

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y**  
**MECATRÓNICA**



**“EVALUACIÓN Y RECUPERACIÓN DE INYECTORES USADOS EUI PARA CAMIONES  
VOLVO FM, FMX”**

TESIS PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**SURCO CHOQUENAIRA, EDWIN**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**AREQUIPA – PERÚ**

**2015**

***Dedicado:***

***“En primer lugar a Dios...***

***...por permitir que pueda realizar este sueño.***

***“A mis padres...***

***...por brindarme su apoyo constante en todo.***

***“A mis asesores...***

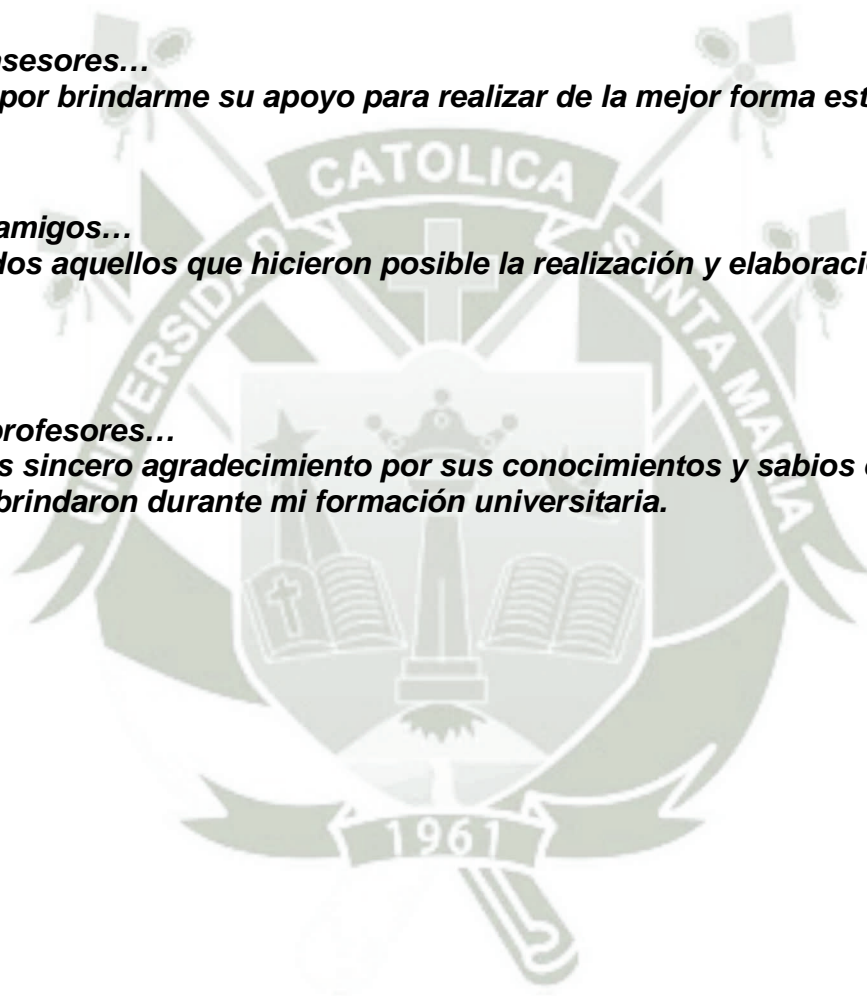
***...por brindarme su apoyo para realizar de la mejor forma esta tesis.***

***“A mis, amigos...***

***...y a todos aquellos que hicieron posible la realización y elaboración de este trabajo.***

***“A mis profesores...***

***...mi más sincero agradecimiento por sus conocimientos y sabios consejos que me brindaron durante mi formación universitaria.***



*Edwin Surco Choquenaira*

## **PRESENTACION**

***Sr. Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica.***

***Sres. Miembros del Jurado Examinador.***

***De conformidad con los dispositivos del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, y de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica, pongo a vuestra consideración la tesis titulada “EVALUACION Y RECUPERACION DE INYECTORES USADOS EUI PARA CAMIONES VOLVO FM, FMX” , el mismo que de ser aprobado me permitirá optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.***

***Arequipa, setiembre del 2015.***



## INDICE

**RESUMEN**  
**ABSTRACT**  
**INTRODUCCION**

### CAPITULO I

#### FUNDAMENTACION

<b>1.1. JUSTIFICACION</b>	<b>1</b>
<b>1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	3
<b>1.4. HIPOTESIS</b>	<b>4</b>
<b>1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES</b>	<b>4</b>
1.6.1. ALCANCE	4
1.6.2. LIMITACIONES	5
<b>1.5. ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
1.5.1. UBICACIÓN:	6
1.5.2. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA:	7
1.5.3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA:	7

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

<b>2.1. COMBUSTIÓN</b>	<b>9</b>
<b>2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)</b>	<b>11</b>
2.2.1. TIPOS PRINCIPALES DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)	11
2.2.2. MCI ALTERNATIVO	11
2.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MCI ALTERNATIVOS:	14

<b>2.2.4. SISTEMAS QUE COMPRENDEN COMÚNMENTE LOS MCI ALTERNATIVOS:</b>	<b>15</b>
<b>2.3. SISTEMA POR INYECCIÓN A GASOLINA Y DIESEL</b>	<b>23</b>
2.3.1. CLASIFICACION DE SISTEMAS POR INYECCION DIESEL Y GASOLINA	24
<b>2.4. SISTEMAS DE INYECCION UNITARIA DIESEL</b>	<b>26</b>
<b>2.5. SISTEMA DE INYECCIÓN EUI</b>	<b>28</b>
2.5.1. APLICACIONES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EUI	29
<b>2.6. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EUI.</b>	<b>30</b>
<b>2.7. SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE DE BAJA PRESIÓN</b>	<b>31</b>
2.7.1. FLUJO DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA	33
2.7.2. BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE	35
2.7.3. FILTROS DE COMBUSTIBLE	36
<b>2.8. INYECTOR UNITARIO ELECTRÓNICO (EUI)</b>	<b>37</b>
2.8.1. COMPONENTES MAYORES DEL INYECTOR EUI.	41
2.8.2. FASES DE OPERACIÓN DEL INYECTOR EUI	42
2.8.3. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR EUI	45
<b>2.9. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.</b>	<b>49</b>
2.9.1. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA EUI	50
<b>2.10. DIAGNOSTICO DE AVERIAS</b>	<b>64</b>
<b>2.11. MANTENIMIENTO DE RECONSTRUCCIÓN (OVER HAUL)</b>	<b>70</b>
2.11.1. LA CURVA DE LA BAÑERA.	71
2.11.2. REQUERIMIENTOS PARA EL OVERHAUL.	71
2.11.3. COSTOS LÍMITES DEL OVERHAUL.	71
2.11.4. EL CUMPLIMIENTO DEL PRESUPUESTO.	72
2.11.5. FORMAS DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO:	73

## CAPÍTULO III

### MÉTODO Y MATERIALES

<b>3.1 METODOLOGIA DE TRABAJO</b>	<b>74</b>
<b>3.2 ESQUEMA DE TRABAJO</b>	<b>75</b>
<b>3.3 INSTRUMENTACION, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS</b>	<b>76</b>
3.3.1. EQUIPOS DE LIMPIEZA	76
3.3.2. HERRAMIENTAS DE ARMADO Y DESARMADO	76
3.3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA E INSPECCION	76
3.3.4. EQUIPOS DE CALIBRACION	76
3.3.5. EQUIPOS DE DIAGNOSTICO Y SUS ACCESORIO	78
<b>3.4 PROCEDIMIENTO (APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA)</b>	<b>84</b>
Paso 1: Desarrollar una Bibliográfica Deductiva del Sistema de Inyección EUI (Marco Teórico)	84
Paso 2: Desarrollar una Identificación del Tipo de Inyector EUI	84
Paso 3: Desarrollar una Identificación de los Componentes del Inyector EUI.	85
Paso 4: Desarrollar una Identificación del Funcionamiento de los Componentes del Inyector.	87
Paso 5: Desmontaje, Limpieza e Inspección general de inyectores	91
Paso 6: Selección del Tipo de Servicio de Mantenimiento de Inyectores (SM1 SM2 SM3):	97
Paso 8: Resumen de Resultados:	101
Paso 9: Análisis económico	101

## CAPÍTULO IV

### ANALISIS DE RESULTADOS

<b>RESULTADOS</b>	<b>102</b>
<b>INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>104</b>
<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>	<b>106</b>

**CONCLUSIONES**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES FIGURAS

N°		Pág.
1.1	<i>Ubicación del Laboratorio</i>	6
1.2	<i>Esquema de Distribución de planta de la Empresa</i>	7
1.3	<i>Exterior de Instalaciones</i>	8
1.4	<i>Interior de Instalaciones</i>	8
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>		
2.1	<i>Triangulo de Combustión</i>	9
2.2	<i>Combustión Interna</i>	9
2.3	<i>Encendido Provocado</i>	12
2.4	<i>Autoencendido por Compresión de Aire</i>	13
2.5	<i>Disposición de Cilindros</i>	14
2.6	<i>Arrancador eléctrico de motores Volvo</i>	15
2.7	<i>Sistema de Encendido por Bobina-Distribuidor</i>	16
2.8	<i>Autoencendido por compresión de Aire</i>	17
2.9	<i>Sistema de Refrigeración por Aire de motor Volkswagen Beetle</i>	18
2.10	<i>Componentes del Sistema de Refrigeración por Líquido Refrigerante</i>	19
2.11	<i>Flujo del Sistema de Refrigeración por Líquido Refrigerante</i>	20
2.12	<i>Válvulas de Admisión y Escape de Gases</i>	21
2.13	<i>Sistema de Distribución de Gases de Admisión y Escape</i>	21
2.14	<i>Componentes del Sistema de Lubricación</i>	22
2.15	<i>Sistema de Alimentación por Carburador (Izq.) y por Inyección (Der.)</i>	23
2.16	<i>Sistema de Inyección por el Número de Inyecciones</i>	25
2.17	<i>Sistema de Inyección Unitaria MUI, EUI, UPS y HEUI</i>	27
2.18	<i>Sistema de Inyección EUI</i>	28
2.19	<i>Principales inyectores EUI en el Sistema de Inyección Diesel</i>	29
2.20	<i>Componentes del Sistemas de Inyección EUI</i>	30
2.21	<i>Sistema de baja presión de combustible</i>	31
2.22	<i>Componentes Externos e Internos del sistema de inyección EUI</i>	32
2.23	<i>Bomba de Transferencia de Combustible</i>	35
2.24	<i>Filtros de Combustible Volvo</i>	36
2.25	<i>Tipos de Inyectores Unitarios EUI</i>	37
2.26	<i>Partes externas en un Inyector EUI impulsado por un eje de levas</i>	38
2.27	<i>Partes internas en un Inyector EUI impulsado por un eje de levas</i>	38
2.28	<i>Avance Tecnológico de Inyectores EUI Delphi</i>	39
2.29	<i>Componentes internos de un inyector EUI Bosch</i>	41
2.30	<i>Fase de Llenado de Combustible.</i>	42
2.31	<i>Fase de Vertido o Derrame de Combustible</i>	43
2.32	<i>Inicio de la Inyección de Combustible</i>	44
2.33	<i>Fin de la Inyección de Combustible</i>	45
2.34	<i>Pulsos de corriente en Válvulas Poppet</i>	46
2.35	<i>Corriente de Activación y Recorrido de Válvulas</i>	48
2.36	<i>Ángulos del Cigüeñal en los Tiempos del Motor</i>	48
2.37	<i>Sistema de Administración electrónica del motor EMS</i>	51
2.38	<i>Herramientas de Servicio del ECM</i>	52
2.39	<i>Módulo de Control Electrónico ECM, Bosch</i>	52
2.40	<i>Sensores en motor Volvo</i>	54
2.41	<i>Sensor de presión de 3 cables</i>	55
2.42	<i>Sensor de Temperatura</i>	57
2.43	<i>Sensor de Nivel de Refrigerante</i>	59
2.44	<i>Sensor WIF, Ubicado en parte inferior del filtro</i>	60
2.45	<i>Sensores primario y secundario de velocidad</i>	60
2.46	<i>Sensor de referencia de sincronización (SRS) y sensor de referencia de tiempo</i>	61

<i>(TRS)</i>		
2.47	Engranaje toro y rueda de tiempo motor Detroit diesel serie 60	61
2.48	Sensor de posición del acelerador	62
2.49	Mecanismo de regulación a tornillo en un inyector	66
2.50	Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador sobre el tornillo de ajuste	66
2.51	Tres formas posibles de salida del chorro en la prueba del inyector de espiga	68
2.52	Formas de Chorro de Espiga	68
2.53	Control de pulverización en un inyector de orificios	69
2.54	Taller de Desmantelamiento total de un Equipo Volvo	70
2.55	Overhaul en la Curva de la Bañera	71
2.56	Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial	72
-----		
3.1	Esquema de Trabajo de la Tesis	75
3.2	Banco comprobador de inyectores CAV	77
3.3	Partes principales del banco de pruebas de inyectores	77
3.4	Banco de pruebas de AVM2-PC Hartridge	79
3.5	Plataforma Base del Banco de pruebas de AVM2-PC	81
3.6	Controlador de Pulsos Electrónicos Hartridge	81
3.7	Sistema HK1500 para EUI Hartridge	82
3.8	Kit básico EUI CAMBOX (HK1502)	82
3.9	Accesorios EUI Hartridge	83
3.10	Accesorios de Prueba de Toberas EUI Hartridge	83
3.11	HH701 Testmaster Hartridge	83
3.12	Componentes del Inyector Delphi E3	86
3.13	Módulos del Inyector Delphi E3	87
3.14	Fase de Admisión de Combustible	89
3.15	Fase de Compresión de Combustible	90
3.16	Fase de Inyección de Combustible	90
3.17	Desmontaje del Resorte del Conjunto	91
3.18	Despiece del conjunto Impulsor	91
3.19	Desmontaje del conjunto de Módulos Delphi E3	92
3.20	Desmontaje del Capuchón Roscado Delphi E3	92
3.21	Desmontaje de los 5 Módulos Delphi E3	93
3.22	Daños en el Cuerpo Roscado del Inyector Delphi E3	93
3.23	Ralladuras o Rupturas en los Módulos	94
3.24	Desgaste de Casquillo de Empuje	94
3.25	Ralladuras de Desgaste en Manguito de Empuje	95
3.26	Estator de los Solenoides Eléctricos	95
3.27	Principales Componentes de Reemplazo	97
3.28	Menú Inicio	98
3.29	Información EUI/EUP	99
3.30	EUI/EUP Número de Pieza	99
3.31	Parámetros de funcionamiento Delphi E3 (Semiautomática)	100
3.32	Parámetros de funcionamiento Delphi E3 (Automático)	100
3.33	Check de Pruebas Realizadas Correctamente	101
-----		
4.1	Informe de Resultados Superados	102
4.2	Resumen del Informe de Resultados Superados	103
4.3	Cotización de Inyectores EUI en Volvo Perú S.A	108



## ÍNDICE DE TABLAS

N°		Pág.
I	<i>Avance Tecnológico de Inyectores EUI Delphi</i>	40
II	<i>Tiempos de Pulso de corriente en Válvulas Poppet</i>	46
III	<i>Voltajes de Alimentación de Componentes electrónicos</i>	64
IV	<i>Ficha técnica de Motor Eléctrico</i>	80
V	<i>Componentes del Inyector Delphi E3</i>	85
VI	<i>Niveles de Velocidad del eje de Levas.</i>	104
VII	<i>Resistencia Eléctrica del Solenoide.</i>	105
VIII	<i>Presión de Apertura de Válvulas.</i>	105
IX	<i>Duración de Reacción de Válvulas SCV y NCV.</i>	105
X	<i>Descarga de combustible por Carrera.</i>	105
XI	<i>Costo de Servicio de Mantenimiento Versus Nuevos</i>	109

## ÍNDICE DE ANEXOS

N°		Pág.
I	<i>Fabricantes de Motores Modernos</i>	114
II	<i>Equipos de Limpieza</i>	115
III	<i>Herramientas de Armado y Desarmado</i>	116
IV	<i>Instrumentos de Medida e Inspección</i>	118
V	<i>Especificaciones Técnicas AVM2PC HARTRIDGE</i>	120
VI	<i>Matrices Técnicas AVM2PC HARTRIDGE</i>	121
VII	<i>Servicio de Mantenimiento SM1 y Reparación SR1</i>	125
VIII	<i>Costo Aproximado de un Overhaul en un Motor Volvo FM, FMX</i>	128

## GLOSARIO

### LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS Y SIMBOLOS

Abreviaturas, Siglas y Símbolos	Significado
°C	Grados Celsius o Centígrados, temperatura
°F	Grados Fahrenheit, temperatura
gr	Gramos, peso.
h	Hora.
mm	Milímetro.
$\Omega$	Omega, Magnitud de resistencia eléctrica
%	Porcentaje
rpm	Revoluciones por minuto.
AC	Corriente alterna.
API	Instituto Americano del Petróleo, por sus siglas en inglés.
BTU	Es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de British Thermal Unit.
ECM	Módulo de control electrónico, por sus siglas en inglés.
EGR	Sistema de recirculación de gases de escape.
EPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, por sus siglas en inglés.
ft-lb	Pie por libra, magnitud expresada para torque.
HC's	Denotación para hidrocarburos.
HP	Caballos de fuerza, por sus siglas en inglés.
Lb*pie	Pie por libra, magnitud expresada para torque.
Max	Máximo.
Min	Mínimo.
NBT	Número de base total.
No.	Número.
PMI	Punto muerto inferior.
PMS	Punto muerto superior.
Psi	Libras sobre pulgada cuadrada, Magnitud de presión.
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices, por sus siglas en inglés.
SRS	Sensor de referencia de sincronización.
TRS	Sensor de referencia de tiempo.
VCD	Voltaje de corriente directa.
WIF	Sensor de detección de agua en filtro de combustible. Derivado de sus siglas en ingles Water In Filter.
CRDI	Riel Común de Inyección Diesel (Common Rail Diesel Injection)
EDC	Control Electrónica Diesel (Electronic Diesel Control)
EGR	Recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation)
NA	Normalmente Abierto

<b>NC</b>	Normalmente Cerrado
<b>NPO</b>	Alimentación de la galería de carburante de tobera (Nozzle Path Orifice)
<b>PMS</b>	Punto Muerto Superior
<b>RPM</b>	Revoluciones Por Minuto
<b>ECU</b>	Electronic Control Unit
<b>ECM</b>	Electronic Control Module
<b>EUI</b>	Electronic Unit Injector
<b>HEUI</b>	Hydraulically actuated Electrically controlled Unit Injector
<b>PDE</b>	Pumpe-Düse-Einheit (unit injector)
<b>PLD</b>	Pumpe-Leitung-Düse (unit pump)
<b>PWM</b>	Pulse Width Modulation
<b>MCI</b>	Motor de combustión Interna



## LISTA DE VOCABULARIO

<b>Actuador</b>	Elemento electromecánico, utilizado para realizar una acción.
<b>Aire comprimido</b>	Condición en la cual el aire atmosférico es sometido a una disminución de volumen, por lo que tiende a incrementar su presión.
<b>Árbol de levas</b>	Eje en el cual se encuentran tallados diferentes tipos de levas para efectuar los ciclos del motor de combustión interna.
<b>Biela</b>	Elemento mecánico utilizado para transmitir la energía de empuje en la cabeza del pistón a los muñones del cigüeñal.
<b>Cabeza de cilindros o culata</b>	Elemento mecánico, el cual cumple dos funciones. Servir como cámara de combustión y portar diferentes elementos y mecanismos del motor de combustión interna.
<b>Candado hidráulico</b>	Enlace entre dos elementos mecánicos proporcionados por la compresión de un líquido.
<b>Cigüeñal</b>	Elemento mecánico diseñado para convertir movimiento de vaivén a movimiento rotacional.
<b>Corriente alterna</b>	Intensidad eléctrica que posee onda sinusoidal.
<b>Damper</b>	O amortiguador de vibraciones, es una pieza con masa variable que compensa las distorsiones provocadas por las explosiones dentro el motor y su secuencia de encendido.
<b>Desenergización</b>	Acción de cesar el paso de corriente a un actuador.
<b>Dosificación</b>	Determina la cantidad de combustible para inyección.
<b>Electroválvulas</b>	Válvula mecánica accionado por bobinas eléctricas que operan cuando estas son energizadas.
<b>Energización</b>	Acción de transmitir corriente a un actuador para realizar su acción.
<b>Frecuencia</b>	Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.
<b>Fuerza</b>	Es una magnitud física que mide la intensidad del intercambio de momento lineal entre dos partículas o sistemas de partículas.
<b>Grados</b>	Nombrar a distintas unidades de medida de ángulos.
<b>Hardware</b>	Corresponde a todas las partes tangibles de un programa computacional.
<b>Inflamación</b>	Acción de iniciarse la combustión o fuego.
<b>Intercooler</b>	Es un intercambiador (radiador) aire-aire o aire-agua que se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor o sobrealimentador de un motor de combustión interna.
<b>Laina</b>	Herramienta calibrada, utilizada para determinar una holgura.
<b>Maneral</b>	Herramienta mecánica utilizada para realizar tareas de fuerza, como por ejemplo, apretar elemento de sujeción.
<b>Micra</b>	Sinónimo de Micrón, utilizado para hacer comparativo para filtración de partículas.
<b>Movimiento alternativo</b>	También llamado mecanismo de movimiento alternante, es un movimiento repetitivo hacia arriba y hacia abajo.
<b>Movimiento rotativo</b>	Es el movimiento de cambio de orientación de un cuerpo o un sistema de referencia de forma en que una línea (llamada eje de rotación) o un punto permanece fijo.
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>NO</b>	Monóxido de nitrógeno.
<b>NO2</b>	Bióxido de nitrógeno.
<b>NOx</b>	Óxidos de nitrógeno.
<b>Off</b>	Acción de parar o cortar la energía de un elemento eléctrico.
<b>On</b>	Accionamiento de energía de alimentación de un elemento eléctrico o electrónico.
<b>Par</b>	El momento de fuerza de un conjunto de fuerzas.
<b>Potencia</b>	Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo.
<b>Presión barométrica</b>	Es la presión que ejerce el aire sobre la atmósfera. Normalmente se refiere a la presión atmosférica terrestre.
<b>Resistencia</b>	Oposición al paso de corriente eléctrica.
<b>Sensor</b>	Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación.
<b>Señal PWM</b>	La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la

**Sincronización**

**Software**

**Solenoide**

**Termistor**

**Termostato**

**Velocidad angular**

**Voltios**

**Volumen**

que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una sinusoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

Acción de coincidencia de tiempos de actuación o acoplamiento dentro del motor.

Programas computacionales dirigidos a una acción.

Es cualquier dispositivo físico capaz de crear una zona de campo magnético uniforme.

Es un sensor resistivo de temperatura.

Es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito de refrigeración del motor en función de la temperatura de este.

Magnitud física para determinar la rapidez del desplazamiento rotacional.

Es la unidad derivada del SI para el potencial eléctrico, fuerza electromotriz y el voltaje.

Es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo.



## RESUMEN

El sistema de inyección EUI (Inyector Unitario Electrónico), representa una de las más significantes innovaciones tecnológicas en motores diesel en décadas. En nuestro país se ofertan equipos y maquinarias provistos de este sistema de inyección EUI como Caterpillar, Volvo, Scania, Ford, International entre otros. El sistema de inyección cuenta con un componente esencial característico denominado inyector EUI. Sin embargo este sistema posee un elevado costo de mantenimiento y que solo se realizan en estas casas comerciales o fuera del país.

La presente investigación partió de la necesidad de encontrar una evaluación de funcionamiento clara de inyectores usados EUI que son necesarios para poder tener una decisión de inversión de reparación y encontrar el beneficio que produce repararlos, para ello se hizo un trabajo de investigación en la evaluación de costo beneficio mediante la evaluación de parámetros de funcionamiento que se realizaron en equipos de simulación y medida existentes en HARTRIDGE.

La investigación tuvo como objetivo conocer el funcionamiento externo e interno de estos inyectores para poder tomar criterios de reparación más seguros y lograr desarrollar una de estrategia de evaluaciones a través de equipos de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyectores diesel Delphi E3 a fin de determinar el funcionamiento, estado y condiciones de operación del inyector. Además de realizar una evaluación en un aspecto de costo beneficio para recuperar un periodo de vida adicional a este tipo de inyectores usados en camiones Volvo.

En el marco teórico se pudo desarrollar un condensado de referencias bibliográficas de orden deductivo que abarca desde rasgos generales de funcionamiento del motor hasta entender el funcionamiento específico de los inyectores de combustible EUI. Así como los sistemas involucrados en la operación eficiente de los motores de combustión tanto eléctricamente, electrónicamente, mecánicamente. A partir de estos conocimientos adquiridos se procede a encontrar formas que nos permitan resolver problemas de operatividad de muchos equipos para que los estudios respectivos realizados se hagan viables en su desarrollo y elaboración.

De acuerdo a los objetivos, es una investigación de tipo explicativa, descriptiva y aplicada que utiliza como técnica de investigación la observación, como instrumento de aplicación y recolección de datos.

Los resultados Obtenidos fueron grandemente beneficiosos tanto en un nivel económico, técnico y didáctico. Se logró obtener un ahorro del 65% en los costos de mantenimiento de inyectores en un motor volvo FM o FMX.

Este tema de tesis es aún muy delicado por sus limitaciones bibliográficas pero con grandes expectativas económicas de ahorro en su aprovechamiento en una recuperación de vida útil.

## ABSTRACT

Injection system EUI (Electronic Unit Injector) represents one of the most significant technological innovations in diesel engines in decades. In our country equipment and machinery equipped with this injection system EUI as Caterpillar, Volvo, Scania, Ford, International and others are offered. The injection system has a characteristic essential component called EUI injector. However, this system has a high maintenance cost and only take place in these commercial or abroad houses.

