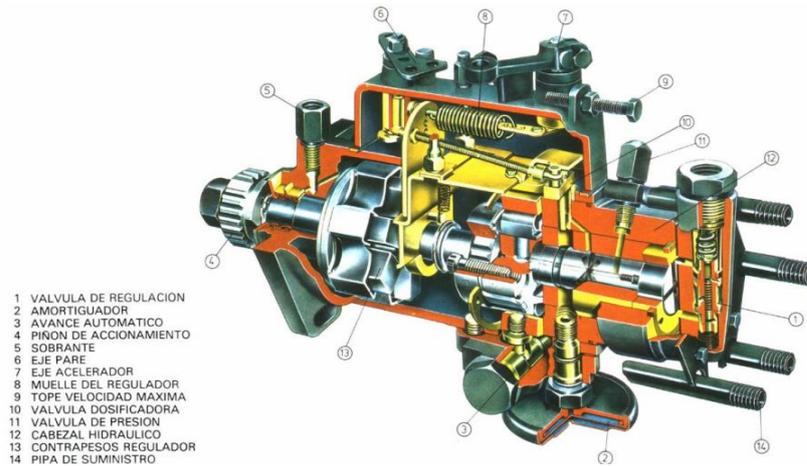


Figura N° 2.17 Despiece de bomba DPA

Fuente:

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/diesel/03_rotativa_dpa.pdf

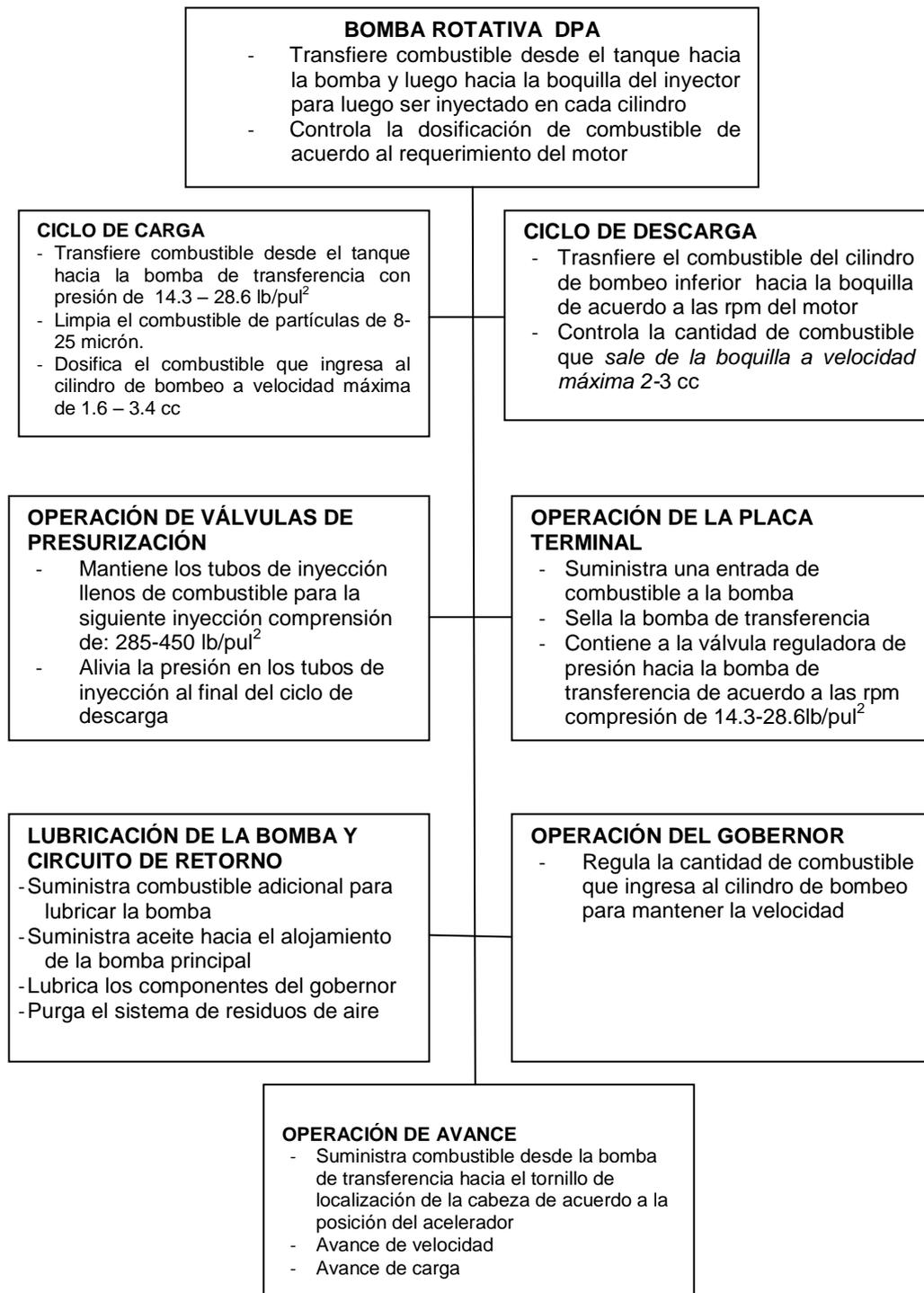
Las Bombas DPA figura 2.17, se montan acopladas con una brida en el motor y se impulsa mediante un eje estriado, a las bombas se las puede montar en forma vertical u horizontal ya que sus piezas se encuentran en una cubierta y la presión que se genera dentro de la cubierta impide que entre polvo, agua y otros elementos, ya que en su funcionamiento, el combustible viene de la bomba elevadora y entra a la bomba de inyección para llegar a la bomba de transferencia de tipo aspas⁵.

5

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/diesel/03_rotativa_dpa.pdf

En esta parte la válvula reguladora de presión (1), controla la presión del combustible que viene de la bomba de transferencia, ya que este combustible se distribuye por conductos en la cabeza hidráulica (12) hasta llegar a la válvula de dosificación (10) y esta válvula se acciona mediante la palanca de control para accionar el flujo de combustible hasta que llegue al elemento de bombeo (la válvula de dosificación (10), es encargada de controlar el paso de combustible al elemento de bombeo, controla la cantidad de combustible a los inyectores y por ende la velocidad y potencia del motor).

El combustible luego de pasar por los conductos del cabezal hidráulico (12) llega al rotor, donde al alinearse los orificios de estos 2 elementos, el combustible empieza a pasar de un elemento a otro, hasta llegar a un orificio en la parte central del rotor el cual conduce a un elemento de bombeo que está colocado en el extremo del rotor, este elemento de bombeo consta de dos émbolos opuestos, montados en una cavidad que atraviesa el rotor, los émbolos al girar bombean una carga de combustible de alta presión hacia los inyectores, un anillo de excéntrica con lóbulos internos acciona los émbolos, el anillo tiene el mismo número de lóbulos que cilindros del motor, por lo tanto se podría decir que un motor de 4 cilindro ocurrirán cuatro acciones de bombeo por cada revolución de la bomba, cabe señalar que en el cabezal hidráulico hay un orificio para cada cilindro del motor, por lo que cuando gira el motor un orificio enviara una carga de combustible que se distribuirá al cilindro correspondiente.



Cuadro N° 2.1 Esquema funcional de la Bomba C.A.V serie D.P.A
Fuente: <http://eelalnx01.epn.edu.ec/bitstream/15000/1561/1/cd-2236.pdf>

2.1.2.- BOMBA DE INYECCIÓN DPC

Este tipo de bombas figura 2.18, es diseñada para motores de inyección indirecta rápida, su construcción se basa en el mismo principio de rotación que la bomba de inyección tipo distribuidora DPA (figura 2.17), pero con ciertas características especiales como: la utilización de válvula EGR (recirculación de gases de escape) sobre alimentación, avance con carga baja, solenoide eléctrico de parada, es decir este tipo de bombas se utiliza en automóviles y vehículos comerciales ligeros teniendo como sus principales atributos ser compactas, con poco peso, fiables, de gran rendimiento con mayor ahorro de combustible y de marcha suave.

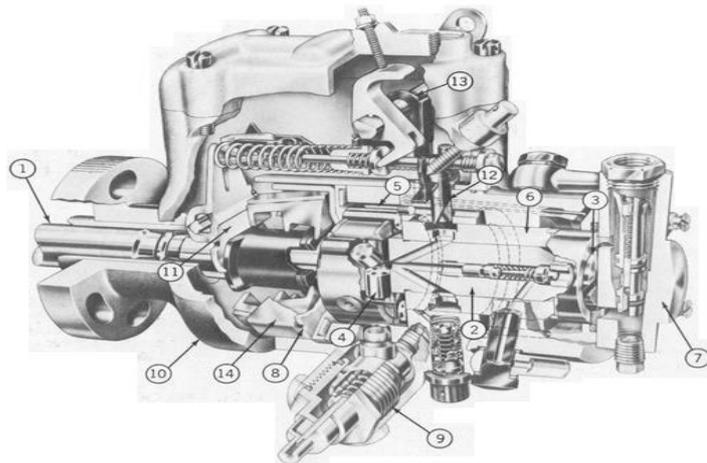


Figura N° 2.18 Bomba de inyección DPC

(1.-Eje impulsor, 2.-Rotor de distribuidor, 3.-bomba de transferencia. 4.- Émbolos bombecedores, 5.-Anillo de levas interno, 6.- Cabezal hidráulico, 7.-Placa terminal, 8.-Regulador, 9.-Avance automático, 10.-caja, 11.-Brazo del regulador, 12.- Válvula dosificadora, 13.-Palanca de cierre, 14.- Retenes de los pesos del regulador)

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/40282549/sistema-de-combustible>

2.1.3. BOMBA DE INYECCIÓN ROOSA MÁSTER.

La marca Stanadyne, fue una de las primeras fabricantes de bombas rotativas con el nombre de Roosa Máster a inicios de 1970 cambio el nombre de esta compañía y también el nombre de las bombas que fabricaba pero no en su estructura ni su funcionamiento, los fabricantes de vehículos agrícolas americanos como: Allis-Chalmers, Ford, Internacional, Harvester, John Deer son los usuarios avitualles de este tipo de bombas.

En bombas Roosa Máster figura 2.19 el rotor de la bomba de transferencia forma parte del rotor del distribuidor, con un válvula central de entrega, colocada en el rotor del distribuidor para servir a todos los cilindros, los accesorios tales como el avance automático o corte eléctrico pueden ser parte integrante del alojamiento de la bomba, a este tipo de bombas se las puede colocar en forma vertical u horizontal en el motor diesel ya que el alojamiento siempre se encuentra lleno de combustible, hasta la fecha se las utiliza en motores de hasta 8 cilindros ya que cuentan con dispositivos de avance automático, de avance por velocidad o por carga, poseen controles de torsión, corte eléctrico, gobernadores mecánicos, gobernadores eléctricos y de inclinación, este tipo de bombas tuvo su principal aplicación en General Motor Company GMC



Figura N° 2.19 Tipos de bomba de inyección Roosa Máster

Fuente: <http://www.tallerdemecanica.com/taller-bosch/cursos/mercadodiesel/bombasrotativas.html>

2.1.4. BOMBA DE INYECCIÓN BOSCH EP VE Y EP VA.

El tipo de bomba rotativa convencional con émbolo axial VE (figura 2.20 - 2.21), se diferencia de sus similares por disponer en su parte superior un corrector de sobrealimentación para motores diesel turbo alimentados, estos elementos de regulación adicional, al ser un mecanismo de precisión mecánica, trabaja especialmente de forma mecánica o hidráulica, esto ha hecho que las bombas sean más complejas, aunque técnicamente estén más perfeccionadas en su flexibilidad y precisión son limitadas, por lo que se ha hecho necesaria la utilización de un elemento de regulación adicional de carácter eléctrico o electrónico, que nos permite configurar circuitos de regulación cerrados con una elevada precisión, lo primero que se realizó con el fin de avanzar en estas mejoras, fue regular de forma electrónica el inicio de la inyección para poder mantener la dosificación de combustible, para ello se montó en el porta inyector un sensor que registra el movimiento de la aguja y de esta manera se sabe cuál es el inicio de la inyección y así la ECU compara el

valor real con el valor dominante los cuales depende de los números de RPM, carga, temperatura de refrigerante y de otros parámetros en caso de existir desviaciones o variaciones el regulador electrónico modifica el comienzo de la inyección hasta alcanzar el valor nominal.

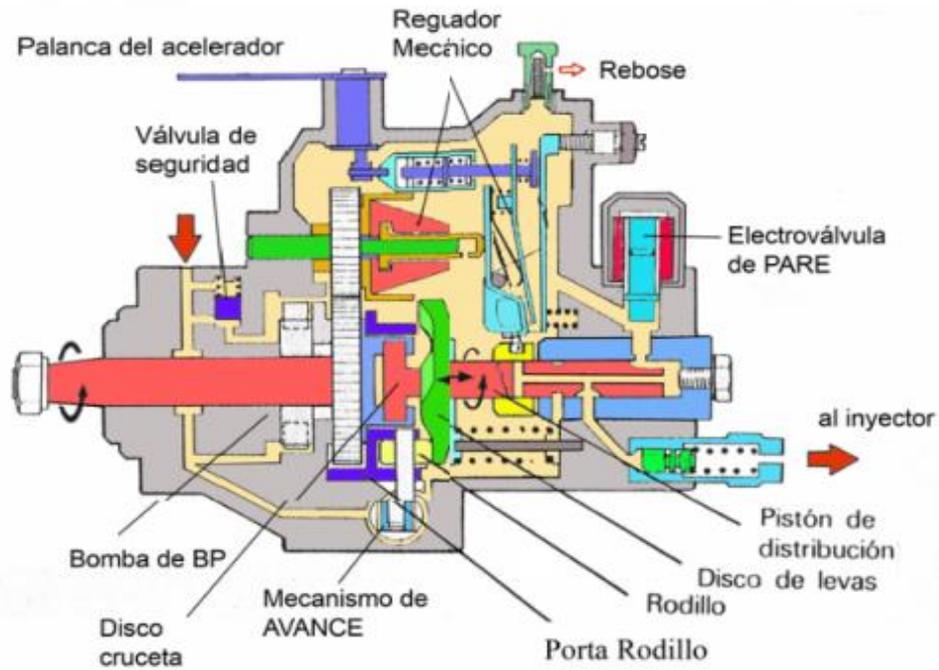


Figura N° 2.20 Bomba de inyección Bosch EP VE

Fuente:

[http://www.catalogobosch.com/bibliotecapdf_es/diesel/sistemas_de_inyec
ci%c3%b3n_diesel.pdf](http://www.catalogobosch.com/bibliotecapdf_es/diesel/sistemas_de_inyec
ci%c3%b3n_diesel.pdf)

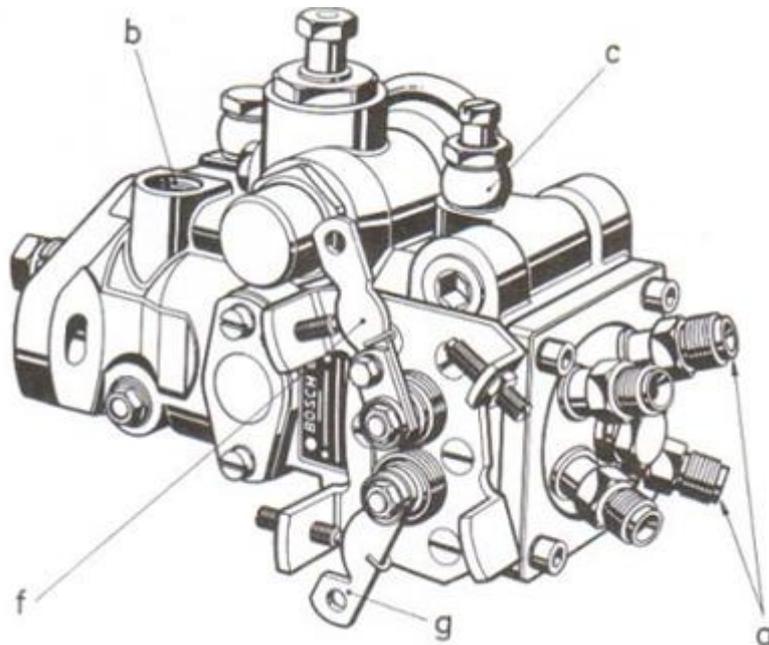


Figura N° 2.21 Bomba de inyección Bosch EP VA.

(a.- Conexiones o salidas a los tubos de impulsión que comunican con los inyectores, b.- Alimentación de combustible, c.- Retorno de los sobrantes, f y g- Palancas o ejes de regulación)

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/32150583/6-Motor-Diesel-Bomba-de-Inyeccion-Rotativa>

2.1.5.- BOMBA DE INYECCIÓN DP 200 LUCAS.

Este tipo de bombas figura 2.22, es el resultado y evolución de bombas como la DPA figura 2.17 y DPC figura 2.18, que cumplen las exigencias de los motores actuales ya que entre sus mejoras son el incremento de la presión de inyección permitiendo una flexibilidad en la forma de la curva de par, y permite incorporar opcionalmente sistemas de avance de carga ligera progresiva o sistemas de avance en frío, las mejoras en su regulador mecánico nos da una buena estabilidad de la regulación de la vida funcional de la bomba, también pueden disponer de elementos como

controles de sobre alimentación, paros eléctricos, controles de exceso de caudal para la mejora en el arranque en frío figura 2.23.



Figura N° 2.22 Bomba de inyección DP200

Fuente: http://www.garner.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=75&itemid=103

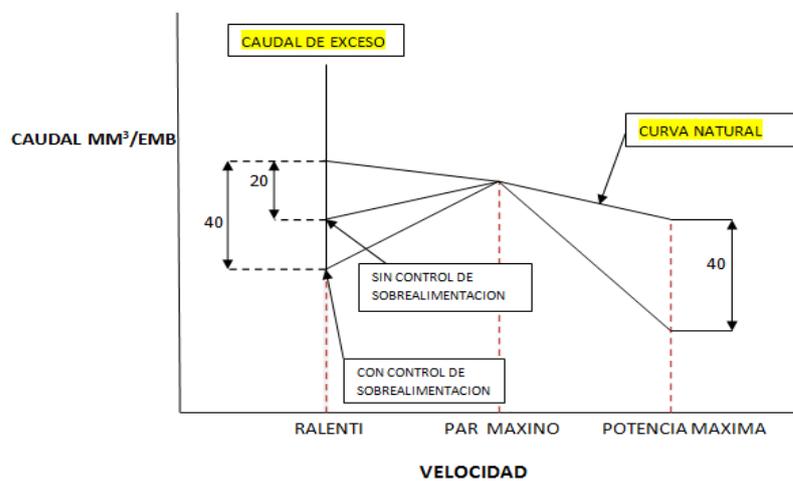


Figura N° 2.23 Flexibilidad de caudal

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bombainyeccion.htm>

2.1.6.- BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA VP 44.

La bomba de émbolos radiales figura 2.24, VP 44 de la marca Bosch empezó a ser fabricada a inicios de 1996 en la fábrica de Feuerbach en Alemania posteriormente en el 2001 Bosch comenzó una comercialización de una variante de la VP 44 que tenía un mayor rendimiento que le permite trabajar con una tensión de red de 12 voltios y por otro lado también podía ser usada con una tensión de 24 voltios en forma opcional para su aplicación en vehículos industrias ligeros y medianos, se la puede reconocer muy fácilmente ya que en su parte posterior sobre las salidas de combustible hacia las cañerías tiene un conector de 9 pines y en la parte superior de la bomba tiene un micro controlador el cual permitió reducir la robustez de la bomba de inyección, permitiendo aprovechar de mejor manera el poder calorífico del diesel, todo esto se basa en un sistema de comunicación CAN BUS pero aún activan inyectores mecánicos.



Figura N° 2.24 Bomba rotativa VP44

Fuente:

http://www.boschservice.com.pe/productos_bosch/repuestos_automotrices/paginas/diesel.asp?npagina=7

Debemos señalar que para la instalación de inyección diesel con una bomba VP44, debe tener dos unidades de control para la regulación de inyección electrónica diesel figura 2.25. Una unidad de control del motor y otra unidad de control de bomba, estas dos unidades son necesarias para evitar el recalentamiento de determinados componentes electrónicos y al mismo tiempo evitar la influencia de señales parásitas que pueden producirse debido a las intensidades de corriente parcialmente elevadas (las cuales no deberían pasar de 20 Amp.) en la bomba de inyección, mientras que la unidad de control de la bomba registra las señales de los sensores internos de la bomba con respecto al ángulo de rotación y la temperatura de combustible para de allí procesarlas, evaluarlas y así accionar el momento de inyección.

La unidad de control del motor procesa todos los datos del motor, es decir señales de sensores externos las cuales son procesadas para de igual manera intervenir en el momento de inyección estos sensores pueden ser los sensores MAP, MAF, TPS, SONDA LAMDA, sensor de golpeteo, sensor de temperatura de refrigerante, etc.; y con todas las señales que envían estos elementos, mas la señal de los actuadores y del sistema CAM BUS hace posible el intercambio de señales, permitiendo la evaluación datos para la inyección de combustible.

El sistema de alimentación de este tipo de bombas se compone de:

- Sistema de baja presión y sistema de alta presión.

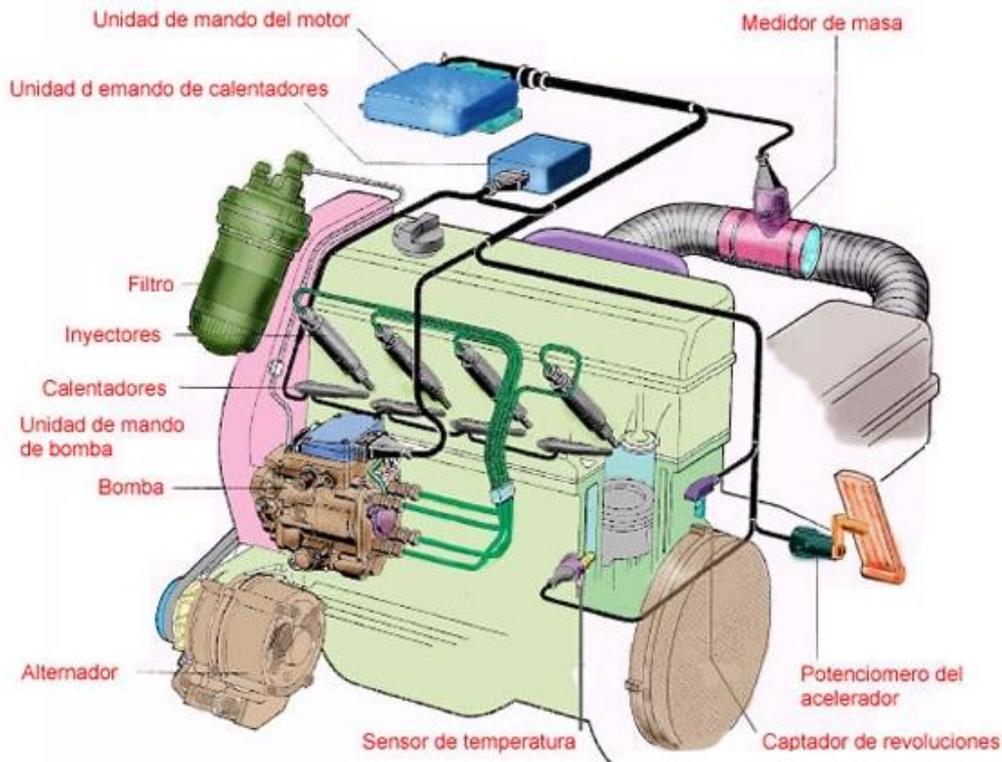


Figura N° 2.25 Sensores y actuadores de la bomba VP 44

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/74053216/bombas-electronic-as-bosch-vp-30-vp44>

A.- SISTEMA DE BAJA PRESIÓN.

El sistema de baja presión figura 2.26, está compuesto por una bomba de paletas que aspira el combustible desde su depósito, aunque en ciertas ocasiones se utiliza una electroválvula para el cebado. Este tipo de bombas envía caudal hacia el interior de la bomba rotativa, cuya presión en el interior es de 22 bares y alimenta a la bomba de alta presión y al variador de avance, el control de la presión interna de la bomba se lo hace por medio de la bomba mecánica que al ser activada esta se vuelve, el combustible de alimentación de la bomba.

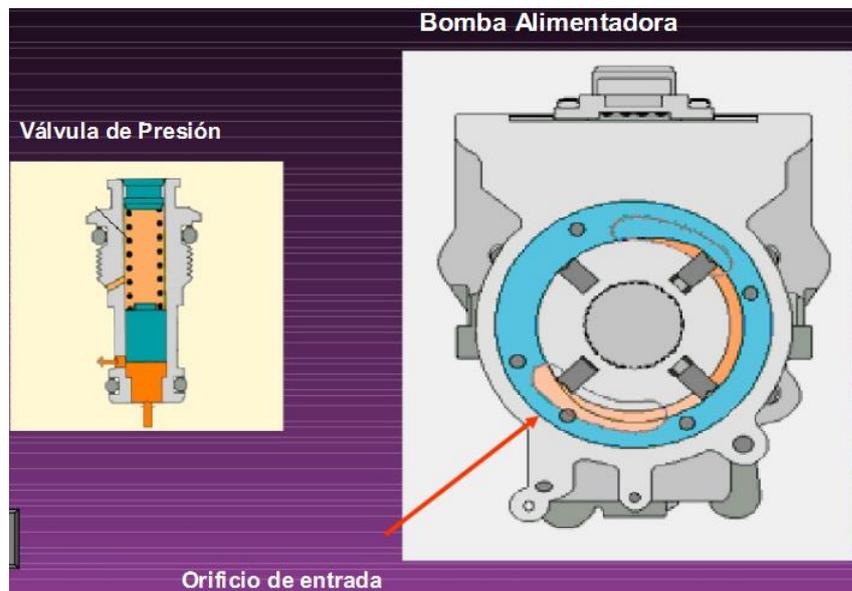


Figura N° 2.26 Bomba de émbolos sistema de baja presión

Fuente: http://www.ecured.cu/index.php/bomba_de_%c3%a9mbolo

Al realizar los primeros giros del motor la bomba aspira combustible dentro de la cámara por medio de unos pistones los mismos que se expanden debido al giro de los rodillos por medio de una leva donde va ubicada la válvula de estrangulación que puede ser comandada por la electroválvula, mientras el motor sigue girando los rodillos comprimen los pistones y el conducto gira unos 45° figura 2.27.

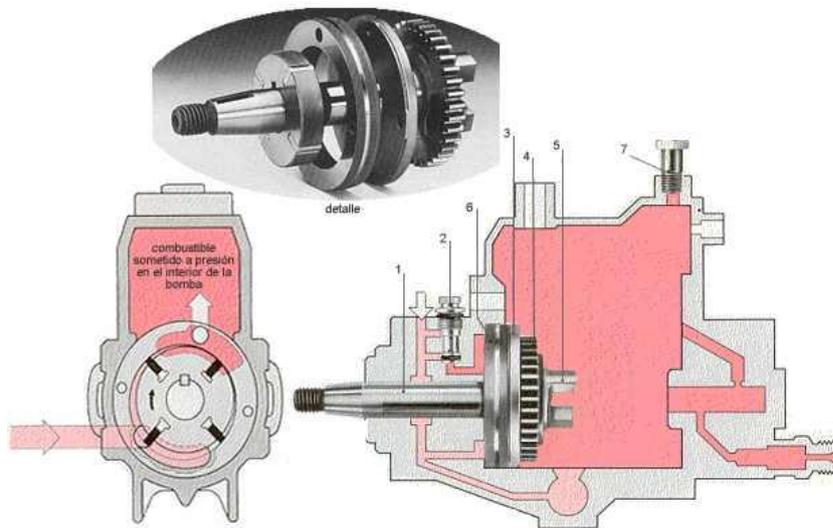


Figura N° 2.27 Despiece de baja presión de una bomba de inyección

Fuente: <http://www.furgovw.org/index.php?topic=224042.0>

1. Eje de accionamiento.
 2. Válvula reguladora de presión.
 3. Anillo de apoyo.
 4. Rueda dentada de accionamiento del regulador de caudal de combustible.
 5. Garra del eje.
 6. Anillo excéntrico.
 7. Estrangulador de rebose.
- **Bomba de Alimentación de Aletas⁶:** Va montada en torno al eje de accionamiento de la bomba de inyección. En la figura 2.27, el rotor (1) en el cual van las aletas las cuales van centradas sobre el eje son accionadas por una chaveta de disco. El rotor de aletas está rodeado por un anillo excéntrico (3) alojado en el cuerpo, las cuatro aletas del rotor son presionadas hacia el exterior contra el anillo excéntrico por efecto del movimiento de rotación y de la fuerza

⁶ <http://www.furgovw.org/index.php?topic=224042.0>

centrífuga resultante. El combustible llega al cuerpo de la bomba de inyección a través del canal de alimentación y pasa por una abertura en forma de riñón.

Por efecto de la rotación, el combustible que se encuentra entre las aletas, es transportado hacia el recinto superior y penetra en el interior de la bomba de inyección a través de un taladro (orificio). Al mismo tiempo, a través de un segundo taladro (orificio), una parte del combustible llega a la válvula reguladora de presión.

- **Válvula reguladora de Presión⁷:** En la figura 2.27, la válvula (2) va situada cerca de la bomba de alimentación de aletas. Esta válvula es de corredera, tarada por muelle, con lo que se puede variar la presión en el interior de la bomba de inyección según el caudal de combustible que se alimente. Si la presión de combustible excede un determinado valor, el émbolo de la válvula abre el taladro de retorno, de forma que el combustible pueda retornar a la entrada de la bomba de alimentación de aletas. La presión de apertura de la válvula la determina la tensión previa del muelle de compresión.
- **Estrangulador de Rebose:** Este estrangulador (7) figura 2.27, va roscado en la parte superior de la bomba de inyección. Permite el retorno del caudal variable de combustible al depósito, a través de un pequeño orificio (diámetro 0.6 mm.). El taladro ofrece una resistencia a la salida de combustible, por lo que se mantiene la presión en el interior de la bomba.

Como en el interior de la bomba se necesita una presión de combustible exactamente definida de acuerdo con el régimen, el

⁷<http://www.furgovw.org/index.php?topic=224042.0>

estrangulador de rebose (7) y la válvula reguladora de presión (2) están coordinados entre sí en lo que al funcionamiento se refiere.