This research was based on the need for a clear evaluation of performance used EUI injectors that are necessary to take an investment decision to repair and find the benefit resulting repair, for it was made a research on the evaluation of cost benefit by evaluating operating parameters were performed on existing simulation equipment and HARTRIDGE extent.

The research aimed to know the external and internal functioning of these injectors to make safer repair criteria and develop a strategy to achieve assessments through simulation equipment, diagnosis and testing of fuel supply systems for diesel injectors Delphi E3 in order to determine the operating status and operating conditions of the injector. In addition to performing an evaluation on a cost-benefit aspect to recover an additional lifetime this type of injectors used in Volvo trucks.

In the theoretical framework could develop a condensate of deductive order references ranging from general features motor run to understanding the specific operation of the fuel injectors EUI. As the systems involved in the efficient operation of combustion engines both electrically, electronically, mechanically. From these proceeds acquired knowledge to find ways that allow us to solve many problems of operation of equipment for the respective studies become viable in their development and manufacture.

According to the objectives, it is an explanatory research, descriptive and applicative type used as the observation research technique as a tool for implementation and data collection.

The obtained results were greatly beneficial both economically technical training and. They managed to obtain a saving of 65% of the costs of operating engine maintenance Volvo FM or FMX.

This thesis topic is still very sensitive for their literature but with great economic prospects of saving his progress in recovery of life limitations.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día contamos con motores de combustión interna muy modernos usados en muchos equipos de diferentes aplicaciones, todo ello gracias al esfuerzo de algunas empresas pilares que se han preocupado en desarrollar mejoras en estos motores perfeccionándolos año a año hasta nuestra actualidad.

Como todo producto nuevo, los componentes en un motor tienen un periodo de vida útil estimado por el fabricante bajo ciertas condiciones de operación y mantenimiento. Es preciso mencionar que el mantenimiento para muchas empresas serias involucra exclusivamente solo el REEMPLAZO de componentes por nuevos, en los cuales se destaca el costo que involucra realizar estos mantenimientos. Siendo una desventaja económica para los propietarios de estos equipos por la necesidad de tener que invertir en un mantenimiento caro para la operatividad de sus equipos.

El inyector de combustible es el elemento más caro e importante de un motor diesel, ya que este representa un alto costo de mantenimiento en un motor, y además por ser uno de los componentes más importantes para la combustión eficiente del motor.

Es ahí donde surge la necesidad de poder evaluar inyectores diesel que aún pueden ser aprovechables por medio de una evaluación de recuperación de inyectores y así poder recuperar un ciclo de vida adicional a estos inyectores diesel o a gasolina.

Actualmente la REPARACIÓN se presenta como una estrategia de remanufactura que consigue un mayor nivel de recuperación de productos en su fase final de vida, además de obtener grandes beneficios económico, ambiental y social.

Al recurrir a métodos de reparación externos al fabricante para inyectores usados se han elaborado equipos que simulan el funcionamiento de los sistemas de inyección con los cuales se pueden diagnosticar las condiciones y parámetros de funcionamiento que tienen específicamente los inyectores para así poder dar acciones de reparación en estos.

Hoy en día se empezó a desarrollar formas para poder simular sistemas de inyección más como los sistemas Common Rail, EUI, EUP y HEUI donde se presentan falencias aun para la elaboración de diagnósticos precisos para una reparación correcta de estos inyectores. El conocimiento de parámetros técnicos de funcionamiento de inyectores EUI son aun limitados por ser de propiedad privada pero se presentaran equipos ya elaborados para algunos sistemas y herramientas que nos permiten obtener esos parámetros de funcionamiento y así poder tomar evaluaciones de funcionamiento.



Se propone encontrar una forma de evaluación de recuperación clara, confiable y eficiente de inyectores usados EUI a través de equipos y herramientas que logran encontrar diversos beneficios en los siguientes puntos:

- Un ciclo de vida adicional a través de las reparaciones propuestas. Por ende obtener una continuidad de operación del inyector.
- Encontrar criterios de reparación más seguros y confiables para el laboratorio de reparación.
- Lograr ofrecer a los propietarios de estos equipos una opción de ahorro significativo en el costo de mantenimiento de sus equipos.
- Logrará disminuir costos operativos de mantenimiento. Consiguiendo la misma calidad de operatividad de un inyector nuevo solo que a un precio mucho menor.

Una forma fiable de empezar un diagnóstico de fallas es a través de instrumentos modernos como el scanner o software de comunicación donde interactúa el técnico con la computadora, como el VCADS Pro para equipos Volvo. Estos equipos nos permiten saber el estado y los parámetros de funcionamiento del motor a través de sus sensores, además poder saber que cilindros trabajan defectuosamente en la prueba de compresión de cilindros según el software. Es partiendo de ahí que se puede iniciar una forma de trabajo, procediéndose a evaluar los inyectores defectuosos y tomar medidas de reparación. VCADS Pro (Volvo Computer Aided Diagnostic System Programación) es un sistema utilizado para diagnosticar, programar, probar y calibrar camiones Volvo.

Basado en lo anterior esta tesis se propone presentar una forma de poder evaluar y recuperar un tiempo de vida adicional para los inyectores del tipo EUI usados en motores de combustión diesel, para lo cual se deben tomar en cuenta el conocimiento general de estos como el funcionamiento, periodos de vida, datos técnicos, y otros que se verán en esta tesis.

La tesis en mención: **“EVALUACION Y RECUPERACION DE INYECTORES USADOS EUI PARA CAMIONES VOLVO FM, FMX”**, se divide en cuatro capítulos siguientes:

Capítulo I: Fundamentación.

Capítulo II: Marco Teórico.

Capítulo III: Método y Materiales.

Capítulo IV: Análisis de Resultados.

Donde en el Capítulo I se fundamenta la justificación del motivo de estudio, la problemática que se plantea, los objetivos a los que se desea llegar a través del planteamiento de una hipótesis que se desarrollara en la presente tesis, todo esto en una base de investigación teórica precedente para la sustentación de esta tesis. En el Capítulo II se realizara un compendio de estudio en una serie de elementos conceptuales que serán base teórica en la investigación que se pretende realizar en la tesis. En el Capítulo III se presenta la metodología de

trabajo que se aplicara en la sustentación de esta tesis, además de los equipos y herramientas que se pretenden presentar para el desarrollo del esquema de trabajo. En el Capítulo IV se realizara un análisis de los resultados para poder presentar las conclusiones a las que se pudo llegar en la realización de la tesis.

Finalmente se describirá la respectiva bibliografía que ha sido tomada en cuenta para la ejecución de la presente tesis. Además de los anexos usados para la sustentación.

Este trabajo ha sido realizado con dedicación y esfuerzo, sin embargo, es posible que se encuentren algunas limitaciones u omisiones involuntarias, para lo cual se invoca a la comprensión de los lectores y los señores miembros del jurado.



## CAPITULO I

### FUNDAMENTACION

#### 1.1. JUSTIFICACION

La demanda de equipos con motores electrónicos van en aumento cada año , Volvo Group vendió cerca de 2040 camiones volvo el 2011; presenciándose así cerca de 17500 camiones vendidos en nuestro país según Roger Alm, director de ventas latinoamericanas de las ventas de Volvo Group Camiones y marketing América.

Hoy en día muchos de estos equipos sufrieron una reparación de motor por diferentes motivos. Los inyectores denominados EUI, son los componentes de mayor importancia en el motor, en cuanto en la funcionalidad eficiente del motor y en cuanto al costo que involucra reemplazarlos por nuevos.

Además de reemplazar elementos y componentes nuevos en un motor, no existe una reparación garantizada al 100% hasta ahora, pero es un medio necesario para muchos usuarios en la continuidad de funcionamiento de sus equipos. El inyector es el elemento de mayor importancia en un motor diesel, ya que este representa un costo considerable en el costo de mantenimiento del motor en una reparación.

Es ahí donde surge la necesidad de poder evaluar los inyectores, que aún pueden ser aprovechables por medio de una evaluación propuesta en esta tesis y así poder recuperar un ciclo de vida adicional a estos inyectores.

Una evaluación de recuperación clara de estos inyectores usados es importante para tener una decisión de inversión en una reparación de inyector y así lograr encontrar un ahorro en el costo de reparación del motor. Esta evaluación se realizara a través de diversas pruebas en equipos de simulación y medida.

El avance de la tecnología en unidades modernas de inyección va en aumento por lo que se necesitara confrontar los problemas a futuro; de manera que se puedan tomar medidas alternativas de reparación que beneficien al equipo y al usuario.

Por ello es necesario efectuar una acción de investigación por la demanda y su gran participación en la economía del usuario así como la conservación del medio (contaminación por sólidos metálicos y gases de escape).

## 1.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Una evaluación de funcionamiento clara de estos inyectores usados EUI son necesarios para poder tener una decisión de inversión de reparación y encontrar el beneficio que produce repararlos.

Al recurrirse a métodos de reparación externos al fabricante, se crea un problema en cuanto a los datos técnicos de funcionamiento del inyector siendo esenciales para una reparación correcta de inyector por medio de diferentes formas de reparación. Para lo cual se hará una investigación que pueda presentar una forma de evaluación del funcionamiento y sus características de funcionamiento de estos inyectores.

Muchos laboratorios en nuestro país se han ido especializando en reparaciones de diversos sistemas de inyección por medio de equipos y herramientas diseñadas por empresas externas al fabricante de los sistemas de inyección, a los cuales se les pudieron dar diagnósticos de reparación aceptables para estos sistemas. Es partiendo de ahí que hoy en día se empezó a desarrollar formas de poder simular sistemas de inyección como los sistemas EUI y HEUI donde se presentan falencias aun para la elaboración de diagnósticos precisos para una reparación correcta de estos inyectores. Consiguiéndose así poder obtener lapsos más amplios de vida útil y por ende un ahorro en el costo de mantenimiento del equipo.

En otras palabras el objetivo es conseguir adicionar una segunda vida a su ciclo de vida útil con las mismas condiciones exigidas por los clientes. Además de obtener un ahorro en los costos de mantenimiento de estos equipos y con respecto al medio ambiente se contribuirá en reducir la contaminación por los gases de escape mal combustiónados por el mal funcionamiento de estos inyectores.

Se propone las siguientes interrogantes para resumir y aclarar lo que se pretende llegar a resolver:

- ✓ ¿Cómo es un sistema de inyección EUI?
- ✓ ¿Cómo funcionan este tipo de sistemas de inyección?
- ✓ ¿Qué es un inyector EUI?
- ✓ ¿Cómo funcionan y como están constituidos internamente un inyector EUI?
- ✓ ¿Qué tipos de inyector EUI existen?
- ✓ ¿Por qué es necesario realizar una evaluación de recuperación en los camiones Volvo?
- ✓ ¿Qué medios existen para evaluar y diagnosticar el funcionamiento de estos inyectores?
- ✓ ¿Qué tipo de beneficios conlleva repararlos?

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.

- ✓ Al término de esta tesis se pretende encontrar una estrategia de evaluación de los inyectores usados del tipo EUI (*Inyector Unitario Electrónico*) en un aspecto técnico y en un aspecto costo beneficio para recuperar un ciclo de vida adicional a este tipo de inyectores en camiones Volvo.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Los objetivos del presente estudio son:

- ✓ Lograr desarrollar una estrategia de evaluación de recuperación clara de los inyectores EUI a través de equipos y herramientas adecuadas que permitan lograr los mejores criterios de diagnóstico, reparación y simulación.
- ✓ Realizar una evaluación comparativa de costo beneficio que produce recuperar estos inyectores usados en camiones volvo FM y FMX.
- ✓ Lograr conocer el funcionamiento y componentes del Sistema de Inyección EUI así como los tipos de Inyector EUI que existen, para una localización de fallas que permitan adoptar criterios de diagnóstico, reparación y simulación eficientes y confiables.

#### 1.4. HIPOTESIS

- ✓ Se plantea desarrollar una metodología de trabajo a través de un esquema de trabajo que conste de pasos que podrán seguirse en una línea de tiempo de realización así como una adecuada selección de equipos y herramientas que permitan el mejor diagnóstico, reparación y simulación de los inyectores EUI en camiones Volvo FM y FMX.
- ✓ Se asume que al lograr encontrar una forma de evaluación de recuperación clara, confiable y eficiente de inyectores usados EUI se lograra encontrar diversos beneficios económicos y operacionales como en los siguientes puntos:
  - Encontrar criterios de reparación más exactos, seguros y confiables en los trabajos del laboratorio de reparación.
  - Un ciclo de vida adicional a través de las reparaciones propuestas. Por ende obtener una continuidad de operación de los inyectores.
  - Lograr ofrecer a los propietarios de estos equipos una opción de ahorro significativo de hasta un 65% de sus costos de mantenimiento por inyectores que por ende contribuirá en los costos de un mantenimiento mayor. Consiguiendo así la misma calidad de operatividad que los inyectores nuevos, solo que a un precio mucho menor.
- ✓ Se pretende desarrollar un marco teórico de orden deductivo que permita ser base para el mejor entendimiento de los sistemas de inyección de combustible .Así como el conocimiento necesario del funcionamiento interno del inyector EUI para la detección de fallas y demás evaluaciones. Se pretende que al término de esta tesis la información recopilada contribuirá en el desarrollo de investigaciones futuras en el tema de sistemas de inyección como el common rail EUI, UPS y HEUI.

#### 1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES

##### 1.6.1. ALCANCE

Para la recuperación de vida útil de inyectores se han ido desarrollando proyectos que encuentran formas de reparación de inyectores common rail EUI, UPS y HEUI. Habiéndose desarrollado equipos de diagnóstico-reparación con falencias aun en los resultados de reparación. Estos equipos permitieron recuperar un periodo de trabajo adicional a estos inyectores pero de una forma limitada ya que cada vez son productos de innovación como el inyector Delphi E3 que esta dentro de la categoría de los EUI, inyectores con poca accesibilidad de información, es de ahí la importancia y la necesidad por la cual se aborda esta tesis para encontrar una forma de evaluación de estos inyectores EUI, a través de una estrategia de evaluaciones que se detallaran en el capítulo de metodología de trabajo.

### 1.6.2. LIMITACIONES

Este proyecto tendrá un alcance inicial dentro del departamento de Arequipa; con la finalidad de obtener beneficios al elaborar esta propuesta de evaluación de reparación, además la oportunidad de expandirse en el mercado con garantía de reparación, puesto que al realizar mejoras y opciones de reparación de los inyectores se reflejará en el producto final, por ende se tendrá una mayor acogida por parte del cliente.

Para lo concerniente al tema de cálculos matemáticos como las horas a la que se realiza una reparación de inyector EUI (involucra muchas condiciones de operación y mantenimiento) no se podrán realizar en esta tesis así como el cálculo matemático de la confiabilidad de la reparación de estos. Además de los tipos de análisis siguientes que podrían ser un tema de tesis a futuro para nuevos tesisistas:

- Análisis de Recuperación de costos por implementación de laboratorio.
- Análisis de Diseño estructural
- Análisis de costo de diseño
- Análisis estructural
- Análisis de Composición química estructural

### 1.5. ANTECEDENTES

Hoy en día contamos con MCI muy modernos usados en muchos equipos de diferentes aplicaciones todo ello gracias al esfuerzo de algunas empresas pilares que se han preocupado en desarrollar mejoras en estos motores perfeccionándolos año a año hasta nuestra actualidad.

Es preciso recordar que el mantenimiento en motores involucra exclusivamente solo el REEMPLAZO de componentes por un costo de mantenimiento.

Los parámetros usados para el control de reemplazos de componentes en el mantenimiento de un equipo se dan por el Horómetro y Odómetro. Son las horas de funcionamiento del motor y el Kilometraje recorrido por el equipo respectivamente, de las cuales el fabricante toma referencia en estos para presentar los periodos de vida útil de sus productos dados en horas o kilómetros bajo ciertas condiciones de operación y mantenibilidad.

Dentro de los reemplazos más caros que se dan dentro del motor podemos mencionar que el sistema de inyección de combustible posee el inyector, componente importante que dosifica el combustible de manera muy eficiente haciendo por ello este uno de los elementos fundamentales del motor y por ende son los más caros. Es ahí donde muchas empresas externas al fabricante del motor han ido investigando formas de no reemplazar componentes usados por nuevos sino repararlos para que puedan tener un periodo de uso adicional y ahí poder tener un ahorro en el mantenimiento de estos motores.

Es ahí que se ha podido desarrollar la REPARACION de inyectores en los sistemas de inyección como el Sistema Common Rail aplicado en motores de vehículos de carga liviana y en sistemas de inyección para los EUI, UPS y los HEUI de aplicación en vehículos de carga pesada.

Existen una variedad de equipos y herramientas que permiten recuperar un ciclo de trabajo adicional a estos inyectores como los bancos de prueba de distintas marcas como el EPS 815 de Bosch, YDT35 de Delphi u otros bancos autorizados como el AVM2PC de Hartridge, DS2RA de Carbon Zapp y TK1032 de Maktest entre otros; de las cuales lograron diagnosticar una gran variedad de inyectores dentro de las categorías Common Rail, EUI, UPS y HEUI.

El avance tecnológico dentro de la categoría de inyectores EUI en Delphi se ha dado desde 1993 con el inyector A0 con normativa de emisiones FED98 hasta el 2002 con el inyector E3 con normativa de emisiones US02/04/07, EURO 3/4, de aplicación muchos motores como Volvo que esa en el tema de esta tesis.

El propósito de esta tesis es conocer el funcionamiento general de estos inyectores EUI aplicados en motores Volvo, Caterpillar y otros conocidos en nuestro medio, además conocer los sistemas del motor que influyen en el funcionamiento de este componente en estudio, también poder encontrar una metodología de trabajo a través de una selección de Equipos y herramientas que permitan encontrar un periodo de trabajo adicional a estos inyectores.

Este trabajo se realizó en las instalaciones de un laboratorio de sistemas de inyección de combustible a la que se detalla lo siguiente:

### 1.5.1. UBICACIÓN:

El área de ubicación donde se realiza las diferentes actividades es de 1000 m<sup>2</sup> y se encuentra en Avenida Los Ángeles Mz. C Lt. 11 - Ate Vitarte - Lima, donde se desempeña la empresa "Ingeniería Diesel Laboratorios SAC".

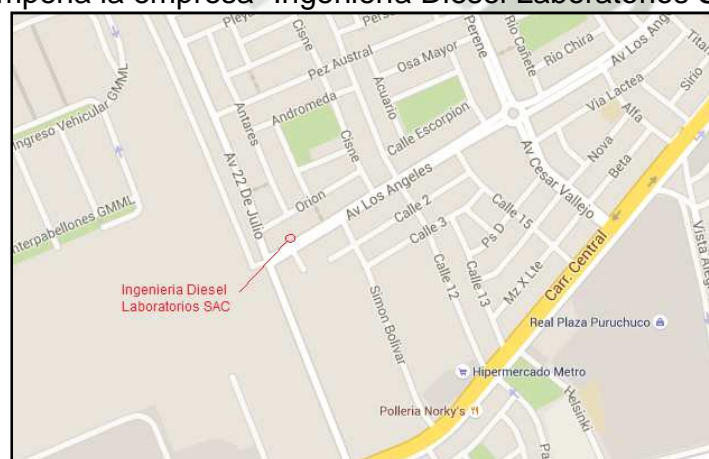


Figura N°1.1: Ubicación del Laboratorio.

Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/place/Plaza+Josffel/@-12.0403626,-76.9376856,17z/data=!4m2!3m1!1s0x9105c6a3b93058bd:0x56f2ed64cadcc6e4>



### 1.5.2. CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA:

Nombre: "Ingeniería Diesel Laboratorios SAC".  
 Ruc: 20510990448  
 Servicio: Mantenimiento, Reparación y Diagnostico de los sistemas de Inyección Diesel.  
 Especialidad: Reparación y Diagnostico de componentes diesel.

### 1.5.3. DESCRIPCION DE LA EMPRESA:

En el siguiente esquema de planta se puede visualizar la distribución de las áreas con las que cuenta la empresa.



Figura N°1.2: Esquema de Distribución de planta de la Empresa.  
 Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 1.3: Exterior de Instalaciones.  
Fuente: Elaboración Propia.



Figura N° 1.4: Interior de Instalaciones.  
Fuente: Elaboración Propia.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. COMBUSTIÓN

Es una reacción química exotérmica que libera energía calórica, que se da entre dos componentes básicos: el combustible y el comburente denominados como reactantes. Como consecuencia de esta reacción de combustión, se tiene la formación de una masa gaseosa denominada productos. Dicha reacción produce una llama incandescente, una masa gaseosa que emite luz y calor.



Figura 2.1: Triangulo de Combustión.  
Fuente: Expower.es

En motores de combustión interna (MCI) se da la combustión con el calentamiento del comburente (que normalmente es el aire) con el combustible (que en este caso podría ser la gasolina o el Diesel) .Lo que se lograra crear la fuerza necesaria para hacer funcionar el motor.



Figura 2.2: Combustión Interna.  
Fuente: <http://pelandintecno.blogspot.com/2011/03/motor-de-explosion-de-cuatro-tiempos.html>

Cuando se atomiza el combustible se inflama más fácilmente quemándose de forma controlada y de manera eficiente para producir la máxima energía térmica y la menor contaminación posible.

Entre las sustancias más comunes que se pueden encontrar en los productos o humos de la reacción se encuentran:

- CO<sub>2</sub>
- H<sub>2</sub>O como vapor de agua
- N<sub>2</sub>
- O<sub>2</sub>
- CO
- H<sub>2</sub>
- Carbono en forma de hollín
- SO<sub>2</sub>

De acuerdo a como se produzcan las reacciones de combustión, estas pueden ser de distintos tipos:

- a) Combustión completa:
- b) Combustión incompleta:
- c) Combustión estequiométrica o teórica:
- d) Combustión con exceso de aire:
- e) Combustión con defecto de aire:

**a) Combustión completa:** ocurre cuando las sustancias combustibles reaccionan hasta el máximo grado posible de oxidación. En este caso no habrá presencia de sustancias combustibles en los productos o humos de la reacción. En los productos de la combustión se puede encontrar N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y SO<sub>2</sub>.

**b) Combustión incompleta:** se produce cuando no se alcanza el grado máximo de oxidación y hay presencia de sustancias combustibles en los gases o humos de la reacción. Estas sustancias se denominan inquemados. La presencia de inquemados indica que la combustión se está realizando en forma incompleta. Por ejemplo: CO, H<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, H<sub>2</sub>S y C. Estas sustancias son los contaminantes más comunes que escapan a la atmósfera en los gases de combustión.

**c) Combustión estequiométrica o teórica:** Es la combustión que se lleva a cabo con la cantidad mínima o teórica de aire para que no existan sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión no hay presencia de oxígeno en los humos, debido a que este se ha empleado íntegramente en la reacción. Esta combustión se denomina teórica porque en la práctica siempre se producen inquemados, aunque sea en muy pequeña proporción.

**d) Combustión con exceso de aire:** Es la reacción que se produce con una cantidad de aire superior al mínimo teórico necesario. Cuando se utiliza un exceso

de aire, la combustión tiende a no producir sustancias combustibles en los gases de reacción. En este tipo de combustión es típica la presencia de oxígeno en los gases de combustión.

La razón por la cual se utiliza normalmente un exceso de aire es hacer reaccionar completamente el combustible disponible en el proceso. Si bien la incorporación de aire permite evitar la formación de inquemados, trae aparejada la pérdida de calor en los productos de combustión, reduciendo la temperatura de combustión, la eficiencia y la longitud de llama.

**e) Combustión con defecto de aire:** Es la reacción que se produce con una menor cantidad de aire que el mínimo necesario. En este tipo de reacción es característica la presencia de sustancias combustibles o inquemados en los gases o humos de reacción.

## 2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)

Es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica de la energía química de un combustible, que arde dentro de la cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la propia máquina, a diferencia de la máquina de vapor.

Cabe destacar que la eficiencia de los motores es bastante baja, solo el 15-20% de la energía térmica del combustible puede ser utilizable, el resto se pierde en forma de calor transferido como a las paredes de la cámara de combustión de motores alternativos, o en los gases de escape, que aun calientes se vierten al exterior.

La eficiencia media de un buen motor como el Otto de 4 tiempos es de un 25 a un 30%, inferior al rendimiento alcanzado con motores diesel, que llegan a rendimientos del 30 al 45%, debido precisamente a su mayor relación de compresión.

### 2.2.1. TIPOS PRINCIPALES DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI)

Se pueden clasificar en función del ciclo característico de funcionamiento:

- MCI alternativo (Ciclo Otto y Diesel)
- MCI como turbina de gas.
- MCI rotatorio.
- MCI de Ciclo Atkinson.

### 2.2.2. MCI ALTERNATIVO

Los motores de combustión interna alternativos, son vulgarmente conocidos como motores con mecanismo pistón-biela-cigüeñal o también como motores de gasolina y motores diesel .El mecanismo que usan estos motores es el

movimiento lineal de ida y vuelta alternativamente de un pistón para provocar un movimiento del tipo rotacional en un cigüeñal.

Son motores térmicos en los que los gases resultantes del proceso de combustión empujan un émbolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro y a su vez haciendo girar un cigüeñal, para finalmente obtener un torque útil.

El funcionamiento cíclico de estos motores implica la necesidad de sustituir los gases de la combustión por nueva mezcla de aire y combustible en el interior del cilindro; este proceso se denomina renovación de la carga.

Estos motores se pueden clasificar en función de sus características distintas:

- a) Según la forma de provocar la Ignición
- b) Según la forma de hacer la renovación de la carga o ciclo
- c) Según la disposición de los pistones

a). Según la forma de provocar la Ignición

Encendido provocado: Son los de ciclo Otto o de gasolina, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo desarrolló, Nikolaus August Otto. Por medio de una chispa eléctrica se provoca el quemado de la mezcla aire gasolina.