B. SISTEMA DE ALTA PRESIÓN

El sistema de alta presión de combustible se encarga de generar la presión necesaria para la inyección, con una bomba de alta presión de émbolos radiales. El combustible es transportado e inyectado de nuevo para cada proceso de inyección, a través de:

- Componentes de la bomba de inyección.
- La tubería de alta presión.
- El porta inyector.
- Inyector

Los componentes de alta presión de la bomba de inyección son⁸:

- **Bomba de Alta Presión de Émbolos Radiales.-** El combustible llega, estando abierta la electroválvula de alta presión, desde la parte de baja presión hacia los émbolos de alimentación en la parte de alta presión, el anillo de levas con elevaciones en la pared interior del anillo presiona los émbolos de alimentación, radialmente hacia el interior y comprime con cada carrera el combustible para su inyección en el cilindro correspondiente.
- **Electroválvula De Alta Presión.-** La electroválvula de alta presión gobernada por la unidad de control de la bomba es la que regula la afluencia de combustible hacia la bomba de alta presión de émbolos

⁸ Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

radiales y determina el caudal y el tiempo de inyección para cada inyección dentro del cilindro.

- **Eje de Distribución con Cuerpo Distribuidor.-** El eje de distribución distribuye el combustible de tal forma que por cada vuelta es abastecido cada cilindro una vez por un empalme de conducto de presión del cuerpo distribuidor y una tubería de alta presión.
- **Válvulas con Estrangulador de Retorno.-** Las válvulas con estrangulador de retorno que van en las conexiones del conducto de impulsión amortiguan las ondas de presión de combustible reflejadas que se producen al cerrar los inyectores, estas válvulas evitan el desgaste de la parte de alta presión y de la apertura descontrolada de los inyectores.

Estructura y Funcionamiento.- En la figura 2.28, el movimiento rotativo del eje de accionamiento (1) se transmite al émbolo distribuidor (7) por medio de un acoplamiento, las garras del eje de accionamiento y del disco de levas (5) se engrana en el disco crucetas (2) dispuesto entre ellas por medio del disco de levas; el movimiento giratorio del eje de accionamiento se convierte en un movimiento de elevación y giro. Esto se debe a que la trayectoria de las levas del disco discurre sobre los rodillos del anillo, el émbolo distribuidor es solidario del disco de levas por medio de una pieza de ajuste y está coordinado por un arrastrador. El desplazamiento del émbolo distribuidor hacia el punto muerto superior (PMS) y está asegurado por el perfil del disco de levas, los dos muelles antagonistas del émbolo están dispuestos simétricamente y reposan sobre la cabeza distribuidora (10) para actuar sobre el émbolo distribuidor a través de un puente elástico (8) el cual provoca el desplazamiento del émbolo al punto muerto inferior (PMI).

Además de la función motriz del eje de accionamiento, el eje de levas influye sobre la presión de inyección y sobre la duración de esta ya que los criterios determinantes a este aspecto son la carrera y la velocidad y elevación de la leva ya que según la forma de la cámara de combustión y el método de combustión de distintos tipos de motor cambian las condiciones de inyección y se deberá producirse de una forma individual y coordinada, por esta razón para cada tipo de motor se calcula una pista especial de levas las cuales son colocadas sobre la cara frontal del disco de levas y así el disco es configurado y colocado en la bomba de inyección, por esta razón los discos de levas de las distintas bombas de inyección no son intercambiables entre sí⁹

⁹ Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

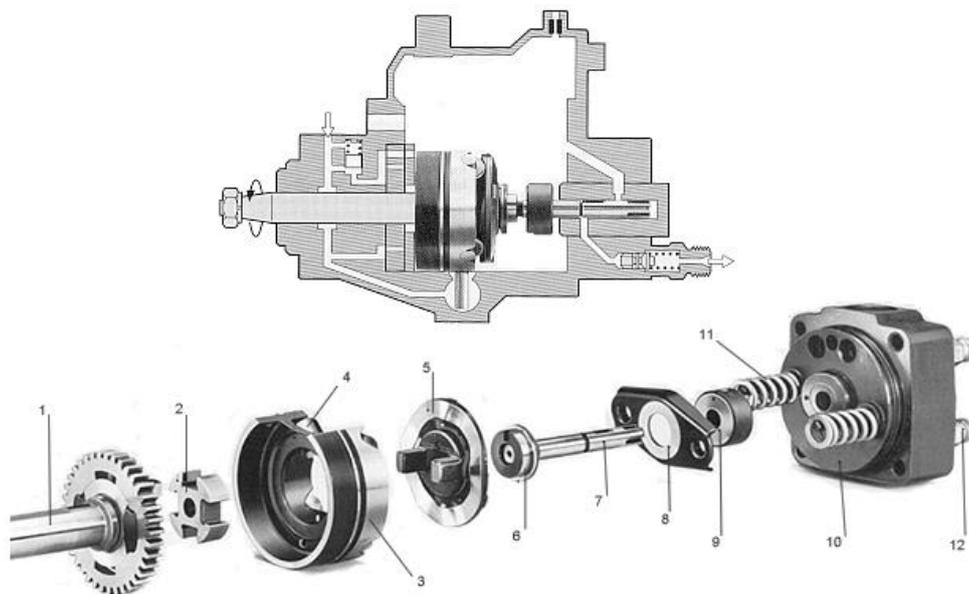


Figura N° 2.28 Elementos del sistema de combustible de alta presión

1.-eje de accionamiento, 2.- disco cruceta, 3.- anillo de rodillos, 4.- rodillos, 5.- disco de levas, 6.- arandela de ajuste, 7.- émbolo distribuidor, 8.- puente elástico, 9.- corredera de regulación, 10.- cabeza distribuidora, 11.- muelles, 12.- racor de impulsión (válvula de re aspiración)

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Cabe señalar que la cabeza y el émbolo distribuidor (conjunto de la bomba) figura 2.29, así como la corredera de regulación están tan exactamente ajustados entre¹⁰ sí (por rodaje) que su estanqueidad es total e incluso en las presiones más elevadas, y las pérdidas por fugas son casi nulas pero tan inevitables como necesarias para la lubricación del émbolo distribuidor, por esta razón en el caso de una sustitución deberá cambiarse el conjunto de bomba completa y no solo ciertos elementos del conjunto de bomba como el émbolo distribuidor, la cabeza distribuidora o la corredera de regulación por separado.

¹⁰ Fuente:<http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

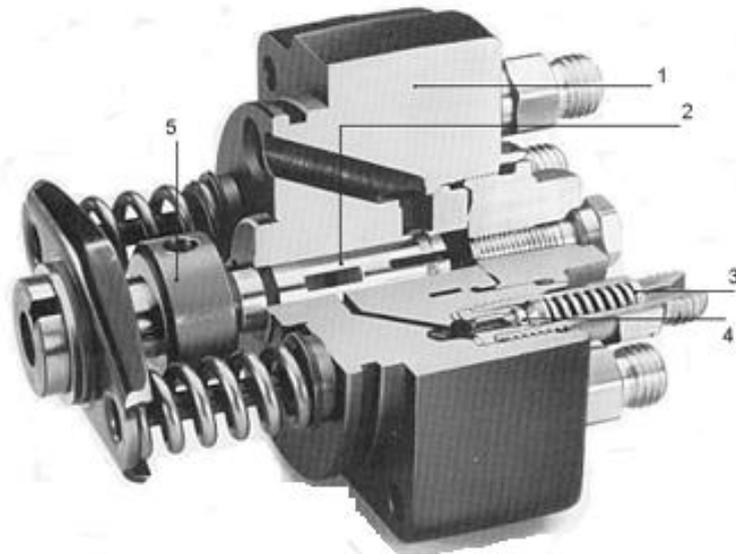
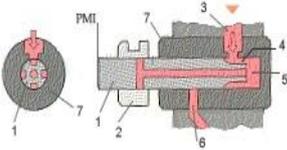
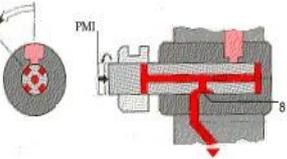
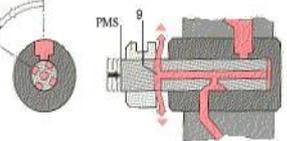
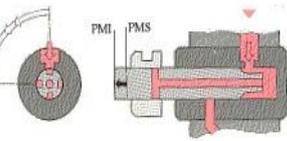


Figura N° 2.29 Conjunto de cabeza y embolo distribuidor

1.- Cabeza distribuidora, 2.- embolo distribuidor, 3.- racor de impulsión, 4.- válvula de re aspiración, 5.- corredera de regulación

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Cuadro N° 2.2 Fases de la generación y distribución de combustible a alta presión

<p>Entrada de combustible: Con el émbolo (1) en posición PMI (Punto Muerto Inferior), el combustible entra al recinto de alta presión (5), a través del canal de entrada (3) y la ranura de control (4).</p>	
<p>Alimentación de combustible. Durante la carrera de PMI hacia PMS (Punto Muerto Superior), el émbolo cierra el canal de entrada (3), sometiendo a presión al combustible que se encuentra en el recinto de alta presión (5). Durante el movimiento giratorio del émbolo (1) la ranura de distribución (8) coincide con uno de los orificios que tiene la cabeza distribuidora (7) y que alimenta a uno de los inyectores.</p>	
<p>Fin de alimentación. La alimentación de combustible concluye en cuanto la corredera de regulación (2) abre los orificios de descarga (9).</p>	
<p>Entrada de combustible. Cuando el émbolo retorna de PMS hacia PMI en su movimiento alternativo y sumando a este el movimiento rotativo se cierra la ranura de distribución (8) y se abre el canal de entrada (3) para volverse a llenar de combustible el recinto de alta presión (5).</p>	

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Las¹¹ fases que sirven para generar y distribuir el combustible a alta presión se ven en el cuadro detallado anteriormente en el que corresponde a la alimentación de uno de los cilindros del motor, en el caso de un motor de 4 cilindros el émbolo (1) describe a un cuarto de vuelta entre las posiciones PMS (punto muerto superior) y PMI (punto muerto inferior) y si es un sexto de vuelta se trata de un motor de 6 cilindros

¹¹ Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Electroválvula de Alta Presión

La electroválvula de alta presión dispuesta centradamente en el cuerpo distribuidor, penetrando la aguja de la válvula en el eje distribuidor y girando con este sincrónicamente. La válvula abre y cierra con una relación de impulsos variable según las órdenes de la unidad de control de la bomba. La correspondiente duración de cierre determina la duración de alimentación de la bomba de alta presión de émbolos radiales. De esta forma puede dosificarse exactamente el caudal de combustible.

Variador de Avance

En¹² la parte inferior de la bomba está dispuesto el variador de avance hidráulico con una válvula de impulsos y el émbolo de trabajo situado transversalmente respecto al eje de la bomba. El variador de avance hace girar el anillo de levas según el estado de carga y el régimen para variar así el comienzo de alimentación (y con este también el momento de inyección).

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

Sensor del Ángulo de Rotación (SISTEMA DWS)

En el eje de accionamiento está dispuesta la rueda transmisora de ángulo y la fijación para el sensor del ángulo de rotación. Estos elementos sirven para la medición del ángulo que adoptan respectivamente el eje de accionamiento y el anillo de levas durante el giro.

¹² Fuente:<http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

A partir de aquí puede calcularse el número de revoluciones actual, la posición del variador de avance y la posición angular del árbol de levas.

Válvula de Re Aspiración

También llamada de impulsión figura 2.30, este tipo de válvulas aísla a la tubería que conecta la bomba con el inyector y la misión de este es descargar la tubería de inyección tras concluir la fase de alimentación de la bomba, extrayendo el volumen exactamente definido de la tubería para por una parte mantener la presión de la tubería y por otra debe asegurar igualmente la caída brusca de presión del combustible en los conductos para obtener el cierre inmediato del inyector y así evitar cualquier mínima salida de combustible

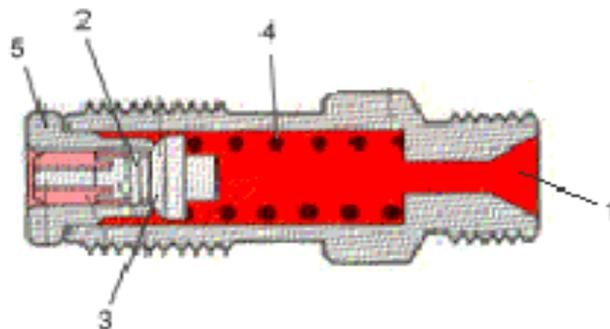


Figura N° 2.30 Válvula de reaspiración

1.- orificio de salida de combustible, 2.- pistón de expansión, 3.- cono de válvula, 4.- muelle, 5.- porta válvula (unido a la bomba)

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Una vez que se produce el final de la inyección la válvula desciende bajo la acción del muelle, el pistón de expansión se introduce en el porta válvulas antes de que el cono de la válvula descienda sobre su asiento aislando el tubo de alimentación del inyector, al descender la válvula

realiza una reaspiración de un determinado volumen dentro de la canalización lo que da lugar a una expansión rápida de combustible provocando un cierre brusco del inyector figura 2.31.

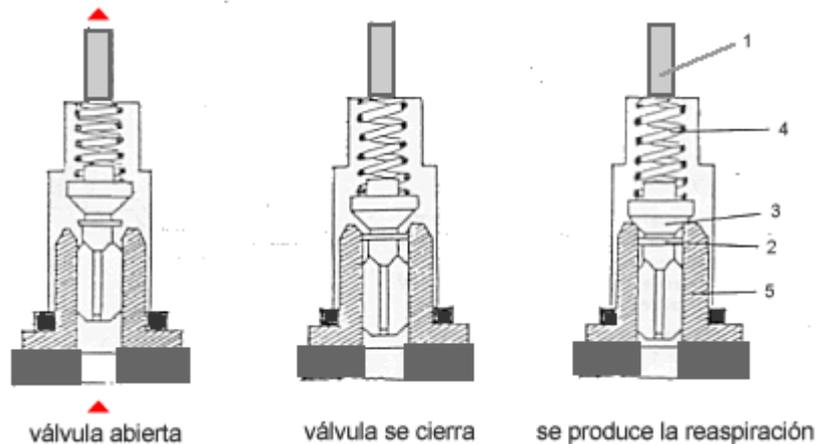


Figura N° 2.31 Desplazamiento de cono de válvula

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

Inyector.- La misión del inyector figura 2.32, es introducir el combustible alimentado a alta presión por la bomba de inyección a la cámara de combustión del motor. El inyector consta de cuerpo y aguja. Ambos están ensamblados con una precisión de ajuste del orden de 2 a 4 micrómetros y solo deben utilizarse como unidad completa. El conjunto inyector / porta inyector va montado en la culata del motor, el porta inyector sirve para fijar el inyector en la culata y para lograr una estanqueidad frente a la cámara de combustión, el tubo de alimentación desemboca en el porta inyector y este tiene además una conexión para la fuga de combustible.

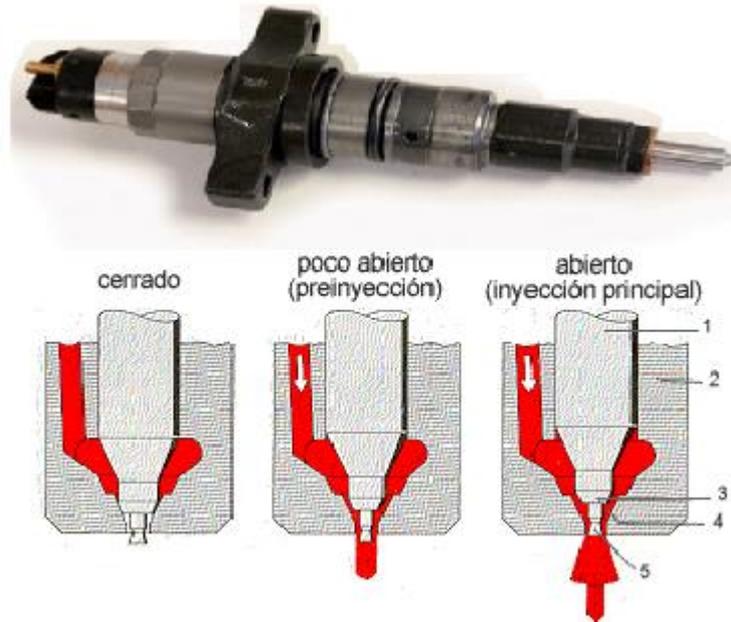


Figura N° 2.32 Sección de inyector diesel

1.- aguja de inyector, 2.- cuerpo de inyector, 3.- cono de impulsión, 4
 cama de presión, 5.- tetón de inyección

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve-inyeccion.htm>

C.- GESTIÓN ELECTRÓNICA DE LA BOMBA

Sobre la parte superior de la bomba está atornillada la unidad de control de la bomba provista de aletas de refrigeración, la unidad calcula a partir de las informaciones del sistema DWS (Dimensioning, Weighing, Scanning) y de la unidad de control del motor, las señales de la activación para la electroválvula de alta presión y la electroválvula del variador de avance.

Esta unidad de control recibe señal del sensor del ángulo de rotación, así como la de caudal de inyección, rpm motor, inicio de inyección. La UCE además controla la electroválvula de alta presión y la electroválvula del variador de avance.

- Sensor de ángulo de rotación:

Este sensor funciona igual que el captador de fase, la misión de este sensor es conocer la posición del eje de la bomba y los grados de avance con los que está trabajando el motor.

- Electroválvula reguladora de la alta presión:

Esta electroválvula controla la dosificación del caudal de combustible cuando más altas son las revoluciones mayor paso de caudal permite.

- Electroválvula del variador de avance:

Esta electroválvula tiene la función de corregir el avance que tiene el motor.

Mantenimiento:

En el desmontaje de la bomba, antes de soltar la correa de la distribución, se debe utilizar el tornillo de bloqueo para no perder el calado de la bomba. Existe otra evolución de esta bomba; en la cual se incorpora en la parte superior de la bomba la UCE motor

2.2. CONTROL ELECTRÓNICO DE LA INYECCIÓN DIESEL.

El sistema de control electrónico en las bombas de inyección rotativas tuvo sus inicios en la FIAT, este control tiene como función utilizar la información del sensor del ángulo de rotación, del caudal de inyección de las RPM del motor y del inicio de la inyección para que de esta manera controlar las electroválvulas que se encuentran en el interior de la bomba, el sensor del ángulo de rotación es el encargado de informar la posición del eje de la bomba y los grados de avance con los cuales está trabajando el motor, esta unidad de control en los vehículos funciona en

un principio como una PC, lee datos y calcula señales de salida igual que una computadora personal, el corazón de esta unidad de control es la placa de circuitos impresos con el micro controlador, fabricado según técnica de la micro electrónica, pero debe cumplir algunas exigencias adicionales como son: la capacidad de tiempo real, la seguridad de servicio y las influencias del ambiente.

En lo que concierne a su capacidad en tiempo real, debe cumplir las exigencias de una respuesta rápida de la regulación, por esta unidad de control debe trabajar en tiempo real, es decir la reacción de la regulación debe ajustarse al compás del proceso físico es decir las RPM.

Su estructura debe acoplarse al espacio y peso que ocupara siempre en el vehículo ya que estos parámetros son de gran importancia para hacer las unidades de control tan pequeñas y ligeras como sea posible, se aplican entre otras las siguientes técnicas.

Técnica Multicapas.- Las redes de conductores impresos de entre 0,035 y 0,07 mm de grosor están dispuestos en varias capas, una sobre otras.

Componentes SMD.- Estos pequeños componentes montados en la superficie están soldados o pegados de forma plana, sin conexiones de paso ni taladros, directamente a la placa de circuitos impresos o al substrato híbrido.

ASIC.- Estos componentes integrados especialmente diseñados pueden reunir muchas funciones:

La seguridad de servicio se basa en un proceso de cálculo redundante (adicionalmente en muchos casos se desarrollan en otros circuitos de

programa) y una diagnosis integrada, se ofrece una gran seguridad contra anomalías.

La influencia del ambiente afecta al funcionamiento de la electrónica ya que al haber variaciones de temperaturas excesivas puede afectar a los componentes electrónicos los cuales debe trabajar con seguridad y se debe tomar los siguientes parámetros:

Temperatura.- Las unidades de control en los vehículos deben resistir temperaturas de servicio continuo de entre -40°C a 60°C y en casos extremos a 125°C según su aplicación. En algunas zonas la temperatura es incluso más alta a causa del calor cedido por los componentes electrónicos, los cambios de temperatura desde el arranque en frío del vehículo hasta el alto calor producido en el funcionamiento a plena carga suponen también unas exigencias especiales.

Compatibilidad Electromagnética.- La electrónica del vehículo se somete a controles muy rígidos, es decir las fuentes de interferencias electrónicas (por ejemplo los reguladores electrónicos) o emisores (emisores de radio, teléfonos móviles) no deben interferir en la unidad de control, inversamente la unidad de control no debe interferir en el resto de sistemas electrónicos.

Resistencia a las Vibraciones.- Las unidades de control fijadas en el motor deben resistir hasta 30 g.

La estanqueidad y Resistencia a los Medios.- Con respecto al lugar de montaje, la unidad de control ha de resistir la humedad, líquidos químicos (por ejemplo aceites, agua de batería) y niebla salina. El dar realización a esta y otras exigencias de modo rentable, con el creciente número de funciones, plantea continuamente nuevos retos de investigación.

La bomba de inyección VP44 tiene incorporada un electroválvula reguladora de alta presión la cual es la encargada de controlar la gasificación de combustible teniendo en cuenta las RPM del motor, también posee una electroválvula de variador de avance que está compuesta por un émbolo que va unido al disco de levas, esta electroválvula es encargada de corregir el avance que tiene el motor cuando este gira en altas revoluciones

Control y Regulación

Estos se producen efecto por la influencia de una o mas magnitudes de entrada sobre una o mas magnitudes de salida.

Control.- Las magnitudes de salida para la activacion de los elementos actuadores se calculan en la unidad de control a base de las magnitudes de entrada, datos pre definidos, diagramas caracteristicos y algoritmos (secuencias de cálculo).

El efecto no se comprueba (efecto secuencial abierto), este principio se utiliza para el control secuencial de las bujias de incandescencia

Regulación.- La característica de la regulación es el efecto secuencia cerrado (circuito de regulación), el valor real se compara constantemente con el valor teórico. Tan pronto como se reconoce una diferencia, se efectua una corrección en la activación de los elementos actuadores , la ventaja de regulación consiste en la identificación y consideración de influencias extrañas (magnitudes de perturbación), se regula por ejemplo el número de revoluciones de ralentí de un motor.

La unidad de control de la EDC, es en realidad una unidad de “control y regulacion“ . El concepto de unidad de control se ha extendido por largo tiempo por lo tanto que se sigue utilizando aunque a lo largo de su desarrollo haya adoptado esta unidad muchas tareas de regulación

Procesamiento de Datos.- La unidad de control figura 2.33, evalúa las señales de los sensores externos y las limita al nivel de tensión admisible, además comprueba la veracidad de algunas señales de entrada, a partir de estos datos de entrada y de los diagramas característicos almacenados en el micro procesador y calcula la situación y la duración de la inyección y las convierte en un desarrollo temporal de la señal adaptados al movimiento del pistón, el programa de cálculo recibe el nombre de “software de la unidad de control”

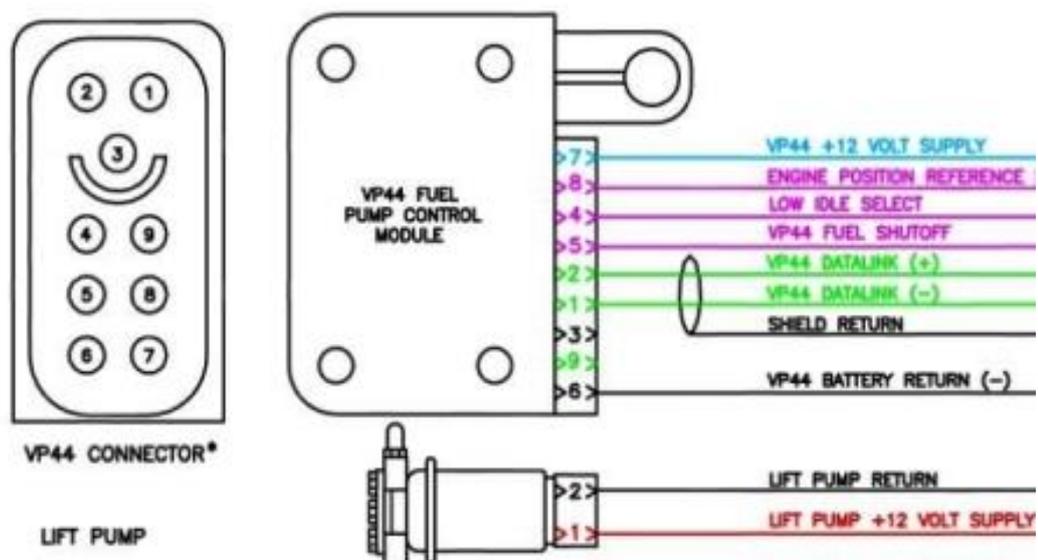


Figura N° 2.33 Puerto de conexión del módulo de control

Fuente:

[http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(e dc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(e+dc)/)

Por razón de la precisión requerida y de la alta dinámica del motor diesel, es necesario una gran capacidad de cálculo con las señales de salida se activan pasos finales que suministra suficiente potencia para los elementos actuadores (electroválvulas de alta presión para la inyección, actuadores de la realimentación de los gases de escape y actuadores de presión de sobrealimentación) además se activan también otros

componentes con funciones auxiliares (como por ejemplo los relés de incandescencia, acondicionadores de aire); las funciones de diagnóstico de los pasos finales para las electroválvulas identifican también desarrollos deficientes de la señal, adicionalmente a través de las interfases se tiene lugar a un intercambio de señales con otro sistema de vehículo, la unidad de control supervisa también todo el sistema de inyección dentro de un marco de un concepto de seguridad

2.2.1. INTERCAMBIO DE DATOS CON OTROS SISTEMAS.

- **Señal de Consumo de Combustible.-** La unidad de control del motor figura 2.34, averigua del consumo de combustible y transmite la señal a través del CAN al panel de instrumentos o a un ordenador de abordo, allí se indica al conductor el consumo de combustible o el alcance kilométrico restante; los sistemas antiguos transmiten la señal de consumo de combustible como señal MID(señal modulada por impulsos en duración).

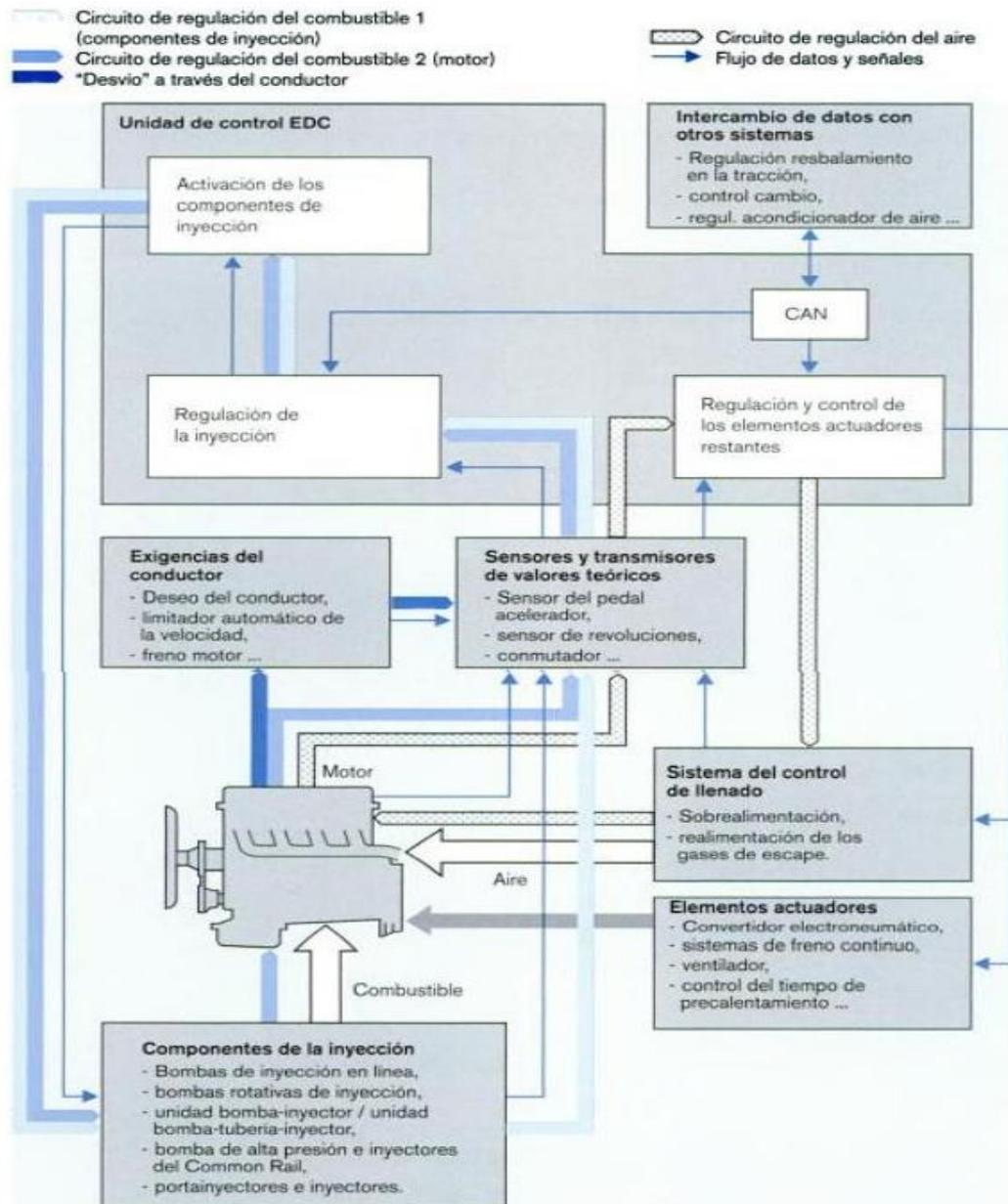


Figura N° 2.34 Sistemas de control

Fuente:[http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

- Control del Motor de Arranque.-** El motor de arranque puede ser activado por la unidad de control de motor, así, la EDC asegura que el conductor no puede accionar el motor de arranque cuando el motor está en marcha ya que el motor de arranque solo se utiliza

para que el motor pueda arrancar con seguridad y gracias a esta función el motor de arranque puede ser más ligero y económico.