*Figura 2.3: Encendido Provocado.*  
*Fuente: [http://www.tecnocoche.com/mecanica/mecanica\\_basica/inyeccion\\_gasolina.html](http://www.tecnocoche.com/mecanica/mecanica_basica/inyeccion_gasolina.html)*

Autoencendido por compresión: Son los de ciclo Diesel, llamado así en honor al ingeniero alemán nacido en Francia Rudolf Diesel. Por medio de una alta compresión de aire que llega a calentarse provocando el quemado del diesel o gasóleo.

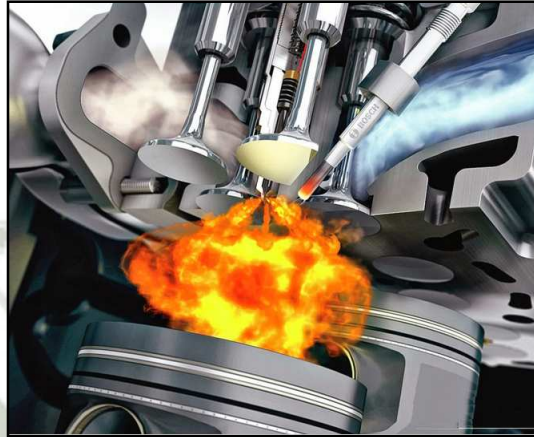


Figura 2.4: Autoencendido por Compresión de Aire.  
Fuente: <http://mecanicamechones.blogspot.com/>

b). Según la forma de hacer la renovación de la carga o ciclo

**Ciclo de cuatro tiempos(4T):** en los que el ciclo de trabajo se completa en cuatro carreras del émbolo y dos vueltas del cigüeñal. En estos motores, la renovación de la carga se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.

**Ciclo de dos tiempos(2T):** el ciclo de trabajo se completa en dos carreras del émbolo y una vuelta del cigüeñal. La renovación de la carga se logra por barrido, al desplazarse la nueva mezcla aire combustible por los gases de la combustión previa, sin la necesidad de válvulas, ya que es ahora el propio émbolo el que con su movimiento descubre las lumbreras de admisión y escape (sólo ciclo Otto) regulando el proceso(en los diesel lleva válvula de escape).

c). Según la disposición de los pistones

1. motores lineales
2. motores en v
3. motores opuestos
4. motores en estrella

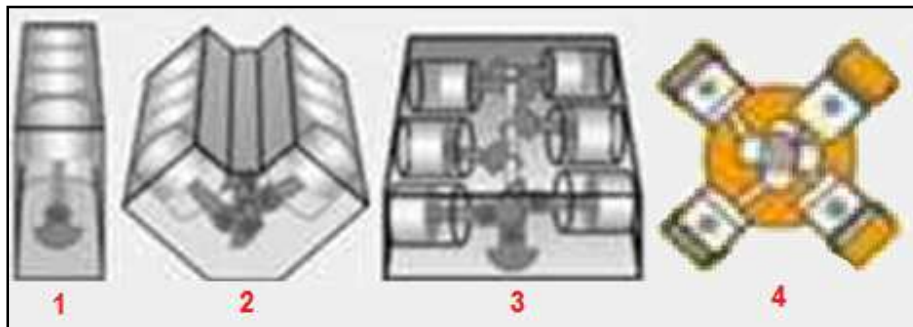


Figura 2.5: Disposición de Cilindros.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL MCI ALTERNATIVOS:

Las principales ventajas de estos motores que han motivado su gran desarrollo son:

- El uso de combustibles líquidos, de gran poder calorífico, lo que proporciona elevadas potencias y amplia autonomía. Estos combustibles son principalmente la gasolina en los motores Otto y el gasóleo o diesel en los motores diesel aunque también se usan combustibles gaseosos como el metano o el propano.
- Rendimientos aceptables, aunque raramente sobrepasan el 50%, téngase en cuenta que rendimientos del 100% son imposibles (ciclo de Carnot).
- Amplio campo de potencias, desde 0,1 KW hasta más de 30 MW lo que permite su empleo en la alimentación de máquinas pequeñas así como grandes motores marinos.

Sin embargo, estos motores no están exentos de inconvenientes, entre los que cabe señalar:

- Combustible empleado. Estos motores están alimentados en su mayoría (aunque existen desarrollos alternativos) por gasolina o diesel, dos derivados del petróleo que como sabemos es un recurso no renovable, además de sufrir su precio fluctuaciones de consideración.
- Contaminación. Los gases de la combustión de estos motores son los principales responsables de la contaminación en las ciudades (junto con las calefacciones de combustibles fósiles), lo que da lugar a episodios agudos de contaminación local como el smog fotoquímico y contribuye de forma importante en fenómenos globales como el efecto invernadero y consecuente cambio climático.



#### 2.2.4. SISTEMAS QUE COMPRENEN COMÚNMENTE LOS MCI ALTERNATIVOS:

Para el funcionamiento de este tipo de motores tanto diesel como el Otto se han diseñado sistemas que permiten el funcionamiento constante del motor, es por ello que a lo largo de los años se han ido perfeccionando para la mejora de la eficiencia de estos motores. Los principales sistemas que comprenden los motores de combustión interna alternativos son:

- a) Sistema de arranque
- b) Sistema de encendido
- c) Sistema de refrigeración
- d) Sistema de distribución de gases
- e) Sistema de lubricación
- f) Sistema de alimentación de combustible

##### a). Sistema de arranque:

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan (Momento de fuerza), lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal.

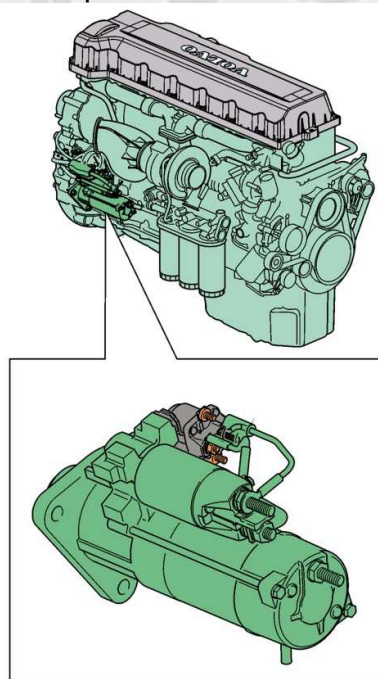


Figura 2.6: Arrancador eléctrico de motores Volvo.

Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

**b). Sistemas de encendido:**

Los motores necesitan una forma de iniciar la combustión del combustible dentro del cilindro. En los motores Otto, consiste en un componente llamado bobina de encendido, que es un auto-transformador de alto voltaje al que está conectado un conmutador o distribuidor que interrumpe la corriente del primario para que se induzca un impulso eléctrico de alto voltaje en el secundario hacia donde están las bujías.

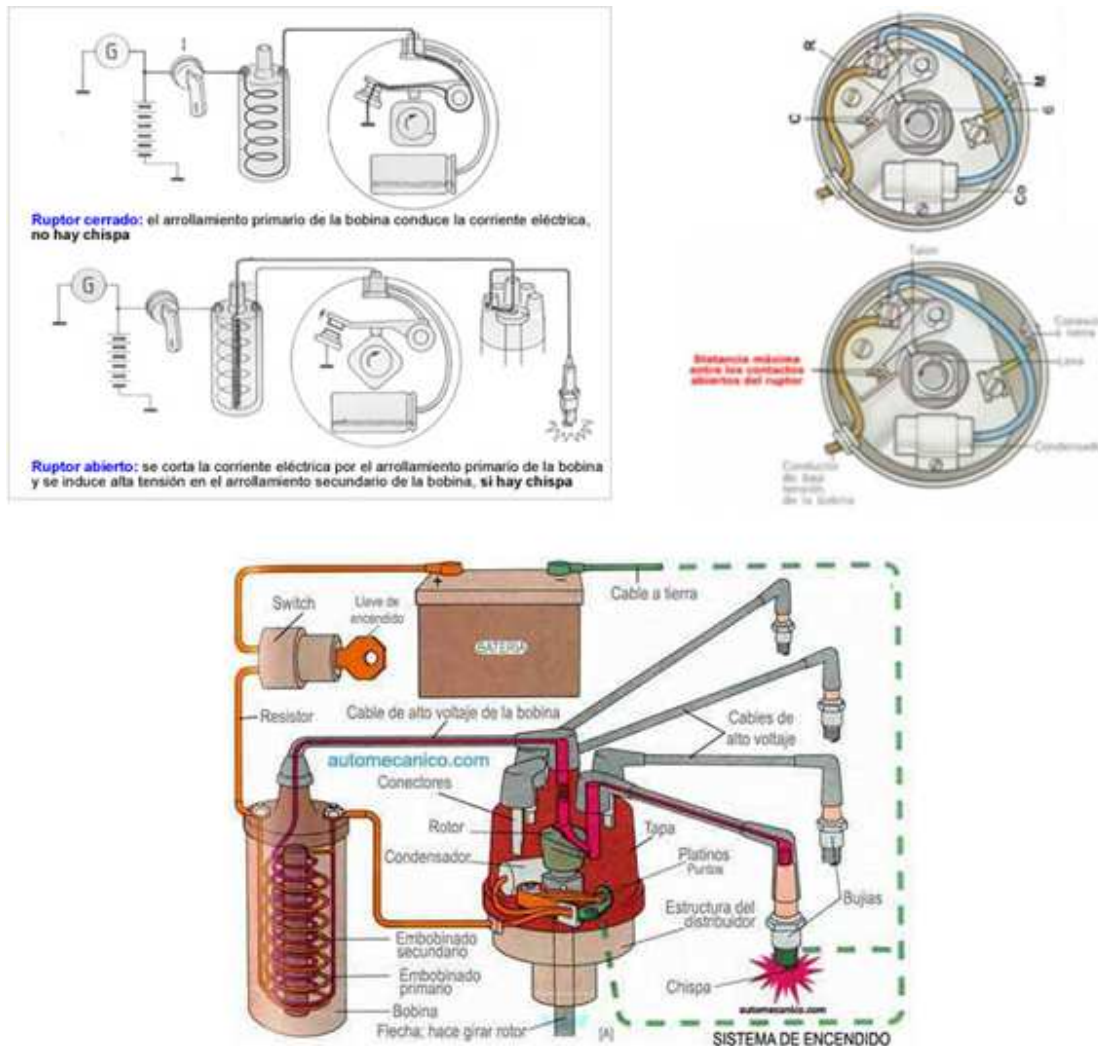


Figura 2.7: Sistema de Encendido por Bobina-Distribuidor.  
Fuente: <http://www.automecanico.com/auto2002/encplatin0.jpg>

Dicho impulso está sincronizado con el tiempo de compresión de cada uno de los cilindros; el impulso se lleva al cilindro correspondiente (aquel que está en compresión en ese momento) utilizando un distribuidor rotativo y unos cables que llevan la descarga de alto voltaje a la bujía.

El dispositivo que produce el encendido de la mezcla combustible/aire es la bujía, que, instalada en cada cilindro, dispone de electrodos separados unas décimas de milímetro, el impulso eléctrico produce una chispa en el espacio entre un electrodo y otro, que inflama el combustible; hay bujías con varios electrodos, bujías que usan el proceso de 'descarga de superficie' para producir la chispa, y bujías incandescentes (Glow-plug).

En los motores diesel el encendido se produce por el autoencendido del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diesel.

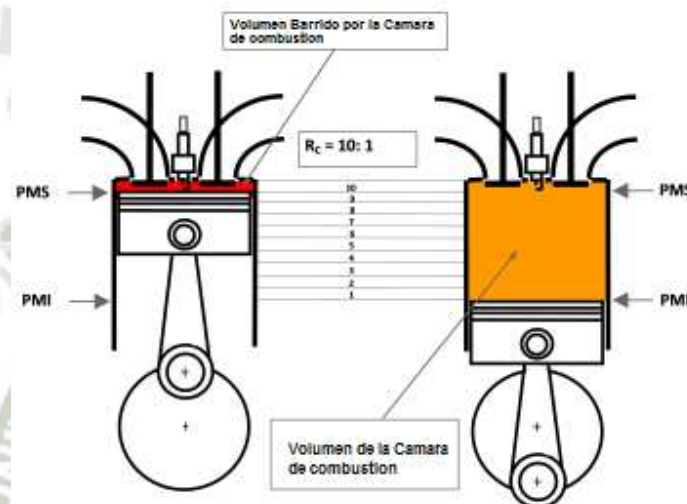


Figura 2.8: Autoencendido por compresión de Aire.  
Fuente: [http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk\\_seccion=notas\\_tecnicas&id=19](http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&id=19)

El motor Diesel no utiliza ningún tipo de chispa para que se inflame el combustible. Para esta labor el aire se comprime fuertemente, llegando hasta presiones de 30 a 40 atmósferas, lo que lo lleva a una temperatura alrededor de los 600 °C. Al entrar el combustible por medio de los inyectores y encontrar el aire a esta temperatura inmediatamente se inflama y produce la combustión. En algunos casos los motores Diesel utilizan una cámara de precombustión en donde está ubicada una bujía que únicamente se utiliza cuando el motor se arranca en frío "bujía de precalentamiento".

### c). Sistema de refrigeración:

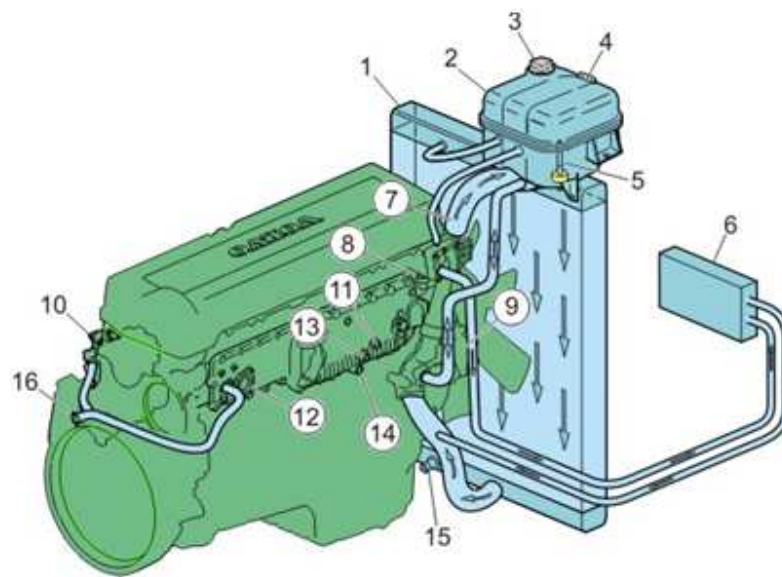
Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones, y los motores fueraborda, se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro.



Figura 2.9: Sistema de Refrigeración por Aire de motor Volkswagen Beetle.  
Fuente: <http://es.beetle.com/>.

En otros motores se utiliza refrigeración por líquido refrigerante, lo que implica que los cilindros se encuentran encaquetados por canales internos dentro de la carcasa del monoblock por donde circula el líquido refrigerante mediante una bomba. El líquido refrigerante se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua. Esto provoca una alta presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua, así como en el radiador. El líquido refrigerante, pues no hierve a la misma temperatura que el agua, sino a más alta temperatura, y que tampoco se congela a temperaturas muy bajas.

Otra razón por la cual se debe usar un líquido refrigerante es que éste no produce sarro ni sedimentos que se adhieran a las paredes del motor y del radiador formando una capa aislante que disminuiría la capacidad de enfriamiento del sistema.



1. Radiador
2. Depósito de expansión
3. Tapón de llenado superior con válvula de presión
4. Tapón de llenado delantero
5. Sensor de nivel
6. Conjunto de celdas térmicas en la cabina
7. Conexión del termostato de refrigerante con el radiador
8. Sensor de temperatura
9. Bomba de refrigerante
10. Compresor de aire
11. Conexión para calefactor de motor (diesel)
12. Conexión para calefactor de motor (220 V, enchufe)
13. Conexión para el calentamiento del depósito de urea
14. Tapón de vaciado del refrigerante
15. Tapón de vaciado del radiador
16. Conexión para el enfriamiento de la caja de cambios

*Figura 2.10: Componentes del Sistema de Refrigeración por Líquido Refrigerante.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

El refrigerante es bombeado por la bomba de refrigerante (1) a través del enfriador de aceite (3), que está atornillado a la tapa del refrigerante (enfriador de aceite de la cubierta). Parte del refrigerante entonces sobreviene para la camisa de refrigeración de la camisa de cilindro a través del agujero inferior (2), mientras que la mayoría de este queda a través del agujero (4) para enfriar la parte superior de la camisa del cilindro de revestimiento. Desde allí, el refrigerante entra en el cabezal de impresión a través de los canales (5).

La cabeza tiene una pared de partición horizontal que fuerza al refrigerante a las zonas más calientes para una transferencia de calor eficiente.

El refrigerante circula entonces por el termostato (6), que devuelve el mismo para bombear refrigerante a través del radiador y el tubo de derivación (7). La ruta tomada por el refrigerante depende de la temperatura del motor.

El compresor de aire (8) y el enfriamiento de la caja de cambios están conectados por tubos y mangueras externas, con el retorno al lado de succión de la bomba.

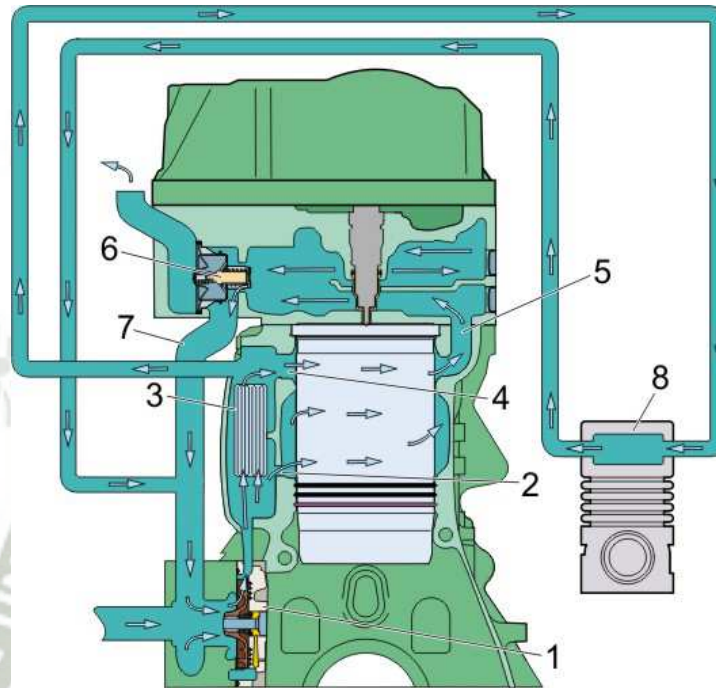
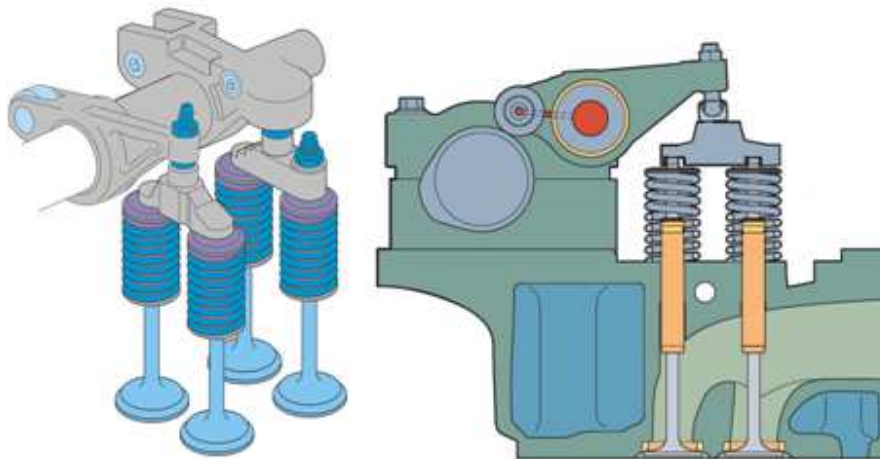


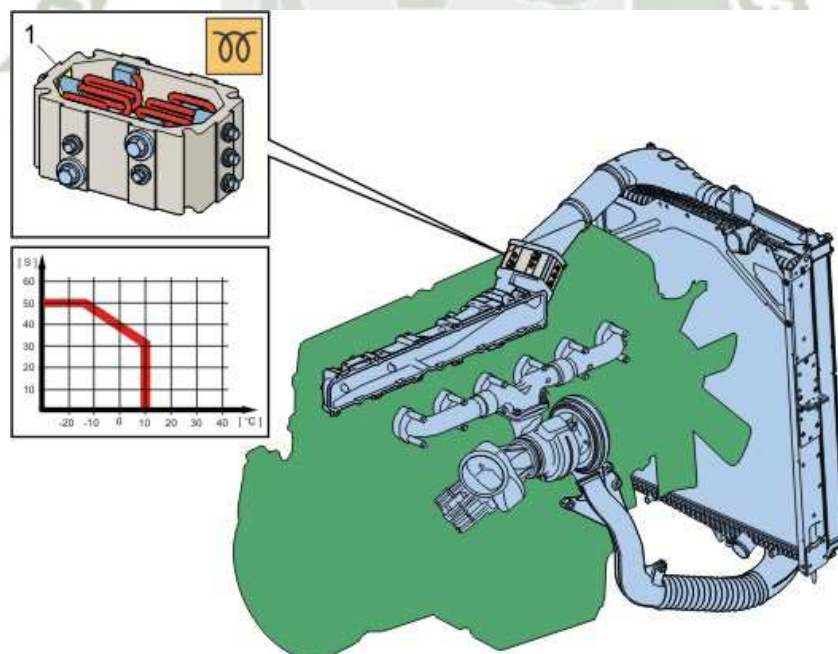
Figura 2.11: Flujo del Sistema de Refrigeración por Líquido Refrigerante.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

**d). Sistema de distribución de Gases:**

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la cadena o la correa de distribución.

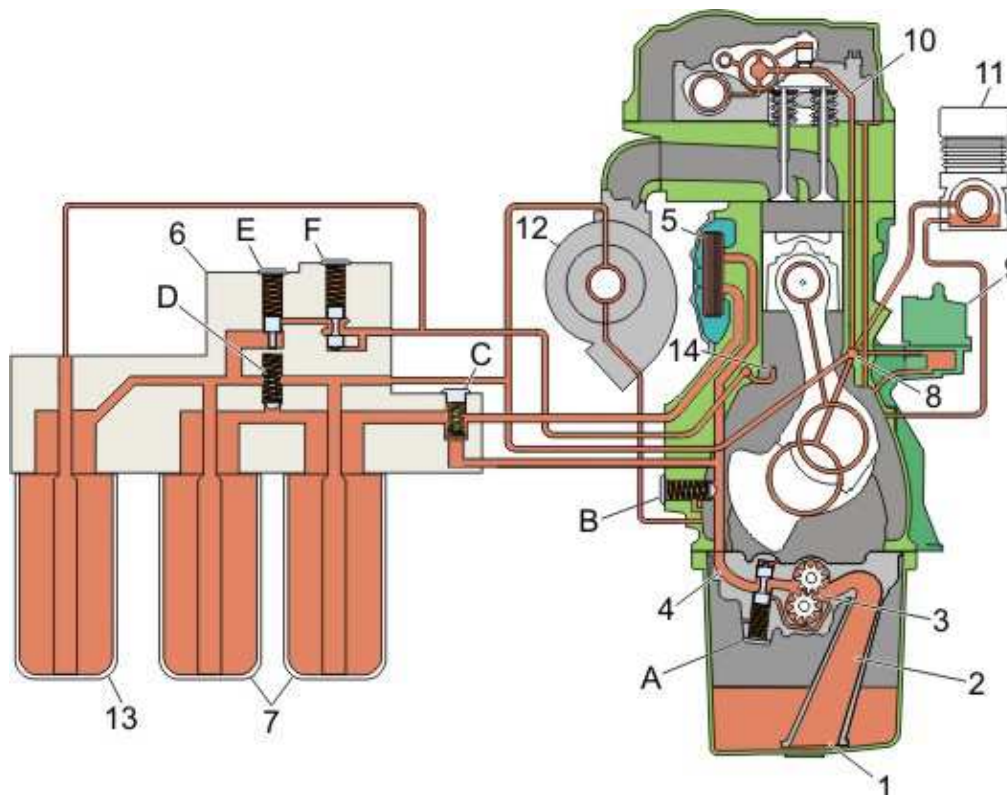


*Figura 2.12: Válvulas de Admisión y Escape de Gases.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*



*Figura 2.13: Sistema de Distribución de Gases de Admisión y Escape.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

**d). Sistema de Lubricación:**



1. Colador del depósito de aceite
2. Tubo de plástico
3. Bomba de aceite
4. Tubo de presión
5. Enfriador de aceite
6. Carcasa de filtros de aceite
7. Filtros de flujo completo o de paso total
8. Galería principal de lubricación
9. Turbina separadora, donde está instalado el CCV (Closed Crankcase Ventilation)
10. Válvula de VCB (Volvo Compress Break)
11. Compresor de aire
12. Turbocompresor
13. Filtro de derivación de aceite filtrado finamente
14. Boquilla de rociado

- A. Válvula reductora: mantiene la presión de aceite en el nivel correcto.
- B. Válvula de seguridad: protege la bomba de aceite, filtro y enfriador de aceite contra la presión excesiva cuando la viscosidad del aceite es alta
- C. válvula termostática del enfriador de aceite: regula la temperatura del aceite a la óptima
- D. Válvula de flujo completo alivio de presión del filtro: se abre y permite el paso de aceite, sin pasar por el filtro de aceite si está obstruido
- E. válvula de cierre para la refrigeración de los pistones: conecta el circuito de refrigeración del pistón de modo que la presión de aceite se eleva a la presión de apertura preestablecida
- F. válvula de control para la refrigeración de los pistones: regular el flujo de aceite a los canales de refrigeración de pistones

*Figura 2.14: Componentes del Sistema de Lubricación.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*



### e). Sistema de Alimentación de Combustible:

Los motores a gasolina y gasoil (diesel) deben ir provistos de un sistema de alimentación de combustible. Una "Bomba de alimentación" que extrae el combustible del depósito y lo empuja hasta un dispositivo dosificador de combustible que permite que la combustión se realice correctamente.