- **Unidad de Control de Tiempo de Pre calentamiento.**-Esta unidad recibe de la unidad de control del motor la información sobre el momento y la duración del pre calentamiento ya que a continuación activa las bujías de incandescencia y vigila su funcionamiento. De existir anomalías en su funcionamiento son transmitidas a la unidad de control del motor para la diagnosis respectiva, en lo concerniente a la lámpara de control de pre calentamiento esta es activada por la unidad de control.
- **Inmovilizador Electrónico.**- Con el fin de impedir su uso no autorizado, el motor solo se puede arrancar cuando la unidad de control adicional para el inmovilizador libera a la unidad de control, siendo posible arrancar y encender el motor.
- **Intervención Externa en el Par.**- cuando tiene lugar una intervención externa en el par otra unidad de control influye sobre el caudal de inyección, esta unidad comunica a la unidad de control del motor si debe modificarse el par motor y en que magnitud y con el par también el caudal de inyección.
- **Control del Alternador.**- A través de un interface en serie normalizado figura 2.35, EDC puede controlar a distancia y vigilar el alternador siendo posible controlar la tensión de regulación así como desconectar completamente el alternador, también se puede intensificar el comportamiento de carga del alternador, es decir que cuando la batería está un poco cargada se aumenta el número de RPM del motor cuando está en ralentí.

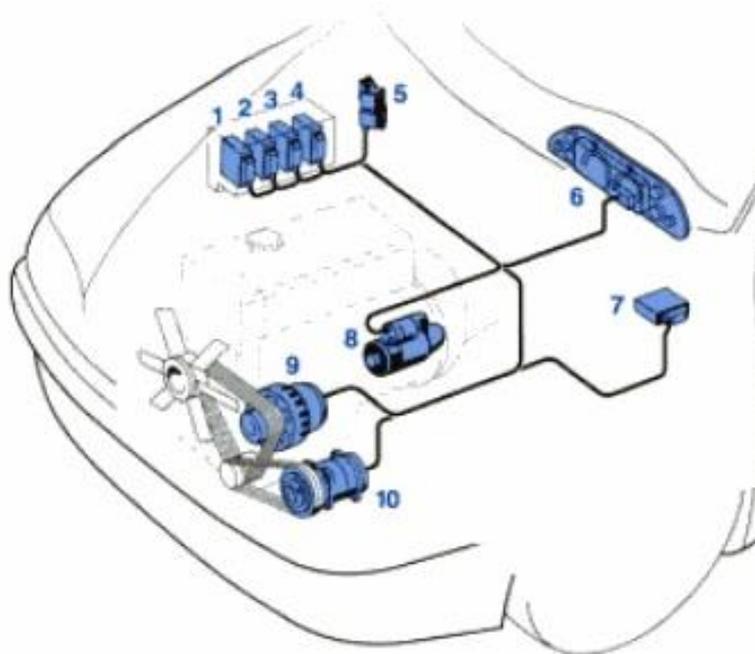


Figura N° 2.35 Componentes para el intercambio de datos

1.- unidad de control (ABS, ASR, etc.), 2.- unidad de control de cambio de marcha, 3.- unidad de control del motor (EDC), 4.- unidad de control del acondicionador de aire. 5.- unidad de control del tiempo de pre calentamiento, 6.- tablero de instrumentos con computadora a bordo, 7.- unidad de control del inmovilizador, 8.- motor de arranque, 9.- alternador, 10.- compresor motor de arranque.

Fuente:[http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

- **Acondicionador de Aire.-** La variación de temperatura dentro del habitáculo se utiliza un compresor el cual está montado al motor mediante bandas de conexión, su demanda de potencia puede ascender según el tipo de motor y la situación de marcha hasta un 30% de la potencia del motor.

2.2.2. REGULACIÓN DE INYECCIÓN.

Para que el motor funcione con una condición óptima se calcula en la unidad de control el caudal de inyección adecuado sea en altas o en bajas RPM influyendo los siguientes factores:

- **Caudal de Arranque.-** Al arrancar el motor se calcula el caudal de inyección en función de la temperatura de refrigerante y del número de revoluciones, las señales para el caudal de arranque se emiten desde la conexión del interruptor de marcha hasta que se alcanza el número de RPM mínimo, en esta etapa el conductor no tiene influencia sobre el caudal de arranque.
- **Durante la Marcha.-** Al estar el vehículo en marcha se calcula el caudal de inyección en función de la posición del pedal del acelerador (TPS) y el número de revoluciones, este cálculo se basa en diagramas característicos que también tienen en cuenta otros factores de influencia como son: la temperatura del combustible, del refrigerante y la temperatura del aire de admisión, por ende el deseo del conductor y la potencia del motor están coordinados entre sí de la mejor manera posible.
- **Regulación de Ralentí.-** Se basa en ajustar el número de revoluciones teórico definido cuando no está accionado el pedal del acelerador figura 2.36, este número de revoluciones puede variar dependiendo el estado de servicio del motor es decir cuando el motor esta frio o el motor está caliente, el ralentí puede variar cuando: la tensión de abordo es demasiada baja, el aire acondicionado esta activado o el vehículo está rodando, cual fuese la situación de funcionamiento del motor el ralentí debería ser el más bajo posible.



Figura N° 2.36 Sensor TPS de Chevrolet D MAX

Fuente: <http://orlandosistemaelectronico.blogspot.com/2013/06/sensores-automovilisticos.html>

- **Regulación del Número de Revolución Final.-** Llamada también regulación final y es el proceso que le protege al motor del número máximo de RPM, a las que va a funcionar, el fabricante del motor es quien define este número máximo ya que si se sobrepasa este límite el motor sufriría daños, la regulación final reduce del caudal de inyección de modo continuo por encima del punto de la potencia nominal del motor, poco antes de alcanzar el número máximo de RPM se suprime la inyección, la regulación fija a de actuar lo mas suavemente posible para evitar una limitación brusca de la velocidad del motor.
- **Amortiguación Activa de Sacudidas.-** Cuando existe una variación del par del motor existen sacudidas y son desagradables para los ocupantes del vehículo, la función del amortiguador activo de sacudidas es reducir estas sacudidas producto de las variaciones de

RPM del motor en forma ascendente o descendente , esta se efectúa con la aplicación de dos medidas figura 2.37.

- Cuando tiene lugar variaciones repentinas del par deseado por el conductor, una función filtrante exactamente ajustada reduce la excitación de la cadena cinemática.
- Las vibraciones de la cadena cinemática se identifica a base de las señales de RPM y se amortiguan mediante una regulación activa, esto reduce el caudal de inyección cuando aumenta el número de RPM y lo incrementa cuando el número de RPM disminuye para así contrarrestar las vibraciones.

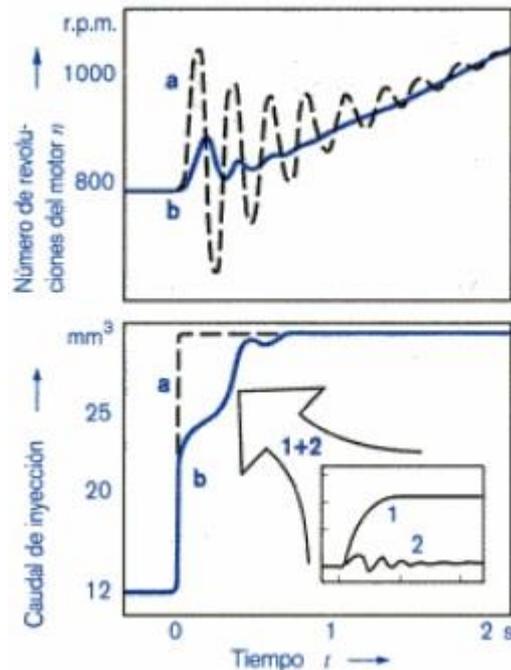


Figura N° 2.37 Ejemplo del amortiguador activo de sacudidas

a.- sin amortiguador activo de sacudidas, b.- con amortiguador activo de sacudidas 1.- función filtrante 2.- corrección activa

Fuente:[http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

- Regulación de Suavidad de Marcha / Compensación del Caudal.-** No todos los cilindros generan el mismo par durante la inyección figura 2.38, esto se debe a variaciones de entre la compresión de los cilindros o en los componentes hidráulicos de la inyección, las consecuencias de estas diferencias es una marcha del motor desequilibrada con aumento de emisiones, la función de compensación de caudal tiene como función primordial reconocer tales diferencias a base de las oscilaciones del número de RPM resultantes, y de compensarlas mediante una adaptación selectiva del caudal de inyección del cilindro afectado, para tal fin se compara el número de revoluciones tras la inyección de un cilindro determinado con el número de revoluciones medias, si el número de revoluciones del cilindro afectado es demasiado bajo, se aumenta el caudal de inyección, si es demasiado alto hay que reducir el caudal.

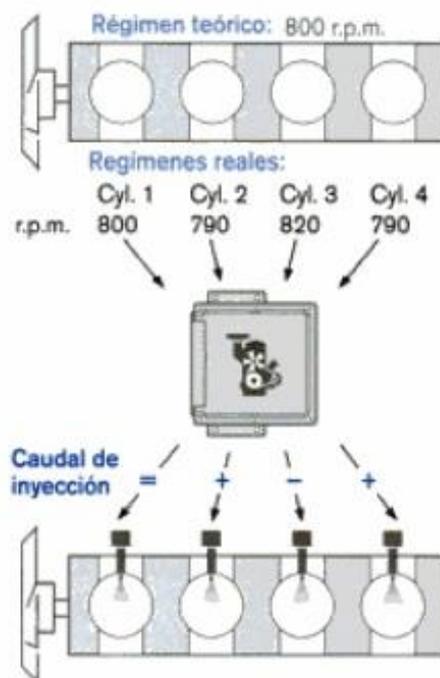


Figura N° 2.38 Ejemplo de la regulación de suavidad de marcha

Fuente: [http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

La regulación de suavidad de marcha es una forma de confort cuyo objetivo primario es mejorar la suavidad de marcha del motor en el margen del número de revoluciones de ralentí, adicionalmente a la mejora del confort en ralentí la regulación de compensación del caudal debe mejorar las emisiones en el margen de revoluciones, mediante una igualación de los caudales de inyección de los cilindros del motor. La regulación de compensación para vehículos industriales también recibe el nombre de compensación de cilindros adaptiva o “Smooth Running Control” lo que quiere decir control de funcionamiento suave.

- **Caudal Límite.-** Si se inyectara siempre el caudal de combustible deseado por el conductor o el físicamente posible podrían producirse los siguientes efectos:
 - Emisiones contaminantes demasiado elevadas.
 - Excesiva expulsión de hollín.
 - Sobrecarga mecánica a causa de un par motor excesivo o un exceso de revoluciones.
 - Sobrecarga térmica debido a una temperatura excesiva de los gases de escape, del líquido refrigerante, del aceite o del turbo compresor.
 - Sobrecarga térmica en las electroválvulas a causa de tiempos de activación demasiado largos.

Con el fin de evitar esos efectos no deseados, se calcula un límite a partir de diferentes magnitudes de entrada por ejemplo: masa de aire aspirado, número de revoluciones y temperatura del líquido refrigerante, de este modo se limita el caudal de inyección máximo y con ello, el par motor máximo.

- **Corrección de Altitud.-** A medida que la altitud es mayor, disminuye la presión atmosférica por consiguiente también disminuye el llenado de los cilindros con aire de combustión, por eso hay que reducir el

caudal de inyección, si se inyectara el mismo caudal que con presión atmosférica alta, se produciría una intensa expulsión de humo a causa de falta de aire.

El sensor de presión de ambiente en la unidad de control detecta la presión atmosférica, de este modo se puede reducir el caudal de inyección cuando se marcha por grandes altitudes, la presión atmosférica influye también en la regulación de la presión de sobrealimentación y en la limitación del par de motor.

- **Desconexión de Cilindros.-** Si se desea un par motor reducido con altos números de revoluciones se tiene que inyectar un poco de combustible, otra posibilidad de reducir el par de motor es la desconexión de cilindros, para lograr esto se desconectan la mitad de los inyectores (UIS de vehículos industriales también llamado unidad de bomba-inyector, UPS también llamado bomba-tubería-inyector, sistema CR denominado riel común). Los inyectores restantes inyectan entonces un caudal de combustible mayor, este caudal se puede dosificar con mayor precisión.

Mediante algoritmos de software especiales se pueden conseguir las transiciones suaves sin variaciones del par motor perceptibles al conectarse o desconectarse los inyectores.

- **Regulación del Comienzo de Inyección.-** El comienzo de la inyección influye esencialmente sobre la potencia, el consumo de combustible, las emisiones de ruidos y el comportamiento de gases de escape, su valor teórico depende del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección este valor está almacenado en la unidad de control en forma de diagramas característicos. Además se puede efectuar una corrección en función de la temperatura del líquido refrigerante y de la presión del ambiente.

A causa de tolerancia de fabricación y del montaje de similares bombas de inyección al motor, así como de alteraciones de las electroválvulas durante su funcionamiento pueden producirse pequeñas diferencias de los tiempos de respuesta de esas válvulas y con ello del comienzo del suministro. El comportamiento de respuesta de la combinación de porta inyector también cambia a lo largo del tiempo de funcionamiento, la densidad y la temperatura del combustible influyen también en el comienzo de la inyección, estas influencias han de compensarse mediante una estrategia de regulación con el fin de mantener los valores límite de gases de escape, se aplican las siguientes regulaciones detalladas en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2.3 Regulación del comienzo de inyección

REGULACIÓN	REGULACIÓN CON SENSOR DE MOVIMIENTO DE AGUJA	REGULACIÓN DEL COMIENZO DE SUMINISTRO	REGULACIÓN BIP
SISTEMA DE INYECCIÓN			
Bombas en línea	x	-	-
Bombas rotativas de mando por aristas	x	-	-
Bombas rotativas de mando por electroválvula	x	x	-
Common Rail	-	-	-
Unidad de bomba-inyector/unidad de bomba-tubería inyector	-	-	x

Fuente: [http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

La activación de alta tensión en el sistema Common Rail hace posibles comienzos de inyección reproducibles con tanta exactitud, que pueden renunciarse en este caso a la regulación del comienzo de inyección.

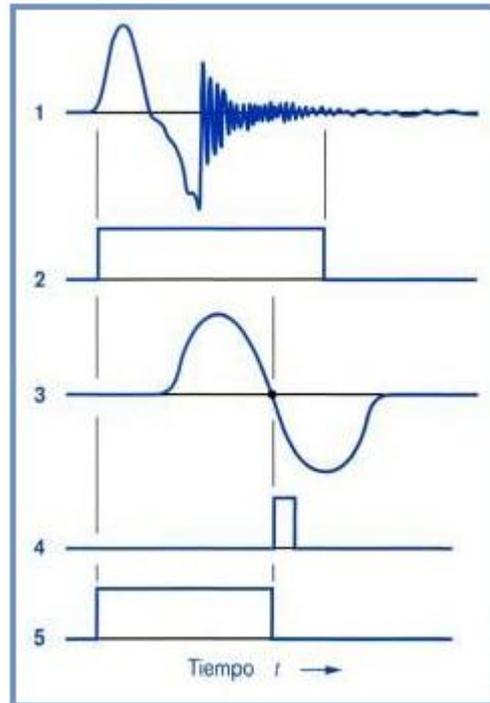
- **Regulación con Sensor de Movimiento de Aguja.-** Un sensor inductivo de movimiento de aguja en un inyector emite un impulso cada vez que se abre y cierra la aguja del inyector, sirve a la unidad de control como confirmación del comienzo de inyección, este puede seguir y observar así de modo exacto en el circuito de regulación cerrado, el valor teórico para el punto de servicio correspondiente, a partir de la “señal primaria” del sensor de movimiento de aguja, después de suprimir las interferencias y aplicarla en el circuito de evaluación correspondiente se forma un impulso rectangular exactamente evaluable que indica en cada caso el comienzo de inyección para un cilindro de referencia.

La¹³ unidad de control ajusta el mecanismo para el comienzo de inyección (mecanismo magnético en las bombas de inyección en línea, electroválvula del variador de avance en las bombas rotativas) a fin de que el valor real del comienzo de la inyección corresponda siempre al valor teórico actual. La señal de comienzo de inyección sólo puede evaluarse mientras se inyecte combustible y el número de revoluciones permanezca estable, antes y durante el accionamiento del arrancador así como durante la marcha por empuje (sin inyección) no hay ninguna señal evaluable del sensor de movimiento de aguja, el circuito de regulación del comienzo de inyección no se puede cerrar por no existir una confirmación

13

Fuente:[http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

del comienzo, entonces se desconecta el regulador y el comienzo de inyección ha de ser controlado.



Cuadro N° 2.4 Regeneración de las señales del sensor de movimiento de aguja

- 1.- Señal primaria del sensor de movimiento de aguja,
- 2.- Señal derivada,
- 3.- Señal primaria de un sensor de revoluciones,
- 4.- Señal derivada,
- 5.- Señal de comienzo de inyección evaluada

Fuente: [http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+\(edc\)/](http://www.cuspide.com/9788429104493/regulacion+electronica+diesel+(edc)/)

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL DIESEL

El diesel es un derivado del petróleo figura 3.39, el cual está compuesto principalmente de parafina, naftalénicos y aromáticos, el número de carbono es bastante fijo y se encuentra entre el C_{10} y C_{22}

Parámetro	Norma	Unidades	UNE EN 590° Diesel # 2
Densidad (15°C)	EN ISO 12185	<i>g/cm³</i>	0.820-0.845
Viscosidad Cinemática 40°	EN ISO 3104	cSt	2.0-4.5
Punto Inflamación	EN 22719 ISO/CD 3679	°C	55 min.
Azufre	EN ISO 14596	ppm	350 máx.
Residuo Carbonoso (10%)	EN ISO 10370	%	0.30 máx.
Contaminación Total	EN 12662	ppm	24 máx.
Agua	EN ISO 12937	ppm	200 máx.
Corrosión al Cobre	EN ISO 2160	-	Clase 1
Cenizas Sulfatadas	EN ISO 6245 ISO 3987	%	0.01 máx.
Estabilidad Oxidación	EN ISO 12205 prEN 14112	mg/l	25 máx.
Numero de Cetano	EN ISO 5165	-	51 min.
Índice de Cetano	EN ISO 4264	-	46 min.

Figura N° 3.39 Especificaciones del combustible diesel

Fuente:

https://www.edrhym.gob.sv/hidropublic/descargas/reglamentos_hidro/productos%20de%20petroleo/especificaciones%20productos/rtca_75_02_17_06.pdf

Las propiedades del diesel en el ámbito comercial dependen tanto del proceso de fabricación y aplicación, dando como resultado las siguientes características particulares al nuevo combustible:

- **Punto de Inflamación.**- Este parámetro generalmente se determina para satisfacer temas legales de seguridad, el punto de inflamación

es la traducción del término Flash Point en ingles, en la que se determina la temperatura más baja a la cual un líquido desprende vapores que forman en el aire una mezcla inflamable, para determinar el punto de inflamación se requiere una fuente de ignición, si esta fuente desaparece la mezcla vapor / aire no se quema, el término del punto de inflamación no se debe confundir con el término de auto ignición ya que este segundo término no requiere una fuente de ignición, en la siguiente tabla se indican algunos ejemplos de combustibles inflamables y sus respectivas temperaturas de inflamación y auto ignición

Tabla N° 2.2 Valores de puntos de inflamación de combustible

COMBUSTIBLE	FLASH POINT (PUNTO DE INFLAMACIÓN)	TEMPERATURA DE AUTO INGNICIÓN
ETANOL (70%)	16.6°C	363°C
NAFTA	-43°C	246°C
DIESEL	-62°C	210°C
KERESONE	38-72°C	220°C
BIODIESEL	-130°C	

Fuente:http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/301a400/ntp_379.pdf

- **Viscosidad.-** Debe poseer una viscosidad mínima para evitar pérdidas de potencia debido a las fugas en la bomba de inyección y en el inyector, además le da características de lubricación al sistema de combustible, por otra parte también se limita la viscosidad máxima por consideraciones de diseño y tamaño de los motores dependiendo de las características del sistema de inyección, es decir que la viscosidad de los combustibles diesel afecta el comportamiento de la pulverización en las cámaras de combustión ya que cuando existe una viscosidad baja se produce una fina

niebla, pero cuando existe una viscosidad alta da como resultado una atomización menos fina, se recomienda una viscosidad comprendida entre 1.4 y 20 centistokes.

- **Densidad.**- Da idea del contenido en energía del combustible, mayores densidades indican mayor energía térmica y una economía de combustible mejor, puede medirse utilizando un densímetro la densidad de un combustible afecta su penetración al pulverizarlo, tal como ocurre al inyectarlo en la cámara de combustión. Es decir que un combustible con densidad baja generalmente presenta mayor poder calorífico por galón que el combustible situado más allá en la escala estándar de densidad que se extiende entre 25 y 49 a 15 °C. la densidad API (Instituto Americano del Petróleo) mínima para motores diesel es de 30 y la máxima de 45.

Tabla N° 2.3 Tabla comparativa de densidad y viscosidad

FLUIDO	DENSIDAD (Kgm/m^3)	VISCICIDAD [$Kgm/(m \cdot s)$]
Agua	1000	0,0015
Diésel	680	0,000673
Aceite	880	0,460

- **Contenido de Azufre.**- Contribuye al desgaste del motor principalmente en sus rines y de sus cilindros y en la aparición del depósito conocido como barniz el cual se ubica en las faldas del pistón produciendo además un lodo de aceite en el cárter del motor, que varían considerablemente en importancia dependiendo en gran medida de las condiciones del funcionamiento del motor, también pueden afectar al funcionamiento del sistema de control de emisiones y a límites medio ambientales las tolerancias ambientales para los combustibles diesel permiten un contenido generalmente

menor de 0,5 % de azufre figura 2.40, ya que los combustibles que exceden este porcentaje de azufre contienen grandes cantidades de diversos componente nitrogenados.

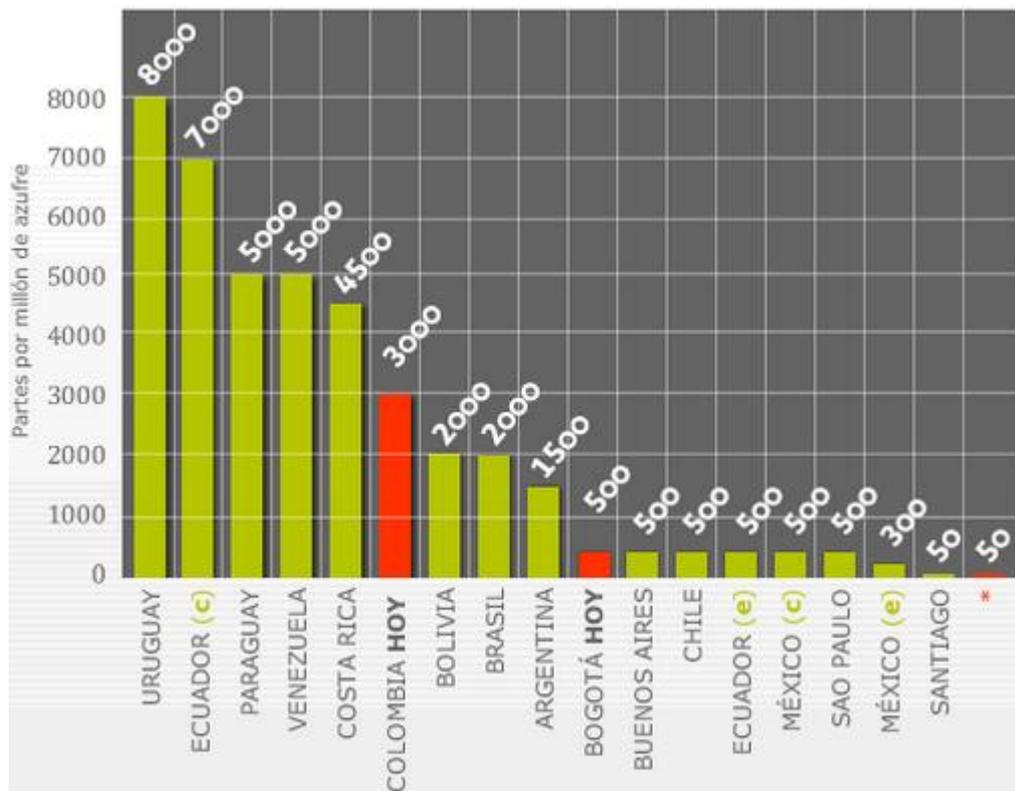


Figura N° 2.40 Calidad del diesel en america latina, c.- Corriente, e.- Extra

Fuente: http://www.kas.de/wf/doc/kas_32590-1522-1-30.pdf?121121125212

- Número de Cetano.-** Es una medida de calidad de ignición de un combustible e influye en las emisiones de humo y en la calidad de combustión. El número de cetano depende del diseño y tamaño del motor de las variaciones de la carga y velocidad de condiciones de arranque y atmosféricas, a medida que el número de cetano aumenta se disminuye el periodo de tiempo entre el instante en que el combustible entra a la cámara de combustión y el instante en que

empieza a quemar, cuando el número de cetano es bajo da como resultado ruidos en el motor, prolongando el retraso de la ignición y el aumento del peso molecular de las emisiones. Los motores diesel con cámara de pre combustión requieren un número de cetano mínimo de 35, mientras que los motores de inyección directa requieren un número de cetano mínimo de 40 para obtener buenas características de arranque, el número más alto atribuido normalmente a un combustible diesel es de 55 cetano.

Tabla N° 2.4 Comparación de número de cetano

	Gasóleo Liviano	Gasóleo Pesado	Kerosene	HDT	Gasóleo Catalítico Liviano
N° Cetano	46-50	48-52	40-43	43-58	<21
					
	<p>Aumento Peso Molecular Parafinas</p>		<p>Parafinas Livianas</p>		<p>Aromáticos</p>
	Número de Cetano de Componentes				

Fuente: <http://ingmecanicamc.blogspot.com/2013/01/determinacion-de-propiedades-cetanicas.html>

- Punto de Niebla y Punto de Vertido.-** El punto de niebla indica la temperatura a la cual empieza a precipitar ciertos compuestos de combustible (parafinas), es una medida muy importante a tener en cuenta cuando se usa el motor en climas fríos puesto que el combustible puede tornarse insoluble y puede empezar a formarse cristales de acero, mientras que el punto de vertido es la temperatura a la cual una cantidad suficiente de combustible se torna insoluble para impedir que fluya bajo determinadas condiciones es decir que, un punto de vertido alto da como resultado

que el combustible no fluya fácilmente a través de los filtros y del sistema de alimentación del motor.

- **Agua y Sedimentos.-** El agua se puede formar por condensación en el tanque de almacenamiento. La presencia del agua y sólidos de desgaste normalmente pueden deteriorar filtros y darle al combustible ciertas propiedades de lubricidad menores, el agua puede provocar dos problemas en el motor:

- Corrosión en los componentes del motor, generalmente herrumbre, ya que el agua se acidifica y acaba atacando a los tanques de almacenamiento.
- Contribuye al crecimiento de microorganismos (fungi, bacterias). Forman lodos y sedimentos que pueden dañar los filtros, además, algunos de estos microorganismos pueden convertir el azufre que posea el combustible en ácido sulfúrico, que corroe la superficie metálica del tanque.

El agua se puede presentar en el tanque de dos formas:

- Disuelta en el combustible, la cantidad de agua depende de la solubilidad de esta en el diesel.
- Separada de la fase de combustible en forma libre, la cantidad de esta depende de cómo se manipule y transporte el combustible.

Los sedimentos pueden ser originados principalmente por un mal proceso de purificación del combustible o contaminación del mismo, afectan principalmente a la temperatura de cristalización y al número de Cetano.

Tabla N° 2.5 Propiedades del diesel

Propiedades Físicas Químicas	Método de Ensayo		Unidades	Cifras Típicas
	Convenin	ASTM		
Densidad Relativa @15,6° C	1143	D1298	Adm.	0,860
Azufre	1826	D2622	% peso	0,5
Numero de cetano	1134	D613	Adm.	43
Cenizas	2900	D874	% peso	0,01
Punto de fluidez	877	D5950	° C	0
Punto de inflamación	372	D93	° C	65
Corrosión a la lámina de cobre	872	D130	Adm.	1 ^a
Viscosidad cinemática @ 40° C	424	D445	cSt	4,6
Destilación 10% recuperado 90% recuperado P.F.E	850	D86	° C	242 346 386
Color	890	D1500	Adm	2

Fuente: <http://www.ref.pemex.com/octanaje/24DIESEL.htm>

- **Residuo Carbonoso.**- Da una idea de la tendencia del combustible a formar depósitos carbonosos, se aproxima a la tendencia del motor a formar depósitos, la cantidad de residuos carbonosos pueden medirse en un laboratorio, calentando una muestra de combustible en un recipiente sellado al vacío.
- **Poder Calorífico.**- El poder calorífico de un combustible es de suma

importancia ya que es una indicación de potencia que puede proporcionar al combustible cuando este se quema, el poder calorífico puede determinarse mediante un calorímetro cuyo valores van expresados en BTU (unidad de energía inglesa que significa British Thermal Unitid y que equivale a: 252 calorías o 1055.056 Julios) por libra de combustible.

Tabla N° 2.6 Valores del poder calorífico de combustibles

Combustible	Poder calorífico
Gasolina	45000 (kJ/kg)
Petróleo	44000 (kJ/kg)
Gasóleo	42700 (kJ/kg)
Gas natural	42000 (kJ/kg)
Carbón	27000 (kJ/kg)
Corcho	20930 (kJ/kg)
Madera seca	19000 (kJ/kg)

Fuente: <http://www.ref.pemex.com/octanaje>

- **Corrosión a la Lámina de Cobre.** Mediante la comprobación del desgaste de una lámina de cobre se puede observar si existen en el sistema compuestos corrosivos y/o presencia de ácidos que puedan atacar al cobre o a aleaciones de cobre como el bronce que forman parte del sistema de combustible.

- **Volatilidad.-** Es la capacidad de pasar un líquido a estado de vapor, en el caso de los combustibles va indicada por la relación aire / vapor que puede establecerse a una temperatura correcta ya que para los motores diesel la volatilidad se indica al 90% de la temperatura de destilación, a medida que la volatilidad decrece aumenta los depósitos carbonosos y podría darse una mayor cantidad de humo en el funcionamiento del motor.

2.4. SISTEMAS DE FILTRADO.

Existen en los sistemas de combustible diesel dos tipos de filtrado: la filtración paralela y la filtración en serie:

2.4.1. FILTRACIÓN PARALELA.

En este sistema figura 2.42, un medio filtrante especial bloquea el paso de pequeñas cantidades de agua que se acumula formando otras más pesadas, las cuales descienden a la taza recolectora junto con las demás partículas de agua que se acumulan cuando el motor esta en reposo, el sistema de filtración paralela (tipo CAV) produce un cambio brusco de dirección del flujo en 180° , expulsando las partículas de agua hacia la taza recolectora debido a su mayor peso específico con respecto al diesel, el agua acumulada es eliminada a través de una válvula de drenaje y en algunos filtros de tipo electrónico un sensor que va colocado en la parte inferior del filtro detecta el nivel de agua que se encuentra en la taza y enciende una luz de alerta en el panel de instrumento la cual indica que es necesario realizar una purga o drenaje de agua acumulada en la parte inferior del filtro o de ser el caso reemplazar el filtro.