Se emplean distintas formas de entregar combustible a los cilindros. Según el principio de dosificación de combustible se tienen:

- Sistemas por carburador: basado en el efecto Venturi.
- Sistemas por inyección: basado en la pulverización del combustible.

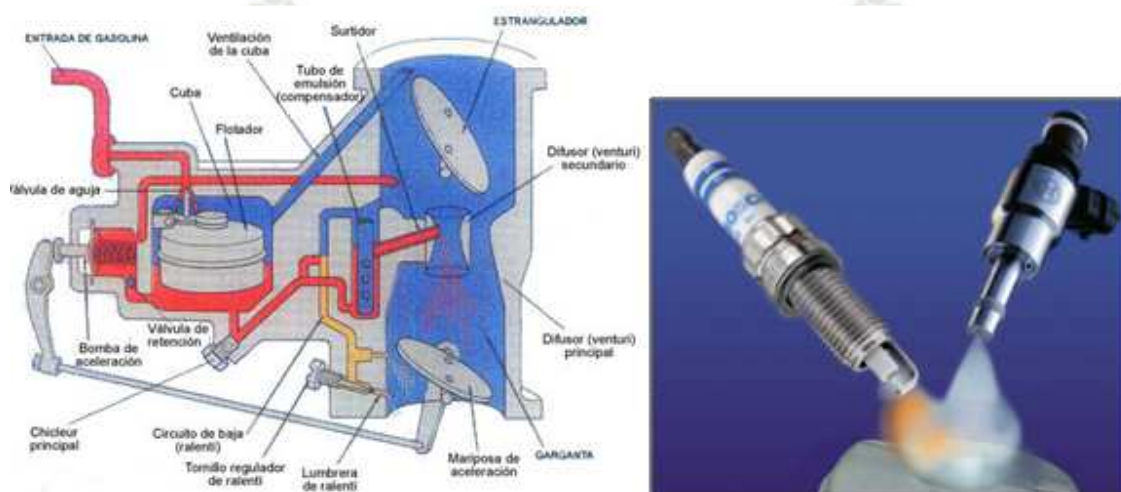


Figura 2.15: Sistema de Alimentación por Carburador (Izq.) y por Inyección (Der.).

Fuente: <http://sistemfeeding.blogspot.com/> y

<http://especiales.espanol.autocosmos.com/tipsyconsejos/noticias/2011/01/17/que-significa-que-los-inyectores-estan-sucios>

### 2.3. SISTEMA POR INYECCIÓN A GASOLINA Y DIESEL

Este tipo de sistema ha ido evolucionando de manera paulatina desde los sistemas por carburador, hasta llegar a sistemas más modernos como los sistemas por inyección mecánica, electromecánica y electrónica.

Estos sistemas pulverizan el combustible mediante un dispositivo llamado "inyector" cuya activación, control y puntos de dosificación han ido desarrollándose de distintas maneras hasta nuestra actualidad.

En los motores diesel la inyección de combustible es de manera directa y no proporcional al aire que ingresa, en función del régimen del motor mediante una bomba inyectora de combustible (mecanismo de regulación).

En los motores a gasolina el combustible se lleva a los cilindros de manera directa e indirecta a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión en proporción estequiométrica del aire.

La mayor parte de los motores cuentan con un colector de escape o de expulsión de los gases producidos en la combustión, que amortigua el ruido en la combustión y los transportan fuera del motor.

### 2.3.1. CLASIFICACION DE SISTEMAS POR INYECCION DIESEL Y GASOLINA

Indistintamente pueden clasificarse en función de cinco características distintas:

- a) Según el lugar donde inyectan.
- b) Según el número de inyectores.
- c) Según el número de inyecciones.
- d) Según las características de funcionamiento.
- e) Según la forma de generar presión de inyección.

#### Según el Lugar donde Inyectan:

- ✓ INYECCION DIRECTA: El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión.
- ✓ INYECCION INDIRECTA: El inyector introduce el combustible en el colector de admisión o precámara, encima de la válvula de admisión, que no tiene por que estar necesariamente abierta.

#### Según el Número de Inyectores:

- ✓ INYECCION MONOPUNTO: Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, después de la mariposa de gases. Es la más usada en vehículos turismo de baja cilindrada que cumplen normas de antipolución.
- ✓ INYECCION MULTIPUNTO: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta". Se usa en vehículos de mediana y alta cilindrada.

#### Según el Número de Inyecciones:

- ✓ INYECCION CONTINUA: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.
- ✓ INYECCION INTERMITENTE: Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la centralita de mando. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos:

- **SIMULTANEA:** El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.
- **SEMISECUENCIAL:** El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.
- **SECUENCIAL:** El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.

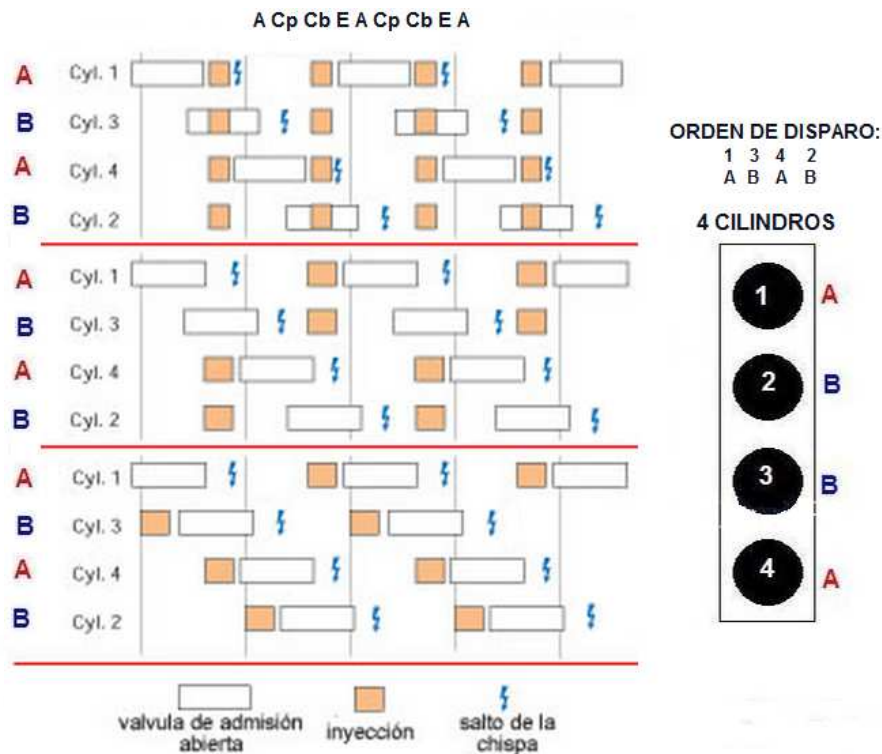


Figura 2.16: Sistema de Inyección por el Número de Inyecciones.  
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.com/inyecci-gasoli-intro.htm>

**Según las Características de Funcionamiento:**

- ✓ INYECCIÓN MECANICA
- ✓ INYECCIÓN ELECTROMECHANICA
- ✓ INYECCIÓN ELECTRÓNICA

**Según la Forma de Generar Presión de Inyección:**

- ✓ Sistema de bomba de inyección en línea
- ✓ Sistema de bomba de inyección rotativa
- ✓ Sistema de riel común
- ✓ Sistema de inyección unitaria

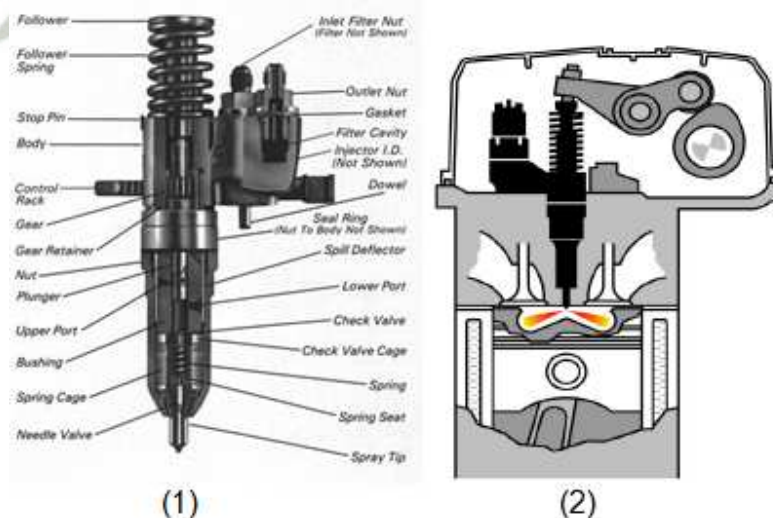
## 2.4. SISTEMAS DE INYECCION UNITARIA DIESEL

Este sistema es uno de los más avanzados de la actualidad utilizado en motores de combustión interna, tiene componentes electrónicos para controlar con precisión las funciones de dosificación de combustible y sincronización de inyección. Este sistema basado en algoritmos computacionales que sustituyen acciones mecánicas que en determinados puntos críticos pierden eficiencia. Como resultado puede observarse mejora en el desempeño del motor, optimiza la economía de combustible y reduce las emisiones de gases de escape.

Las exigencias impuestas a los motores diesel respecto a factores como la manejabilidad, economía, torque, potencia, y sobre todo límites cada vez más estrictos para las emisiones nocivas, han conducido al desarrollo de conceptos nuevos que satisfagan estos requerimientos. Gracias al especial concepto de estos, el diseño permite el control preciso e instantáneo tanto del comienzo de la inyección como de la cantidad de combustible inyectado, así como la posibilidad de inyección piloto. Son además las que alcanzan las presiones más altas de inyección de entre todos los sistemas.

Se han llegado a desarrollar sistemas de inyección unitaria para motores diesel de entre los cuales se destacan los siguientes sistemas:

1. Sistema de Inyección MUI
2. Sistema de Inyección MEUI – UIS - EUI
3. Sistema de Inyección UPS
4. Sistema de Inyección HEUI



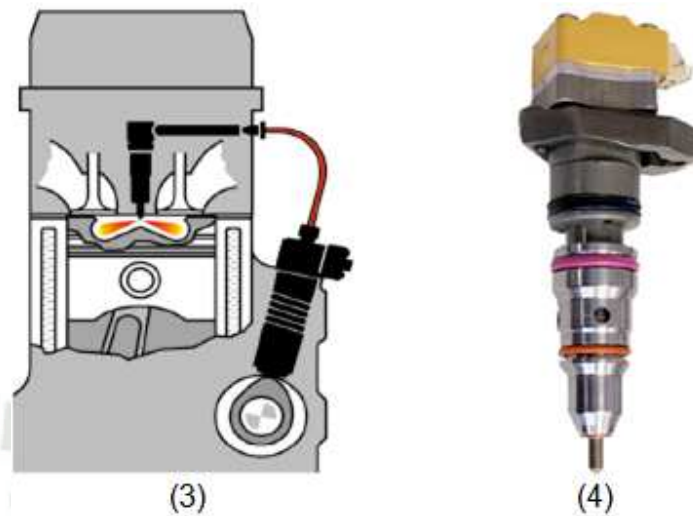


Figura 2.17: Sistema de Inyección Unitaria MUI, EUI, UPS y HEUI.  
Fuente: Elaboración Propia (Bosch, Caterpillar, Cummins).

Dentro de sus principales ventajas respecto a motores con inyección convencional, se puede mencionar:

- Optimización de economía de combustible
- Reducción de mantenimiento
- Rapidez en diagnósticos del motor
- Protección de motor
- Gobernabilidad del motor mejorado
- Mejor arranque en frío
- Control de gases de escape
- Reducción de niveles de emisión de gases nocivos

El sistema de combustible suministra combustible limpio, en el momento indicado y en la cantidad adecuada para satisfacer la demanda de potencia.

La cantidad de combustible que consume un motor está relacionada directamente con la cantidad de potencia y el par motor necesarios. En general, cuanto más combustible llegue a un motor, mayor será el par motor disponible en el volante.

## 2.5. SISTEMA DE INYECCIÓN EUI

El sistema de inyección de combustible EUI, está compuesto por un inyector unitario EUI que es controlado electrónicamente y activado mecánicamente, además de un circuito de alimentación de combustible conformado por una bomba de baja presión, filtros, reguladores de presión y otros que se verán más adelante.

Este tipo de sistema es mucho más ligero por carecer de tuberías de alta presión, de bombas de transferencia de gran tamaño como las bombas inyectoras rotativas y lineales.

Este sistema trabaja con presiones mayores a 30000Psi siendo más eficiente así su manejo y dosificación de combustible.

En especial cuidado se tiene en estos sistemas de inyección que las diferencias de temperatura del combustible a inyectar no varíe de un cilindro a otro cilindro.

El inyector EUI es instalado en la parte superior del motor y está sometido a muy altas temperaturas. Para mantener controlada la temperatura lo más baja posible se utiliza el mismo combustible que alimenta el sistema y que fluye por su interior.

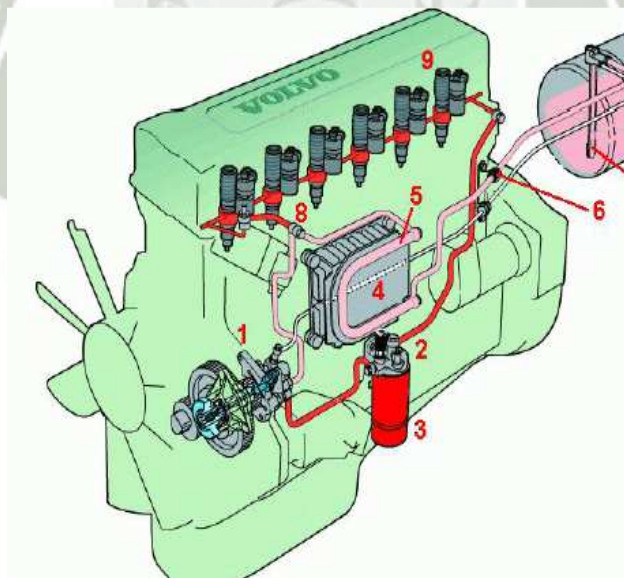


Figura 2.18: Sistema de Inyección EUI.

Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

### 2.5.1. APLICACIONES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EUI

Fabricantes de muchas marcas de motores modernos como Volvo, Caterpillar, Ford, International y otros (ver **ANEXO I**) ofertan sus equipos provistos con este sistema de inyección de diesel EUI actuado electrónicamente y accionado mecánicamente.

Los motores equipados con este sistema de inyección diesel están constituidos por inyectores EUI como las que se presentan en las siguientes imágenes:



Figura 2.19: Principales inyectores EUI en el Sistema de Inyección Diesel.  
Fuente: Elaboración Propia (DDC, Cummins, Caterpillar, Volvo, Iveco, Bosch, Scania).

## 2.6. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN EUI.

El sistema de inyección EUI consta de un componente muy importante que conocemos como inyector EUI al cual se le abastece combustible de manera constante para su buen funcionamiento, para lo cual se desarrolló un sistema de alimentación de combustible de baja presión. Además, el inyector EUI está administrado eléctrica y electrónicamente por un sistema de control electrónico con la finalidad del funcionamiento adecuado del inyector.

Para una mejor comprensión de los componentes en cada uno de los sistemas que involucran el funcionamiento del inyector apartaremos tres grupos de estudio como sigue:

- Sistema de alimentación de combustible de baja presión.
- Inyector EUI.
- Sistema de control electrónico.

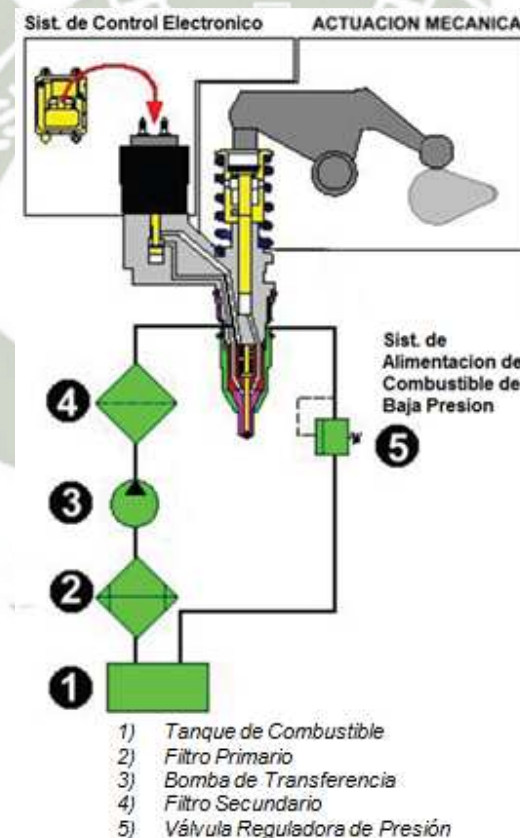


Figura 2.20: Componentes de los Sistemas de Inyección EUI.  
Fuente: Caterpillar. Manual Caterpillar motor 3126E para camión.



## 2.7. SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE DE BAJA PRESIÓN

Suministra el combustible necesario para el funcionamiento del sistema de inyección. Consta de cinco componentes básicos:

- Depósito de combustible.
- Prefiltro de combustible con separador de agua.
- Filtro de combustible secundario.
- Bomba de transferencia de combustible.
- Válvula reguladora de presión de combustible.

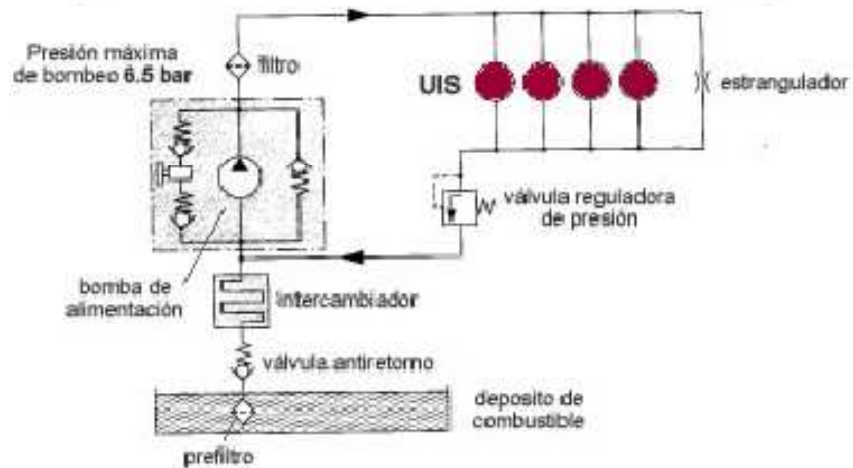
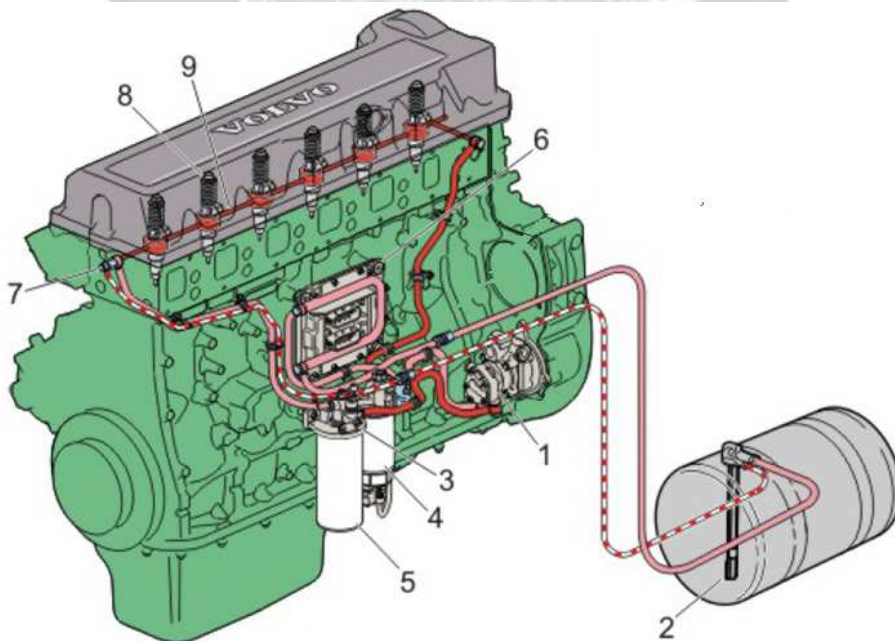
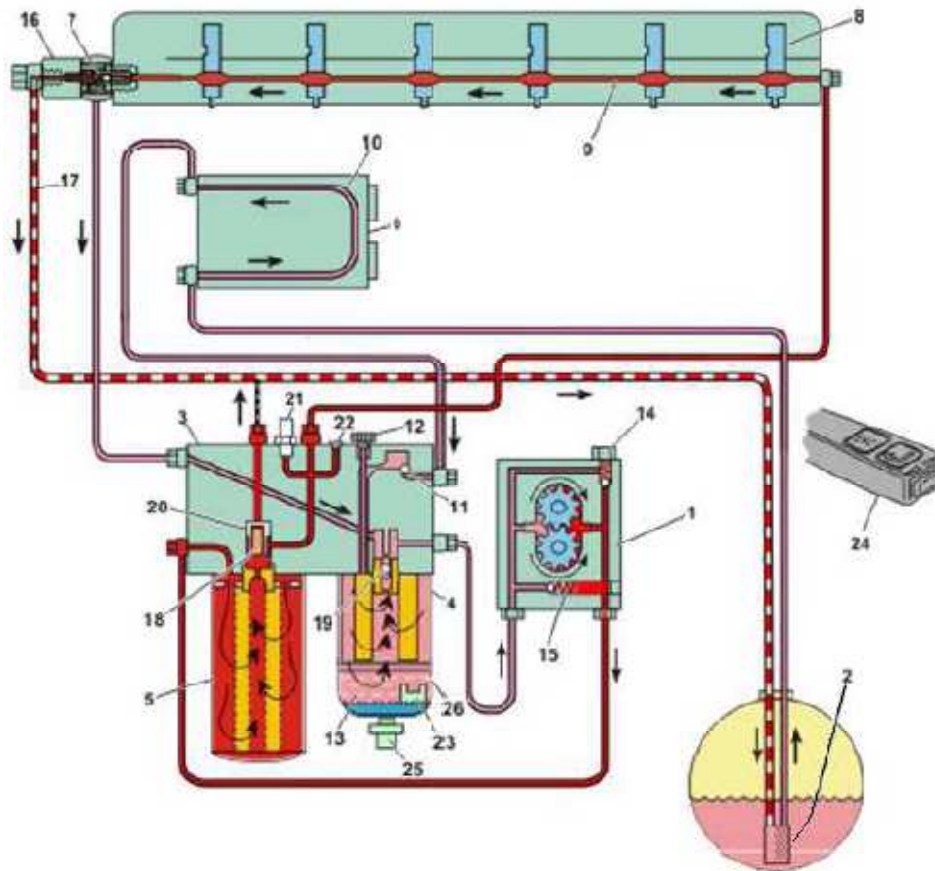


Figura 2.21: Sistema de baja presión de combustible.

Fuente: Diesel Fuel-Injection Systems. © Robert Bosch GmbH, Robert Bosch, Stuttgart, 2001.





1. Bomba de transferencia de combustible
2. Colador del depósito de combustible
3. Carcasa de los filtros de combustible
4. Pre-filtro
5. Filtro principal
6. Unidad de control electrónica ECU
7. Válvula de alivio de presión
8. Inyector EUI
9. Canal de combustible longitudinal
10. Serpentin de refrigeración
11. Válvula de retención
12. Bomba de combustible manual
13. Separador de agua
14. Válvula de seguridad
15. La válvula de retención
16. La válvula de purga
17. Tubería de purga
18. Válvula de cono antifuga por cambio de filtro secundario
19. Válvula de cono antifuga por cambio de filtro primario
20. Válvula de cono para purga de aire por cambio de filtro secundario
21. Sensor de presión de combustible
22. Sensor o medidor de presión externa
23. Sensor de nivel de agua
24. Palanca de dirección de drenaje
25. Válvula de drenaje eléctrico
26. Calentador de combustible

Figura 2.22: Componentes Externos e Internos del sistema de inyección EUI.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

### 2.7.1. FLUJO DE COMBUSTIBLE EN EL SISTEMA

A continuación se presentará el flujo de combustible paso a paso desde la extracción del tanque, el momento de la inyección y finalmente la recirculación de combustible.

#### **Paso 1:** Extracción de combustible

El combustible es extraído desde el tanque de combustible pasando por un filtro inmerso dentro del tanque llamado colador de combustible. Todo esto por la presión de vacío o succión de la bomba de transferencia.

#### **Paso 2:** Refrigeración de la ECU

El combustible es extraído desde el tanque a bajas temperaturas y esto se aprovecha justamente a través de un intercambiador de calor, un serpentín de refrigeración que mantiene una temperatura idónea de funcionamiento de la ECU.

#### **Paso 3:** Filtración primaria de combustible

Una vez extraído el combustible este pasa por la caja o carcasa de filtro para ingresar a un prefiltro con separador de agua. En este filtro se remueve agua y desechos del combustible, antes de entrar a la bomba de transferencia.

La tarea de la válvula de retención (11) es para evitar el retorno al depósito de combustible cuando el motor está apagado, o durante el bombeo manual.