Sus principales ventajas técnicas son: **dar una mayor área de filtración** mediante un enrollado uniforme que permite triplicar el área filtrante

evitando así que exista espacios libres no cubiertos en el interior del filtro , **una correcta separación de agua** ya que el combustible es direccionado en forma paralela al eje del tubo central para luego cambiar de dirección , y **brindar una mayor protección** ya que su carcasa es fabricada con recubrimientos de zinc y el tubo central es hecho en nylon para así evitar los problemas de corrosión



Figura N° 2.41 Filtro CAV

Fuente: <http://www.filtroslys.com.pe/content/pagina.php?pid=493>

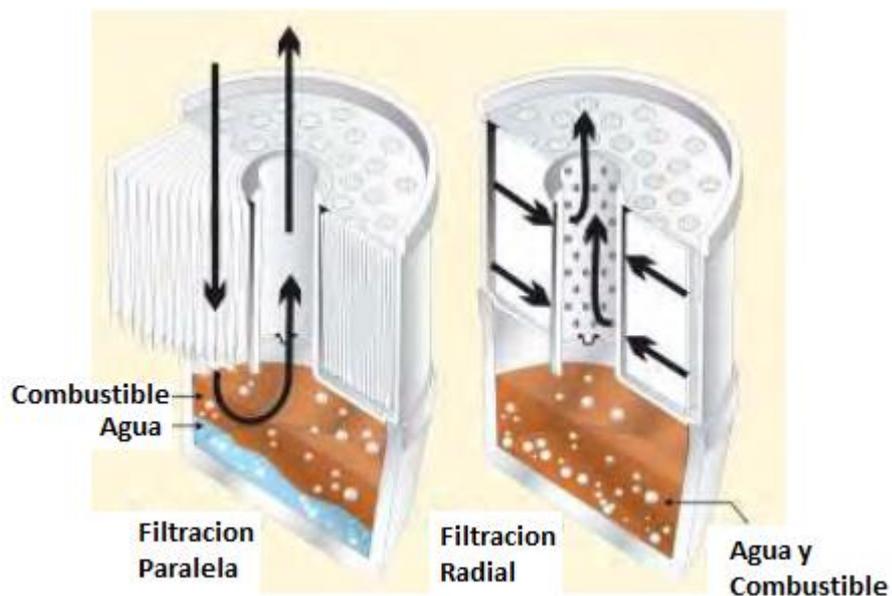


Figura N° 2.42 Filtración Paralela y Filtración Radial de combustible

Fuente: <http://www.filtroslys.com.pe/content/pagina.php?pid=493>

2.4.2. FILTRACIÓN RADIAL.

Este tipo de sistemas de filtración, a diferencia del sistema de filtración paralela, la separación de agua se la realiza a través del medio filtrante el cual está compuesto por fibras de celulosa impregnadas con resina fámélica y un compuesto químico que bloquea las partículas de agua, para luego precipitarse a un vaso recolector por su mayor densidad con respecto al diesel, la carcasa del filtro cuenta con una válvula de drenaje para poder evacuar el agua acumulada, este tipo de filtros se pueden usar como filtros primarios o secundarios respetando las especificaciones del fabricante del equipo.

2.5. FILTROS DE COMBUSTIBLE.

La función del filtro de combustible diesel figura 2.43, es la de proteger el sistema de inyección en los vehículos diesel, los filtros diesel eliminan las impurezas presentes en el combustible que pueden proceder de diferentes fuentes:

- Contaminación durante la producción, el transporte, el almacenamiento del combustible.
- Entrada de las partículas contaminantes a través del sistema de ventilación del depósito de combustible.
- Contaminación con las impurezas y la oxidación presentes en el depósito o en los conductos de combustible.
- Condensación de agua en el depósito de combustible debido a las variaciones de temperatura.

Estos contaminantes pueden obstruir los sistemas de inyección, provocando que el motor no funcione bien y presente daños, los módulos de filtración diesel desempeñan también otras funciones según los requerimientos específicos de cada aplicación:

calentamiento de combustible, regulación de la presión, cebado, detección del nivel del agua.



Figura N° 2.43 Esquema de un sistema de combustible

Fuente: <http://www.widman.biz/productos/filtros-combustible.html>

Los fabricantes de motores diesel van siendo cada vez más exigentes en los sistemas de filtrado, por lo que los fabricantes de filtros van innovando procesos en la fabricación de filtros los cuales se van clasificando en: Los que producen filtrado profundo y los que trabajan por filtrado en los bordes.

Para el filtrado profundo se utiliza algún tipo de elemento que permite la acumulación de partículas sin que se obstruya el elemento. En los filtros de bordes se acumula en una capa de partículas que puede restringir el paso del combustible por el filtro.

Las denominaciones anteriores se relacionan con el método de filtrado y los filtros de tipo profundo se denominan por el material que se emplea en el elemento siendo estos:

a.- Papel Plegado.- El elemento hecho con un papel con tratamiento especial figura 2.44, es muy eficaz y de una gran superficie. Puede retener partículas de unas 5 micras, el elemento no se puede limpiar y se

reemplaza a intervalos periódicos. El filtro de papel es quizá, el más común.



Figura N° 2.44 Filtro de papel plegado

Fuente: <http://portalautomotriz.blogspot.com/2012/10/filtro-de-aire-en-motores-de-combustion.html>

b.- Algodón y Fieltro (lana).- Estos materiales se utilizaban mucho (figura 2.45), pero han sido sustituidos casi por completo por elementos de papel que son más eficientes. El filtro de tela retiene partículas de unas 25 micras; el de fieltro (lana), de alrededor de 17 micras. Por lo general, estos elementos se pueden lavar.



Figura N° 2.45 Filtro de algodón y fieltro

<http://www.webfiltros.com/info/general/1-funcion-y-clasificacion-de-los-filtros>

c.- Metal Sinterizado.- Son elementos porosos de aleaciones metálicas sinterizadas figura 2.46, por ejemplo bronce. Se sinteriza el metal en polvo para formar un material poroso que deja pasar el combustible pero retiene partículas de 10 a 20 micras. Una variante de este elemento es una malla metálica comprimida.



Figura N° 2.46 Filtro de metal sinterizado

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/sintered-metal-powder-filter-716678608.html>

Para seleccionar un filtro de combustible adecuado para nuestro vehículo se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: **Tamaño.-** Se debe elegir un filtro de combustible clasificado para el flujo, y no para el índice del consumo del motor; en un motor diesel se debe conseguir un filtro el cual debe tener un tamaño de acuerdo con el flujo de combustible proyectado por el tamaño específico del motor. La regla empírica para clasificar el filtro de un motor es el 10% del galón máximo de los iguales de los caballos de fuerza por hora, se debe elegir un filtro de combustible que sea un pedazo de gran tamaño para el galón proyectado por hora porque dura más de largo que la que está en el tamaño exacto del filtro, también un filtro de combustible que es demasiado pequeño restringe el flujo de combustible y causa problemas de funcionamiento.

Los filtros de combustible, naturalmente generan una resistencia al flujo del combustible conforme ellos llevan a cabo su trabajo de remover contaminantes no deseados en el sistema de combustible, en los sistemas de combustible, a diferencia de los sistemas de lubricación, no tienen desvío (bypass) y consecuentemente conforme el flujo de combustible a través del filtro disminuye puede resultar en un menor desempeño del sistema de combustible y del motor. Se espera que el filtro de combustible se tape durante su vida de servicio, debe de investigarse el filtro y el suministro del combustible cuando se sospecha que el filtro está teniendo menor tiempo de vida de la normal.

Algunos de los contaminantes encontrados en los combustibles de hoy incluyen:

- **Agua** - Es una gran preocupación, pues es la forma de contaminación más común figura 2.47, el agua puede introducirse en el diesel durante la carga, cuando el aire caliente cargado de humedad se condensa en las paredes del tanque de combustible o debido a malas prácticas de limpieza, los efectos del agua en el diesel pueden ser serios. El agua puede causar un remordimiento en el inyector, con lo cual se puede destruir un inyector, o reducir la lubricidad del combustible lo cual causa trabados en las partes de poca tolerancia tales como el pistón.



Figura N° 2.47 Filtro contaminado por agua

Fuente: <http://www.widman.biz/productos/filtros-combustible.html>

Una¹⁴ vez en el sistema, el agua puede ser removida por filtros o dispositivos separadores de agua en línea, a largo plazo, para la prevención de problemas asociados con el agua es mejor comprar combustible de proveedores confiables capaces de entregar combustible de alta calidad. Además los tanques de almacenamiento deben ser mantenidos llenos para evitar condensación, y si es posible el combustible debe ser tomado de la parte superior ya que el agua es más pesada que el combustible y tiende a sedimentarse en el fondo de los tanques de almacenamiento.

- **Hongos y Bacterias** - Esos microorganismos figura 2.48, viven en el agua y se alimentan de los hidrocarburos del combustible, llamados abreviadamente Humbugs, esas activas y crecientes colonias pueden dispersarse a través del sistema de combustible y tapar rápidamente el filtro de combustible. El filtro puede llegar a tener una capa de limo (partículas de barro, lodo, residuos carbonosos cuyas partículas varían de 0.002 a 0.06 mm) sobre la superficie del medio filtrante reduciendo dramáticamente la vida de servicio del filtro, las bacterias pueden ser de cualquier color pero usualmente son negras, verdes o cafés. Drenar el sistema reducirá la actividad microbiana pero no la eliminará, la única manera de eliminar el crecimiento microbiano una vez que se ha iniciado es limpiar y tratar el sistema con un biocida.

¹⁴ <http://www.widman.biz/productos/filtros-combustible.html>



Figura N° 2.48 Filtro contaminado con bacterias

Fuente: <http://www.widman.biz/filtracion/respiraderos.html>

- **Cera** - Los cristales de cera se forman como resultado de la precipitación de la parafina a baja temperatura, las temperaturas abajo del punto de enturbiamiento del combustible pueden resultar en precipitación de la cera y taponamiento del filtro. Para prevenir filtros tapados por precipitación de la cera, el punto de enturbiamiento del combustible debe ser por lo menos -12 grados Celsius (10 °F) debajo de la menor temperatura exterior.
- **Alquitranes** - Son componentes del asfalto que generalmente son insolubles y comúnmente están presentes en cierto grado en todo combustible diesel, esos alquitranes negros como la brea son duros y frágiles y están hechos de moléculas largas, el combustible con un alto porcentaje de alquitranes acortará drásticamente la vida del filtro de combustible.
- **Sedimentos y otros Sólidos** - A menudo llegan al tanque de combustible y causan problemas figura 2.49, muchos sólidos pueden ser removidos por sedimentación o filtración, los filtros de combustible, diseñados para aplicaciones específicas removerán esos contaminantes peligrosos antes que causen mayor desgaste y daño al sistema.

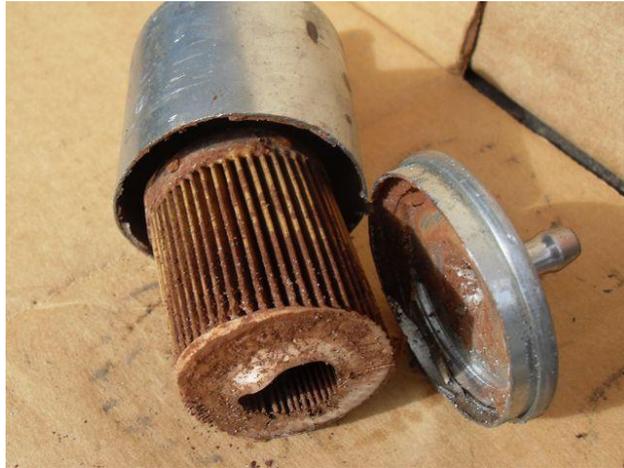


Figura N° 2.49 Filtro contaminado con sedimentos y otros sólidos

Fuente: <http://www.widman.biz/filtracion/respiraderos.html>

2.6. FILTROS SEPARADORES DE AGUA (RACOR).

El sistema de filtros separadores de agua o RACOR figura 2.50, como usualmente se los conoce, elimina el agua del combustible antes de que llegue a la bomba de inyección y a los inyectores, esto evita la causa principal de las fallas en el sistema de inyección de combustible diesel. El filtro separador de combustible/agua alarga la vida del sistema eliminando el reacondicionamiento de la bomba y de los inyectores causados por combustible contaminado con agua, como ejemplo para reparar el sistema de inyección en un motor de 6 cilindros, sólo el costo de mano de obra excede el costo de un filtro separador de combustible diesel/agua.

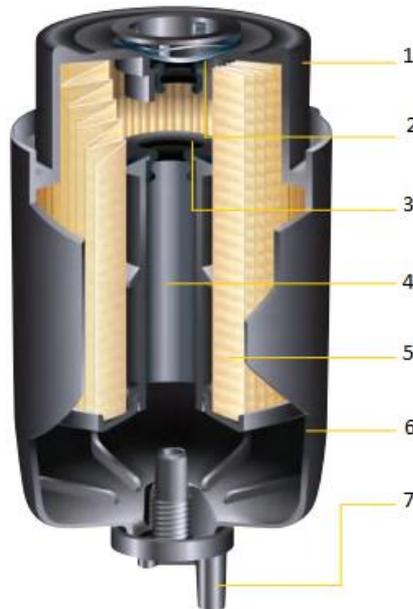


Figura N° 2.50 Filtro separador de agua

1.- Chavetas elevadas, 2.- Resorte ondulado, 3.- Sello interior de elastómero, 4.- Tubo central, 5.- Medio filtrante de alta eficacia, 6.- Caja reforzada, 7.- Válvula de drenaje de auto venteo removible

Fuente: <http://www.prodimsa.com/wp-content/uploads/2012/12/1-cat%c3%a1logo-completo-dahl.pdf>

La instalación de una unidad RACOR figura 2.51, reduce la necesidad de reparar la bomba de inyección y los inyectores, que bien podría paralizar el equipo en un motor estacionario o el motor en un vehículo por uno o dos días ocasionando la pérdida de ingresos por unas pocas horas en la paralización de los equipos, la mayoría de los contaminantes sólidos son separados por el cono aliviador de presión, patentado, en la taza, antes de llegar al elemento filtrante. Otro factor que resulta en menos cambios frecuentes, es el papel adicional en el elemento filtrante, bajo condiciones normales, el elemento filtrante puede durar hasta 64.000 km (40.000 millas).

El combustible sucio es parte de la vida, aún con la producción de combustibles para una combustión más limpia, los contaminantes continúan siendo una preocupación importante con respecto a los sistemas de combustible.

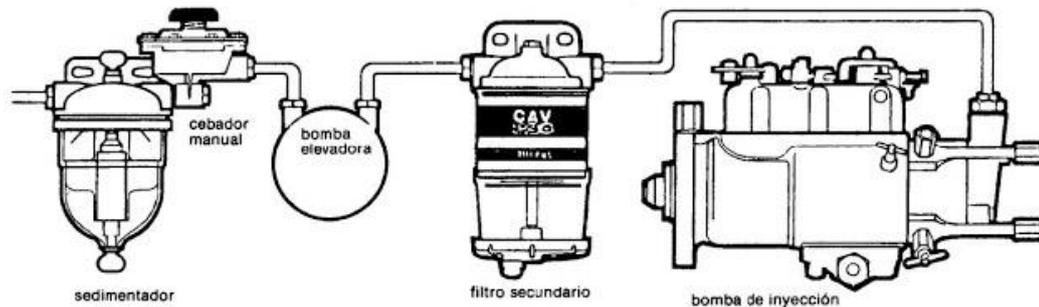


Figura N° 2.51 Instalación de filtros primario y secundario

Fuente:<http://www.prodimsa.com/wp-content/uploads/2012/12/1-cat%c3%a1logo-completo-dahl.pdf>

En la figura 2.51 , se ilustran los componentes de abastecimiento de combustible, en la que se incluyen un filtro primario (sedimentado) para separar el agua y los sólidos del combustible, un cebador manual para purgar el aire del sistema después de darles servicio a los filtros, una bomba elevadora que funciona cuando el motor está en marcha para enviar combustible a la bomba de inyección, además, hay un filtro secundario para el combustible antes de que llegue a la bomba de inyección y una bomba de inyección tipo distribuidor.

Los filtros separadores de combustible diesel/agua que se encuentran en la figura 2.52, tienen menos resistencia mecánica al flujo que otros separadores, porque la dirección del combustible cambia solamente dos veces. La unidad filtrante quita prácticamente del 95% al 98% con partículas entre 10 a 50 micrones. El filtro secundario es el segundo filtro en el sistema de combustible, normalmente está localizado entre el filtro primario y el sistema de inyección de combustible, frecuentemente antes

de la bomba de inyección, típicamente el filtro secundario tiene una eficiencia de 95% a 98% con partículas de 3 a 10 micrones.

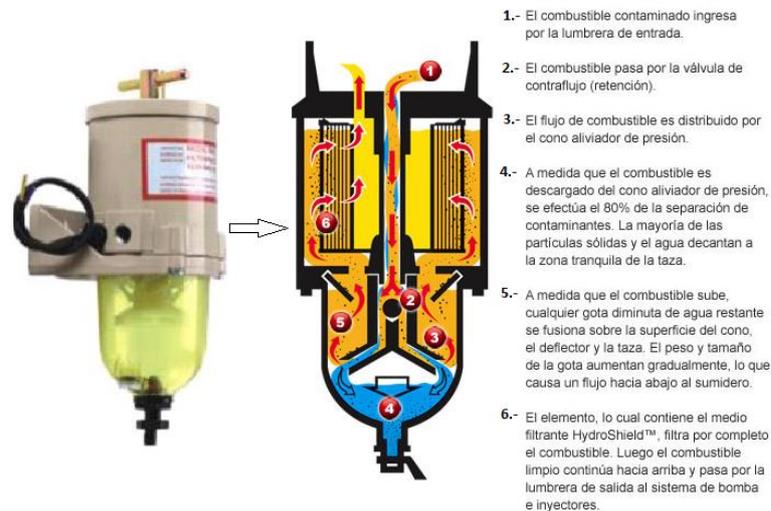


Figura N° 2.52 Filtro Racor

Fuente: <http://filtrosracor.com/combustible.html>

2.6.1. COMO SELECCIONAR UN FILTRO RACOR.

Para elegir el tamaño correcto de un filtro racor tabla 2.7, que se acomode a la velocidad de flujo recomendada (la velocidad de flujo máxima indicada es solamente para efectos de comparación con otros sistemas), para una filtración y separación más eficiente, se selecciona de la columna 'Recomendada' (tabla 2.7).

Las velocidades de Flujo en Galones por Hora (GPH).- La siguiente tabla son para Filtros/Separadores. Separadores (Recicladores) están limitados por la capacidad de la bomba de inyección. Por ejemplo, una sola unidad separadora 300 tiene una velocidad de flujo limitada a 180 GPH (U.S.), y una doble unidad separadora 300 tiene una velocidad de flujo limitada a 360 GPH (U.S.)

Tabla N° 2.7 Selección de filtro Racor

Serie	Recomendada	Máxima	Capacidad Sumidero
65 y 75	20	30	118 ml – 4 oz.
100	40	65	236ml – 8 oz.
100 Doble	80	130	472 ml – 16 oz.
150	80	100	236 ml – 8 oz.
150 Doble	160	200	472 ml – 16 oz.
200	120	200	708 ml - 24 oz.
200 Doble	240	400	1.416 ml – 48 oz.
300	180	325	708 ml – 24 oz.
300 Doble	360	650	1.416 ml – 48 oz.
300 Triple	540	975	2.124 ml – 72 oz.
500	1.800	1.920	41,6 L – 11 gal.
500 Doble	3.600	3.840	83,30 L – 22 gal.
Unidades Múltiples	Multiplique la Velocidad de Flujo y la capacidad del Sumidero por la Cantidad de Unidades		

Fuente: <http://www.prodimsa.com/wp-content/uploads/2012/12/1-cat%c3%a1logo-completo-dahl.pdf>

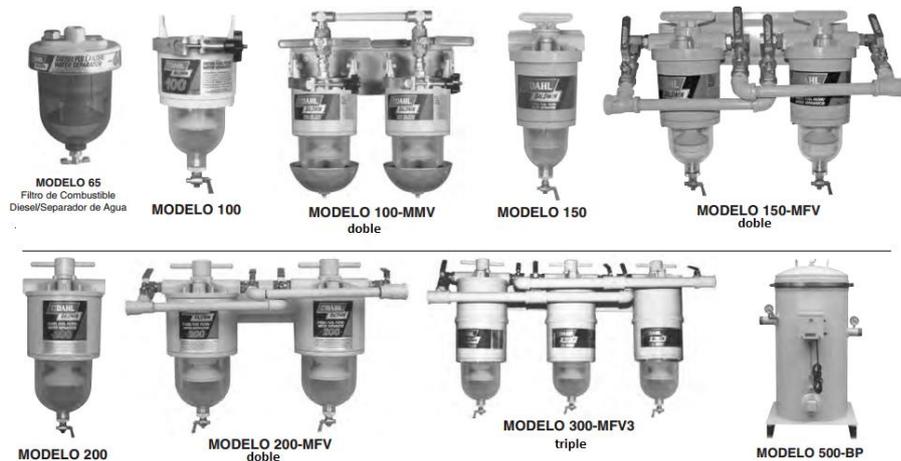


Figura N° 2.53 Tipos de series de Racor (marca de referencia DAHL)

Fuente: <http://www.prodimsa.com/wp-content/uploads/2012/12/1-Cat%C3%A1logo-Completo-DAHL.pdf>

2.7. ADITIVOS PARA COMBUSTIBLE

Cómo usar aditivos de combustible diesel. Hay un montón de aditivos en el mercado hoy en día que están diseñados para mejorar el rendimiento y la eficiencia del combustible diesel. El combustible diesel es popular entre aquellos que se preocupan por el medio ambiente, ya que produce menos emisiones que los combustibles fósiles tradicionales. También puede ser producido a partir de una amplia variedad de recursos renovables, tales como el aceite vegetal y la soja. Debido a que el diesel se puede hacer de muchas cosas diferentes, su calidad varía en consecuencia. Sin embargo, si utilizas los aditivos adecuados, se puede lograr el máximo rendimiento de tu combustible en todo momento.



Figura N° 2.54 Aditivos para el combustible diesel

Fuente: <http://www.fixeda.com/wp/aditivos-y-limpiadores-de-combustible-diesel/>

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1. DISEÑO MECÁNICO DEL BANCO DE PRUEBAS.

En éste capítulo se muestra el resultado de la búsqueda del diseño más adecuado para el banco de pruebas de bomba de inyección rotativa VP44 figura 3.55, con mandos electrónicos en Motores Diesel, acorde a cumplir con todos los requerimientos de funcionalidad y de seguridad necesarios para este tipo de equipos. Para lograr este cometido se partió de un diseño preliminar de sus componentes mecánicos, los mismos que se fueron optimizando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo que se describe en el presente capítulo.

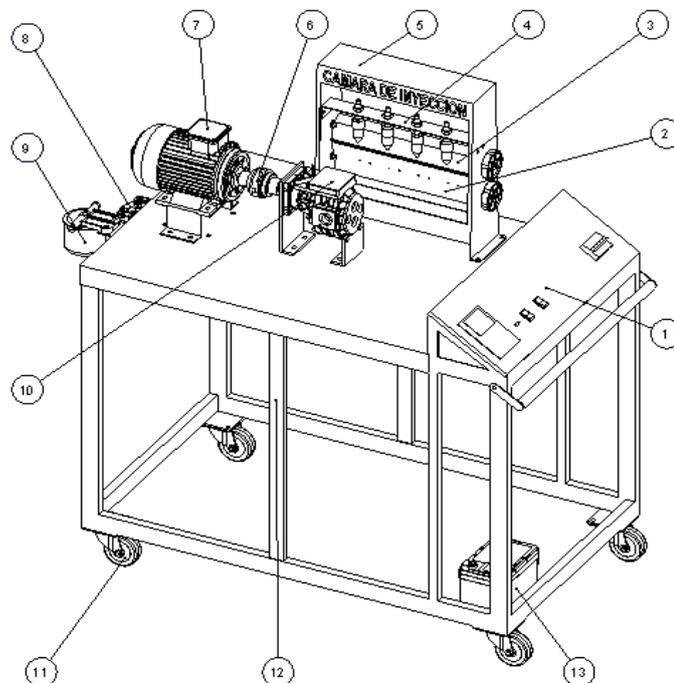


Figura N° 3.55 Componentes del Banco de Pruebas

En la figura 3.55, se muestran los principales componentes que deben ser parte del banco de pruebas:

- (1) Tablero de control.
- (2) Placa para soporte de las probetas.
- (3) Placa para bloqueo de los inyectores.
- (4) Placa soporte de los inyectores.
- (5) Cámara de inyección.
- (6) Acople bomba – motor.
- (7) Motor de corriente Alterna.
- (8) Filtro Racor.
- (9) Filtro de Combustible.
- (10) Bomba de Inyección.
- (11) Ruedas.
- (12) Estructura soporte del banco.
- (13) Batería.

3.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Partiendo de las especificaciones técnicas que tienen equipos semejantes existentes en el mercado y tomando en cuenta los recursos económicos disponibles para su construcción, se determinaron los principales parámetros de diseño los mismos que se describen a continuación:

- Potencia del motor de corriente alterna = 3 hp (2237,1 W)
- Velocidad nominal de giro del motor = 1750 rpm (183,2 rad/s)
- Tipo de bomba rotativa de inyección = Bosch VP 44
- Número de inyectores en la cámara = 4
- Factor de seguridad mínimo requerido¹⁵ = 3

¹⁵ Robert L Mott, "Diseño de elementos de maquinas". Pearson Educación , México, 2006 (ANEXO 5.5)

En función de estos parámetros y del fundamento teórico del capítulo anterior, a continuación se procede con el diseño y la selección de los diferentes componentes mecánicos del banco de pruebas.

3.1.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS.

Cuando el banco de pruebas tiene un funcionamiento normal debe soportar las siguientes cargas:

Fórmula N° 1 Torque transmitido por el motor (T_M):

El torque que transmite el motor viene dado por:

$$T_M = \frac{Pot_M}{\omega_m}$$

$$T_M = \frac{2237.1 \text{ N.m/s}}{183.2 \text{ rad/s}}$$

$$T_M = 12.21 \text{ N.m}$$

Dónde:

Pot_M = potencia del motor = 2237,1 W

ω_M = velocidad de giro del motor = 183,2 rad/s

K = factor de servicio = 1.0 (para frenos bajo condiciones promedio)

Peso del motor:

De acuerdo con las especificaciones del fabricante el peso del motor es:

$$W_M = 6 \text{ kg} = 60 \text{ N}$$

Peso del Tablero de Control:

Tomando en cuenta los diferentes componentes instalados en el tablero de control, el mismo tienen un peso aproximado de:

$$W_{TC} = 50 \text{ N}$$

Peso de la Bomba de Inyección:

De acuerdo con las especificaciones del fabricante el peso de la bomba de inyección es:

$$W_B = 4 \text{ kg} = 40 \text{ N}$$

Carga Transmitida por los Filtros:

En función del trabajo que realizan los filtros, la carga que transmite cada uno de ellos es:

$$W_F = 30 \text{ N}$$

Fórmula N° 2 Peso del combustible (diesel):

El tanque de combustible tiene una capacidad de 4,5 galones (17034 ml) y ya que el diesel tiene un peso específico de 0,88 gr/ml (Anexo 1), el peso del combustible viene dado por:

$$W_D = \gamma_D \cdot \bar{V}$$

$$W_D = 0,88 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} \cdot 17034 \text{ ml}$$

$$W_D = 14990 \text{ gr} = 147 \text{ N}$$

Peso de la Cámara de Inyección:

Tomando en cuenta los diferentes componentes que deben ser instalados en la cámara de inyección y luego de haber modelado y ensamblado los mismos en SolidWorks, el software determina que la cámara tiene un peso aproximado de:

$$W_{cr} = 220 \text{ N}$$

Peso de la batería:

De acuerdo con las especificaciones del fabricante el peso de la batería es:

$$W_R = 8 \text{ kg} = 80 \text{ N}$$

3.1.3. DISEÑO DEL ACOPLER MOTOR – BOMBA.

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.

Modelado del Acople Motor - Bomba

Tomando en cuenta la función que debe cumplir este elemento figura 3.56, se modela en SolidWorks el acople Motor – Bomba con la geometría mostrada en el cuadro 2.

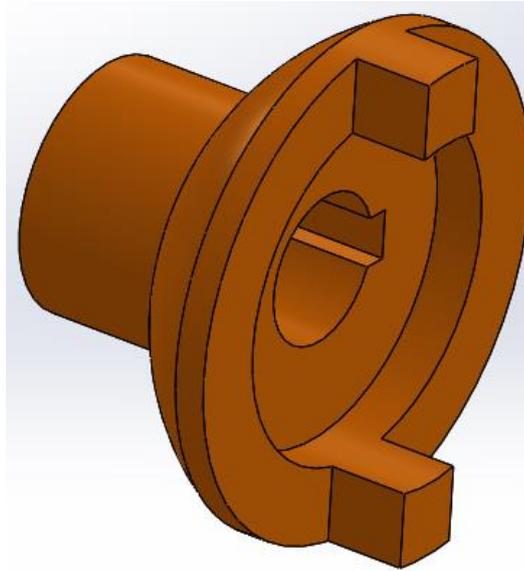


Figura N° 3.56 Modelo del Acople Motor - Bomba

Una vez modelado el acople motor - bomba en SolidWorks se procede a realizar su análisis de esfuerzos en el programa SolidWorks Simulation en función del material, cargas y restricciones asignadas.

Materiales: Debido a que el torque que transmite el motor no es muy elevado, este elemento se fabricará con acero AISI 1010 cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.8 Propiedades del acero estructural AISI 1010

MATERIAL	RESISTENCIA A LA FLUENCIA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	DENSIDAD
Acero AISI 1010HR	180 MPa	320 MPa	7850 kg/m ³

Fuente: Shigley; Diseño en Ingeniería Mecánica. Octava Edición; Pág.

Asignación de Cargas y Sujeciones

El acople motor – bomba tiene una sujeción fija en el agujero para el eje y el chavetero y estará sometido a un torque de 12,2 Nm, aplicado en las caras laterales de superficies salientes, como se muestra en la figura 3.57.

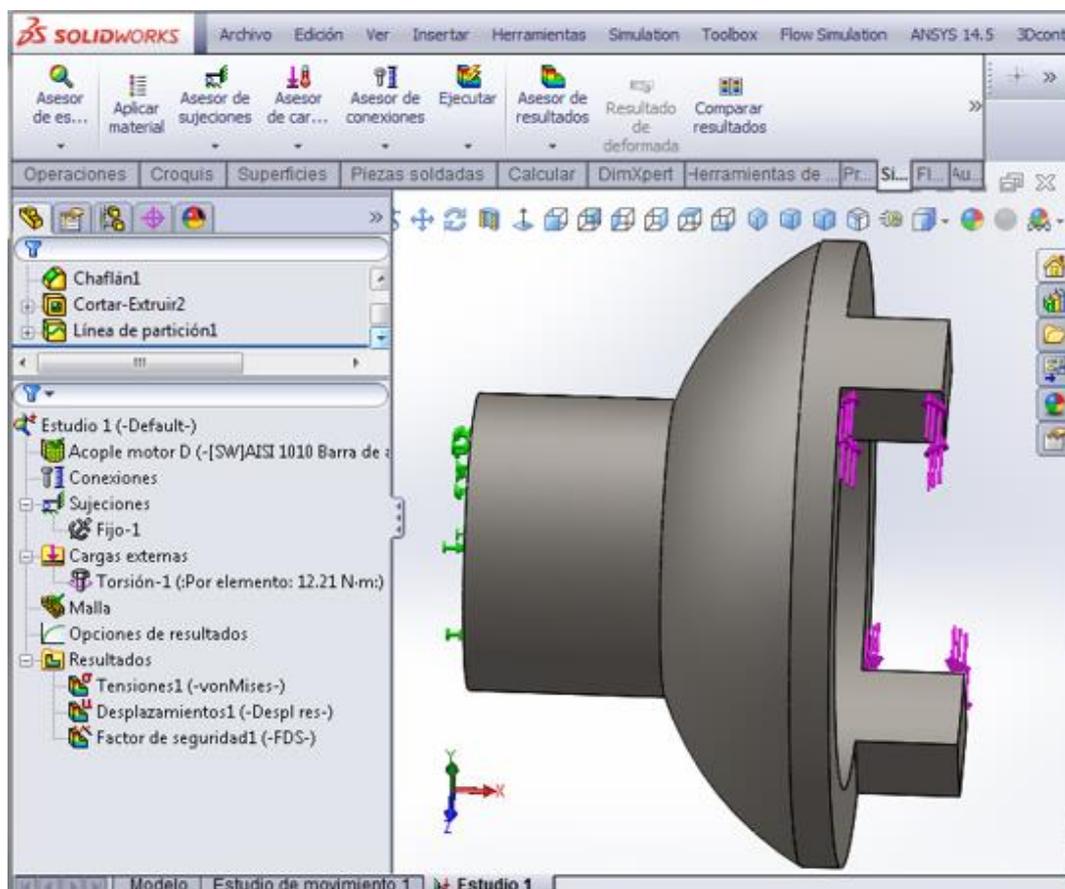


Figura N° 3.57 Asignación de cargas y sujeciones al acople motor - bomba

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Una vez asignadas las cargas y las sujeciones se procede a realizar mallado del acople para luego ejecutar su estudio de diseño figura 3.58.

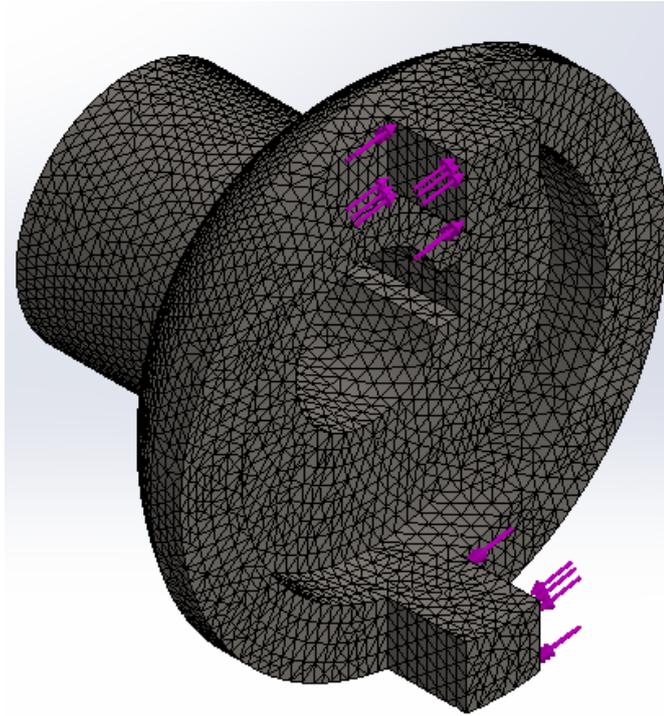


Figura N° 3.58 Mallado del acople motor - bomba

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos luego de ejecutar el análisis de esfuerzos.

En la figura 3.59, se muestra la distribución del esfuerzo de Von Mises en el acople motor - bomba y al analizarlo se determina que la máxima tensión ocurre en la base de las superficies salientes con un valor de 30,07 MPa, pero al ser este valor menor que la resistencia a la fluencia del acero AISI 1010, (AISI: American Iron and Steel Intitute), se concluye que el acople resiste esta tensión sin fallar.

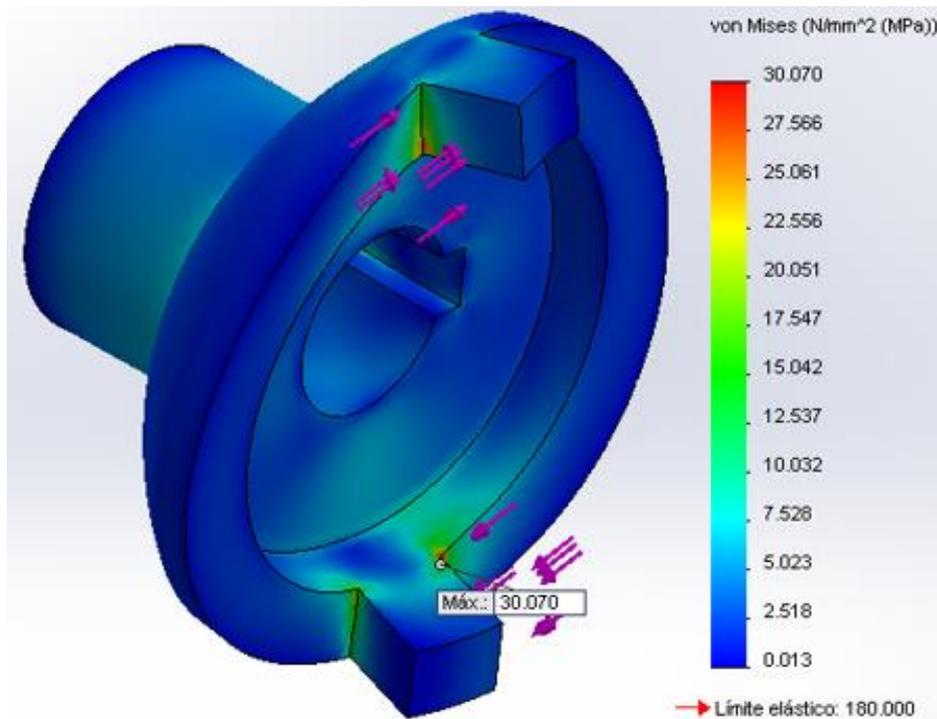


Figura N° 3.59 Tensión de Von Mises en el acople motor – bomba

Al analizar el figura 3.59 se observa que el desplazamiento máximo del acople se produce en el extremo exterior de la superficie saliente, sin embargo al ser su valor máximo igual 0,006 mm, este desplazamiento no perjudica el buen funcionamiento del acople.

Con respecto al factor de seguridad, en la figura 3.60, se muestra su distribución y se observa que su valor mínimo es de 5,99, valor que es mayor que el mínimo recomendado de 3, por lo que se concluye que el diseño es seguro.

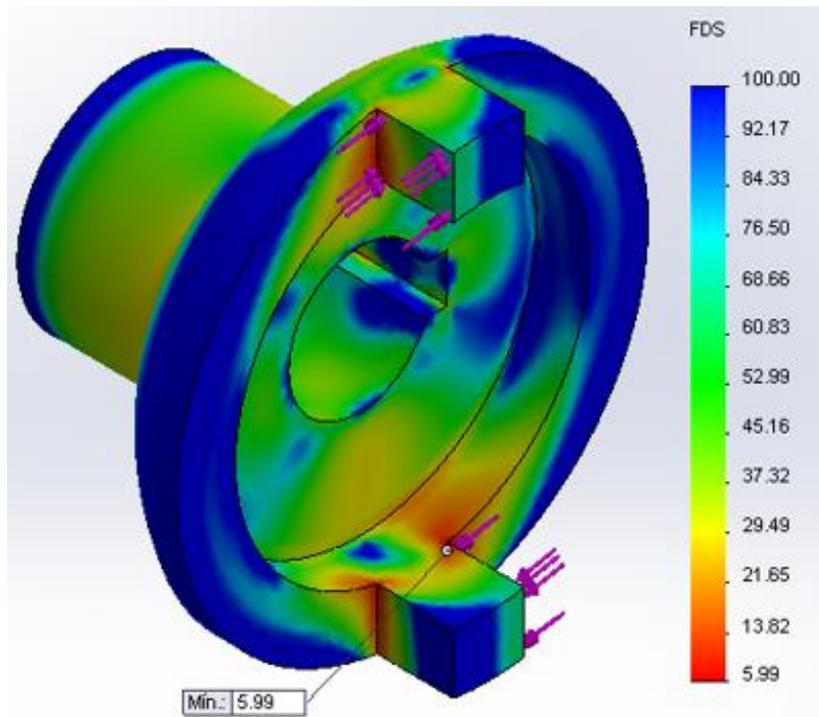


Figura N° 3.60 Distribución del factor de seguridad en el acople motor-bomba

3.1.4. DISEÑO DEL DISCO FLEXIBLE DEL ACOPLE.

Este elemento se instala entre los elementos del acople motor – bomba y 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.

Modelado del Disco Flexible

Tomando en cuenta la función que debe cumplir este elemento se modela en SolidWorks el disco flexible, con la geometría mostrada en la figura 3.61.

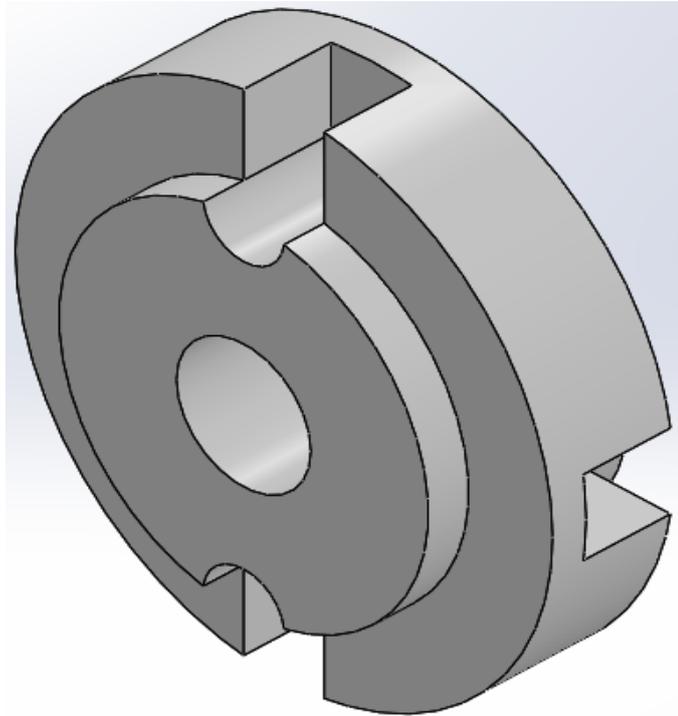


Figura N° 3.61 Modelo del disco flexible

Material

Tomando en cuenta la magnitud de la carga que soporte este elemento se fabricará con acrílico de medio impacto cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.9 Propiedades del acrílico medio impacto

MATERIAL	RESISTENCIA A LA FLUENCIA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	DENSIDAD
Acrílico de medio impacto	45MPa	73MPa	1200 kg/m ³

Fuente: Base de Datos de Materiales de SolidWorks

Asignación de Cargas y Sujeciones

El acople motor – bomba tiene una sujeción fija en el agujero central y estará sometido a un torque de 12,2 Nm aplicado en las caras laterales como se muestra en la figura 3.62.

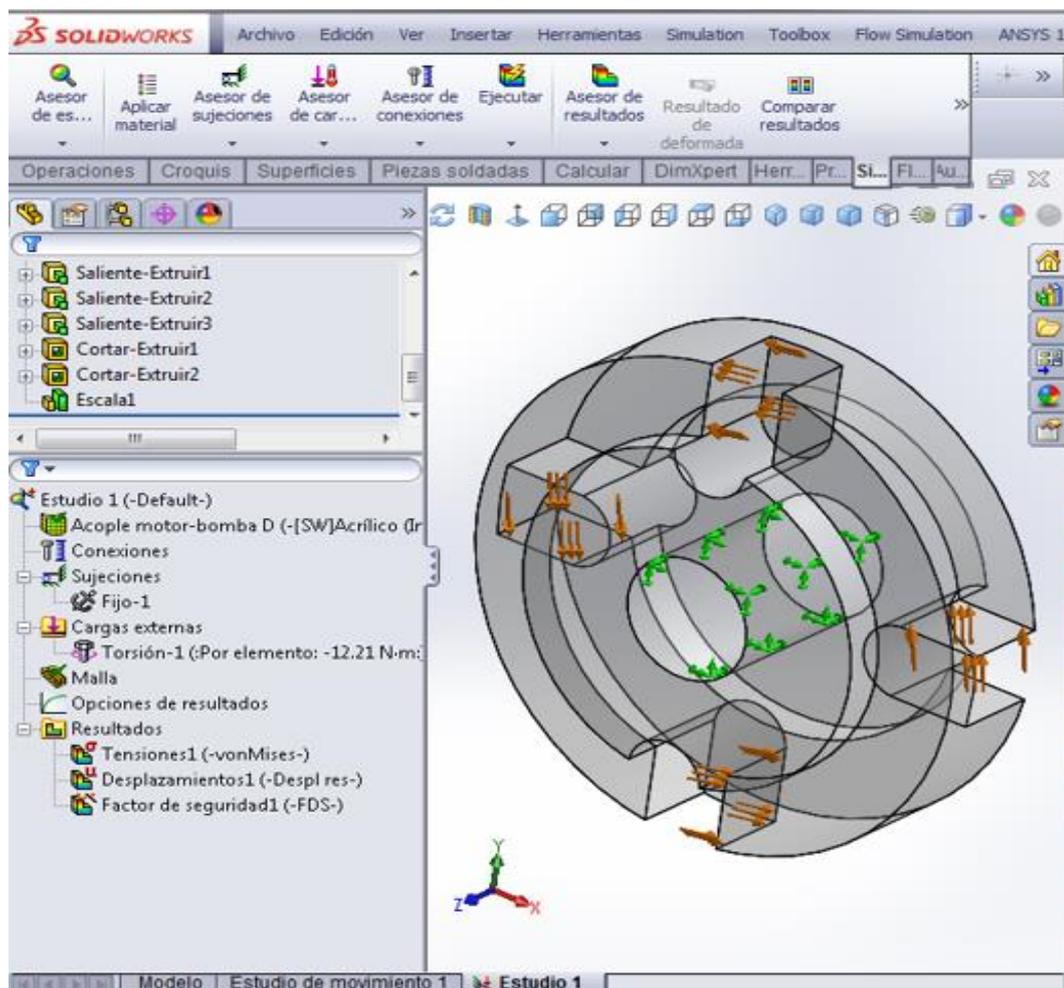


Figura N° 3.62 Asignación de cargas y sujeciones al disco flexible

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Una vez asignadas las cargas y las sujeciones se procede a configurar el mallado del disco, para luego ejecutar su estudio de diseño figura 3.63.

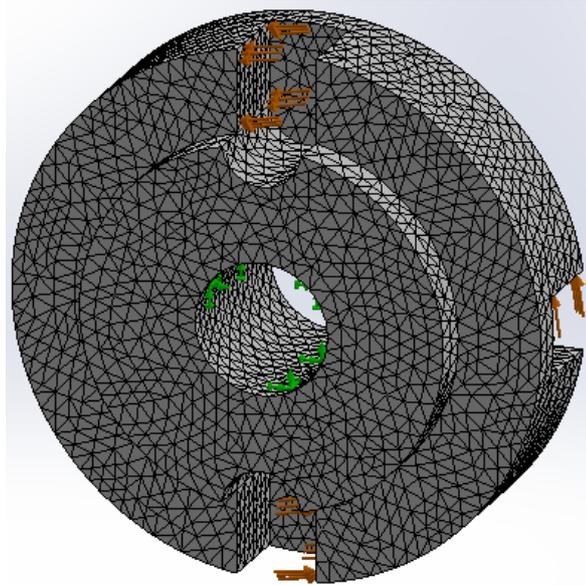


Figura N° 3.63 Mallado del disco flexible

Resultados

En la figura 3.64, se muestra la distribución del esfuerzo de Von Mises en el disco flexible y se observa que la máxima tensión ocurre en el agujero central, donde alcanza un valor de 10,58 MPa, pero al ser este valor menor que la resistencia a la fluencia del acrílico, se determina que el acople puede resistir esta tensión sin fallar.

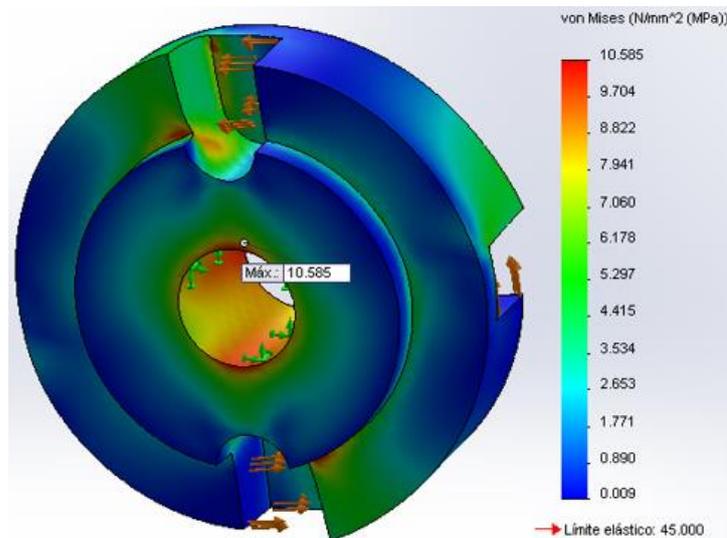


Figura N° 3.64 Tensión de Von Mises en el disco flexible

En la figura 3.65, se observa que el desplazamiento máximo de en el disco ocurre en las caras laterales de las ranuras del disco, sin embargo al ser su valor máximo igual 0,119 mm, este desplazamiento no afecta el adecuado funcionamiento del acople.

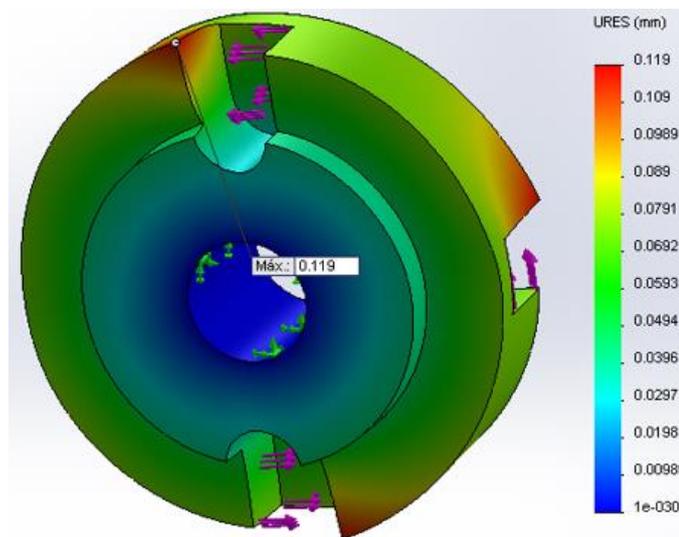


Figura N° 3.65 Desplazamientos resultantes en el disco flexible

La distribución del factor de seguridad en el disco flexible se muestra en la figura 3.66, y se observa que su valor mínimo es de 4,25, valor que es mayor que el mínimo recomendado de 3, por lo que se concluye que su diseño es adecuado.

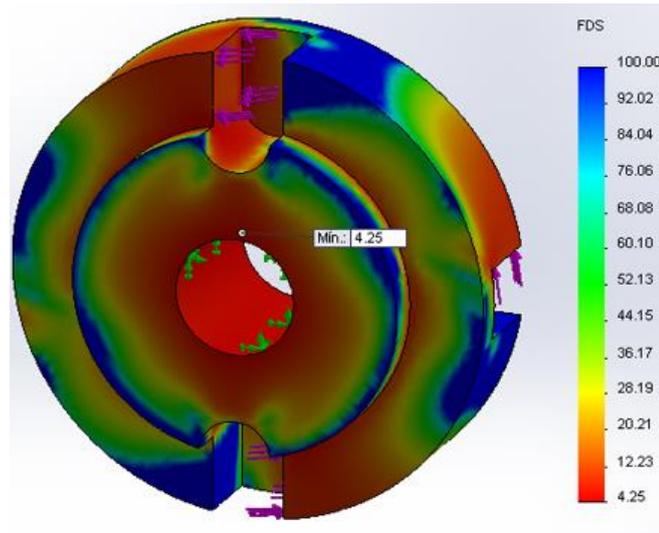


Figura N° 3.66 Distribución del factor de seguridad en el disco flexible

3.1.5. DISEÑO DE LA CÁMARA DE INYECCIÓN

La cámara de inyección está constituida por varios elementos mecánicos que permiten sujetar y manipular tanto los inyectores como las probetas donde se inyecta el diesel, por lo tanto, es necesario que el bastidor de la cámara de inyección soporte el peso de cada uno de estos componentes y las cargas que se producen durante el proceso de inyección.

Modelado de la Cámara de Inyección

En base a las dimensiones de los diferentes elementos que componen la cámara de inyección, esta se modela y ensambla en SolidWorks tal como se muestra en la figura 3.67.

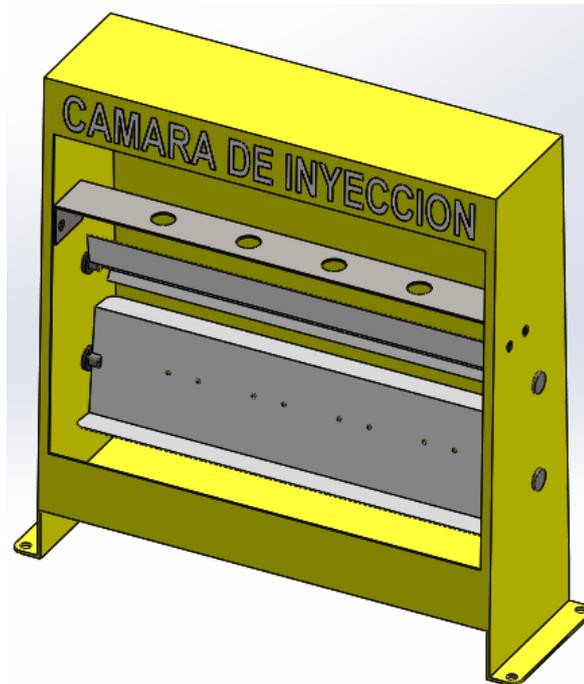


Figura N° 3.67 Modelo ensamblado de la Cámara de Inyección

Material.

Los diferentes componentes de la cámara de inyección serán fabricados con planchas y platinas de Acero estructural ASTM A36 (ASTM: Association for Testing Materials) cuyas propiedades se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 3.10 Propiedades del acero ASTM A36

MATERIAL	RESISTENCIA A LA FLUENCIA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	DENSIDAD
Acero ASTM A36	248MPa	400MPa	7850 kg/m ³

FUENTE: Robert Mott; Diseño de Elementos de Maquina; Cuarta Edición.

Asignación de Cargas y Sujeciones

La cámara de inyección figura 3.68, debe soportar el peso de cada uno de sus componentes así como también el peso de los cuatro inyectores con las respectivas cargas que generan durante el proceso de inyección (10 N cada uno), y el peso de las probetas que acumulan el diesel inyectado (4 N cada una), las mismas que se aplican en los puntos de sujeción de cada uno de ellos.

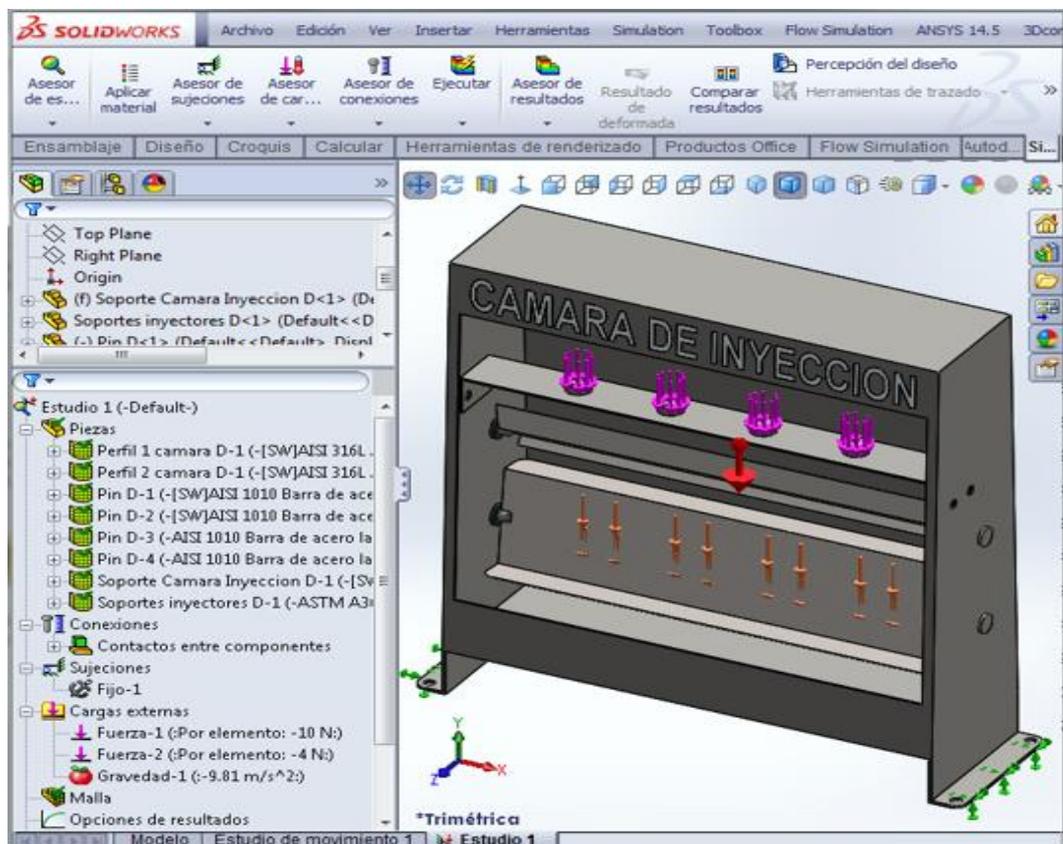


Figura N° 3.68. Asignación de cargas y sujeciones a la Cámara de Inyección.

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Una vez configurado un tipo y tamaño de malla adecuado figura 3.69, para la cámara de inyección se procede a ejecutar su estudio de diseño, obteniéndose los resultados mostrados en los cuadros siguientes.

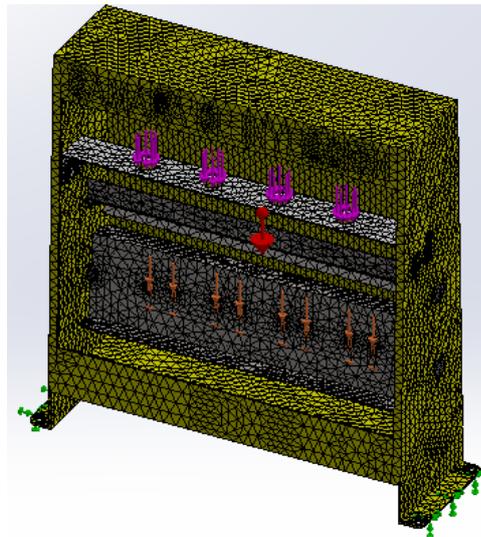


Figura N° 3.69 Mallado de la Cámara de Inyección

Resultados

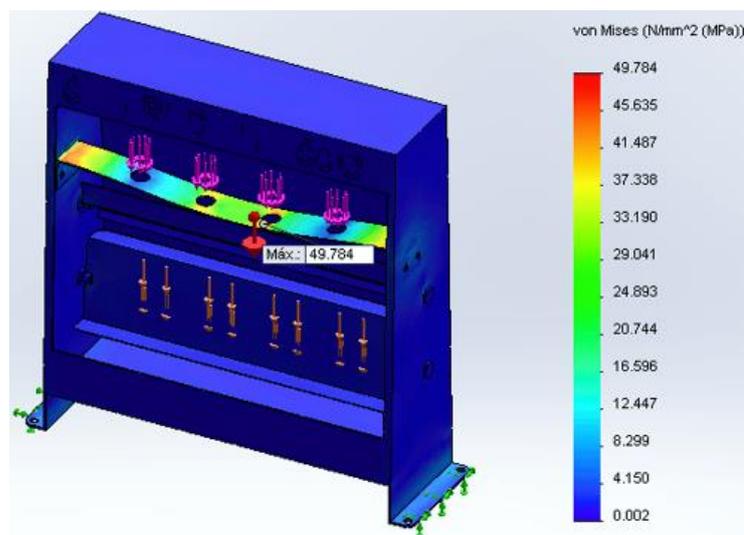


Figura N° 3.70 Tensión de Von Mises en la Cámara de Inyección

La distribución de tensiones de Von Mises en la Cámara de Inyección se muestra en la figura 3.70, donde se observa que el esfuerzo máximo tiene un valor de 49,78 MPa y se produce en la parte media de la placa soporte de los inyectores, sin embargo este esfuerzo es menor que el límite de fluencia del material, por lo que se concluye que este elemento resiste dicho esfuerzo sin fallar.

En la figura 3.71, se presenta los desplazamientos resultantes que se producen en la Cámara de Inyección y el valor máximo se produce en la parte media de la placa soporte de los inyectores, sin embargo al ser su valor máximo igual 1,95 mm, este desplazamiento no compromete el adecuado funcionamiento del banco de pruebas.