Hay un sensor de nivel (23) dentro del separador de agua (13) que envía una señal al conductor si hay agua en el sistema. El drenaje se lleva a cabo a través de una palanca de control (24) en la columna de dirección del conductor. Esta palanca abre una válvula de drenaje eléctrico (25) a través de un comando de la unidad de control electrónico del motor.

#### **Paso 4:** Bombeo de combustible

La bomba de combustible, es una bomba de desplazamiento positivo del tipo engranajes, el combustible es llevado a este para luego impulsar el combustible por todo el sistema.

La válvula de seguridad (14) permite que el combustible retorne para el lado de aspiración cuando la presión es demasiado alta por ejemplo, si el filtro de combustible está obstruido además de ser una válvula reguladora de presión. La válvula de retención (15) se abre cuando se utiliza la bomba de combustible manual (12), de modo que el combustible puede ser bombeado más fácilmente manualmente.

**Paso 5:** Filtración secundaria de combustible

La bomba de transferencia suministra flujo de combustible constante a baja presión a través de las tuberías, cañerías y galerías. El combustible que sale de la bomba de transferencia ingresa al filtro secundario o final, el cual elimina las partículas y contaminantes diminutos que pueden dañar o taponar los inyectores.

A diferencia de los filtros de aceite, los filtros de combustible no poseen válvulas de derivación, es decir, que si se tapan los filtros el combustible deja de fluir y el motor no funciona. Esto protege el motor contra el combustible sucio.

**Paso 6:** Abasto de combustible en inyectores

El combustible sale del filtro principal y pasa por pasajes internos, un canal de combustible dentro de la carcasa de la culata para alimentar los inyectores EUI. Estos inyectores o elementos succionadores miden y someten el combustible a presiones más altas. La presión de abasto de combustible está regulada por un regulador de presión de combustible.

**Paso 7:** Regulación de presión de combustible

El exceso de combustible no inyectado sale desde el múltiple. El flujo entonces se combina en una sola línea y pasa por la válvula reguladora de presión de retorno, la cual tiene un rango de trabajo entre 310, 415 y 600 kPa (45, 60 y 87 psi). Desde la válvula reguladora de presión de retorno, el exceso de flujo retorna al tanque.

La válvula de alivio de presión también tiene un sistema incorporado en la válvula de purga. El sistema de combustible se purga automáticamente cuando se arranca el motor. Cualquier flujo de aire en el sistema, junto con una pequeña cantidad de la espalda de combustible al tanque a través de la tubería.

**Paso 8:** Retorno de combustible

La cantidad del combustible para la combustión y el combustible de retorno al tanque está cerca de 1:3 (tres veces más del volumen requerido para la combustión es suministrado al sistema con propósitos de la refrigeración de los inyectores).

Un sensor de temperatura del combustible se instala en el sistema de suministro, para compensar las pérdidas de potencia causadas por las variaciones de temperatura del combustible.

Por último, todos los sistemas de combustible disponen de métodos electrónicos o manuales para cortar el suministro de combustible.

### 2.7.2. BOMBA DE TRANSFERENCIA DE COMBUSTIBLE

Impulsa el combustible del tanque al sistema y lo presuriza a un valor de 60 a 150Psi). Una válvula de retención de admisión, que se abre para permitir el ingreso del combustible desde el tanque y se cierra para impedir su regreso. La válvula de retención de salida, proporciona combustible presurizado al conducto de suministro en la culata, quién a su vez suministra combustible a los inyectores. La válvula de retención de la salida se cierra para impedir que el combustible presurizado retorne a la bomba.

La bomba incorpora un regulador de presión de combustible, el cual es encargado de mantener constante la presión en aproximadamente de 60 a 150 Psi. Esto proporciona una presión relativamente constante a los inyectores y tubos a través de cavidades dentro de la cabeza de cilindros.

El flujo excedente de combustible del regulador de presión, es regresado al lado de entrada de la bomba de combustible. Además de funcionar como válvula de seguridad en caso de atrofiarse el filtro. Otra válvula anti retorno para el uso de la bomba manual.

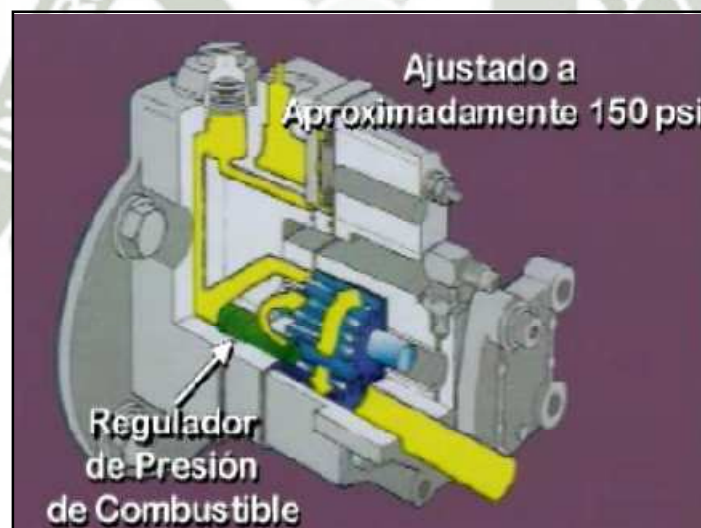


Figura 2.23: Bomba de Transferencia de Combustible.  
Fuente: Cummins. Curso de certificación Motor ISM. p. 52.

Este logra controlar la presión por medio de un pistón perforado, con un resorte de retorno, el combustible fluye a través de un agujero taladrado en medio del pistón. Cuando este llega a su punto máximo de restricción del flujo de combustible, un resorte es cedido, en el cual, el combustible excesivo, se deriva para mantener la presión deseada en el sistema a la entrada principal de la bomba de combustible.

### 2.7.3. FILTROS DE COMBUSTIBLE

Este tipo de motores necesita un filtro separador de combustible, debido a que cantidades significativas de agua en el combustible, pueden causar daños en inyectores, mermando la lubricación y facilitando la oxidación de componentes internos, finamente pulidos.



*Figura 2.24: Filtros de Combustible Volvo.*

*Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

Se requiere filtros de alta capacidad, que filtra progresivamente desechos, ofreciendo mejor protección que el medio tradicional.

Con eficiencia del 98,7% al remover partículas de 10 micras o más, con casi dos veces mayor capacidad de retención de suciedad, comparado con un medio de filtración típico.

Las ventajas ofrecidas por estos filtros son:

- Filtración más fina, lo cual reduce el ingreso de contaminantes que dañan las boquillas de los inyectores.
- Mejora en la remoción de agua. La contaminación de agua en el combustible puede darse por condensación de vapor en los tanques de combustible del camión y de almacenamiento de dispensadores de combustible. El filtro remueve hasta un 85% de agua en el combustible.
- Mejor contención de impurezas. Este ofrece un mayor volumen para retener contaminantes, el cual únicamente era logrado al combinarse con una filtración secundaria.
- Prolonga la vida de servicio, ya que ofrece una menor restricción al flujo del combustible y debido a mejor contención de impurezas.

Este filtro está diseñado para ofrecer una mejor protección al sistema de combustible, utiliza un papel de celulosa el cual contiene cinco capas, que proporcionan mejores propiedades que los filtros normales de celulosa.

## 2.8. INYECTOR UNITARIO ELECTRÓNICO (EUI)

Los inyectores unitarios electrónicos se caracterizan porque la bomba de alta presión está incorporado en el mismo inyector formando una sola unidad. Están instaladas cada una en la cabeza de cada cilindro, son accionadas directa o indirectamente por un árbol de levas del motor. Comparando con las bombas de inyección en línea y distribuidoras, el sistema EUI trabaja con presiones de inyección considerablemente más elevadas (diseñadas a soportar hasta 35000Psi o 2500bar), además eliminan gran cantidad de cañerías de alta presión. Los parámetros de inyección del combustible son calculados por la ECU, para controlar la apertura y cierre de las válvulas solenoide de alta presión (válvula poppet).

Utilizan un lóbulo o leva del árbol de levas para impulsar el émbolo (plunger) por medio de los muelles.



*Figura 2.25: Tipos de Inyectores Unitarios EUI.  
Fuente: Elaboración Propia (Delphi, Bosch).*

Los balancines, desarrollan una interacción entre el perfil de carrera del árbol de levas y los muelles del inyector, empujándolos en contra de la resistencia de los muelles. La alta presión de accionamiento de los balancines vencen los muelles del inyector para comprimir el émbolo del EUI (plunger) y generar una alta presión de inyección, con una mejor atomización y distribución del combustible, que permita una combustión más completa, reduce las emisiones y aumenta el rendimiento del motor.

El inyector EUI está ubicado encima de la culata del motor sujetado por soportes y dispuestos a lo largo del árbol de levas. Las unidades inyectoras extraen combustible desde las galerías de combustible hacia el interior del inyector.

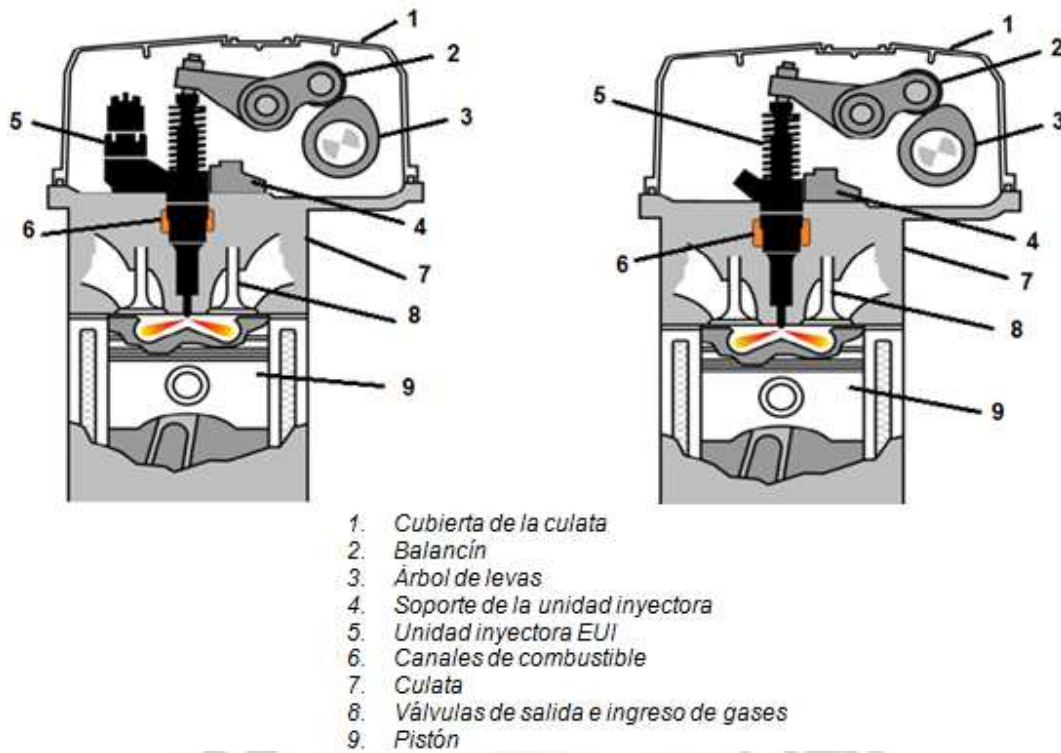


Figura 2.26: Partes externas en un Inyector EUI impulsado por un eje de levas  
Fuente: Bosch.com

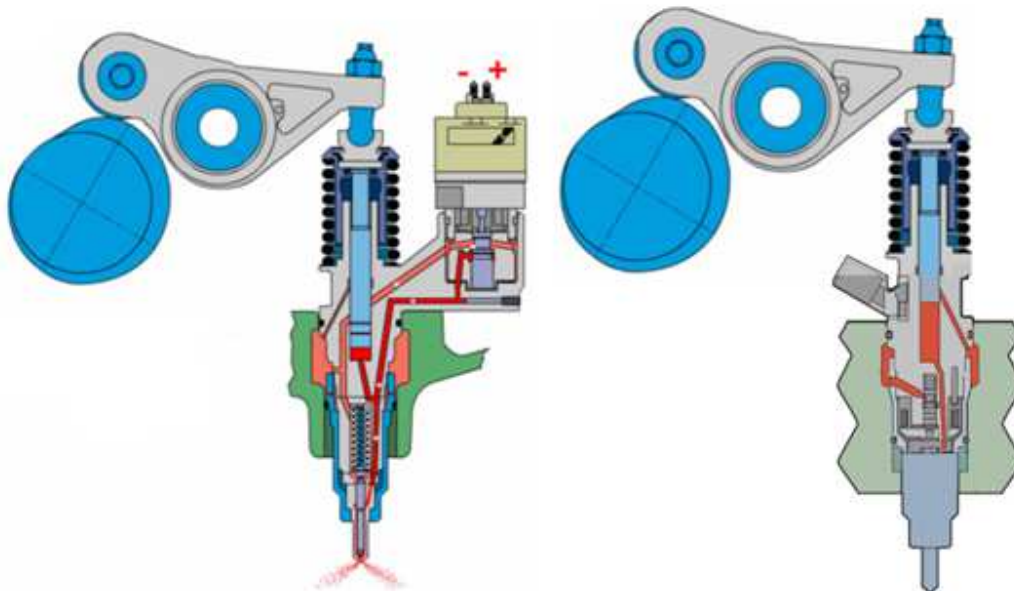


Figura 2.27: Partes internas en un Inyector EUI impulsado por un eje de levas.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.



Los inyectores diesel EUI VOLVO, son componentes del motor encargados de la pulverización del combustible sobre las cámaras de combustión; es por ello, que es un elemento susceptible a tener impregnación de carbón.

Destaquemos que los inyectores son elementos fabricados con ajustes muy precisos, que trabajan a presiones muy elevadas y pulsaciones de combustible de hasta 2000 aperturas por minuto, sometidos a temperaturas elevadas de entre 500 y 600 °C.

Funciones básicas de los inyectores EUI.

- Transformar la energía mecánica en energía de presión.
- Suministrar y Presurizar el combustible. Atomizar el combustible a través de los orificios de la tobera.
- Entregar la cantidad correcta de combustible atomizado a la cámara de combustión.
- Dispersar el combustible atomizado uniformemente a lo largo de la cámara de combustión.

Marcas comercializadoras de inyectores EUI como se muestran en la **Figura 2.19** proveen de inyectores de combustible a motores como DDC, Cummins, Caterpillar, Volvo, Iveco, Bosch, Scania entre otros.

Bosch y Delphi provee de inyectores aplicativos a motores volvo; que son de interés en esta tesis de investigación. Delphi presenta una variedad de modelos de inyector EUI que se ha ido desarrollando en el tiempo hasta hoy en día.

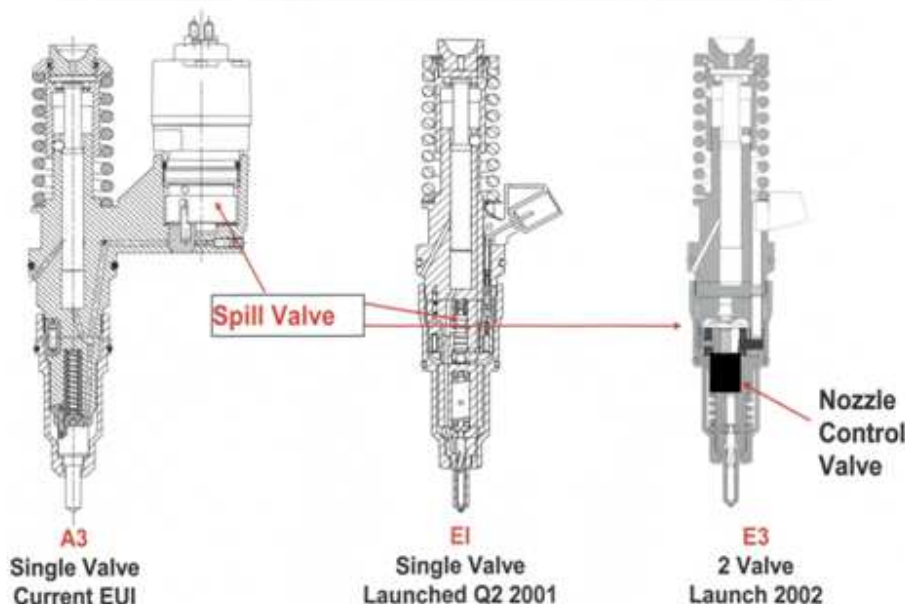


Figura 2.28: Avance Tecnológico de Inyectores EUI Delphi.  
Fuente: Delphi.com

## Gama de inyectores EUI Delphi

*TABLA I: Avance Tecnológico de Inyectores EUI Delphi.*

Modelo	Comentarios
EUI 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>EUI más pequeño de la gama</li> <li>Desarrollado para vehículos de motor diesel de inyección directa de alta velocidad (HSDI)</li> <li>2000 bar de pico de presión</li> </ul>
EUI 200 (A0,A3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollado para la inyección directa (DI) en motores de hasta 2 litros / cil</li> <li>Aplicaciones de camiones de servicio pesado y fuera de carretera</li> <li>1800 bar de pico de presión</li> </ul>
E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evolucionó a partir de EUI 200</li> <li>Tamaño y peso reducido</li> <li>2000 bar de pico de presión</li> </ul>
E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>2,500 bar de pico de presión</li> </ul>

Tipo	Fecha	Normativa de Emisiones	Presión (Bar)	Comentarios
A0	1993	FED98	1,800	
A1	1997	FED98	1,800	
A3/1			1,800	EUI Híbrido tiene boquilla A1 con cuerpo A3. Se vende como A1
A3	1999	FED98, EURO 2/3	1,800	Cambios de diseño al cuerpo, filtro de borde eliminado
E1	2000	USO2, EURO 3/4	2,000	
E3	2002	US02/04/07, EURO 3/4	2,500	

*Fuente: Delphi.com.*

### 2.8.1. COMPONENTES MAYORES DEL INYECTOR EUI.

En la siguiente figura se muestra un inyector EUI Bosch. Está constituido por tres grupos mayores.

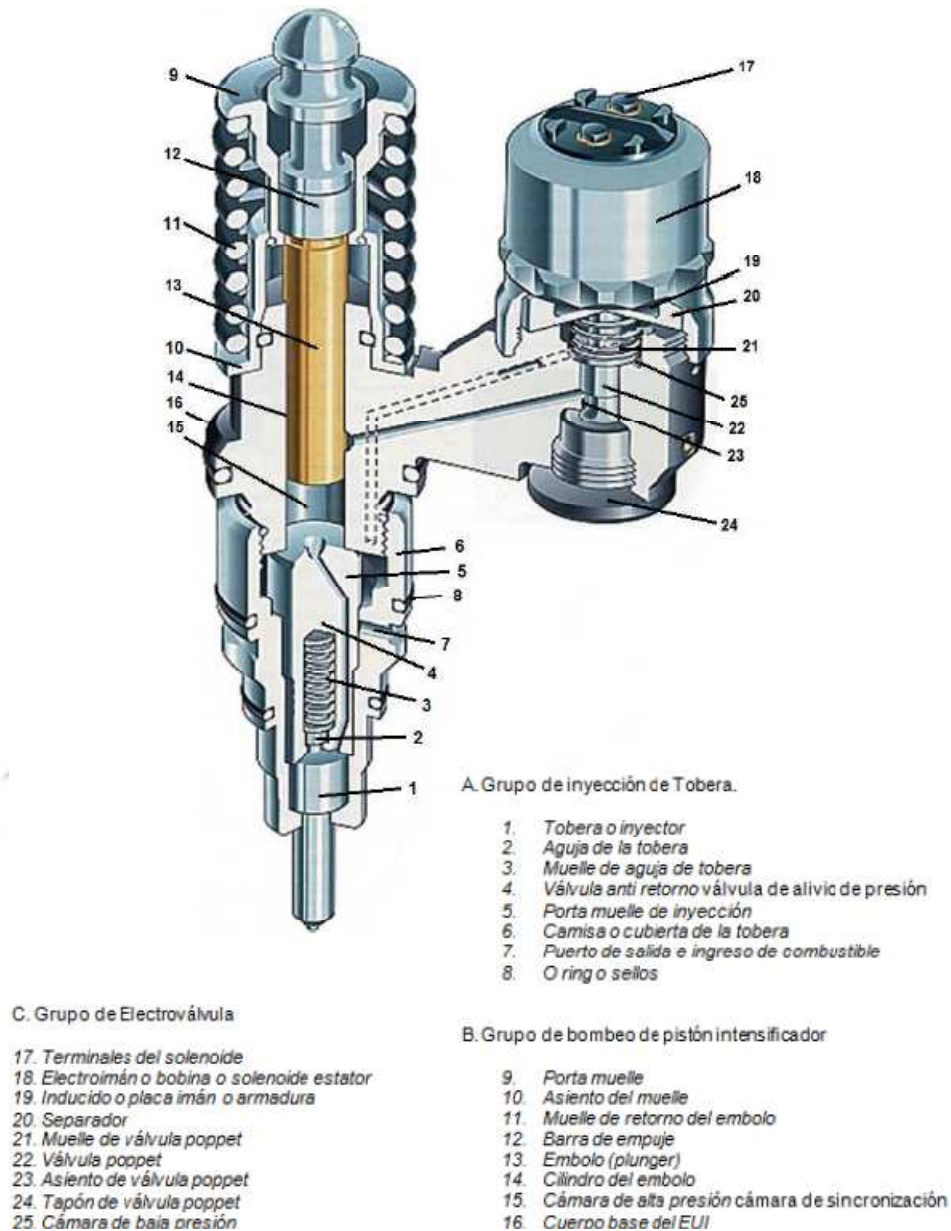


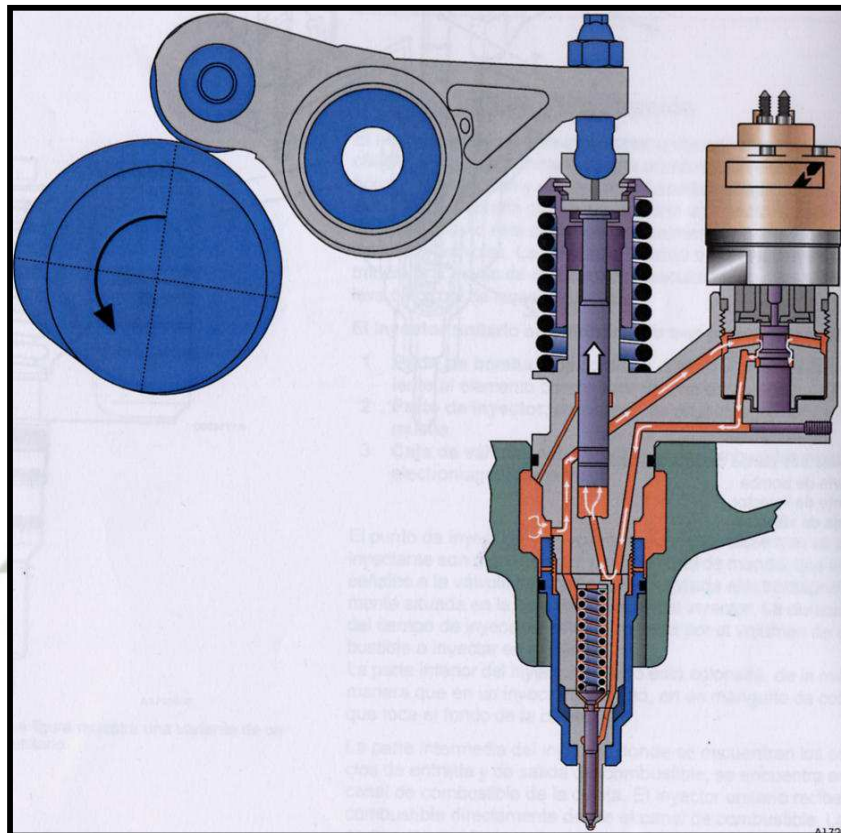
Figura 2.29: Componentes internos de un inyector EUI Bosch.  
Fuente: Elaboración Propia (Bosch).

## 2.8.2. FASES DE OPERACIÓN DEL INYECTOR EUI

El funcionamiento del inyector EUI se puede dividir en cuatro fases:

### a.- Carrera de admisión: Fase de llenado (CARGA DE COMBUSTIBLE)

Esta tiene lugar cuando la fuerza del muelle jala el embolo de bombeo hacia arriba llenando la cámara de alta presión de combustible que ingresa del canal de alimentación a través de la válvula poppet normalmente abierta y la cámara de baja presión.

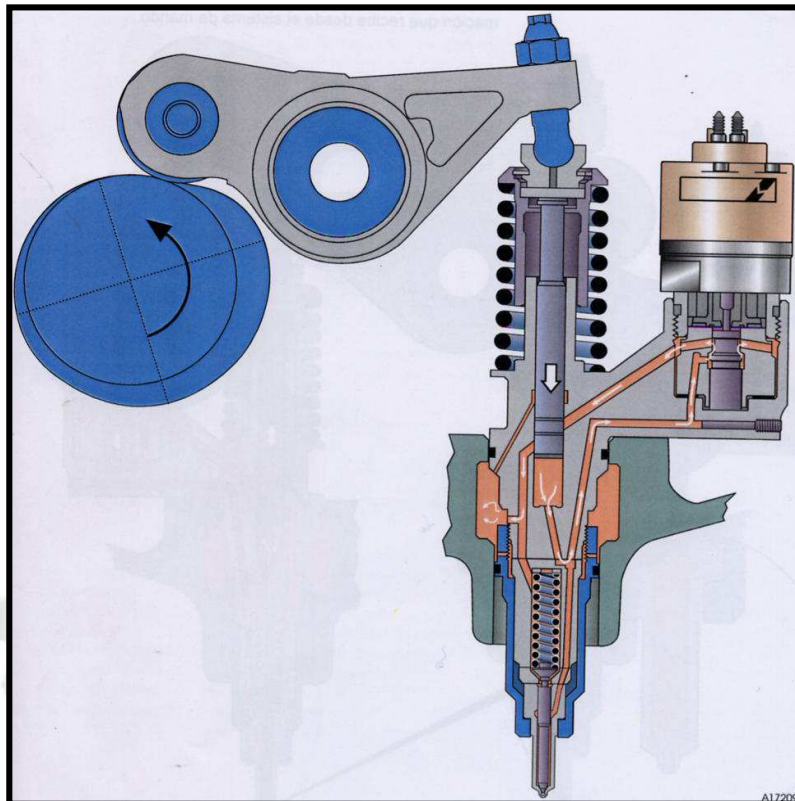


*Figura 2.30: Fase de Llenado de Combustible.*

*Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

### b.- Inicio de compresión: Fase de Vertido (FASE DE DERAME)

El embolo de bombeo empieza a bajar por lo tanto se comprime el combustible que hay en la cámara de alta presión, mientras tanto no se activa la válvula poppet, y el combustible se escapa a través de la válvula y la cámara de baja presión hasta el canal de alimentación.