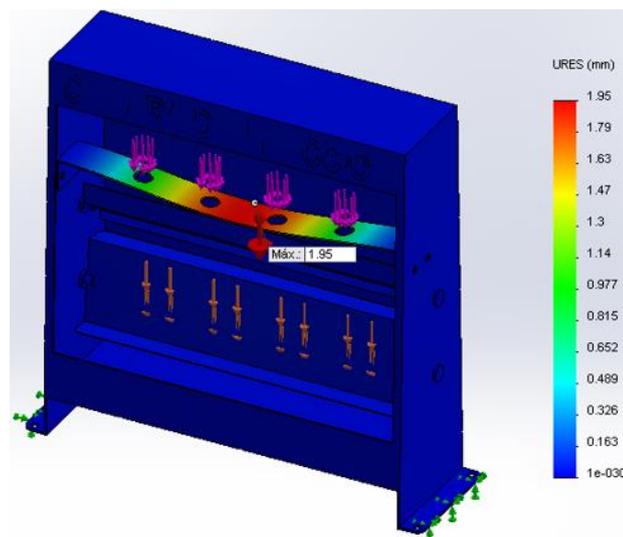


Figura N° 3.71 Desplazamientos resultantes en la Cámara de Inyección

La distribución del factor de seguridad en el disco flexible se muestra en la figura 3.72, y se observa que su valor mínimo es de 4,25, valor que es mayor que el mínimo recomendado de 3, por lo que se concluye que su diseño es adecuado.

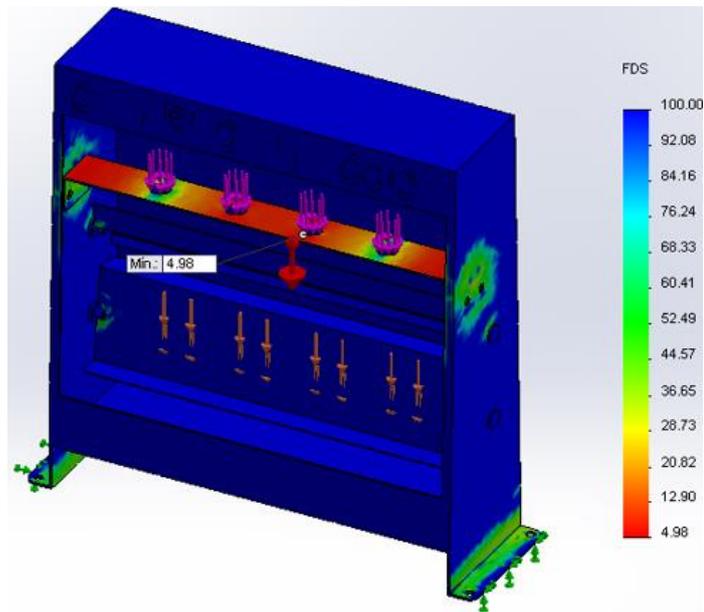


Figura N° 3.72 Distribución del factor de seguridad en la Cámara de Inyección

3.1.6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL BANCO.

Con el fin de agilizar el proceso iterativo de diseño, se utilizó el programa SolidWorks Simulation, para con su ayuda, realizar de forma rápida y precisa el análisis de esfuerzos de las diferentes alternativas de diseño hasta llegar a obtener las dimensiones, formas y perfiles más adecuados que garantizan un funcionamiento satisfactorio y seguro del Banco de Pruebas de Bombas de Inyección VP 44 bajo condiciones críticas de operación.

Modelado de la Estructura Soporte del Banco de Pruebas

Buscando la mejor disposición para los diferentes elementos que forman parte del banco de pruebas y tomando en cuenta el tamaño, peso y carga que cada uno de estos generan, se modeló la estructura soporte del banco con la geometría que se muestra en la figura 3.73.

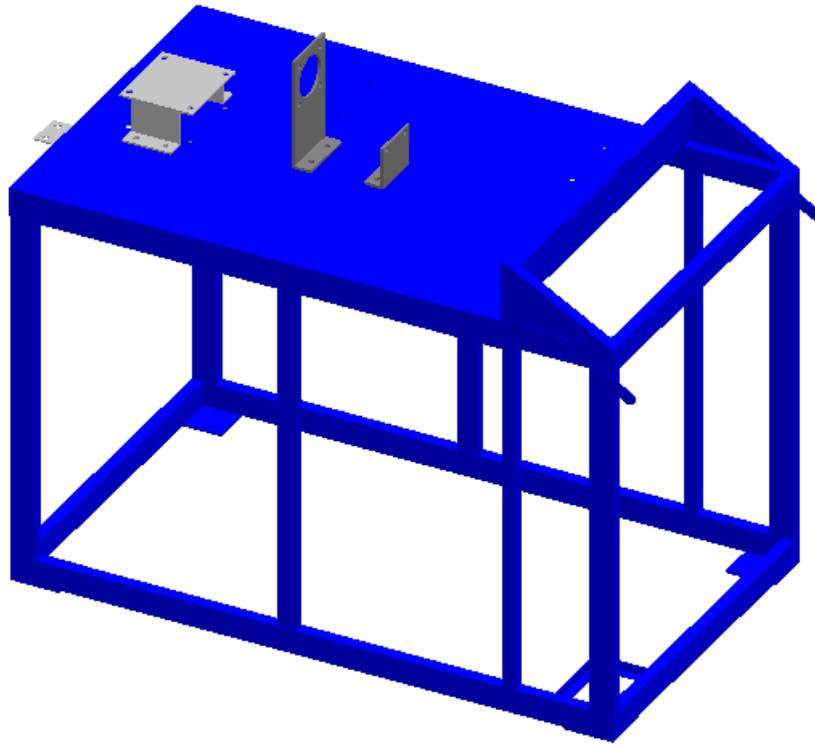


Figura N° 3.73 Modelo de la estructura soporte del banco de pruebas

Material.

Para la fabricación de la estructura soporte se utilizarán diferentes tipos de perfiles estructurales y planchas de acero comercial existente en el mercado nacional, por lo tanto, el material que se utilizará es Acero ASTM A36.

Tabla N° 3.11 Propiedades del acero ASTM A36

MATERIAL	RESISTENCIA A LA FLUENCIA	RESISTENCIA A LA TENSIÓN	DENSIDAD
Acero ASTM A36	248MPa	400MPa	7850 kg/m ³

Fuente: Robert Mott; Diseño de Elementos de Maquina; Cuarta Edición,

Asignación de Cargas y Sujeciones

La estructura soporte debe resistir las diferentes cargas que se generan por el proceso de inyección y el peso de cada uno de los componentes del banco, aplicados en los puntos de apoyo o sujeción de los mismos, tal como se muestra en la figura 3.74.

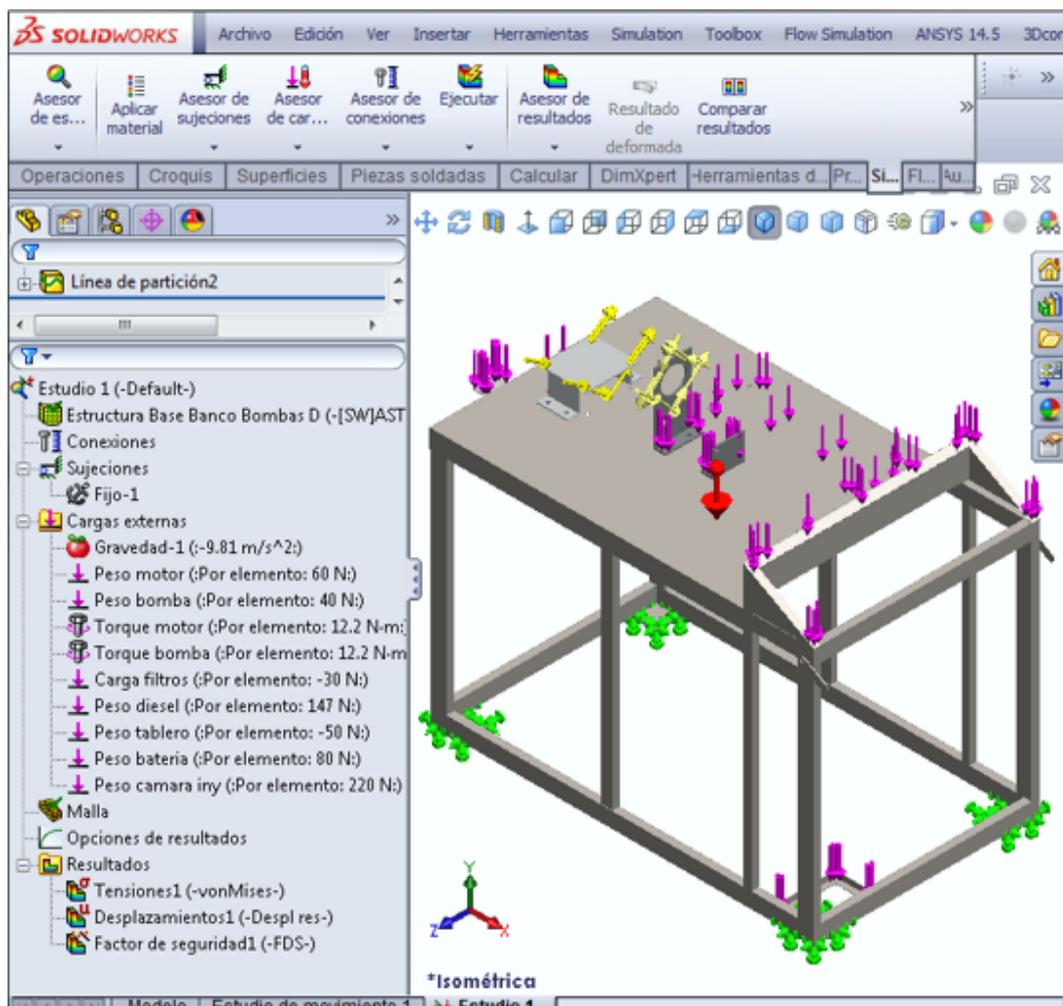


Figura N° 3.74 Asignación de cargas y sujeciones a la estructura soporte del banco de pruebas

Mallado y Ejecución de Estudio de Diseño

Luego de seleccionar y configurar el tipo y tamaño de malla más adecuado para la estructura soporte figura 3.75, se procede a ejecutar su estudio de diseño y los resultados obtenidos se muestran en los cuadros siguientes.

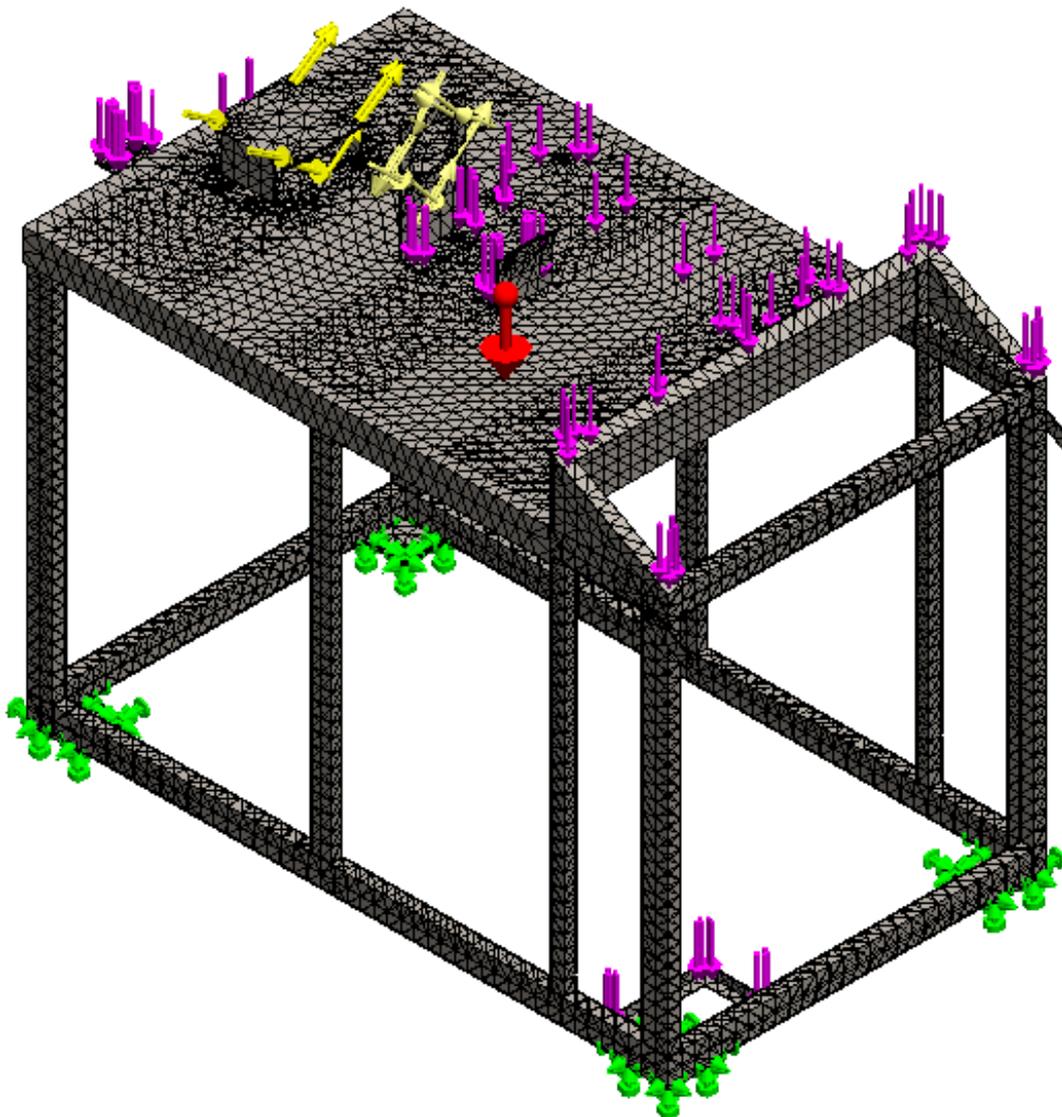


Figura N° 3.75 Mallado de la estructura soporte del banco de pruebas

Resultados.

En la figura 3.76, se presenta la distribución de esfuerzos de Von Mises en la estructura soporte, donde se puede observar que la máxima tensión se produce en la parte media del perfil Omega que soporta el grupo motor – bomba y su valor es de 63,36 MPa, pero al ser este valor menor que la resistencia a la fluencia del acero ASTM A36, se determina que el acople resiste esta tensión sin fallar.

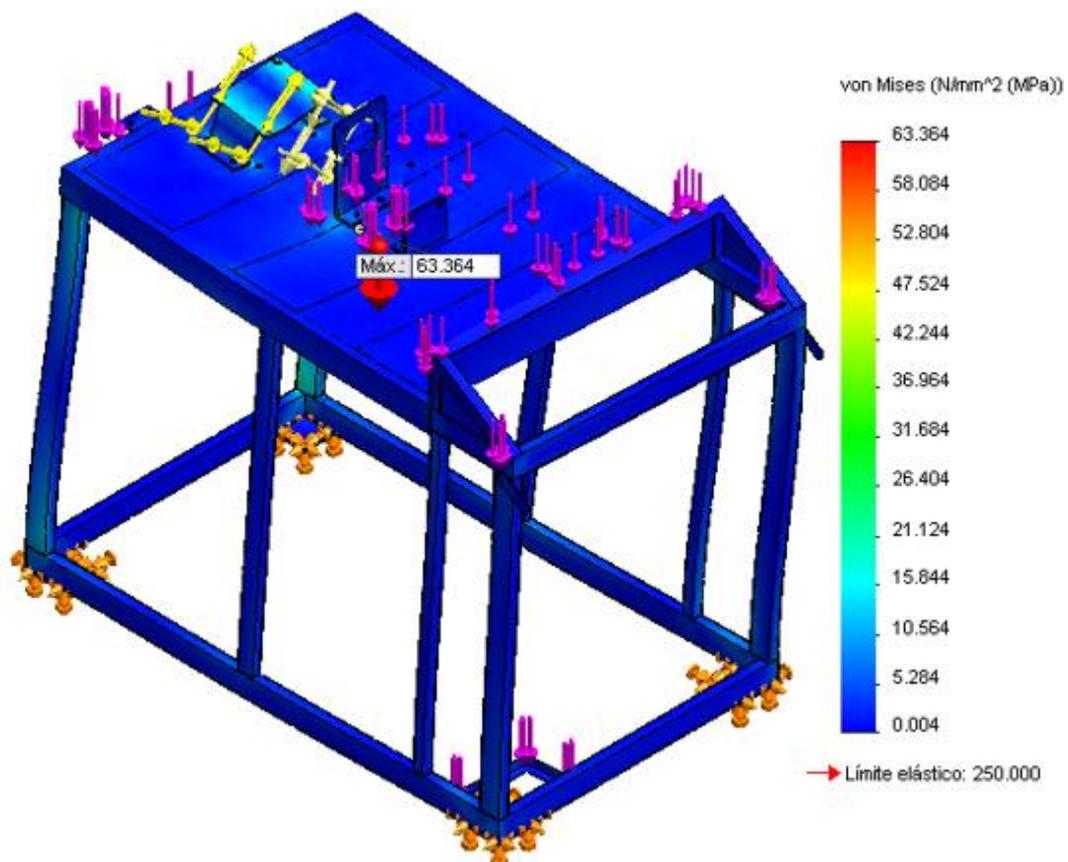


Figura N° 3.76 Tensión de Von Mises en la estructura soporte del banco de pruebas

La distribución de desplazamientos resultantes en la estructura soporte se muestra en la figura 3.77, donde se observa que el desplazamiento máximo tiene un valor de 0,645 mm y ocurre en la esquina posterior de la

base que sostienen al motor eléctrico, por lo que el disco flexible de acrílico en el acople bomba – motor debe compensar este desplazamiento para no afectar el funcionamiento adecuado del banco de pruebas.

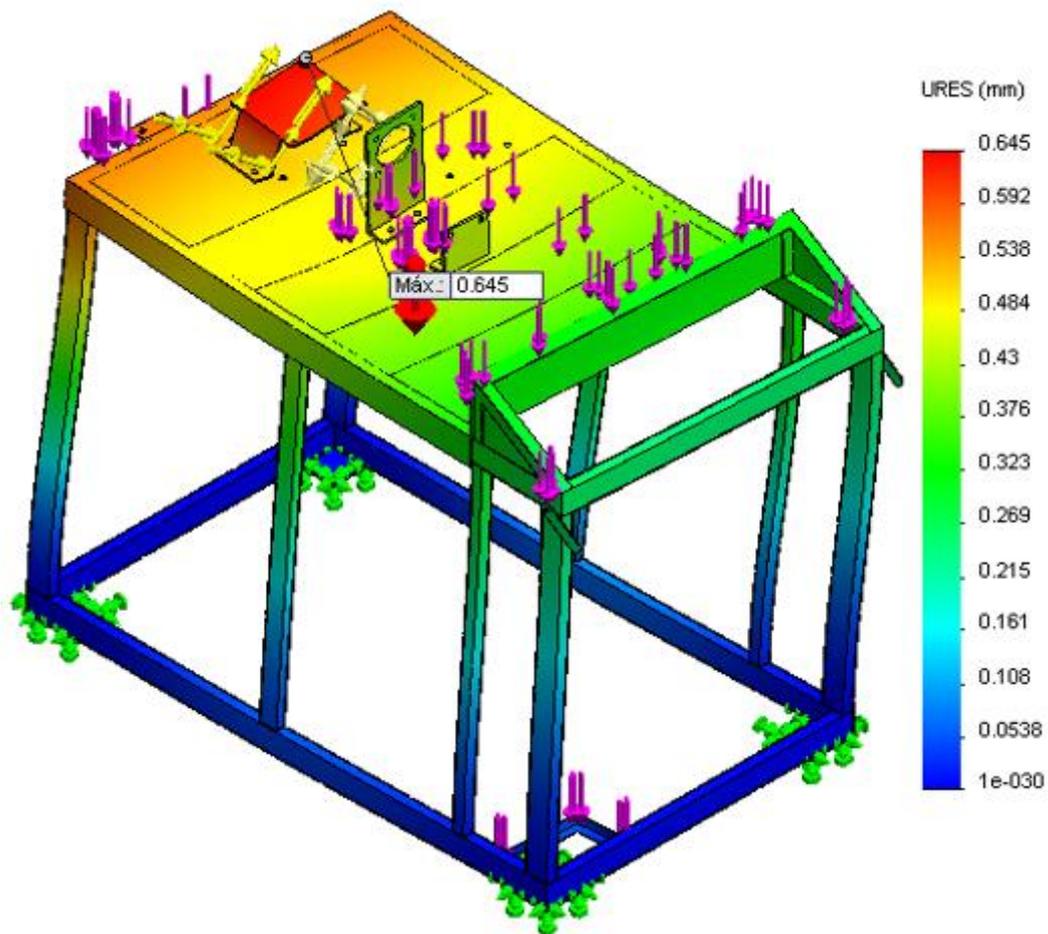


Figura N° 3.77 Desplazamientos resultantes en la estructura soporte del banco de pruebas

En cuanto al factor de seguridad su distribución se muestra en la figura 3.78, donde se aprecia que las zonas críticas se encuentran en las bases que sujetan a la bomba y al motor, siendo su valor mínimo igual a 3,95, por lo que al ser este valor mayor que el factor de seguridad mínimo recomendado de 3, se concluye que la estructura soporte de banco de pruebas, puede resistir todas las cargas a las que está sometido sin fallar.

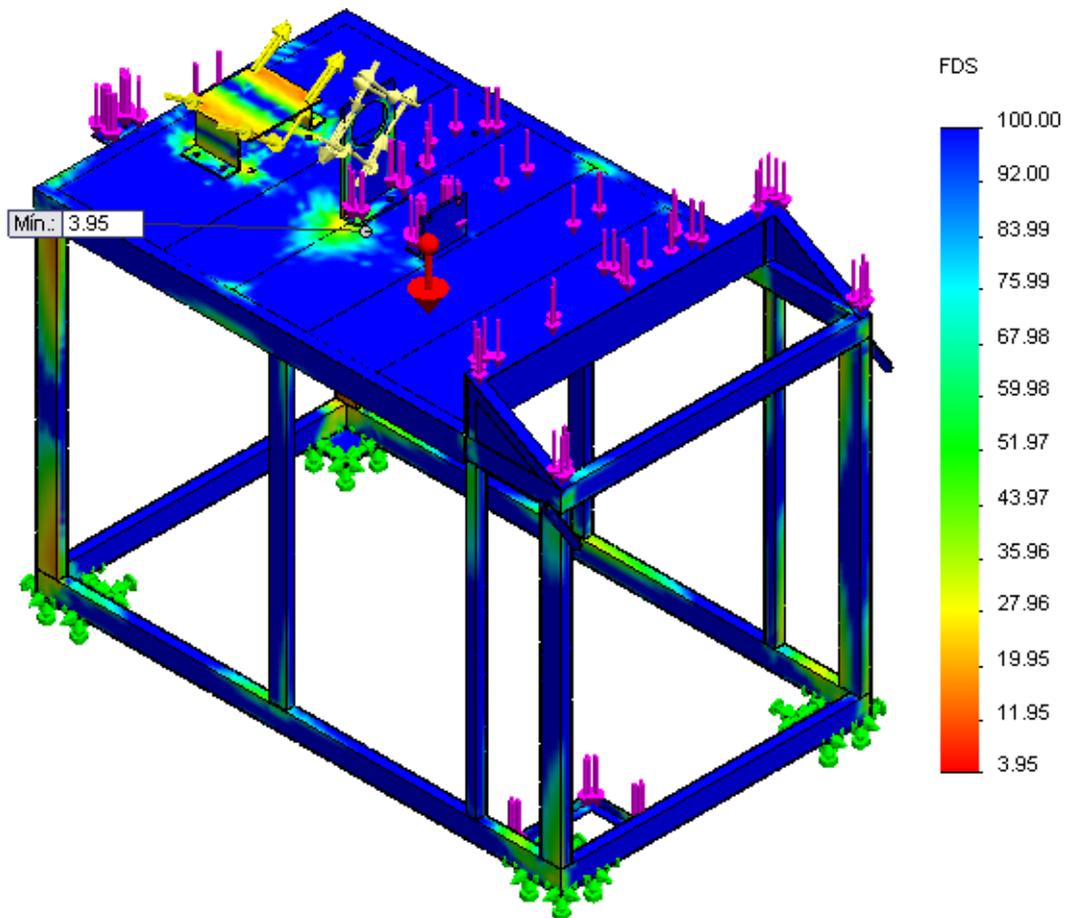


Figura N° 3.78 Distribución del factor de seguridad en la estructura soporte del banco de pruebas

3.2. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

En la construcción de un circuito hidráulico de alta presión figura 3.79, se tomó aspectos fundamentales como son: en número de inyectores, el tipo de bomba, la presión de la bomba de inyección para de esta manera seleccionar el material correcto para la construcción de las cañerías metálicas.

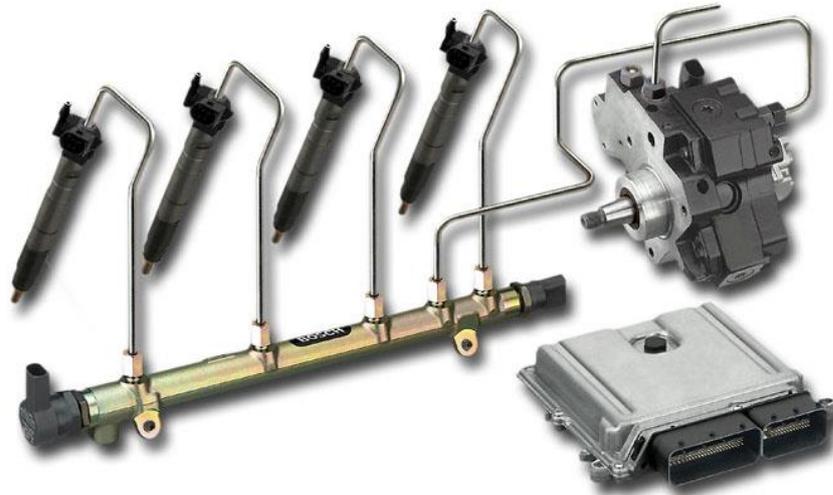


Figura N° 3.79 Elementos del circuito hidráulicos de alta presión

Fuente: <http://automotrizenvideo.com/funcionamiento-basico-del-sistema-common-rail-articulo/>

En lo concerniente al sistema de baja presión de combustible por lo general se utiliza cañerías plásticas y cañerías de caucho NBR (muy resistentes a los combustibles) figura 3.80, la cual forma la primera capa interior, teniendo un refuerzo trenzado helicoidal de poliamida, y poseen un recubrimiento resistente al calor, a la intemperie y al desgaste soportando presiones de 20 bares y trabajan con temperaturas desde -30°C a 115°C y deben cumplir con normas ISO 1307, DIN 73379 (DIN: Instituto Alemán de Normalización) y F-902168.

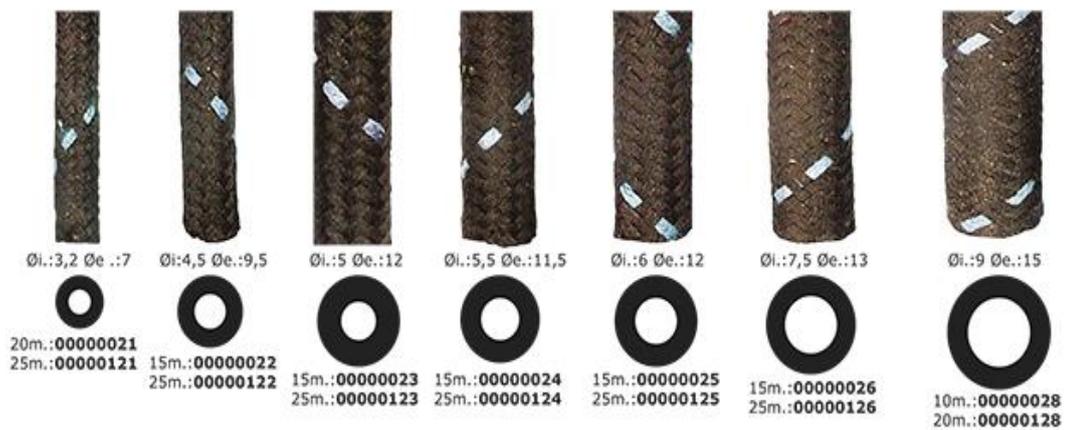


Figura N° 3.80 Cañería de nylon del circuito de baja presión

Fuente: <http://www.fixeda.com/wp/tag/trenzada/>

3.3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

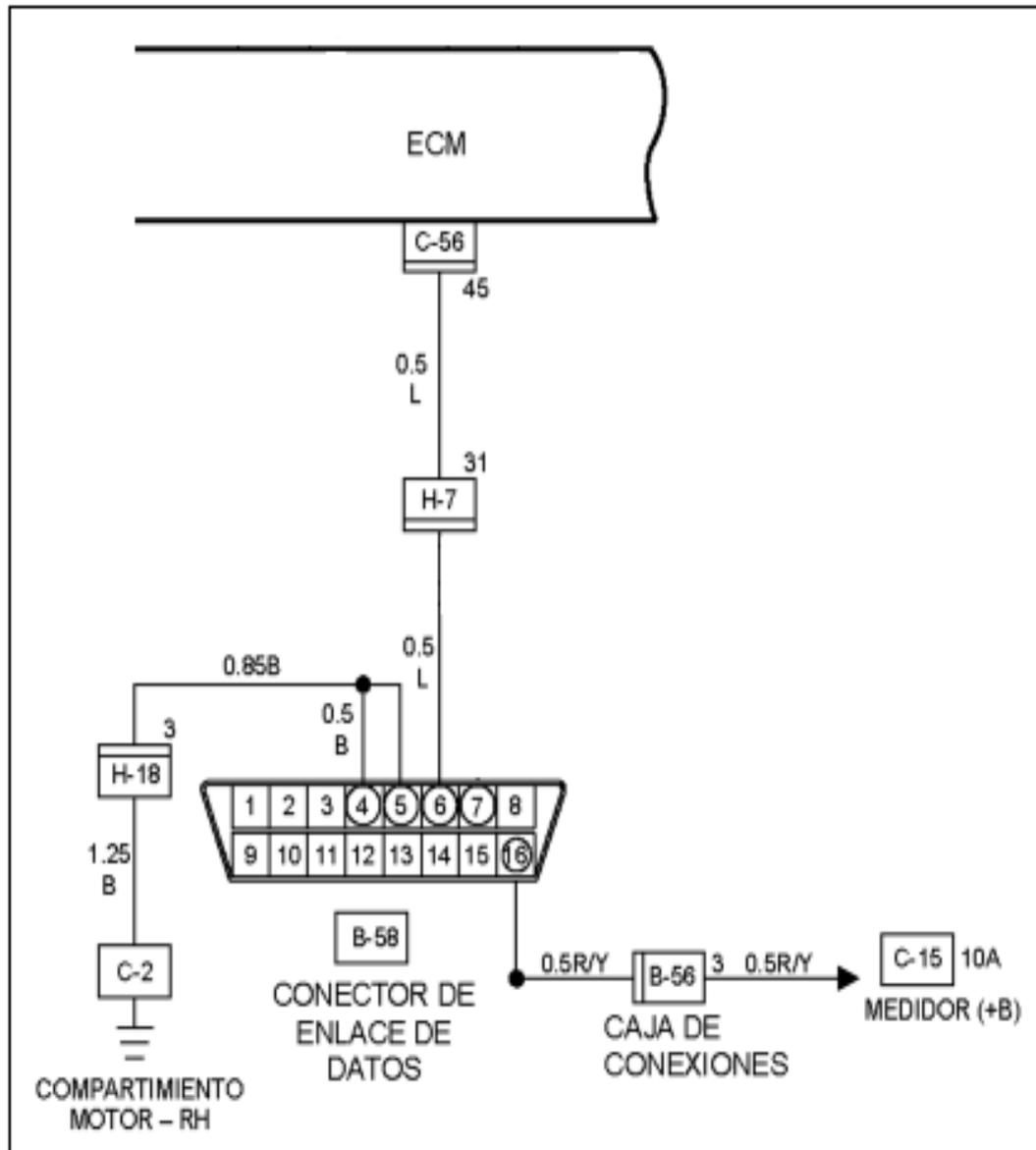


Figura N° 3.81 Diagrama de Circuito del EMC

Este diagrama representa básicamente a la conexión entre la ECM al socket de datos de la unidad de control de la bomba VP 44.