*Figura 2.31: Fase de Vertido o Derrame de Combustible.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

### **c.- Inicio de la inyección: Fase de Inyección**

El embolo de bombeo sigue bajando hasta el momento que la ECU activa la bobina de la electroválvula, la válvula se cierra dejando así incomunicado la cámara de alta presión con la cámara de baja presión por lo que ahora al seguir el embolo de bombeo desplazándose hacia abajo, la presión del combustible aumenta considerablemente en todo el circuito. La aguja del inyector se levanta de su asiento cuando la presión alcanza 300 bar aprox. El combustible es inyectado en la cámara de combustión en el cilindro del motor. A esto se le llama el comienzo de la inyección. El pistón de bombeo sigue comprimiendo el combustible por lo que la presión continua aumentado y el proceso de inyección de combustible sigue hasta llegar a alcanzar la presión máxima de 1800 a 2050bar.

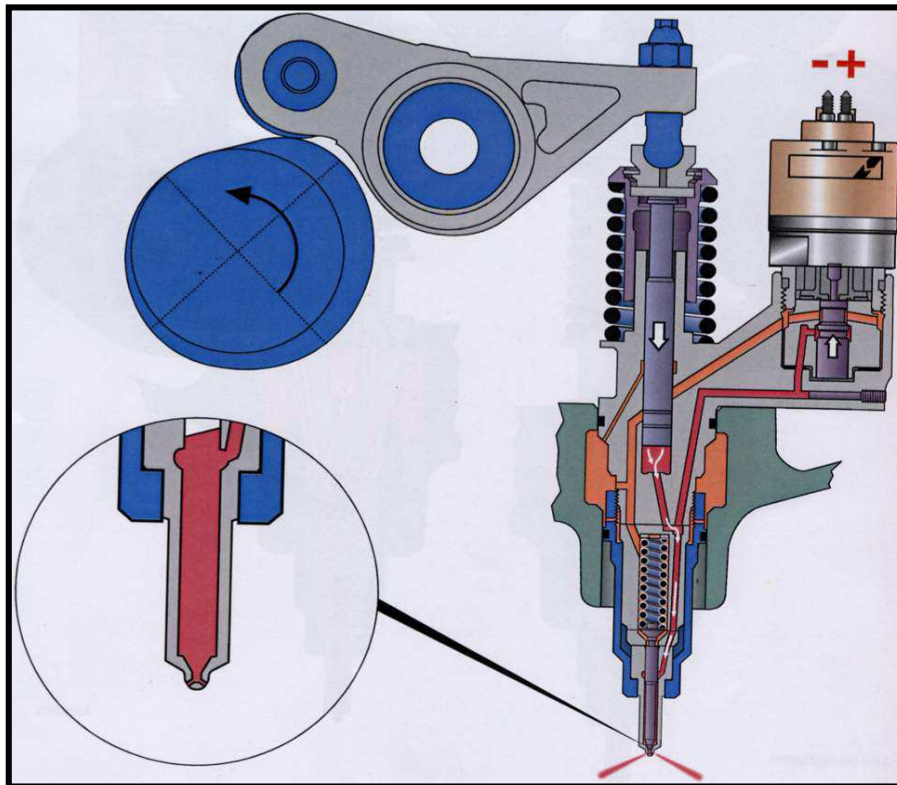
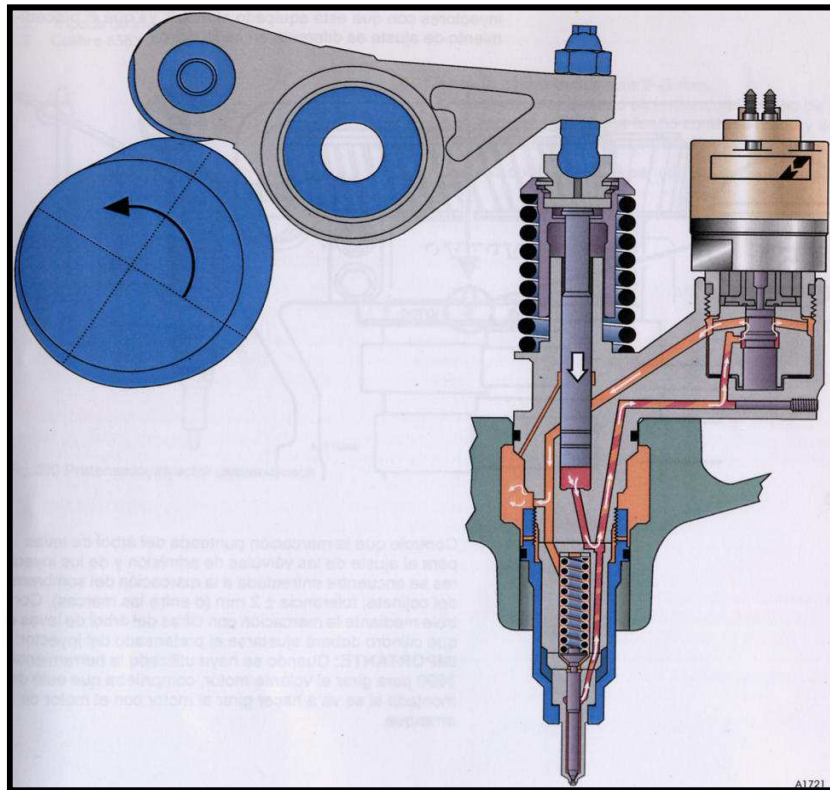


Figura 2.32: Inicio de la Inyección de Combustible.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

**d.- Final de la inyección:** Fase de reducción de la presión (FIN DE LA INYECCION)

El embolo de bombeo sigue bajando la ECU desactiva la bobina de la electroválvula y tras un pequeño retardo, la válvula se desplaza separándose de su asiento y deja otra vez comunicada la cámara de baja presión con la cámara de alta presión. Entonces la presión baja rápidamente y la aguja de la tobera se cierra.

El combustible sobrante es empujado por el embolo hacia el canal de alimentación hasta que deja de ser accionado el embolo por la leva del árbol de levas.



*Figura 2.33: Fin de la Inyección de Combustible.*

*Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

### 2.8.3. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL INYECTOR EUI

Variando la cantidad de tiempo en que la válvula de control del inyector permanece abierta y permanece cerrada, el ECM es capaz de tener control preciso de los valores independientes de dosificación y sincronización de cada inyector.

La duración del impulso eléctrico y su reglaje determina la cantidad de inyección y el reglaje (que siempre llamamos ángulo de pre-inyección en otros motores).

El dispositivo inyector EUI es un sistema seguro, en el caso de que se produzca un mal funcionamiento del dispositivo, lo más que puede ocurrir es que se produzca una inyección incontrolada. En caso de que la electroválvula quede siempre abierta (desactivada), al actuar el pistón de bombeo no se genera presión ya que el combustible se escapa por la cámara de baja presión hacia el exterior del dispositivo. En caso de que la electroválvula se quede siempre cerrada (activada), el combustible no puede entrar en la cámara de alta presión por lo que solo se puede hacer una primera inyección y ninguna más.

a. GRUPO CUERPO DE VÁLVULA ELECTROVALVULA.

**SOLENOIDE DEL INYECTOR.**

Es un electroimán, cuando está energizado desarrolla un campo magnético que atrae el inducido y cambia de posición a la válvula poppet.

El inyector es Controlado Eléctricamente por el ECM pero es accionado mecánicamente. Funciona con una alimentación de 115 VCD y 10 A.

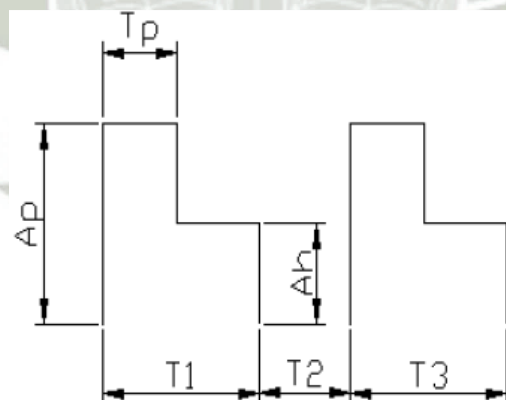
La cantidad de combustible entregado es controlada variando el tiempo que el solenoide se energiza. Este período de tiempo es llamado “duración”; es calculada por el ECM y asegura la entrega de la cantidad correcta del combustible.

Dos niveles de energía se generan en la forma de onda de corriente del solenoide.

*TABLA II: Tiempos de Pulso de corriente en Válvulas Poppet.*

Tiempo	Descripcion	Tiempo pulsos [ms]
<b>T1</b>	Duracion del primer Pulso	0.05 a 3
<b>T2</b>	Retardo entre pulsos	0.05 a 3
<b>T3</b>	Duracion del segundo pulso	0.05 a 3
<b>Tp</b>	Tiempo de pico	0.05 a 1

*Fuente: Adeco Ltda.*



*Figura 2.34: Pulsos de corriente en Válvulas Poppet.*

*Fuente: Adeco Ltda.*



Pico de corriente máxima (**Ap**).

El ECM envía una corriente mayor al solenoide para crear un campo magnético más fuerte que atrae la armadura, (la cual está en su distancia más lejana del solenoide) y levanta la válvula poppet de su asiento de entrada, hacia el asiento del escape contra la fuerza de resorte.

Intensidad de retención de la corriente máxima (**Ah**).

El ECM reduce el nivel de la corriente para reducir el calor en el solenoide y aumentar la vida del mismo, sin embargo la poppet es mantenida en el asiento de escape.

La inyección comienza después que el asiento de escape está cerrado y la presión de del émbolo intensificador aumenta. El movimiento del pistón hacia abajo presuriza el combustible aproximadamente a 31000 kPa (4500 psi) y la tobera se levanta, permitiendo que el combustible entre al cilindro.

El tiempo en que se abastece de combustible y sale por la punta se llama "comienzo de inyección."

Cuándo el ECM finaliza la inyección, disminuye la corriente que causa que el campo magnético se desvanezca en el solenoide. El resorte de la válvula poppet mueve la poppet hacia el asiento de entrada, el émbolo y plunger regresan al punto de inicial, llenando el barril para la próxima carrera de inyección.

Por lo tanto: La cantidad de Combustible es una función directa para la Duración de inyección (0,5 a 3 ms), la presión de actuación del muelle del embolo de Inyección y del comienzo de la inyección.

### **VALVULA POPPET.**

La válvula poppet tiene dos posiciones abierta y cerrada. Cuando el solenoide está desenergizado, la válvula poppet es mantenida en su asiento por su resorte como la válvula poppet normalmente abierta. La válvula poppet está abierta, conectando la cavidad del Pistón intensificador a la atmósfera (retorno).

Basado en señales de entrada de los diversos sensores electrónicos, el ECM determina y calcula la cantidad de combustible para ser entregado por el inyector a la cámara de la combustión. En el tiempo apropiado envía una corriente eléctrica al solenoide del inyector. El solenoide desarrolla una fuerza magnética que atrae la armadura y cambia la posición la válvula poppet. La válvula poppet se mueve contra la fuerza de resorte, abre el asiento de admisión y cierra el asiento del escape.

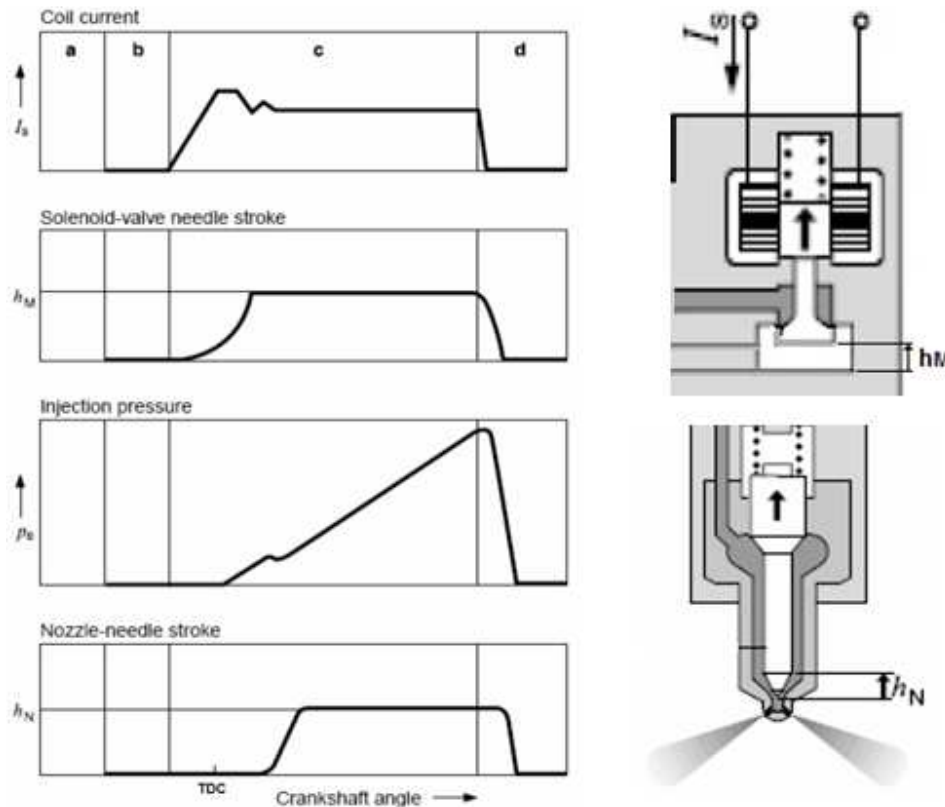
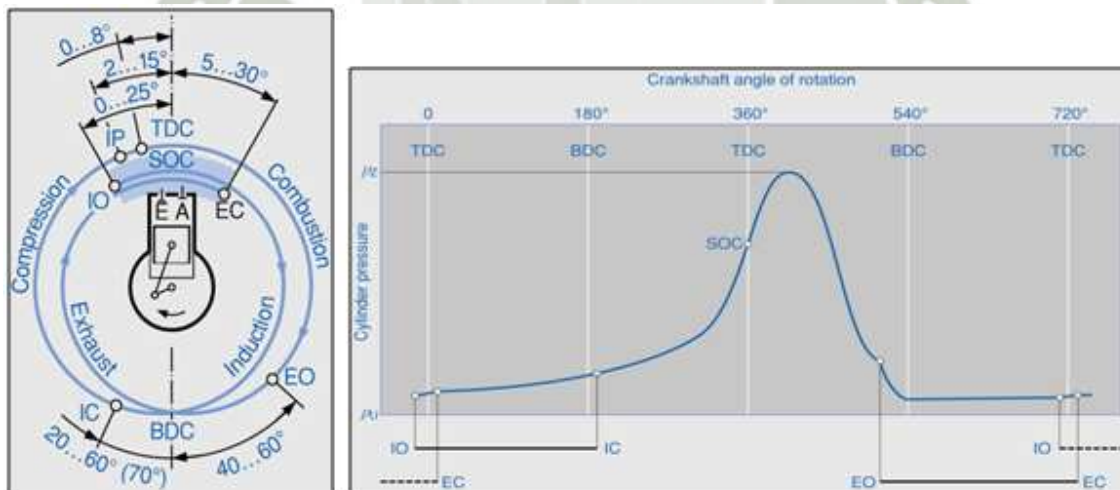


Figura 2.35: Corriente de Activación y Recorrido de Válvulas.  
Fuente: Diesel Fuel-Injection Systems. © Robert Bosch GmbH, Robert Bosch, Stuttgart, 2001.



EO Exhaust opens  
EC Exhaust closes  
IO Inlet opens  
IC Inlet closes

SOC Start of combustion  
IP Injection Point  
TDC Top Dead Center  
BDC Bottom Dead Center

$p_u$  Ambient pressure  
 $P_1$  Charging pressure  
 $P_2$  Máxima cylinder pressure

Figura 2.36: Ángulos del Cigüeñal en los Tiempos del Motor.  
Fuente: NESCAUM.

## b. GRUPO PISTÓN INTENSIFICADOR, CILINDRO Y PISTÓN DE BOMBEO.

### **PISTÓN INTENSIFICADOR. (PLUNGER)**

Este componente recoge el combustible necesario del canal de alimentación para luego generar una presión de inyección de combustible.

En razón de que la velocidad del “plunger” depende de la velocidad del motor. A bajas revoluciones, la velocidad del émbolo es proporcionalmente más lenta

### **CILINDRO.**

Es la parte que sujeta al émbolo, actúan en conjunto como una bomba y presurizan el combustible a alta presión.

Contiene físicamente la base de toda la unidad inyectora.

## c. GRUPO TOBERA.

Contiene, la Tobera, y la aguja. Cuando la presión atrapada excede la presión de apertura de la válvula de la tobera (VOP), aprox. 31000 kPa (4500 psi), la válvula de aguja se levanta, y abastece de combustible las perforaciones de la tobera en la cámara de combustión. Al final de la inyección, la válvula de aguja de la tobera se cierra aproximadamente a 21000 kPa (3000 psi).

La válvula check inversora de flujo es utilizada para prevenir la entrada de gases de combustión en el flujo de combustible introducido en la tobera.

La tobera puede tener seis orificios, cada uno con un diámetro de 0.252 mm (.010 in.), son especificados en un ángulo de 140 grados.

El fin de la inyección es alcanzada al cortar la corriente del ECM al solenoide del inyector. La pérdida de la fuerza magnética en la armadura permite que la fuerza del resorte cambie la posición de la válvula poppet al asiento de escape. El regreso de la válvula poppet a su asiento en el cuerpo de válvula, bloquea el flujo del suministro hidráulico de aceite al inyector, y simultáneamente se abre completamente el asiento de válvula de escape.

## **2.9. SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO.**

Reguladores de avance de sincronización y reguladores de la relación aire-combustible son sistemas mecánicos antiguos que fueron reemplazados por sistemas más modernos que usan sensores y actuadores como electroválvulas que interactúan con el ECM.

En lugar de un mecanismo de avance de sincronización, hay una rueda de sincronización y un sensor que vigila electrónicamente la velocidad del motor, además brinda información de la posición del cilindro N° 1,2,3,4,5,6.

Todas las funciones realizadas por las unidades mecánicas se controlan electrónicamente, dando una mayor precisión y confiabilidad.

El ECM detecta la velocidad y la carga del motor y ajusta automáticamente la sincronización y la duración de la inyección.

Las ventajas de estos Sistemas son:

- Mayores presiones de inyección
- Rociado uniforme
- Mejor atomización
- Mejor combustión
- Mayor eficiencia del combustible
- Menores emisiones
- Menor consumo de combustible
- Menores vibraciones y ruidos

El sistema de control electrónico del motor es un conjunto de componentes electrónicos y electromecánicos, que varían continuamente la calibración del motor, para satisfacer los requerimientos de emisiones, economía de combustible y eficiencia del motor.

Las funciones principales del sistema de control incluyen:

- Control de dosificación de combustible y sincronización.
- Limitación de rango de motor entre los puntos de ajuste de ralentí bajo y alto.
- Reducción de gases de escape.
- Optimización de desempeño del motor.
- El sistema de control de este tipo de motores reciben varias entradas de muchos dispositivos, a continuación se presentan las diversas entradas.

### **2.9.1. COMPONENTES ELECTRÓNICOS DEL SISTEMA EUI**

El sistema de control electrónico presenta los siguientes componentes:

- a. Módulo de Control Electrónico ECM o *EMS (Engine Management System)*.
- b. Módulo impulsor de los inyectores (IDM).
- c. Sensores
- d. Actuadores
- e. Señales de entrada y salida

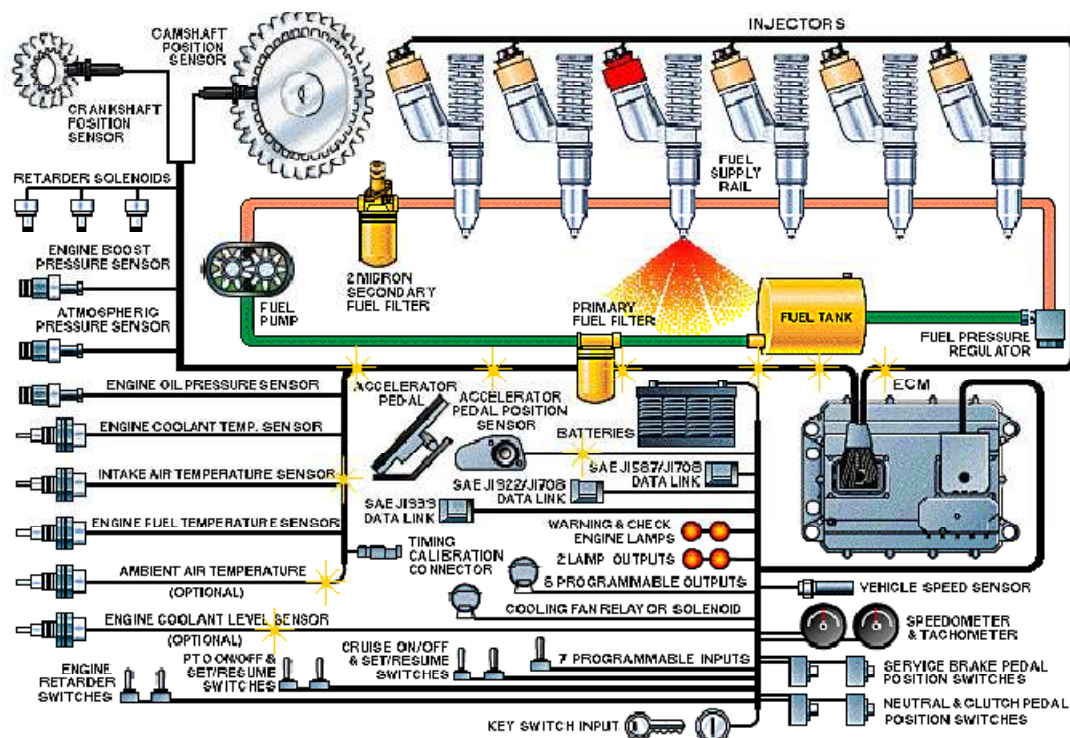


Figura 2.37: Sistema de Administración electrónica del motor EMS  
Fuente: Caterpillar. Manual Caterpillar motores 3408E y 3412E.

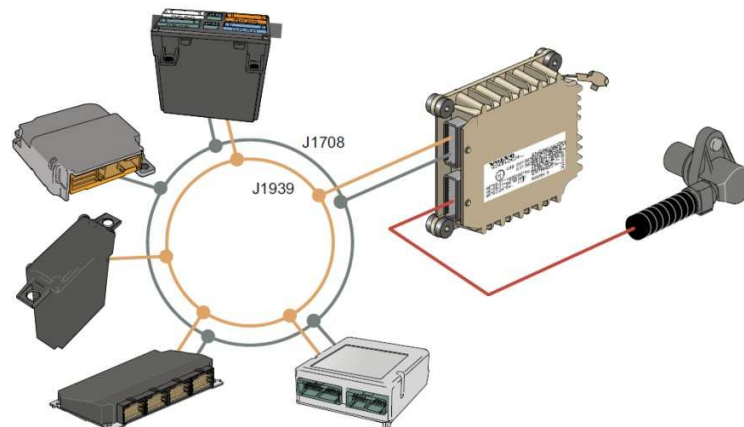
### 2.9.1.1. MODULO DE CONTROL ELECTRONICO (ECM)

El ECM, es uno de los componentes principales. Es encargado de procesar la señal de sensores e interruptores para cumplir su fin primordial, la de proporcionar dosificación y sincronización precisa.

El ECM contiene el código de software para operar el motor.

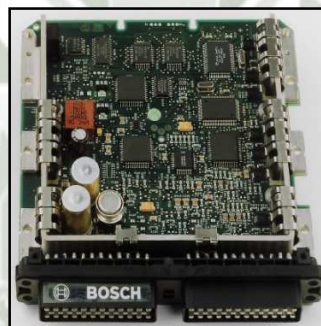
El ECM proporciona la capacidad de comunicarse por medio de herramientas de diagnóstico y contiene memoria para el almacenamiento de datos. Como el VCADS Pro que es un software diseñado para Volvo.

El ECM se comunica con herramientas de servicio y algunos otros controles del vehículo, tales como, transmisión, sistemas de frenos, sistemas de control de tracción a través de un enlace de datos SAE J1939 y J1708.



*Figura 2.38: Herramientas de Servicio del ECM.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.*

El ECM contiene elementos de memoria, microprocesadores y circuitos de control de salida para accionar los diversos dispositivos y accesorios de control.



*Figura 2.39: Módulo de Control Electrónico ECM, Bosch.  
Fuente: mundobosch.com.*

Este es refrigerado por una tubería interna, por el cual circula combustible alrededor de la placa electrónica. La energía disipada en forma de calor emitida por el ECM, es transferida hacia el combustible, evitando que este se sobrecaliente y cause daños en el componente.

Posee aisladores de calor, que evitan transferencias de calor y vibración del motor hacia el ECM.

## DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL ECM

Controla el funcionamiento del motor, posee un voltaje de alimentación de 12 o 24v.

Realiza dos funciones principales:

- Proporciona energía eléctrica para los componentes electrónicos del motor.
- Recibe, analiza y procesa las señales de entrada de los sensores, y envía señales de voltaje a los actuadores para efectuar ajustes al suministro de combustible, la presión de inyección y la sincronización de la inyección.

El ECM monitorea constantemente los principales factores que afectan la eficiencia de combustión. Tales como, temperatura del refrigerante, temperaturas del múltiple de admisión, presión del múltiple de admisión y presión de aire ambiente.

El ECM montado al motor, determina la sincronización de inyección deseada y la cantidad de combustible adecuada para las condiciones actuales del motor.

El ECM determina la salida de potencia de cilindros individuales por la forma en que la velocidad del motor se incrementa debido a un evento de combustión.

El ECM promedia esta salida de potencia instantánea de un cilindro sencillo durante un número de encendidos del cilindro.

El ECM decide entonces qué tipo de ajustes debe hacer a la dosificación de combustible en cada cilindro para balancear la potencia en forma equitativa entre los cilindros.

El ECM utiliza la respuesta del motor a sus ajustes para afinar aún más los ajustes en dosificación de combustible en lo que es llamado adaptación.

El balanceo de cilindros funciona a tiempo completo en el ECM. El algoritmo de balanceo proporciona ralentí uniforme, así como capacidades de diagnóstico excelentes.

La respuesta del motor es muy buena y táctil, debido a la capacidad del ECM de ajustar rápidamente la sincronización y dosificación de combustible.

### 2.9.1.2. SENSORES

Los sensores electrónicos monitorean las condiciones de funcionamiento del motor, como temperatura, velocidad, posición, presión y suministran esta información al ECM en forma de señal de voltaje.

Los sensores de información, reúnen datos (tales como la masa del aire de admisión o su temperatura, temperatura de refrigerante, posición de acelerador, contenido de oxígeno en el gas de escape y transmiten estos datos en forma de señales eléctricas, al ECM.

El ECM compara estos datos con su programación, la cual comunica lo que estos datos deben ser bajo las condiciones de funcionamiento actuales del motor. Si los datos no se emparejan con la programación, el ECM envía señales a los actuadores de salida (inyectores de combustible), los cuales corrigen la operación del motor para que se empareje con la programación.

Generalmente trabajan con dos o tres cables. Pueden ser potenciómetros (3 cables) o termistores (2 cables). En resumen los sensores pueden disponer del número de cables dependiendo del elemento eléctrico que lo constituya.

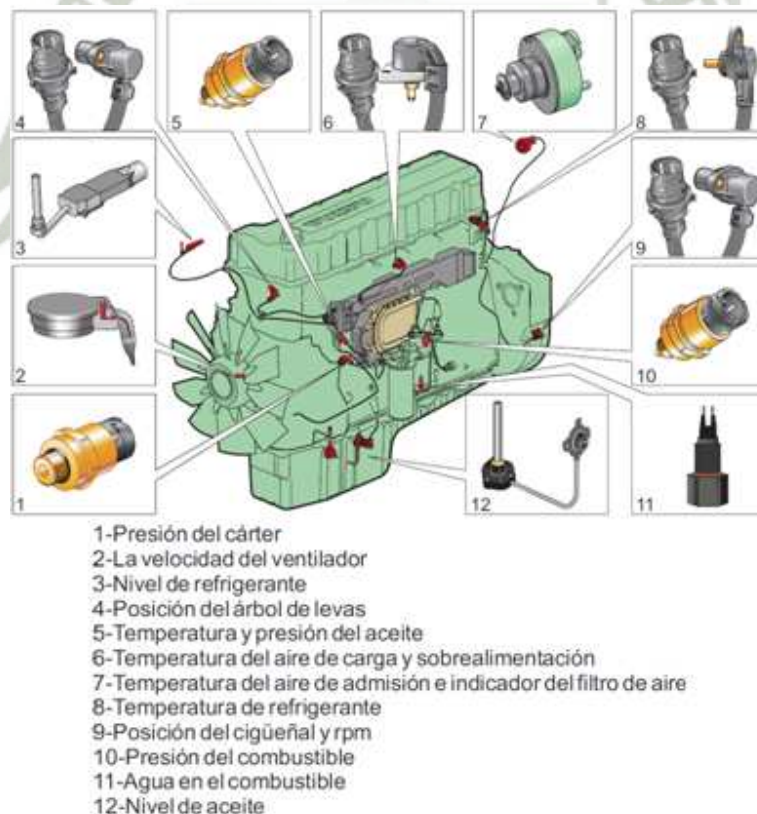


Figura 2.40: Sensores en motor Volvo.

Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.



## SENSOR DE PRESIÓN.

Pueden ser potenciómetros (3 cables). Tienen la siguiente utilización, un cable es negativo o de masa, otro cable corresponde a alimentación del sensor y el otro corresponde al voltaje de señal o de información de condición de funcionamiento el cual varía de 0.5 a 4V y es enviado a la computadora para ser procesado.

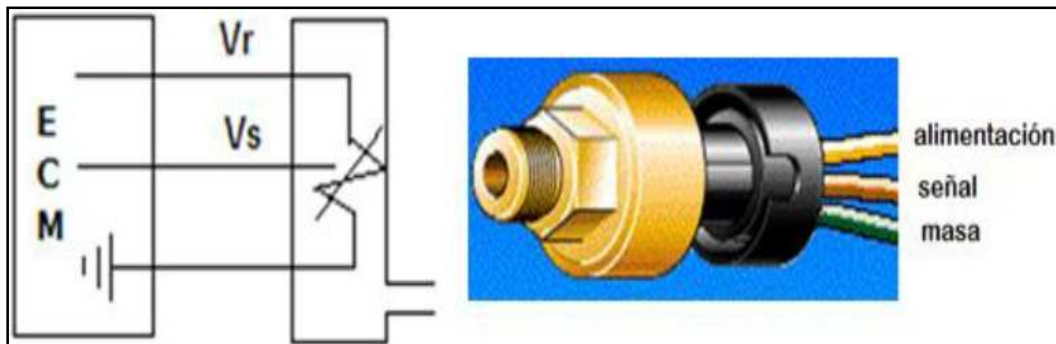


Figura 2.41: Sensor de presión de 3 cables.

Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. *Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnóstico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.

## SENSOR DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE

El sensor de presión de combustible monitorea constantemente el funcionamiento de los reguladores del módulo de combustible y de la bomba, debido a una falla en el sistema de regulación y caudal de la bomba, puede retardar el ingreso del combustible a las cámaras de dosificación y sincronización, lo que resultaría en una mala combustión y pérdida de fuerza del motor.

Este sensor está ubicado cercano a la bomba de combustible.

## SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Es un dispositivo que monitorea constantemente la presión barométrica, el cual sirve para calcular el combustible a dosificar según las tablas del software a diferentes altitudes sobre el nivel del mar. Conocido el efecto sufrido por motores de decaimiento de potencia debido a la altitud sobre el nivel del mar a la cual se encuentre.

El sensor de presión ambiente, atmosférica o barométrica, es un sensor ubicado en el lado de admisión.

También es utilizado para protección del turbocompresor en elevaciones altas, ya que por la densidad del aire puede producirse un efecto de sobrecarga de masa y provocar fractura en el eje del turbocompresor.

### **SENSOR DE PRESIÓN DE AIRE DE ADMISIÓN**

Este sensor monitorea la presión de la descarga del turbocompresor (Comúnmente llamado sensor de turbo), ubicado en el cuerpo del múltiple de admisión, proporciona señal al ECM para controlar la emisión de humo durante la aceleración del vehículo. El ECM evalúa la lectura obtenida del sensor, el cual es comparado con el algoritmo programado en su software, lo que proporciona una acción inmediata hacia la dosificación de los inyectores, permitiendo regular la relación aire-combustible. Tomando en consideración la lectura del sensor de presión de aire ambiente.

### **SENSOR DE PRESIÓN/TEMPERATURA DE MÚLTIPLE DE ADMISIÓN**

Este sensor se encuentra ubicado en el múltiple de admisión y controla la temperatura y presión a la cual ingresa el aire comprimido al motor, luego del pos enfriador. El ECM ajusta la sincronización de combustible del motor para reducir la emisión de humo, mejorar la combustión, mejorar los arranques en frío y proteger el motor.

### **SENSOR DE PRESIÓN/TEMPERATURA DE ACEITE**

El sensor de presión de aceite es de tipo piezo-resistivo, monitorea constantemente la presión de aceite dentro del sistema de lubricación.

Genera una alarma de baja presión de aceite para el operador.

Dependiendo las condiciones de velocidad del motor así será la presión.

Dependiendo del fabricante del motor la presión puede variar de 15 Psi en ralentí (500 a 700 revoluciones por minuto) hasta 45 Psi a velocidad de gobernación (1 800 o 2 200 revoluciones por minuto).

Este sensor también es utilizado para la protección del motor, si la presión disminuye el ECM puede parar el funcionamiento de este.

También existe una variante de este sensor en algunos motores, que es una combinación de un sensor piezo-eléctrico y termistor, el cual monitorea la presión y temperatura del aceite, en un solo punto del motor.

## SENSOR DE TEMPERATURA.

Son termistores o de resistencia variable, comparan su valor con un valor fijo de una resistencia de la computadora (resistor limitador). El termistor junto con el resistor limitador de corriente forma un divisor de voltaje que proporciona una señal de voltaje que indica temperatura. Trabajan normalmente de 0.5 a 4.5 voltios. Para electrónica automotriz se utiliza los NTC o de coeficiente negativo de temperatura es decir disminuyen su resistencia a medida que aumenta la temperatura

Tiene dos conexiones eléctricas: regreso de señal y tierra. La salida de un sensor termistor no es lineal.

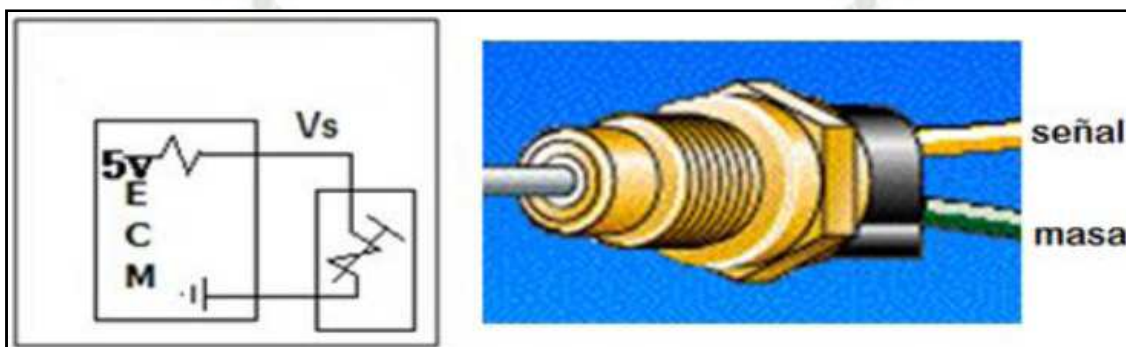


Figura 2.42: Sensor de Temperatura.

Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. *Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnostico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.

## SENSOR DE TEMPERATURA DEL ACEITE

Es usado por el ECM para la compensación de la viscosidad y mantener la entrega sólida del combustible a pesar de cambios de viscosidad causados por la variación de la temperatura del aceite.

El sensor de temperatura de aceite es de tipo termistor, ajusta la velocidad de marcha en vacío y la sincronización de inyección a sus niveles óptimos para mejorar los arranques en frío y reducir la emisión de humo blanco.

El sensor de temperatura de aceite lubricante tiene también la misma función. Proteger al motor, en este caso la utilización de la temperatura del aceite, es necesario por la alta potencia que desarrolla el motor, el aumento de la temperatura puede disminuir la viscosidad del aceite, lo cual produciría desgastes catastróficos.

### **SENSOR DE TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE.**

Es usado para la compensación automática de la temperatura del combustible.

### **SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE**

Colocado en la carcasa del termostato, en el lado de escape del motor, la entrada de este proporciona información para la activación del ventilador, sistema de protección por sobrecalentamiento, relacionado a pérdida refrigerante, obstrucción del termostato y mal funcionamiento del ventilador.

Este sensor es de resistencia variable, utilizado para protección del motor Este sensor térmico, registra la temperatura del refrigerante, cuando la señal excede aproximadamente un rango de 210 a 220 grados Fahrenheit, emite señal al ECM que el motor está sufriendo un sobrecalentamiento. El ECM puede tomar dos acciones: reducir la potencia del motor y bloquear el acelerador para no sobre exceder las revoluciones o reducir la velocidad para estacionarse y apagar el motor.

### **SENSOR DE TEMPERATURA DE AIRE DE ADMISIÓN**

Este sensor se encuentra ubicado en el múltiple de admisión y controla la temperatura a la cual ingresa el aire comprimido al motor, luego del pos enfriador. El ECM ajusta la sincronización de combustible del motor para reducir la emisión de humo, mejorar la combustión, mejorar los arranques en frío y proteger el motor.

### **SENSOR DE NIVEL DE REFRIGERANTE**

Este sensor es instalado por el fabricante del vehículo, colocado en la parte superior del depósito auxiliar del radiador.

Es un sensor capacitivo, reacciona ante el nivel de refrigerante que al aproximarse a la superficie del fluido, determina su capacidad eléctrica. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

El sensor está formado por un oscilador cuya capacitancia la forma un electrodo interno (parte del propio sensor) y otro externo (constituido por una pieza conectada a masa). El electrodo externo es el refrigerante a censar, previamente conectado a masa; entonces la capacidad eléctrica en cuestión variará en función de la distancia que hay entre el sensor y el líquido.



Figura 2.43: Sensor de Nivel de Refrigerante.

Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. *Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnóstico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.

Si el nivel del refrigerante es alto y está dentro del límite superior, el sensor estará cerrado (posición Off) y habrá señal al ECM. Cuando el nivel de refrigerante desciende por cualquier anomalía (consumo o fuga) bajo el nivel inferior, el sensor abre el circuito y el ECM bloquea el motor, este no arranca si la señal del refrigerante es baja.

#### **SENSOR DE NIVEL DE AGUA EN COMBUSTIBLE (WIF)**

El sensor de agua en el combustible, WIF (Water In Filter) por sus siglas en inglés, instalado dentro de la parte inferior del filtro, detecta cuando el nivel de agua dentro del filtro alcanza los contactos del sensor. Cuando el agua en el filtro alcanza este nivel, se crea una trayectoria de flujo eléctrico a través de los contactos, esta señal indica al ECM un nivel alto de agua en el filtro, luego el ECM ilumina la lámpara de mantenimiento para alertar al operador, que debe drenar el filtro, esto proporciona retroalimentación en tiempo real al operador para drenar el filtro de combustible.

La importancia de evitar el contacto del agua en el sistema de combustible, es debido a que el diésel cumple la función de lubricante, especialmente en inyectores, por tratarse de tolerancias muy pequeñas entre componentes y ser superficies altamente pulidas, crea una pronta oxidación que puede causar fundición entre los componentes.

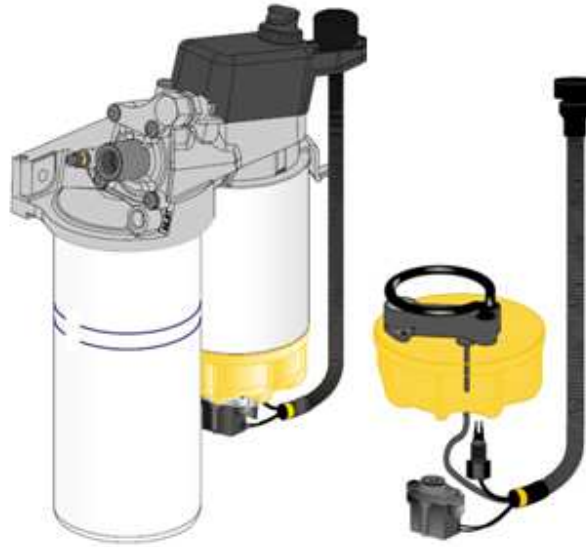


Figura 2.44: Sensor WIF, Ubicado en parte inferior del filtro.  
Fuente: Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. Entrenamiento Camiones.

### SENSORES DE VELOCIDAD / TIEMPO.

Son sensores inductivos que funcionan con alimentación de  $12.5 \pm 1$  voltios. Tienen tres funciones en el sistema:

- La medida de la velocidad del motor.
- La relación del orden de encendido del motor.
- Identificación del cilindro n° 1 en PMI y el PMS para todos los cilindros.

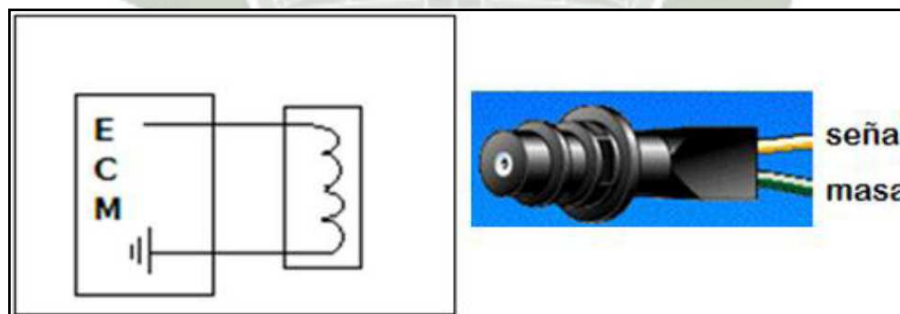


Figura 2.45: Sensores primario y secundario de velocidad.  
Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. *Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnostico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI*. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.

## SENSOR DE POSICIÓN DE MOTOR (CIGÜEÑAL)

Este sensor es de tipo de inducción magnética, que genera corriente alterna (A.C.). La frecuencia varía dependiendo la velocidad de la rueda dentada que va acoplada directamente al cigüeñal del motor.

Este sensor controla directamente la sincronización de la inyección del motor. Un sensor se encarga de proporcionar una señal por cilindro y otro sensor proporciona 36 señales por revolución. Al trabajar en conjunto, estos sensores proporcionan al ECM señal para indicar cual cilindro se encuentra en punto muerto superior listo para ciclo de fuerza. El monitoreo preciso de la posición de cada pistón permite la sincronización óptima de inyección del combustible, dando como resultado un excelente consumo de combustible y un rendimiento óptimo con bajo nivel de emisiones de gases al tener una combustión más completa.

Los sensores SRS y TRS instalados en la caja frontal de engranajes de tiempo, posicionan su cara inferior sobre los dientes del engranaje toro y la rueda de tiempo.



Figura 2.46: Sensor de referencia de sincronización (SRS) y sensor de referencia de tiempo (TRS)

. Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. **Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnóstico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI**. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.



Figura 2.47: Engranaje toro y rueda de tiempo motor Detroit diésel serie 60.  
Fuente: Conocimientos básicos sistema DDEC. p. 17.

Esta señal es utilizada por el ECM, para determinar con precisión la posición del cigüeñal y la velocidad angular (revoluciones por minuto) del motor.

### SENSOR DE POSICIÓN DEL ACELERADOR.

Monitorea la posición del pedal y convierte esa posición en una señal modulada que es enviada de regreso al ECM. Posee alimentación de 8 voltios.

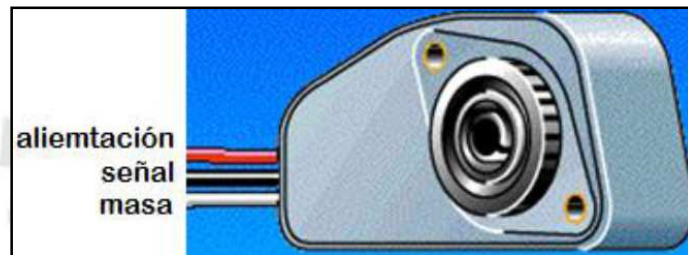


Figura 2.48: Sensor de posición del acelerador.

Fuente: SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. **Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnóstico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI**. Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.

El sensor de posición del pedal del acelerador, consiste de un potenciómetro. Este dispositivo proporciona una señal de voltaje de corriente directamente proporcional al desplazamiento angular del pedal. El ECM ve esta señal de voltaje como una posición del acelerador.

### SENSOR DE POSICIÓN DE ÁRBOL DE LEVAS

Este sensor de efecto Hall, es encargado de indicar la posición del árbol de levas de inyectores, desde un lóbulo con forma especial.

Esta señal es utilizada por el ECM para determinar con precisión la ubicación del árbol de levas de inyectores.

Estos sensores de Efecto Hall utilizan un campo magnético y circuitos electrónicos internos, para determinar velocidad y posición. Cada uno de estos sensores consta de suministro de 5 voltios de señal y retorno.



### 2.9.1.3. ACTUADORES.

Los actuadores usan corriente eléctrica desde el ECM para ejecutar su trabajo y cambiar el funcionamiento del motor:

Electroválvulas:

- Solenoides de los inyectores.
- Válvula IAP en los HEUI.
- Válvula de corte de combustible

La válvula de corte está instalada en la salida de la bomba de transferencias. Simplemente es una electroválvula on/off, que es accionada por el ECM, cuando la válvula es desenergizada detiene el flujo de combustible a la bomba, cuando la válvula es energizada por la señal del ECM, el solenoide abre el pasaje a la bomba de combustible. También cumple la función de interrumpir la marcha del motor cuando se activa el modo de prevención, debido a una señal del ECM, proporcionada por una señal que pone en peligro la integridad del motor.

### 2.9.1.4. SEÑALES DE ENTRADAS Y SALIDAS

**Dispositivos de entrada:** son todos aquellos que le brindan información al ECM o señal de activación de algún componente específico, entre ellos:

- Sensores.
- Interruptores (freno de motor, activación manual de ventilador, control crucero, modo de diagnóstico).

**Dispositivos de salida:** son dispositivos del sistema eléctrico conectados al arnés del motor que incluyen:

- Actuadores de dosificación de combustible
- Actuadores de sincronización de combustible
- Actuadores de control de cuatro pasos de la compuerta de desahogo
- Ventilador (fan clutch)
- Frenos del motor
- Enlace de datos J1939
- Lámparas de dosificación o señales de notificación

Tabla de voltajes de alimentación de los componentes electrónicos.

TABLA III: Voltajes de Alimentación de Componentes electrónicos.

VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS		
No.	UNIDAD	[v]
1	ECM	24
2	Sensor de velocidad tiempo	12.5
3	Alimentación del inyector	115
4	Sensores analógicos (presión y temperatura)	5
5	Sensores Digitales (de posición y válvula IPC)	8
6	Válvula de control de bomba	0-24

Fuente: Manual Caterpillar motor 3126E para camión.

## 2.10. DIAGNOSTICO DE AVERIAS

Una forma de verificar el buen funcionamiento de inyectores es por medio de pruebas de inspección visual – tacto - auditivos realizados por experiencia de técnicos experimentados en el diagnóstico de fallas como la emisión de humos negros por el escape, la falta de potencia del motor, calentamiento excesivo, aumento del consumo de combustible y ruido de golpeteo del motor.

Para localizar el inyector defectuoso se puede hacer la siguiente prueba que consiste en ir desconectando el conducto de llegada del combustible a los inyectores mientras el motor está en funcionamiento y es ahí que en estas condiciones podemos observar si el humo del escape ya no es negro o si cesa el golpeteo, etc.

Los síntomas de suciedad o desgaste de los inyectores son la emisión de humo negro en el escape, fuerte golpeteo del motor, pérdida de potencia, sobrecalentamiento, fallos de encendido y mayor consumo de combustible.

### SOFTWARE DE COMUNICACIÓN O SCANNER

VCADS Pro (Volvo Computer Aided Diagnostic System Programación) es un sistema utilizado para diagnosticar, programar, probar y calibrar camiones Volvo.

### REALIZACION DE PRUEBAS DE DIAGNOSTICO EN INYECTORES

Estas pruebas se realizan necesariamente con la inspección visual y con la ayuda de equipos de prueba. Las pruebas son las siguientes:

- Prueba de presión y tarado
- Prueba de estanqueidad
- Prueba de pulverización y dirección de chorro
- Prueba de atracamiento
- Prueba de caudal

## PRUEBA DE PRESIÓN Y TARADO

Accionando la bomba con una cadencia aproximada de 60 emboladas por minuto, se observará la lectura máxima alcanzada en el manómetro, que corresponde a la presión de tarado del inyector, la cual debe ser la estipulada por el fabricante.

Si la presión de apertura es superior a la prescrita, es síntoma de que la aguja del inyector esta "pegada", o a una obstrucción parcial de la tobera, o bien a una precarga incorrecta del muelle de presión. Si la presión es inferior a la prescrita, lo cual suele suceder cuando el inyector ha funcionado más de 50.000 km, ello suele ser debido a falta de tensión del muelle de presión o rotura del mismo. En cualquier caso, deberá procederse al desmontaje y limpieza del inyector y al tarado del mismo a la presión correcta.

Esta prueba consiste en controlar a qué valor de presión el inyector inicia la inyección, valor que viene proporcionado por los datos técnicos del constructor.

Se abre la válvula de desconexión para que el manómetro intervenga en la medición de la presión. Aquí cabe una advertencia muy importante: Cuando el manómetro está en circuito la palanca de accionamiento debe manipularse lentamente y ha de dejarse escapar también lentamente para permitir que la aguja del manómetro suba y baje con lentitud y no se deteriore el manómetro de una forma rápida al recibir una presión tan elevada súbitamente.