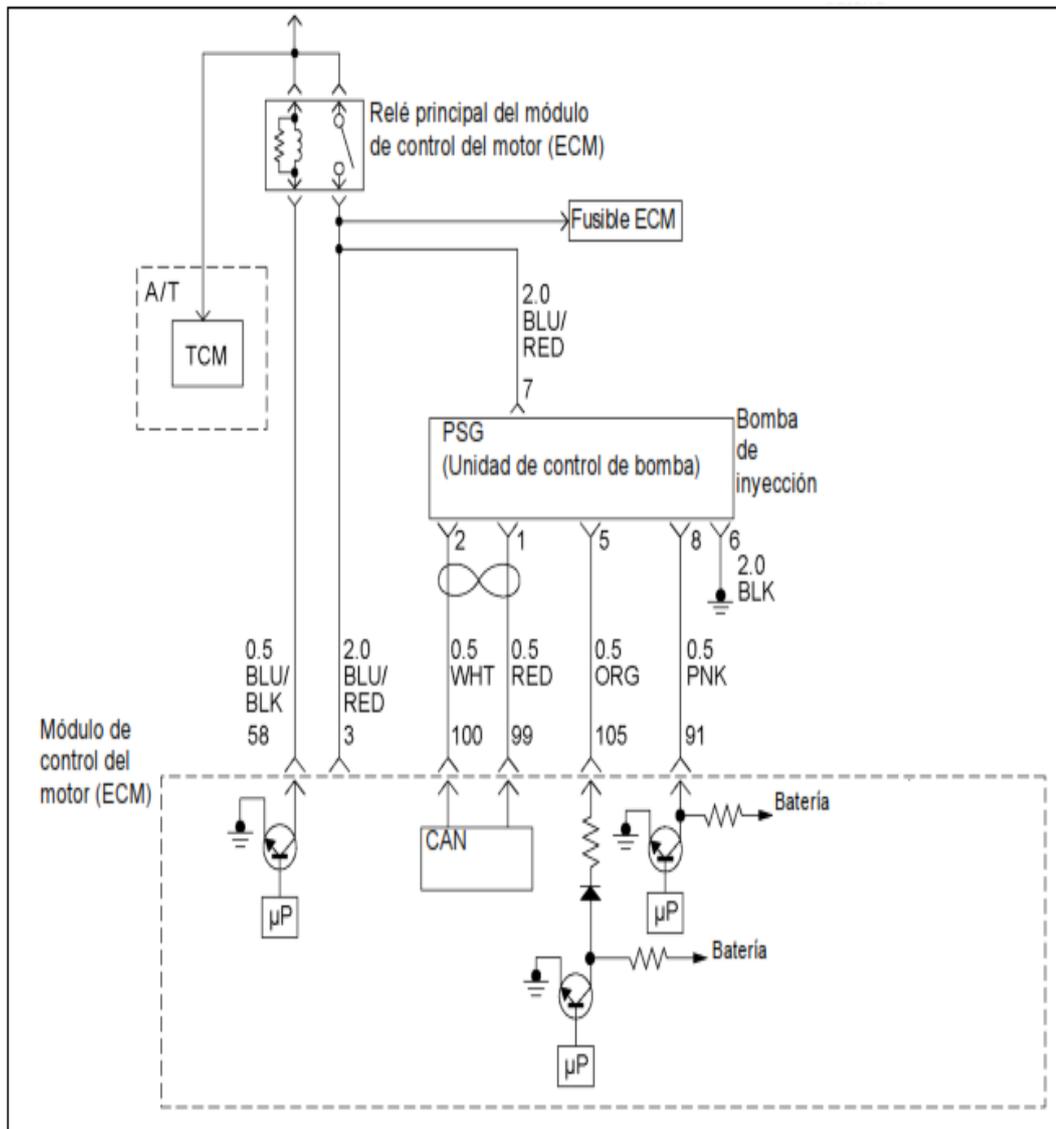


Figura N° 3.82 Diagrama de Conexiones del ECM

Este diagrama representa a todas las conexiones necesarias que necesita la unidad de control de la bomba VP 44 con sus respectivos colores y diferente numero de pin que son enviados desde la ECM, y al mismo tiempo cuenta con un relé principal del módulo de control del motor.

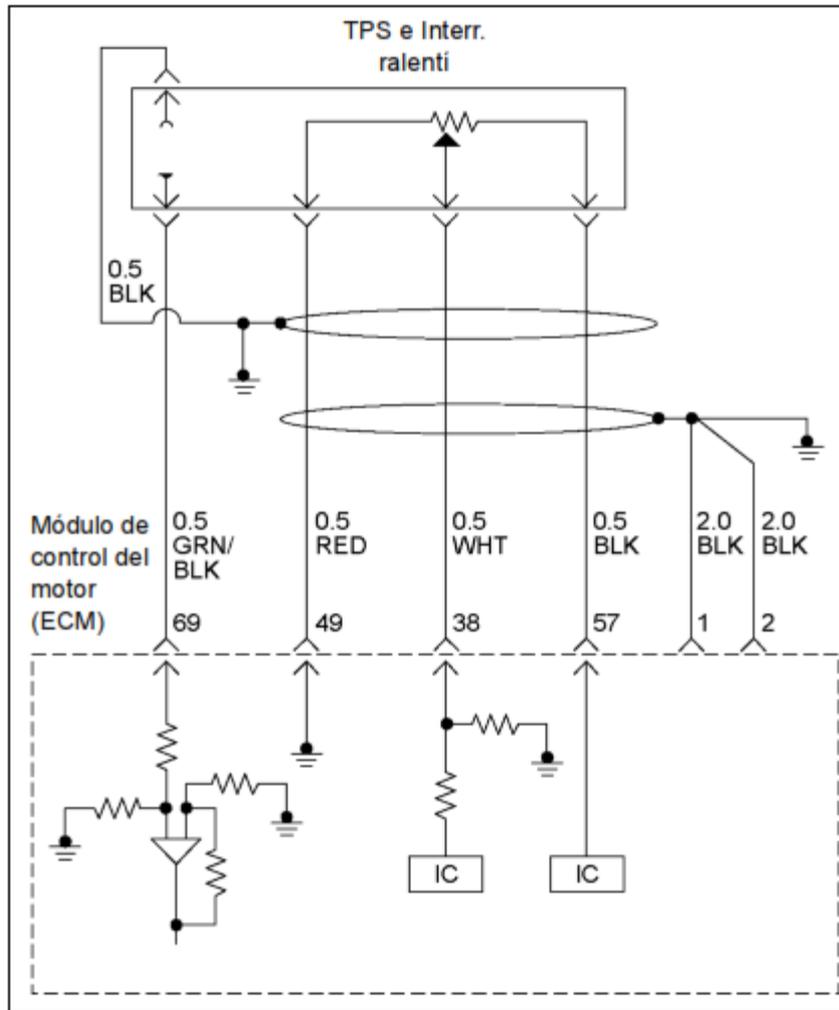


Figura N° 3.83 Diagrama de Conexiones del ECM

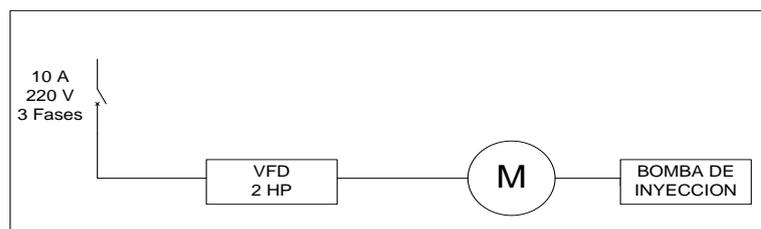


Figura N° 3.84 Diagrama de Control de Bomba de Inyección

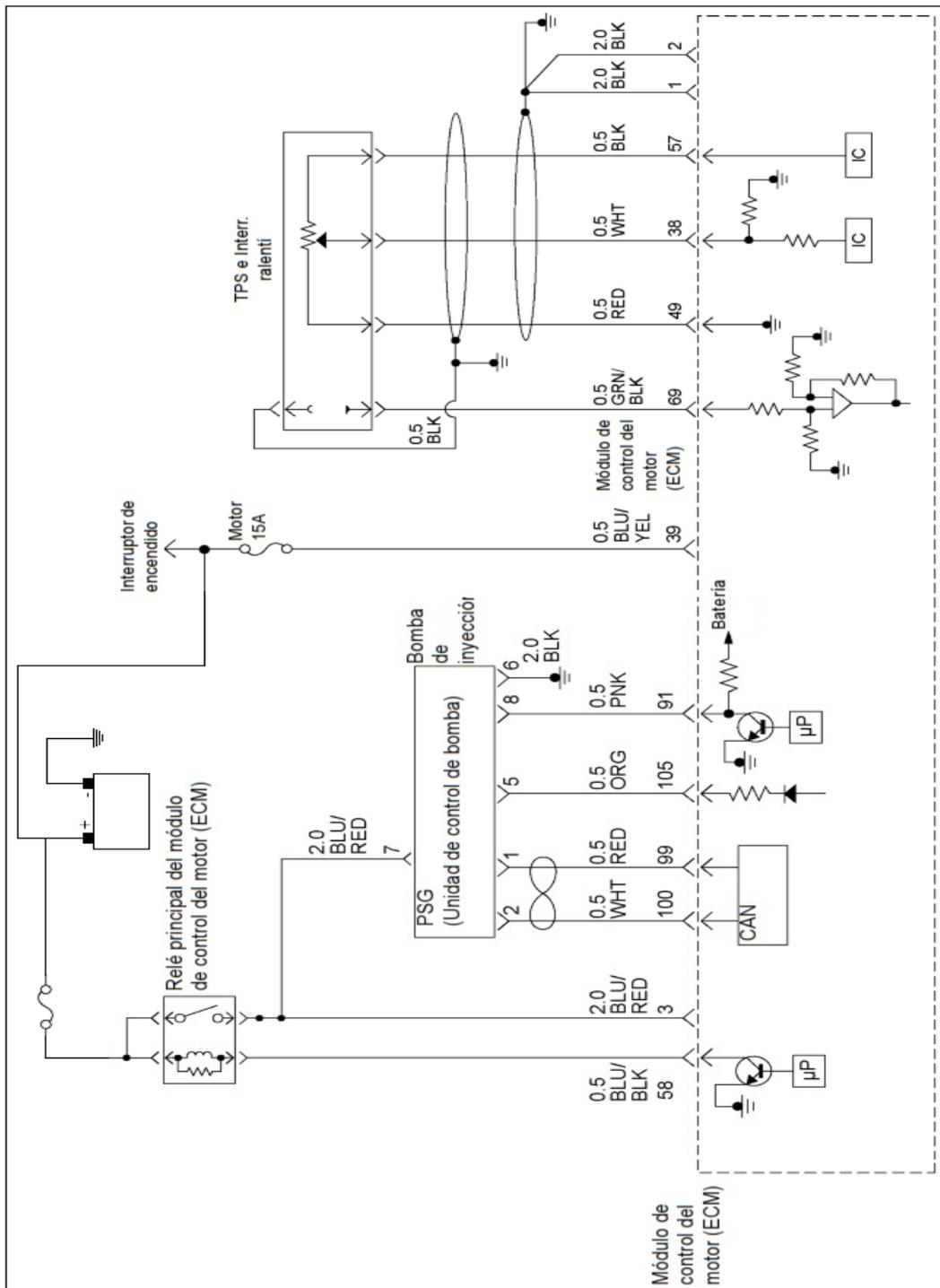


Figura N° 3.85 Diagrama General

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Para la construcción del banco de pruebas debemos de tener en cuenta los elementos que van a ir colocados en el mismo como son: bomba de inyección, motor eléctrico, probetas recolectoras, panel de control, tanque de combustible, sistema de alimentación, batería para el sistema eléctrico, para así determinar su tamaño.

Como primer paso se construye la estructura del banco de pruebas utilizando tubo cuadrado estructural, plancha de tol, las cuales van unidas mediante proceso de soldadura SMAW y madera figura 4.86, además se utiliza garruchas para poder movilizar el banco de pruebas.



Figura N° 4.86 Proceso de soldadura al arco eléctrico SMAW (electrodo revestido) utilizado en la construcción de la estructura del banco.



Figura N° 4.87 Estructura del banco de pruebas

Para la instalación de los elementos de inyección y de medición figura 4.88, de combustible se utilizó una estructura metálica en la cual van instaladas dos platinas, la una para el soporte de los inyectores y la otra soportara las probetas de medición.



Figura N° 4.88 Estructura para la inyección y medición de combustible.

Para la recolección del combustible se utilizó probetas de cristal de 50 cc. Figura 4.89, sujetadas con correas plásticas a la platina protectora que va instalada en la estructura metálica



Imagen A



Imagen B

Figura N° 4.89 Platina porta inyectores (A), probetas de medición (B)

Para almacenar el combustible diesel utilizado para el funcionamiento del banco de pruebas se construyó un depósito metálico de aproximadamente 3 galones el cual va sujetado en la parte interior de la estructura figura 4.90, dicho depósito cuenta con una tapa de seguridad la cual nos permite completar el combustible y evitar contaminaciones hacia el interior del depósito.



Figura N° 4.90 Depósito de combustible.

Para colocar los instrumentos y accesorios eléctricos fue necesario construir una estructura metálica en el extremo del banco de pruebas figura 4.91, aquí van colocados el variador de frecuencia, interruptores de

encendido, break de protección, toma corrientes de energía industrial 220V



Figura N° 4.91 Estructura del panel eléctrico



A B C D

Figura N° 4.92 Variador de frecuencia (A), interruptores de encendido (B), break monofásico de encendido (C) , toma corriente industrial de 220 V (D)

Para la colocación del motor eléctrico y de la bomba VP44 figura 4.93, sobre la superficie plana del banco de pruebas, se construyó 3 bases metálicas de las cuales dos fueron utilizadas en la bomba inyección y la restante sujeta el motor eléctrico; para unir el motor a la bomba se construyó dos bridas de sujeción, separadas mediante un amortiguador de vibración el cual fue construido con acrílico (duralon).

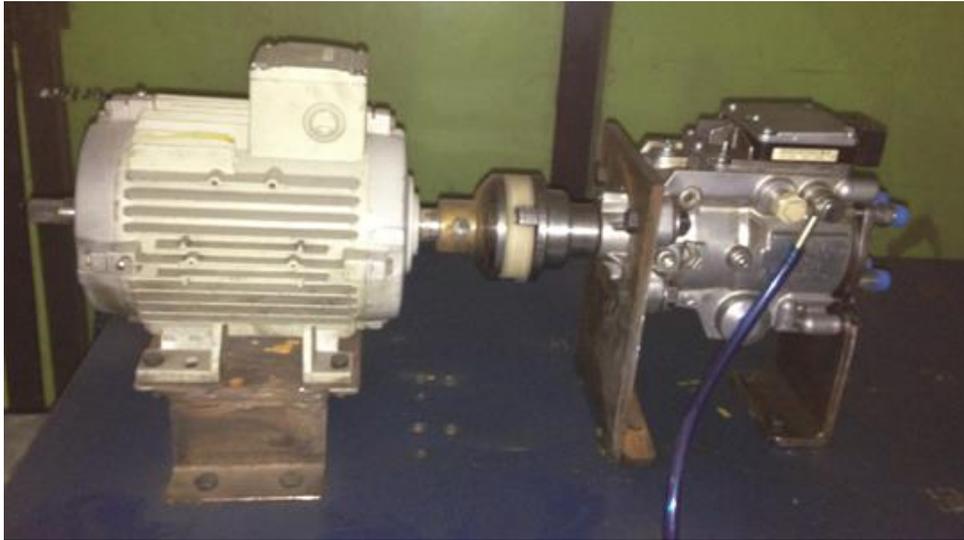


Figura N° 4.93 Instalación y acoplamiento de motor eléctrico y bomba de combustible VP44

Para la purificación del combustible utilizado en el banco de pruebas se instaló dos elementos de filtrado que en el proceso de estudio se los conoce como filtro primario figura 4.94 y filtro secundario figura 4.95, en el primer caso se instaló la base del RACOR en la estructura utilizando pernos M8 para su sujeción.



Figura N° 4.94 Instalación de la base del filtro primario

De igual manera para la instalación del filtro secundario se utilizó pernos M8 para fijar la base en la estructura del banco de prueba.



Figura N° 4.95 Instalación de la base del filtro secundario

Para las conexiones hidráulicas se utilizó mangueras detalladas de la siguiente manera:

- ❖ Conexión de bomba de combustible interna en el tanque hacia el filtro RACOR se utilizó manguera plástica de ¼ pulg
- ❖ Desde el filtro primario al secundario se utilizó manguera plástica con revestimiento de lona de ¼ pulg
- ❖ Del filtro secundario hacia la bomba de combustible VP 44 se utilizó manguera plástica de ¼ pulg
- ❖ Para la medición del manómetro se utilizó manguera plástica con revestimiento de lona
- ❖ Para el retorno de combustible de la bomba de inyección VP 44 hasta el tanque de combustible se utilizó manguera plástica de ¼ pulg.
- ❖ Para todas las instalaciones eléctricas se utilizó cable número 12 AWG.

4.1. CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA ROTATIVA

A diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa del tipo VE no dispone más que de un solo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto de combustible, entre las diferentes salidas correspondientes al número de cilindros del motor, por el émbolo de la bomba. El campo de aplicación y el diseño de la bomba viene determinado por el número de rpm, la potencia y el tipo de construcción del motor diesel. Las bombas de inyección rotativas se utilizan principalmente en automóviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ROTATIVA VP44

Bomba rotativa Bosch radial VP44 figura 4.96, posee los siguientes elementos para su funcionamiento:

- Actuador de dosificación.
- Sensor de rpm y posición de la bomba.
- Unidad de control electrónica de la bomba.
- Electroválvula de comienzo de inyección.

Este tipo de bombas no posee cable de acelerador, el caudal es manejado por un sistema electromecánico.

El sistema comanda no solo el avance al comienzo de la inyección, sino que también el caudal de dosificación, además este sistema maneja el pre y post calentamiento de las bujías, la desactivación del aire acondicionado en el caso de tenerlo, el sistema de recirculación de gases de escape, el ralentí, la presión del turbo y posee un conector de diagnóstico con scanner.

La carcasa está construida de aluminio y hierro fundido sus materiales internos son construidos en acero inoxidable, las tomas de ingreso y salida de combustible de igual manera son construidas de acero al igual que las cañerías que conectan a los inyectores puesto que estas últimas soportan grandes presiones.



Figura N° 4.96 Bomba de Inyección Electrónica VP44

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE PODER.

En la construcción del banco de pruebas se utilizó dos tipos de fuente de poder, la una está a cargo de una batería de 12 V figura 4.97. La cual acciona a la bomba eléctrica que se encuentra dentro del tanque de combustible y da energía a la parte electrónica, la otra fuente de poder proviene de una toma eléctrica de 220 V monofásico la cual da movimiento al motor eléctrico el cual es controlado mediante un variador de frecuencia instalado en el panel de control.

En el caso de la batería de 12 V, es un dispositivo electroquímico que transforma energía química en energía eléctrica y viceversa, una batería almacena energía eléctrica para el uso cuando es necesario, este proceso

de transformación es reversible, lo que significa que la batería puede ser cargada y descargada varias centenas de veces.



Figura N° 4.97 Batería 12 V

Fuente:

http://www.conauto.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=28

Los parámetros y desempeño de una batería están dados por los siguientes aspectos:

Voltaje de Celda.- Este voltaje de celda es la diferencia entre los potenciales que son generados entre las placas positivas y negativas en el electrolito. Esos potenciales dependen de los materiales con los que son fabricadas las placas, de la calidad del electrolito y de su concentración. El voltaje de una celda no es un valor constante, sino que depende del estado de la carga (densidad del electrolito) y de la temperatura del electrolito.

Voltaje Nominal.- El voltaje nominal de la batería es el resultado de la multiplicación de los voltajes de las celdas individuales por el número de celdas conectadas en serie. El voltaje nominal de las baterías de arranque es de 12 V.

Voltaje de Circuito Abierto (OCV).- El voltaje de circuito abierto (o tensión fuera de carga, tensión sin carga) es el voltaje de la batería sin carga. El OCV cambia después del fin de los procesos de carga o descarga debido a la polarización y efectos de difusión. El voltaje se obtiene a través de la adición de los valores de los voltajes específicos de cada celda.

Capacidad Disponible.- La capacidad es la cantidad de potencia eléctrica que la batería consigue suministrar en determinadas condiciones. Ella es el producto de la corriente y del tiempo (amperio-hora, Ah). Sin embargo, la capacidad no es un parámetro fijo.

Capacidad Nominal.- Para poder comparar las baterías de arranque entre sí, sus capacidades nominales son definidas de la siguiente forma: La capacidad nominal es una medida para la energía que puede ser almacenada por una nueva batería. Esa capacidad depende de la cantidad del material activo usado en la batería y de la densidad del electrolito.

Desempeño de Arranque en Frío.- La corriente de arranque en frío o los amperios de arranque en frío son la medida de su capacidad de arranque, pues ellos representan un drenaje de corriente en temperaturas bajas. Por ejemplo para seleccionar la batería de arranque correcta para un auto, se debe considerar que la capacidad y el desempeño de arranque en frío deben estar correctos, lo que significa que la batería no debe ser demasiado pequeña. Si la batería tiene el tamaño incorrecto, hay riesgo de que ella no tenga energía suficiente para dar el arranque en el motor y se debe tomar en cuenta los accesorios que tenga el vehículo (neblineros, luces led, alarmas, equipos de audio) para seleccionar la batería correcta.

Tasa de Capacidad de Reserva.- La tasa de capacidad de reserva es el período de tiempo en minutos durante el que una batería nueva y totalmente cargada consigue suministrar 25 Amp en 27° C, manteniendo un voltaje de terminal de 1,75 V o mayor por celda (10,5 V para una batería de 12 V). Esa tasa representa el período de tiempo durante el que la batería consigue operar accesorios esenciales si el alternador del vehículo falla.

Auto descarga.- Todas las baterías con ácido se auto descargan, tanto si son usadas como si son almacenadas, aunque ningún consumidor esté conectado a la batería, las reacciones químicas siguen ocurriendo, como en un circuito eléctrico interno cerrado. La auto descarga es causada por impurezas como: El Antimonio que es usado como aleación para endurecer las rejillas de plomo, es una de esas impurezas metálicas que causa la auto descarga, además hay ciertos factores que aceleran este proceso como son: Temperatura (una temperatura más alta acelera los procesos químicos en la batería plomo-ácido, lo que aumenta la tasa de auto descarga), edad de la batería (cuanto más vieja sea la batería, mayor será la tasa de auto descarga), humedad (una alta humedad resulta en una tasa de auto descarga mayor)

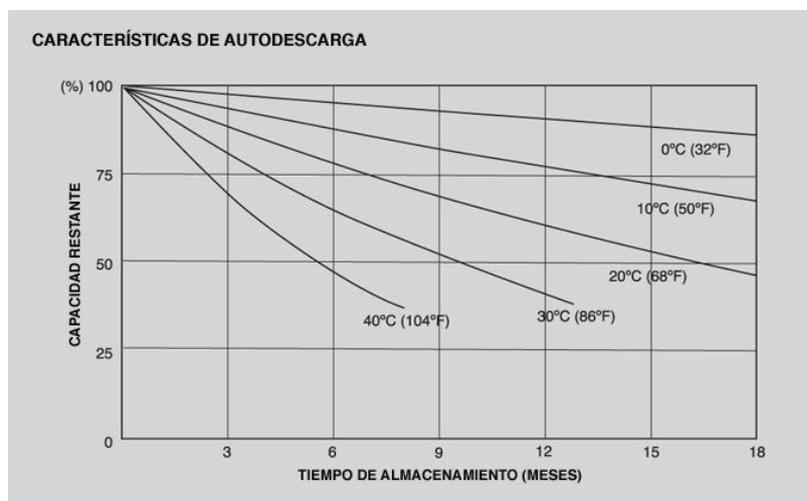


Figura N° 4.98 Características de Auto Descarga

4.4.- MÓDULO DE ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

La bomba de inyección Bosch VP44 está controlada electrónicamente ya que el controlador de bomba se combina con la bomba de inyección.

Las señales procedentes del controlador de la bomba se envían al módulo de control del motor (ECM) figura 4.99. En respuesta a estas señales, el ECM selecciona la distribución de inyección de combustible óptima y el volumen para las condiciones de conducción existentes.



Figura N° 4.99 ECM D-MAX 3.0

La unidad de control de la bomba tiene como elemento principal un mecanismo dosificador, esta unidad controla el variador de avance para ajustar el comienzo de alimentación deseado (regulación del comienzo de inyección). Para la regulación de la posición del variador de avance se necesita que la unidad de control de bomba procese los impulsos de los sensores de revoluciones de RPM o ángulo de rotación del motor, teniendo a estas como marcas de referencia.

El caudal de inyección preestablecido por la unidad de control del motor es transformado en una duración de la activación para la electroválvula de alta presión, la cuota de inyección (caudal de inyección por cada grado del árbol de levas) se considera también en la activación de la electroválvula de alta presión. La unidad de control del motor está integrada en el concepto de seguridad del sistema EDC (**E**lectronic **D**iesel **C**ontrol), por su comunicación con la unidad de control del motor.

El sistema EDC debe cumplir las siguientes características:

- Altas presiones de inyección.
- Conformación del desarrollo de inyección.
- Comienzo de inyección variable.
- Inyección previa.
- Caudal de inyección, presión de sobrealimentación y adaptación a todos los estados de servicio.
- Caudal de arranque dependiente de la temperatura.
- Regulación del régimen de ralentí independiente de la carga.
- Regulación de la velocidad de marcha.
- Retroalimentación regulada de gases de escape.
- Tolerancias reducidas del momento y caudal de inyección, y alta presión durante toda la vida útil del automóvil.

La unidad de control de la bomba está montada directamente sobre la bomba y ejecutada en técnica micro-híbrida, está equipada con un conector de nueve polos que une la unidad de control de bomba con la unidad de control del motor, y a través de la cual se produce la comunicación entre ambas unidades. La unidad de control de bomba es refrigerada por el combustible que pasa por el canal debajo de la caja de la unidad de control.

Como entradas directas de los sensores de la bomba de inyección, solo están las señales de medición del sensor de ángulo de rotación (señal DWS) y del sensor de temperatura de combustible. Además está la señal del sensor de revoluciones del cigüeñal pre evaluada por la unidad de control del motor, para su procesamiento interior.

4.5. ACOPLAMIENTO DE LOS ELEMENTOS

Para empezar el acoplamiento de los elementos que conformaran nuestro banco de pruebas iniciamos colocando la estructura del porta inyectores sobre la mesa de trabajo figura 4.101.



Figura N° 4.100 Mesa de trabajo



Figura N° 4.101 Vista frontal y posterior de la porta inyectores

Seguidamente se empezó a colocar la base del porta inyectores figura 4.102, y se instaló los 4 inyectores, posteriormente se colocó la base de las probetas para la recolección y medición del combustible.



Figura N° 4.102 Instalación de inyectores y porta probetas

Para poder instalar las probetas de vidrio figura 4.103, las cuales eran de 80 cc se las corto a un tamaño adecuado de 50 cc para la ubicación correcta en la base de las mismas.



Figura N° 4.103 Instalación de probetas

Algo fundamental del banco fue la instalación del sistema de filtrado de combustible para la cual utilizamos dos bases, la una para el filtro primario y la otra para el filtro secundario figura 4.104.

Se utilizó dos filtros de las siguientes referencias DELPHI HDF-296 y otro para el filtrado primario y secundario respectivamente



Figura N° 4.104 Filtro primario (A) filtro secundario (B)

Para el accionamiento de nuestra bomba VP44 se utilizó un motor de 220 voltios con una potencia de 3 HP el mismo que va colocado sobre unas

bases metálicas las cuales están colocadas sobre la mesa del pedestal, para poder conectar el motor con la bomba se construyó una brida metálica tipo "c" a la cual está unida un empaque cilíndrico de acrílico (duralon) con 1cm de espesor el cual sirve para amortiguar las vibraciones que genera el motor en su funcionamiento figura 4.105.

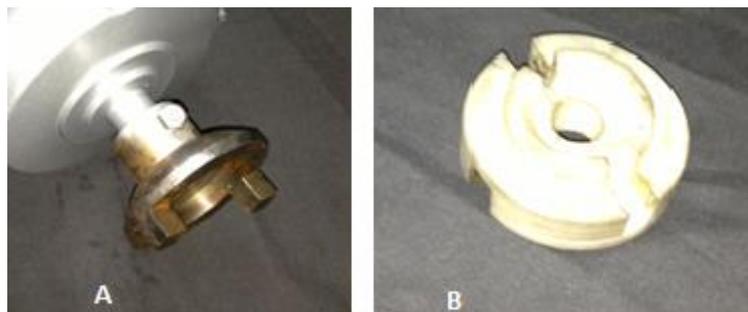


Figura N° 4.105 Brida de conexión (A) Anti vibrador (B)

Para la instalación de la bomba VP44 se utilizó dos bases metálicas las cuales se colocaron sobre la mesa del banco de pruebas figura 4.106, en una platina se realizó un orificio para poder colocar la bomba a una altura determinada, para que de esta manera el eje central de la bomba quede alineada con el eje del motor eléctrico para lograr un correcto funcionamiento.

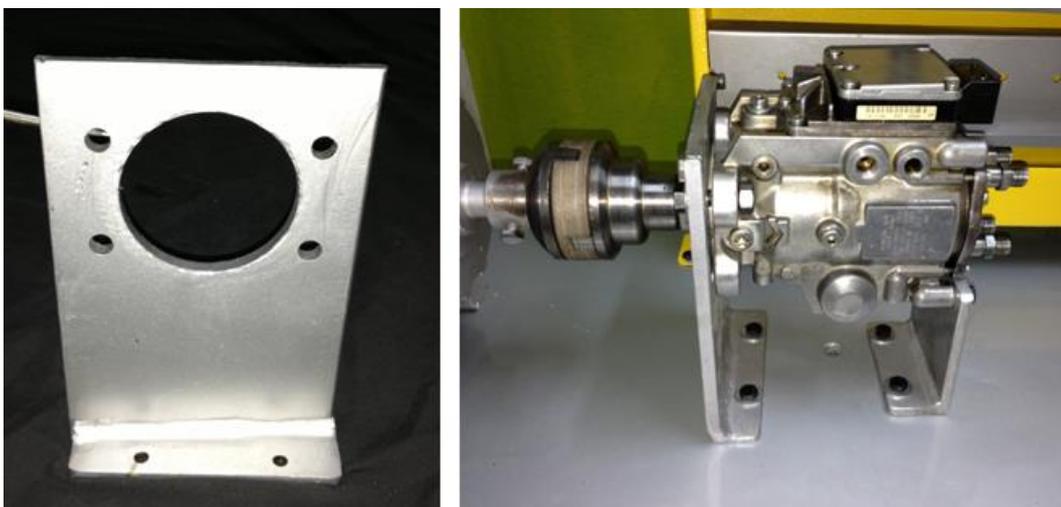


Figura N° 4.106 Instalación y acoplamiento de la bomba VP44

Para realizar las instalaciones hidráulicas figura 4.107, para el funcionamiento del banco de pruebas se utilizaron: manguera plástica, manguera plástica con recubrimiento de lona y cañerías metálicas de acero, para el primer caso estas fueron utilizadas en la conexión desde el depósito de combustible hacia el filtro primario, de igual manera se utilizó la manguera plástica para la conexión entre los dos filtros, también se utilizó este tipo de material para la conexión entre el filtro secundario y la bomba de combustible.



Figura N° 4.107 Conexión entre el depósito y los filtros de combustible



Figura N° 4.108 Conexión entre los filtros y la bomba VP 44

Finalmente se instaló cañerías de acero de alta presión entre la bomba y los inyectores figura 4.108, cabe recalcar que estas cañerías son todas del mismo tamaño pese a las diversas formas que tienen estas cañerías ya que de esta manera se obtiene el mismo tiempo en la entrega del caudal de la bomba hacia los inyectores.



Figura N° 4.109 Instalación de cañerías de acero entre la bomba VP44 y los inyectores

Nuestro banco de pruebas para su accionamiento necesita un tablero con mandos eléctricos figura 4.110, para ello en un costado de la estructura instalamos el variador de frecuencia, el cual nos va a permitir controlar las revoluciones del motor, sea incrementando o disminuyendo las mismas, se colocó los interruptores de encendido que nos permiten activar el sistema eléctrico de la bomba de combustible y dar corriente a la ECU recibiendo corriente eléctrica de la batería de 12 Voltios y también se instaló un break monofásico de encendido que nos permite el acceso a la corriente eléctrica industrial de 220 Voltios, la cual acciona el motor eléctrico.



Figura N° 4.110 Panel frontal eléctrico: variador de frecuencia, interruptores de encendido, break monofásico

Las instalaciones eléctricas fueron realizadas utilizando cable eléctrico simple 12 AWG (American Wire Gauge) y terminales de conexión como se muestra en la figura 4.111.

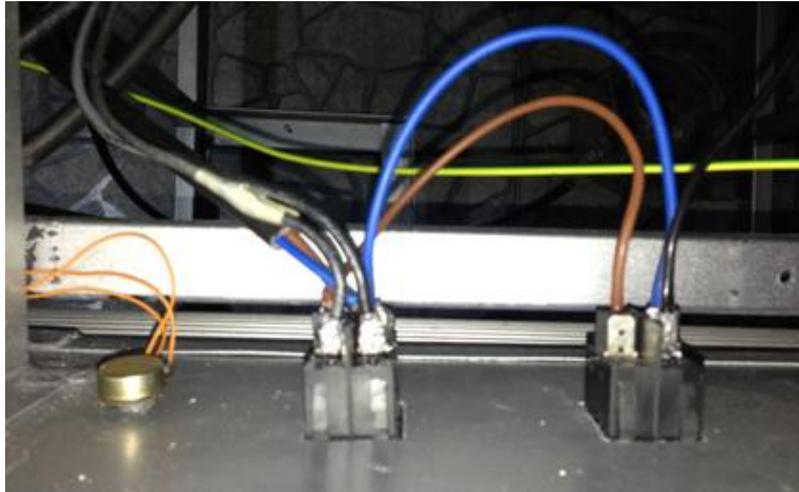


Figura N° 4.111 Instalaciones eléctricas



Figura N° 4.112 Acoplamiento de la ECU

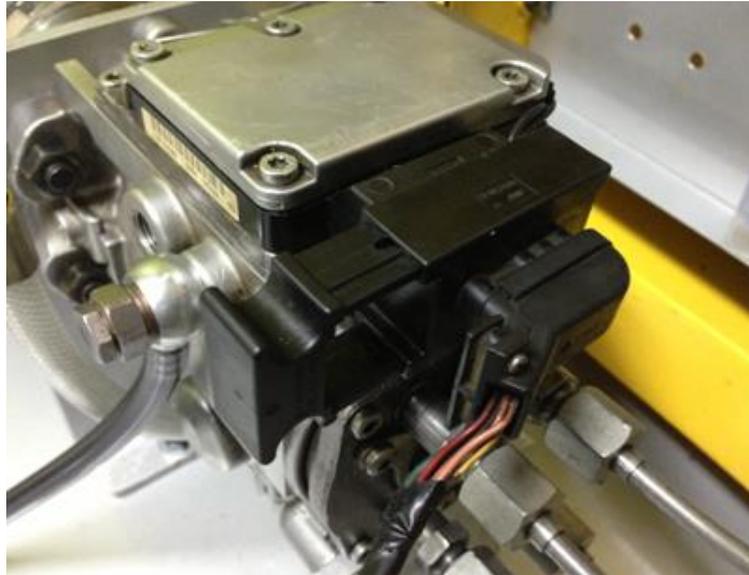


Figura N° 4.113 Socker de conexión de la bomba VP44

4.6.- FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

Este banco de pruebas nos sirve para realizar una experimentación, para la simulación del funcionamiento de la Bomba VP44 figura 4.114, ya que podemos variar su caudal de entrega al aumentar o disminuir sus revoluciones mediante el funcionamiento del circuito eléctrico. Este banco de pruebas utiliza un módulo electrónico que esta implementado en los vehículos convencionales pero para el efecto del banco de pruebas no se utiliza todos sus pines de conexión si no los necesarios para la conexión de la VP44.



Figura N° 4.114 Banco de pruebas armado completo

Para empezar el funcionamiento del banco de pruebas se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos como son:

- Aseguramiento correcto del banco de pruebas en su lugar de trabajo.
- Una correcta fijación de la bomba al banco de pruebas.
- Realizar un ajuste de las cañerías tanto de baja como de alta presión.
- Verificar que no exista fisuras en las probetas.
- Purgar el sistema hidráulico.
- Realizar la conexión del socker de la bomba de inyección
- Verificar que no exista anomalías eléctricas como cables rotos, empalmes flojos y que todos los break estén en posición 0 (cero) ó posición OFF
- Verificar que la fuente de alimentación de 220 voltios esté disponible y comprobar el estado de la batería en la cual debe haber una corriente de 12 V

Luego de haber realizado estas verificaciones previas se procede a conectar el banco de pruebas a la alimentación trifásica, posteriormente se acciona el break trifásico de 20 Amperios, para que, de esta manera quede energizado el variador de frecuencia del banco de pruebas, seguidamente se enciende la bomba eléctrica la cual funciona con corriente de 12 voltios, posteriormente se energiza la ECU mediante el accionamiento de un pulsador que se encuentra ubicado en el tablero de control, para finalmente comenzar a variar las revoluciones del motor, para así empezar accionar la BOMBA ELECTRÓNICA VP44 y ver el caudal entregado por la bomba de acuerdo a las revoluciones de prueba.

4.7. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO.

Luego que se ha revisado todos los aspectos principales para dar el arranque al banco de pruebas se debe de tomar en cuenta lo siguiente: la bomba debe funcionar en estado real, esto quiere decir que trabaja con un mínimo y un máximo de RPM las cuales van dadas por el accionamiento del motor eléctrico, teniendo en cuenta los siguientes valores como referencia en la toma de medida en las probetas y los valores de presión en el manómetro como nos indica en la tabla 4.12.

Tabla N° 4.12 Tabla de Parámetros de Funcionamiento.

	RPM	TIEMPO	CAUDAL
	500	30 SEGUNDOS	15 CC
	750	30 SEGUNDOS	24 CC
	1.000	30 SEGUNDOS	30 CC
	1.250	30 SEGUNDOS	36 CC

4.8.- MANUAL DE MANTENIMIENTO

La frecuencia de los trabajos de mantenimiento del banco de pruebas depende de la frecuencia que se utilice dicho banco.

Como primer paso del Manual de mantenimientos se debe siempre purgar el sistema de combustible para evitar un mal funcionamiento de la bomba y una lectura errónea en las probetas de recolección figura 4.115, el purgado del sistema se lo hace aflojando el perno de la base del filtro, seguido de esto se acciona la bomba de presión que va colocada en el interior del tanque de combustible hasta que salga todo el aire del circuito y posteriormente de esto se vuelve apretar el perno de purga y se

desactiva la bomba eléctrica, se reajusta todas las uniones de cañerías para evitar el ingreso de aire en el sistema de combustible.



Figura N° 4.115 Purga del filtro de combustible

Perno que debe aflojarse para la purga (1) tornillo de purga (2) tornillo de drenaje (3)

La evacuación del agua condensada en el RACOR se realiza cada cierto tiempo de trabajo, o cuando el nivel de agua llegue al indicador máximo del RACOR, debiendo realizar el reemplazo del RACOR y del filtro de combustible cada 100 horas de trabajo. Además se debe realizar una limpieza del reservorio de combustible conjuntamente con el cambio de filtros.

Se debe realizar una limpieza de las probetas figura 4.116, antes de la utilización del banco de pruebas para así evitar la contaminación del combustible con silicio (arena) ya que un combustible contaminado deteriora aún más rápido los filtro y peor aún puede causar daños a la bomba de inyección, este trabajo se lo debe realizar con la ayuda con un cepillo cilíndrico.



Figura 4.116.- Limpieza de probetas

Fuente: http://www.fecin.es/industrial.php?prod=p_f13&vinculo=industrial

Se debe verificar todas las conexiones eléctricas tanto del motor como de la fuente de poder ya que si existiera alguna mala conexión se podría realizar un corto circuito y ocasionar daños en el banco de pruebas o peor aún accidentes laborales tomando en cuenta que este último detalle puede ser fatal ya que se maneja una corriente de 220 voltios, cuando ya se deja de utilizar el banco de pruebas se recomienda colocar un cobertor el cual evitará que penetre polvo o agua.

En lo concerniente a los instrumentos y cables eléctricos se los debe comprobar periódicamente utilizando un aparato de comprobación magnética el cual es apropiado para verificar voltaje, amperaje y continuidad figura 4.117



Figura 4.117.- Pinza amperimétrica (A) medición de voltaje (B)

Fuente: http://www.electricalugo.com/index.php?main_page

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Al terminar el presente trabajo se pone en consideración las siguientes conclusiones a fin de que sea considerado como ayuda en el manejo del banco de prueba de la Bomba VP 44
- Se definió el circuito electrónico que dispone la bomba para su funcionamiento en el vehículo CHEVROLET D-MAX 3.0
- Se evaluó los rangos de entrega de combustible a medida de que se varía las revoluciones.
- Se determinó el circuito eléctrico para el funcionamiento del banco de pruebas
- De acuerdo a los valores de las probetas podemos determinar si hay un mayor consumo en altas o en bajas revoluciones ya que de existir valores de consumo muy exagerados darían como resultado un daño en los elementos internos de la bomba.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe aislar todo tipo de corriente eléctrica de la ECU para evitar daños en sus circuitos internos.
- Se debe utilizar instrumentos de comprobación eléctrica antes de dar inicio al funcionamiento del banco de pruebas

- Se debe dar un mantenimiento periódico al sistema de combustible.
- Procurar que no exista presencia de humedad en los aparatos eléctricos ya que puede haber accidentes laborales al manejar corriente de 220 voltio
- Utilizar guantes de protección puesto que se maneja con hidrocarburos y estos pueden ocasionar riesgos de salud y al mismo tiempo nos protegerán de la corriente eléctrica.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

- Robert L Mott, “Diseño de elementos de maquinas”. Pearson Educación, México, 2006
- Shigley; Diseño en Ingeniería Mecánica. Octava Edición
- Robert Mott; Diseño de Elementos de Máquina; Cuarta Edición
- Albert Marti Parera “ Inyección Electrónica en Motores Diesel” España 2008
- Juan Miralles de Imperial “ Bombas de Inyección Diesel” España 2010
- SolidWorks 2014
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>
- <http://es.scribd.com/doc/40282549/sistema-de-combustible>
- <http://es.scribd.com/doc/32150583/6-Motor-Diesel-Bomba-de-Inyeccion-Rotativa>
- <http://es.scribd.com/doc/74053216/bombas-electronic-as-bosch-vp-30-vp44>
- <http://www.furgovw.org/index.php?topic=224042.0>
- <http://ingmecanicamc.blogspot.com/2013/01/determinacion-de-propiedades-cetanicas.html>

5.4. ANEXOS

5.4.1. HOJAS DE SEGURIDAD

Una hoja de datos de seguridad de materiales por sus siglas en inglés (MSDN: Material Safety Data Set) es un documento que tiene información sobre los compuestos químicos, el uso, el bodegaje, el manejo y los procedimientos de emergencia relacionados con materiales peligrosos, las hojas de seguridad tienen mucha información sobre el material de la que aparecen en las etiquetas dando una información de:

- La identificación química
- Datos del fabricante
- Las propiedades físicas del material y los efectos sobre la salud (ingredientes peligrosos)
- Equipos de protección para utilizar en el caso de incendios y explosión
- Primeros auxilios en caso de reactividad.
- Control de la exposición y control personal
- Y lo primordial como responder en caso de un accidente

HOJA DE SEGURIDAD DE BATERIAS ÁCIDO – PLOMO USADAS

A- IDENTIFICACION DE PRODUCTO

Hoja de Seguridad del material	Abril, 2009
Nombre del Producto	Acumulador Ácido - Plomo Usado
Familia Química	Acumulador que almacenó energía química
Nombre de la empresa	Acumuladores Iberia, S. A.
Dirección de la empresa	4ta calle 18-59 zona 06, Ciudad de Guatemala, Centro América
Nombre del Contacto	Luis Guillermo Marroquín
Número de Teléfono del Contacto	(502) 2429-7373

B- COMPONENTES PELIGROSOS

Material	% en Peso	Numero CAS	Limites de Exposición	
			OSHA	ACGIH
Plomo	20-35	7439-92-1	50 µg/m ³	150 µg/m ³
Oxido de Plomo	30-50	1309-60-0	50 µg/m ³	150 µg/m ³
Sulfato de Plomo	30-50	7446-14-2	50 µg/m ³	150 µg/m ³
Electrolito Acido Sulfúrico y Agua	10-25	7664-93-9	1 mg/m ³	1 mg/m ³
Material de la Caja Polipropileno	6-10	9003-07-0	N/A	N/A
Material del separador Polietileno	1-4	9002-86-2	N/A	N/A

C- DATOS FISICOS

Punto de Ebullición	N/A
Punto de Fusión	N/A
Presión de Vapor	N/A
Densidad de Vapor (Aire = 1)	N/A
Densidad	N/A
% en Peso de Volátiles	N/A
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	N/A
Solubilidad en Agua (% en peso)	N/A
Ph	N/A
Apariencia	Objeto Sólido

D- INFORMACION DE RIESGO PARA LA SALUD

Rutas de entrada	Bajo condiciones normales de uso, los vapores y niebla de ácido sulfúrico NO se generan. Los vapores y niebla de ácido sulfúrico pueden ser generados cuando el producto es sobrecalentado, oxidado, procesado de otra forma o dañado Bajo condiciones normales de uso, polvos de plomo, vapores y humos NO son generados. Exposición peligrosa al plomo puede ocurrir cuando al producto es sobrecalentado, oxidado o procesado de otra forma, de tal manera que pueda crear polvo de plomo, vapores o humos
Inhalación	Altos niveles de vapores o nieblas de ácido sulfúrico pueden causar severas irritaciones respiratorias
Contacto con la piel	El ácido Sulfúrico PUEDA causar severas irritaciones, quemadas y úlceras
Absorción de la piel	El ácido Sulfúrico NO se absorbe a través de la piel. Los compuestos de plomo no se absorben a través de la piel
Contacto con los ojos	Los vapores o niebla de ácido sulfúrico PUEDEN causar severa irritación, quemada o daño

	de la cornea, y posible ceguera. Compuestos de plomo PUEDEN causar irritación
Ingestión	El ácido sulfúrico PUEDE causar severa irritación de la boca, garganta, esófago y estómago. Los compuestos de plomo PUEDEN causar dolor abdominal, diarrea, y severas contracciones. En caso de ingestión acudir al médico
Efectos agudos	El ácido sulfúrico PUEDE causar severa irritación de la piel, irritación al respirar, quemaduras, daño en la cornea y posible ceguera. Compuestos de plomo PUEDEN causar dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza, vómito, diarrea, severas contracciones y dificultad para dormir
Efectos crónicos	El ácido sulfúrico PUEDE dejar con cicatriz la cornea, inflamación de la nariz, garganta y tubos bronquiales, y una posible erosión del esmalte de los dientes. Los compuestos de plomo PUEDEN causar anemia, daño al riñón y el sistema nervioso. PUEDE causar daños reproductivos en hombres y mujeres. Estudios en humanos indican que la exposición al plomo incrementa el riesgo de cáncer. La EPA y la Agencia para la Investigación del Cáncer (IARC) han categorizado al plomo y sus compuestos orgánicos como B2 (probable / posible cancerígeno humano) basados en estudios sobre animales
Inhalación	Ácido sulfúrico: colocar inmediatamente a un lugar con aire fresco, si la respiración se dificulta poner oxígeno. Compuestos de plomo: retirar de la exposición
Piel	Ácido sulfúrico: Lavar con una gran cantidad de agua por lo menos 15 minutos, quitarse la ropa y ponerse ropa limpia, si el ácido moja los zapatos quitárselos y limpiarlos. Compuestos de plomo: no son absorbidos a través de la piel
Ojos	Ácido sulfúrico: Lavar inmediatamente con agua fría al menos 15 minutos y consultar al médico. Compuestos de plomo: Lavar inmediatamente con agua fría al menos 15 minutos y consultar al médico
Ingestión	Ácido sulfúrico: tomar grandes cantidades de agua - NO inducir el vómito - consultar al médico. Compuestos de plomo: Consultar al médico

E- DATOS DE FUEGO Y EXPLOSION

Punto de inflamación	No Aplica
Limites de flamabilidad	Bajo: 4.65% (gas hidrógeno) Alto: 93.9%
Medio para extinguir	Dióxido de carbono (CO ₂), espuma o polvo químico
Procedimiento especial para combatir el fuego	Si el acumulador se cortocircuita, desconecte las terminales. Use una presión positiva, use un equipo de respiración individual. Aplicar agua al electrolito genera calor y causa salpicaduras. Use ropa resistente al ácido.
Peligro de fuego y/o explosión	Los gases de hidrógeno y oxígeno son producidos en las celdas durante la operación normal de la batería o cuando están en carga (El hidrógeno es altamente inflamable y el oxígeno genera combustión). Estos gases llegan al aire a través de los tapones. Para evitar un riesgo de explosión o fuego mantenga las chispas y otras fuentes de ignición retiradas de la batería, y asegurar que haya una ventilación adecuada, NO permita que un material metálico toque simultáneamente ambos postes positivo y negativo. Siga las instrucciones del fabricante para su instalación y operación.

F- DATOS DE REACTIVIDAD

Estabilidad	Estable
Condiciones a evitar	Chispas y otras fuentes de ignición
Incompatibilidad (material a evitar)	La combinación de ácido sulfúrico con combustibles, y materiales orgánicos pueden causar fuego y explosión. También evitar agentes reductores fuertes, metales, carburos, sulfuros, cloratos, nitratos, picratos, potasio, peróxidos, fósforos.
Productos de descomposición peligrosa	El ácido sulfúrico se puede descomponer en hidrógeno, trióxido de sulfuro, ácido sulfhídrico y nieblas de ácido sulfúrico
Polimerización peligrosa	No puede ocurrir

G- MEDICIONES DE CONTROL

Controles de Ingeniería	Almacenar y manejar las baterías plomo ácido en áreas bien ventiladas.
Prácticas de trabajo	NO permita que un material metálico toque simultáneamente ambos postes positivo y negativo, use una mesa para mover las baterías o coloque las manos en las esquinas opuestas y evite derramar ácido a través de los tapones. EVITE el contacto con los componentes internos de la batería
Protección respiratoria	NO es requerida bajo condiciones normales. Si las concentraciones de niebla de ácido sulfúrico exceden el PEL, use protección respiratoria aprobada por NIOSH o MSHA.
Ojos y cara	Para la salpicadura use lentes o careta.
Manos, brazos y cuerpo	Guantes de plástico o hule de longitud hasta el codo.
Otro equipo y ropa especial	Gabacha resistente al ácido, Bajo una exposición severa o condiciones de emergencia, usar botas y ropa resistente al ácido

H- PRECAUCIONES SEGURAS DE MANEJO

Prácticas de higiene	Lavarse minuciosamente las manos antes de comer, tomar o fumar y después de manejar acumuladores.
Medidas protectoras a ser tomadas durante las no-rutinas normales	Cargar las baterías puede presentar un peligro eléctrico. Tomar todas las precauciones apropiadas
Medidas protectoras a ser tomadas si el material es fugado o derramado	Remover el material combustible y todas las fuentes de ignición. Detener el flujo de material y contener el derrame con carbonato de sodio u óxido de calcio. Cuidadosamente neutralice el derrame con el carbonato de sodio u óxido de calcio, haga una mezcla y después colecte el residuo y colóquelo en un recipiente de residuos peligrosos y disponga de ellos. Si el acumulador tiene fugas coloque en un contenedor de plástico. Vístase con ropa, botas y guantes resistentes al ácido así como lentes. NO TIRE EL ÁCIDO SIN NEUTRALIZAR.
Método para disponer de los residuos	Ácido sulfúrico: Neutralice como se describió arriba para un derrame, colecte el residuo y coloque en un contenedor identificado como residuos peligrosos. Disponga de los residuos peligrosos o llame a su distribuidor local para mayor información. NO TIRE ACIDO CONTAMINADO CON PLOMO A LA ALCANTARILLA. Acumuladores: envíe el plomo a reciclar siguiendo las regulaciones locales. Contacte a ACUMULADORES IBERIA, S. A. para mayor información sobre los acumuladores usados.

I- OTROS

Información Regulatoria	
NFPA National Fire Protection Association	Salud (Azul) = 3 Flamabilidad (Rojo) = 0 Reactividad (Amarillo) = 2
	
Descripción de Embarque	Acumuladores húmedos llenas con ácido: Clase 8, UN 2794, PG III Acumuladores secos con ácido separado: Clase 8, UN 2796, PG II
Peligro	Los postes de acumuladores, terminales y accesorios relacionados que contienen plomo y compuestos de plomo, son químicos conocidos como causantes de cáncer y daños reproductivos. Lavarse las manos después de usarlos.
La agencia internacional para la investigación del cáncer (IARC) ha clasificado a "la niebla de ácido sulfúrico" como Categoría 1 Cancerígena, una sustancia que es cancerígena a los humanos. Esta clasificación no aplica a la forma líquida del ácido sulfúrico o las soluciones que se encuentran en el acumulador. Esta niebla de ácido sulfúrico no es generada bajo un uso normal de la batería. Un mal uso de la batería, como sobrecarga podría generar niebla de ácido sulfúrico.	

Hoja de seguridad de acido de batería

Fuente: <http://www.actiweb.es/tydco/archivo1.pdf>

 <p>PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR</p>	<p>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</p>	<p>VERSION: 00</p>
		<p>FECHA:</p>
		<p>CODIGO:</p>
<p>nauseas, irritación de los ojos y vías respiratorias altas, anomalías cardíacas, convulsiones, asfixia, inconciencia e incluso la muerte.</p> <p>Contacto con la Piel: El contacto prolongado y repetido puede reseca la piel originando dermatitis. La exposición del líquido causa irritación y quemadura, y puede ocasionar ampollas.</p> <p>Contacto con los Ojos: Sensación de severas quemaduras ocasionando irritación temporal e inflamación de los párpados.</p> <p>Ingestión: Causa irritación en la membrana de la mucosa de la garganta, esófago, y del estómago produciendo náuseas y vómitos.</p> <p>Puede ocurrir una depresión en el Sistema Nervioso central. En condiciones normales de utilización no se espera que la presencia de estos productos puedan presentar peligros toxicológicos.</p> <p>5.2 Riesgos de Seguridad: Altamente inflamable Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire Los vapores pueden viajar a una fuente de ignición y regresar en llamas. El vapor más pesado que el aire se propaga por el suelo, siendo posible su ignición en un lugar alejado del punto de emisión. Los productos de combustión peligrosos pueden contener monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos sin quemar</p>		

Hoja de seguridad del combustible diesel

Fuente: <http://www.actiweb.es/tydco/archivo1.pdf>

Cuidado De Emergencia Para Las Quemaduras

PUNTOS PRINCIPALES:

- Las quemaduras pueden producir lesiones graves y hasta la muerte.
- Si un compañero de trabajo se quema, pida ayuda médica de emergencia.
- Use el equipo de protección personal adecuado para protegerse contra las quemaduras.

Nota al instructor: Siga este texto o úselo como guía para conducir sesiones de entrenamiento de "tailgate" de 10 a 15 minutos con sus trabajadores agrícolas. Usted puede fotocopiar esta hoja para que la usen sus empleados. Sin embargo, tenga presente que no se puede publicar ni vender.

Las quemaduras pueden ser mortales

- Cada año en los Estados Unidos, más de dos millones de personas tienen lesiones y alrededor de 12.000 personas mueren como resultado de quemaduras.
- El mayor porcentaje de quemaduras de adultos ocurren en el lugar de trabajo. Lo cual resulta de:
 - contacto con llamas u objetos calientes tales como maquinaria o tubos
 - contacto con líquidos calientes o vapor
 - salpicadura de productos químicos en la piel o los ojos
 - electricidad
- Usted puede protegerse contra las quemaduras teniendo cuidado y usando el equipo de protección personal adecuado (PPE) si trabaja con productos químicos o con otras fuentes de peligros potenciales.

No todas las quemaduras son iguales

- Algunas quemaduras, llamadas de primer grado, son menos graves que otras. Usualmente la piel se pone roja, seca y con un poco de hinchazón.
 - Las quemaduras de segundo grado hacen más daño a la piel. Usualmente son dolorosas y se forman ampollas e hinchazón.
 - Las quemaduras de tercer grado dejan la piel blanca o carbonizada. La piel quemada también puede quedar dura y seca. Las quemaduras de tercer grado de cualquier tamaño son extremadamente graves y requieren atención médica de inmediato. Estas quemaduras destruyen terminaciones nerviosas, por eso a veces no se siente el dolor.
 - Si usted o un compañero de trabajo se quema en el trabajo, avísele inmediatamente al supervisor y pida ayuda médica de emergencia.
- Nota al instructor: Diga a los participantes cómo se pueden comunicar con los servicios médicos de emergencia de su área.*

Advertencia: Llame inmediatamente al servicio médico de emergencia en caso de quemaduras causadas por productos químicos o eléctricos o quemaduras en la cabeza, cuello, genitales, manos o pies. También pida ayuda médica de emergencia cuando una quemadura cubre más de una parte del cuerpo o cuando la quemadura produce dificultad para respirar.



Pida ayuda médica de emergencia cuando un compañero de trabajo tiene quemaduras graves.

Cuidado De Emergencia Para Las Quemaduras

Qué hacer en caso de quemadura

- Estos son algunos pasos que debe seguir si un compañero de trabajo sufre quemaduras graves:
 1. Pida ayuda médica de emergencia lo más rápido posible. También, avise en la oficina de administración cuando las quemaduras son menores.
 2. Aleje a la persona del calor o de la fuente de la quemadura.

Advertencia: No toque a la persona que se ha quemado con electricidad mientras no se haya desconectado la electricidad.

3. Use gran cantidad de agua para enfriar la quemadura, excepto en caso de quemadura eléctrica o cuando la quemadura es por congelamiento, como en el caso de anhídrido de amoníaco. No use hielo o agua con hielo para enfriar una quemadura.
4. Aplique una toalla o paño mojado en las áreas del cuerpo que no pueden sumergirse en el agua.
5. Cubra la quemadura con un [vendaje](#) suelto o con un paño limpio y seco.

Quemaduras eléctricas o con productos químicos

- Estos dos tipos de quemaduras son muy graves. Pida atención médica de emergencia inmediatamente.
- No toque a la persona electrocutada si no está seguro de que se ha desconectado la fuente de electricidad. Desconecte la electricidad usted mismo solamente cuando lo pueda hacer en forma segura. Si la persona no está respirando y usted ha recibido entrenamiento para aplicar respiración cardio pulmonar (CPR), aplique CPR hasta que llegue la atención médica. Enseguida cubra la quemadura eléctrica con un [vendaje](#) seco.
- En el caso de salpicaduras de productos químicos en los ojos, siga los siguientes pasos:
 - Inmediatamente lave los ojos con [solución para lavado](#) de ojos o con un chorro suave de agua fría.
 - Siga este proceso durante por lo menos 15 minutos.
- En el caso de quemaduras con productos químicos en la piel:
 - Lea la etiqueta del producto químico y la hoja con información de seguridad del material (MSDS) con instrucciones específicas.
 - No toque el área expuesta al producto químico sin usar equipo de protección personal (PPE).
 - Quite todo el producto químico seco o en polvo de la piel de la persona. También, si es posible, remueva la ropa contaminada.
 - Lave la parte quemada con agua fría corriente, durante por lo menos 15 minutos.



Use una gran cantidad de agua fría para enfriar una quemadura.



Cubra la quemadura con una venda suelta o con un paño limpio y seco.



Hoja de seguridad ante quemaduras eléctricas.

5.4.2. PLANOS