En estas condiciones pues, se acciona la palanca de la bomba con suavidad y se está atento al momento en que el inyector comience el goteo. En este mismo punto se toma nota de la presión señalada por el manómetro. Este valor debe coincidir con el indicado por el constructor en el siguiente sentido: Supongamos que el constructor nos da un valor de 115 bares con una tolerancia de 5 bar más o sea que el valor puede oscilar entre las 115 y las 120 bar reales. Cualquier valor que nos indique el manómetro que esté por encima o por debajo de esta tolerancia precisará de un ajuste o tarado del inyector, operación que veremos inmediatamente cómo se realiza. Ahora bien, si el inyector ha funcionado durante muchos kilómetros y resulta ya viejo, pero no desechable por su todavía buen funcionamiento, puede seguir usándose aun cuando nos proporcione una presión menor a 115 bares que son mínimas. En realidad pueden todavía conservarse con valores de poco más de un 10% inferior a los mínimos autorizados para los inyectores nuevos, pero siempre y cuando se trate de inyectores muy usados que acreditan así, sin embargo, su calidad en un inyector nuevo, o poco usado, un valor inferior a 115 bares ha de regularse por tarado o desecharlo si ello no es posible.

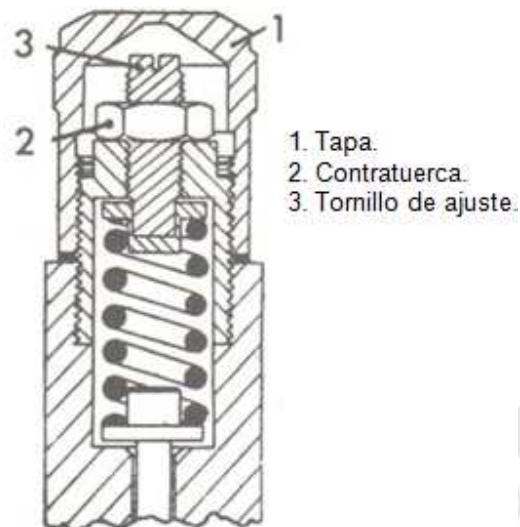


Figura 2.49: Mecanismo de regulación a tornillo en un inyector.  
Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-21.html>

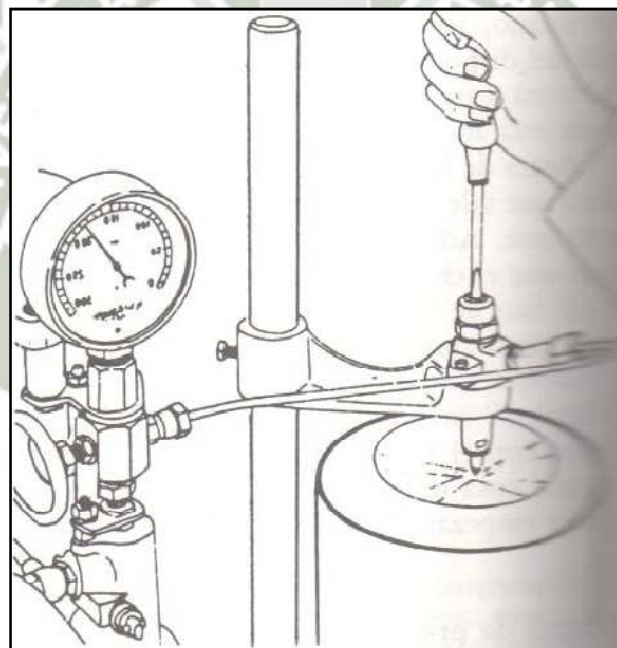


Figura 2.50: Forma de ajustar la presión de descarga actuando con un destornillador sobre el tornillo de ajuste.

Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-21.html>

Los inyectores disponen de un sistema de tarado o ajuste de su presión que consiste en un dispositivo para regular la presión del muelle sobre la espiga por diversos procedimientos. Donde se colocan las arandelas de compensación que pueden ser de diferentes groesos que van desde 1,00 mm a 1,80 mm. Así pues el trabajo consiste solamente en conseguir colocar una arandela del grueso adecuado para mantener al inyector dentro de tolerancia que se le exige.

Al margen de este procedimiento, también podemos encontrarnos con inyectores que van provistos de otros sistemas de regulación del muelle. Un caso de regulación por tornillo como el mostrado en la figura puede resultar también muy corriente. En estos inyectores, una vez retirada la tapa de protección (1), nos encontramos con un conjunto de regulación de tornillo (3) y contratuerca, de parecidas características al mecanismo de ajuste de la holgura de válvulas en los motores. Basta aflojar la contratuerca (2) para liberar el giro del tornillo de ajuste (3) y regular por medio de él la presión requerida. En la figura vemos un dibujo que nos muestra el momento en que se será efectuando el tarado en un inyector de este tipo. Con la ayuda de un destornillador, y mientras se está produciendo la descarga, se puede actuar aflojando o apretando el tornillo para conseguir que la presión se encuentre dentro de los valores correctos.

### PUEBA DE ESTANQUEIDAD

Esta prueba consiste en ver hasta qué punto el inyector cierra de modo que no presenta fugas a valores de presión ligeramente por debajo de su presión de funcionamiento.

Cuando el valor de presión es de entre 20 a 15 bar. Menor que el valor de presión de funcionamiento, se cierra la válvula de desconexión del manómetro de modo que la presión se mantenga en el circuito hidráulico interior del inyector. En estas condiciones, si la aguja cierra perfectamente sobre su asiento, el inyector no debe gotear y ni siquiera hallarse húmedo por la punta. Ello será señal de una perfecta estanqueidad.

Si, por el contrario, el inyector, al llegar a la presión mínima indicada, se humedece o comienza a gotear se tendrá que proceder a un ligero rectificado de la aguja en su asiento por un procedimiento muy parecido al utilizado en el trabajo de esmerilado de válvulas.

### PRUEBA DE PULVERIZACIÓN Y DIRECCIÓN DEL CHORRO.

Otra de las pruebas a que debe someterse el inyector es al control del chorro, operación que se efectúa de la siguiente forma: Se acciona la palanca de la bomba de una manera breve pero enérgica aproximadamente unas dos veces por segundo y, por supuesto, desconectado el manómetro ya que la medición de los valores de presión no es ahora de interés para esta prueba.

En la figura se muestran tres posibilidades de salida del chorro desde el inyector, en uno del tipo de espiga. En A tenemos la salida correcta del combustible. El chorro debe ser bastante compacto y no presentar hilillos desparramados. En B, por ejemplo, tenemos un caso de chorro demasiado ancho para una cámara de turbulencia, lo que daría de sí una combustión más difícil. También el caso contrario, representado en C, en donde el chorro se agrupa en forma de cordón resulta igualmente incorrecto y acostumbra a provenir este defecto por la falta de presión de apertura o bien porque la aguja está agarrotada.

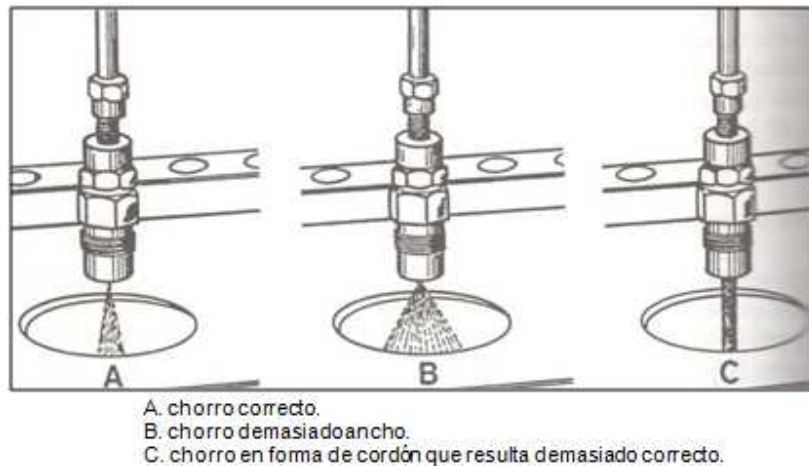


Figura 2.51: Tres formas posibles de salida del chorro en la prueba del inyector de espiga.  
Fuente: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-21.html>

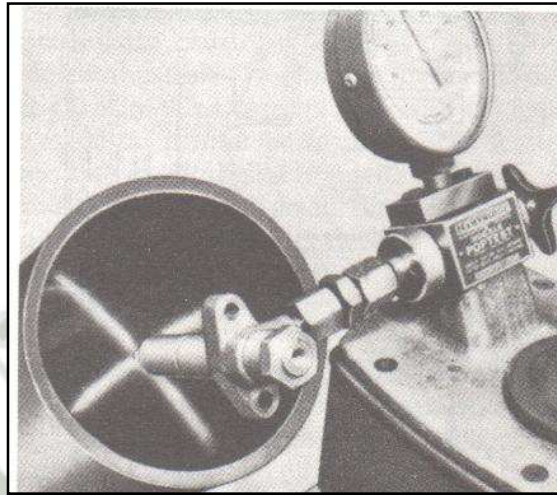


Figura 2.52: Formas de Chorro de Espiga.  
Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-inyectores.htm>.

En los inyectores de espiga la dirección del chorro debe seguir el eje axial del inyector en la gran mayoría de los casos, pero pueden presentarse también algunos motores en los que la dirección del chorro puede ser diferente según el diseño. En los inyectores de orificios, utilizados en los motores Diesel de inyección directa, el chorro sale con un determinado ángulo y de dividido en tantos dardos como agujeros u orificios tenga el inyector. Resultan muy corrientes los de cuatro orificios, en cuyo caso debe observarse la salida de cuatro chorros iguales, tal como muestra la figura.

Hay que aprovechar esta prueba para comprobar otro factor de valoración del estado del inyector que consiste en escuchar el sonido del chorro. Para ello se baja la palanca de accionamiento a un ritmo inferior que puede ser de una carrera por segundo, y se escucha cómo el inyector rechina. Si lo hace suavemente es que el inyector se halla en buen estado; pero si rechina solamente un poco o no lo

hace en absoluto entonces será indicio de falta de estanqueidad. Se tendrá que reparar este defecto del modo que ya se ha explicado anteriormente.



*Figura 2.53: Control de pulverización en un inyector de orificios. En este caso se trata de un inyector de cuatro orificios. Hay que controlar la longitud de los chorros y su ángulo.  
Fuente: Probador Hartridge.*

La prueba de sonido puede completarse haciendo inyectar al inyector de una forma seguida durante unos 10 segundos, bajando a fondo con rapidez y brevedad la palanca con unas de 2 a 3 carreras por segundo.

En este caso el chorro debe salir compacto y con un silbido alto claramente diferenciado. Si no se consigue este sonido se tendrá que proceder al desmontaje del inyector, su reparación por los procedimientos indicados, o su sustitución en el caso extremo de no lograr la corrección del defecto.

#### PRUEBA DE ATRACAMIENTO

Pruebas que permiten estimular con pulsos electrónicos el accionamiento de las válvulas poppet. Los parámetros a tomar en cuenta se manejan en Voltios y Amperios.

#### PRUEBA DE CAUDAL

Pruebas que permiten saber la cantidad de combustible que inyecta un inyector bajo ciertas condiciones de trabajo como velocidad en RPM, número de inyecciones.

## 2.11. MANTENIMIENTO DE RECONSTRUCCIÓN (OVER HAUL)

Puede ser considerado también como un conjunto de medidas ejecutadas antes de la falla. La definición de falla no solo es el descumplimiento de la funciones del equipo, sino la de no producir bajo ciertas especificaciones requeridas.

Las decisiones respecto a un overhaul se dan en base a dos criterios:

1. Intervalo entre overhauls. Que el intervalo puede ser infinito (o sea solo realizar mantención correctiva)
2. El grado de profundidad del overhaul, o sea, cuan cerca debe quedar el equipo de la condición "como nuevo" tras un overhaul. Llevando el concepto al extremo puede significar el reemplazo del equipo.

En la práctica, un overhaul o una reparación correctiva logra poner el equipo en funcionamiento, pero no logra evitar que la condición del mismo se degrade en el tiempo, hasta que es necesario su reemplazo.

- Es aquella actividad que involucra, principalmente, el retiro del equipo de la línea de producción para luego proceder a un desmantelamiento del mismo, lo cual implicará el reemplazo o reconstrucción de muchas partes, componentes o sistemas.
- Mantenimiento que indica reparaciones mayores de sistemas de la maquina o equipo.
- Mantenimiento que se realiza al final de la vida útil de maquina o equipo.



*Figura 2.54: Taller de Desmantelamiento total de un Equipo Volvo.  
Fuente: Volvo trucks FH12.*



### 2.11.1. LA CURVA DE LA BAÑERA.

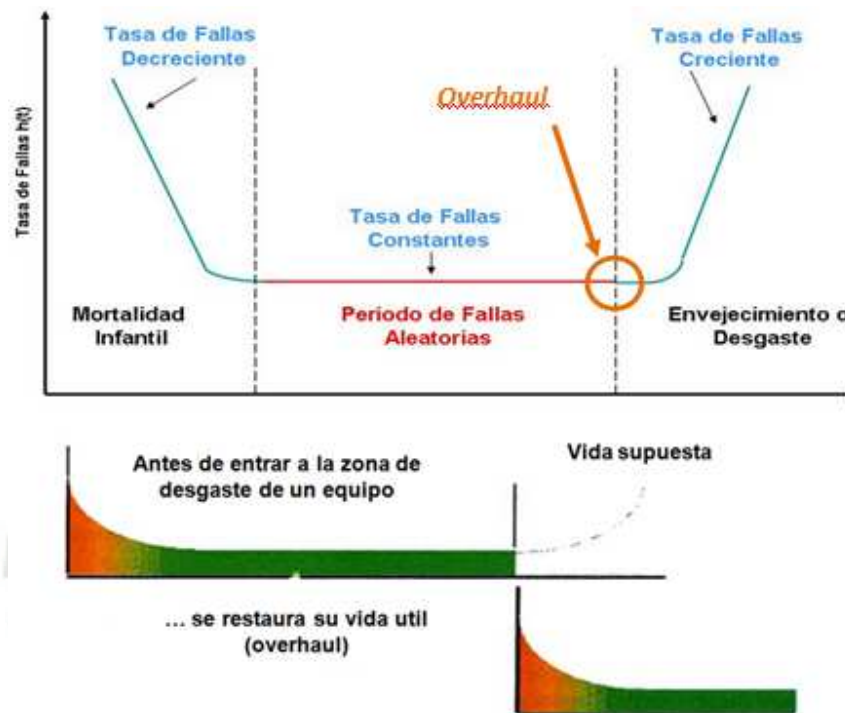


Figura 2.55: Overhaul en la Curva de la Bañera.

Fuente: [http://maintenancela.blogspot.com/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://maintenancela.blogspot.com/2010_05_01_archive.html)

### 2.11.2. REQUERIMIENTOS PARA EL OVERHAUL.

- Requiere retiro del equipo de la línea de producción.
- Requiere de una adecuada planificación y programación del mantenimiento.
- Involucra el desmontaje total del equipo.
- Requiere alto nivel de habilidad, experiencia y criterio personal.
- Se reemplaza muchos repuestos, componentes o sistemas.
- Requiere calibración y pruebas de funcionamiento.
- Se emplea el uso de herramientas adecuadas incluyendo máquinas-herramientas.
- Se recomienda la participación de los proveedores.

### 2.11.3. COSTOS LÍMITES DEL OVERHAUL.

Cuando el equipo se saca de la línea de producción y es enviado al taller a una reparación de motor, la decisión de inversión debe ser tomada en función del costo estimado del overhaul y la renovación total del motor. El intensión es llegar a determinar costos límites para equipos de diferentes edades, frente a diferentes estimaciones de costo (usualmente, a mayor edad, mayor costo de overhaul). Tales límites son determinados de modo que minimicen el costo total esperado de la operación durante un periodo fijo de tiempo. Así, si el equipo es enviado a

overhaul la decisión entre hacer overhaul o no es determinada comparando el costo real con el costo límite calculado, o sea, la máxima cantidad de dinero que debe ser gastada en el overhaul de un equipo con una cierta edad.

#### 2.11.4. EL CUMPLIMIENTO DEL PRESUPUESTO.

Los objetivos básicos de mantenimiento van de la mano con la disponibilidad, fiabilidad y vida útil de los equipos o de una instalación, éstos no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la empresa. Este presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto superior a lo que los equipos requieren empeora los resultados de la cuenta de la empresa; por otro lado, un presupuesto inferior a lo que el equipo requiere empeora irremediabilmente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de los equipos.



Figura 2.56: Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.11.5. FORMAS DE ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO:

La elaboración de un plan de mantenimiento puede hacerse de tres formas:

**Modo 1:** Realizando un plan basado en las instrucciones de los fabricantes de los diferentes equipos que componen la planta. Recopilar toda la información existente en los manuales de operación y mantenimiento de estos equipos y darle al conjunto un formato determinado. Esta forma de elaborar el plan tiene generalmente 3 fases:

Fase 1: Recopilación de manuales y de instrucciones de los fabricantes

Fase 2: Recopilación de la experiencia de los técnicos

Fase 3: Mantenimiento legal

**Modo 2:** Realizando un Plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas y en la experiencia de los técnicos que habitualmente trabajan en la planta.

**Modo 3:** Realizando un plan basado en un análisis de fallas que pretenden evitarse.

En plantas que no tienen ningún plan de mantenimiento implantado, puede ser conveniente hacer algo sencillo y ponerlo en marcha. Eso se puede hacer siguiendo las recomendaciones de los fabricantes o basándose en la experiencia propia o de otros. Pero para industrias de gran envergadura y sistemas de alta complejidad operacional, se recomienda utilizar herramientas más sofisticadas e implantar estrategias o metodologías con las mejores prácticas de mantenimiento.

## CAPÍTULO III

### MÉTODO Y MATERIALES

#### 3.1 METODOLOGIA DE TRABAJO

Este trabajo de investigación busca encontrar una forma o metodología de evaluación de estos inyectores EUI en un aspecto técnico y un aspecto de costo beneficio.

Esta metodología de evaluación será explicativa, ya que busca encontrar primeramente bases teóricas como sustento; para conocer el funcionamiento total de este tipo de inyectores EUI. También busca encontrar los equipos que permitan desarrollar el funcionamiento más óptimo y menos costoso como alternativa de reparación a través de orientaciones técnicas. Si bien existen esquemas para la creación de lineamientos de elaboración de trabajos técnicos, se propone un esquema de trabajo base en el cual se sigue 9 pasos de realización:

**Paso 1:** Desarrollar una bibliografía deductiva del sistema de inyección EUI (Marco Teórico).

**Paso 2:** Desarrollar una identificación del tipo de inyector EUI.

**Paso 3:** Desarrollar una identificación de los componentes del inyector EUI.

**Paso 4:** Desarrollar una identificación del funcionamiento de los componentes del inyector.

**Paso 5:** Desmontaje, Limpieza e Inspección general de inyectores.

**Paso 6:** Selección del tipo de Servicio de Mantenimiento de inyectores (SM0 SM1 SM2 SM3).

**Paso 7:** Servicio de Reparación: Pruebas y Calibración a los Inyectores EUI.

**Paso 8:** Resumen de Resultados.

**Paso 9:** Análisis Económico.

### 3.2 ESQUEMA DE TRABAJO

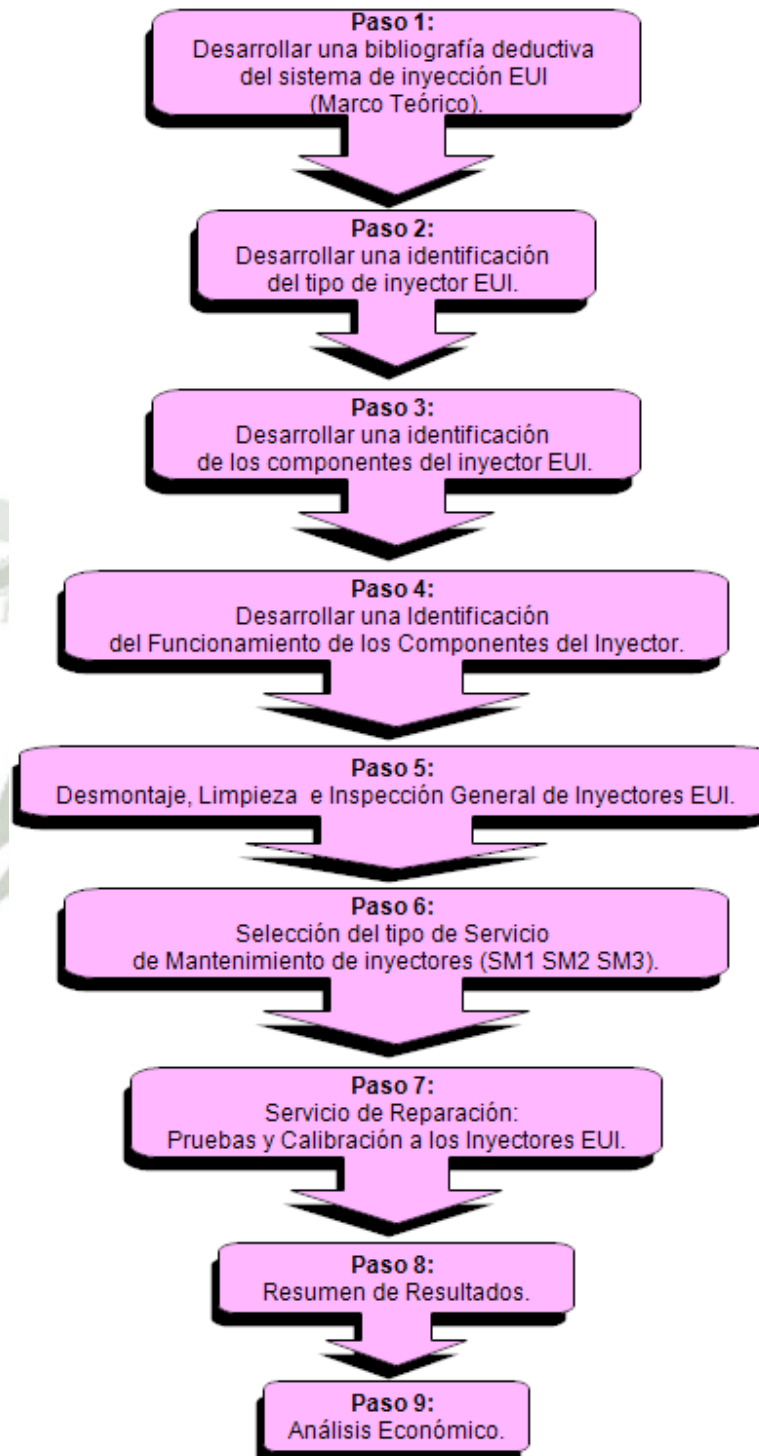


Figura 3.1: Esquema de Trabajo de la Tesis.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3. INSTRUMENTACION, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Según el esquema base de trabajo planteado se hace mención de las herramientas, instrumentos y equipos que serán usados en la evaluación y recuperación de vida útil de estos inyectores EUI.

#### 3.3.1. EQUIPOS DE LIMPIEZA

Las ilustraciones de los equipos se muestran en el **ANEXO II**.

- ❖ Tanques de ultrasonido
- ❖ Aire comprimido y pistola
- ❖ Tinas o bandejas de metal

#### 3.3.2. HERRAMIENTAS DE ARMADO Y DESARMADO

Las ilustraciones de las Herramientas se muestran en el **ANEXO III**.

- ❖ Prensa mecánica
- ❖ Kit de herramientas EUI
- ❖ Dados y chicharra
- ❖ Torquímetro
- ❖ Hexagonales

#### 3.3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA E INSPECCION

Las ilustraciones de los Instrumentos se muestran en el **ANEXO VI**.

- ❖ Rotámetro (caudal)
- ❖ Multímetro (V - I - R)
- ❖ Manómetro (presión)
- ❖ Comparador (separaciones/nivel de planicidad)
- ❖ Micrómetro vernier
- ❖ Megómetro (resistencia de aislamiento eléctrico)
- ❖ Gaussímetro (radiación electromagnética)
- ❖ Microscopio (visualizar desgastes)

#### 3.3.4. EQUIPOS DE CALIBRACION

##### PROBADORES DE INYECCION MANUAL

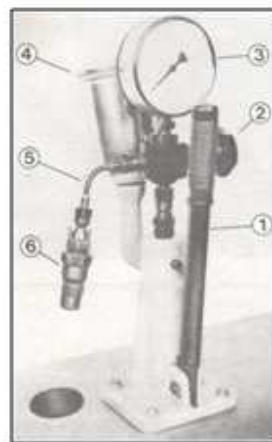
Son formas manuales de comprobar y ajustar la presión de abertura de los inyectores y para verificar la calidad y la forma de pulverización del flujo de inyección.

## PROBADOR MANUAL (CAV)

Se ha usado varios años y todavía hay muchísimos talleres de reparación donde se usa este equipo.

Es conveniente para las pruebas de funcionamiento siguientes:

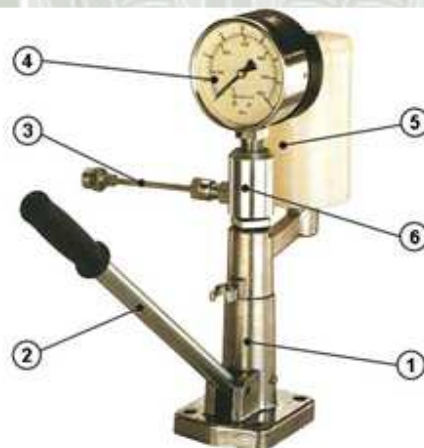
- Prensas de inyección preliminares de inyector
- Sonido del vibrador de la válvula de aguja
- Forma de rociadura
- Función del lacre de los pares de acoplamiento del cuerpo de la válvula y del inyector de aguja.



1. Palanca manual de accionamiento de la bomba.
2. Válvula de cierre.
3. Manómetro.
4. Depósito de combustible.
5. Codo.
6. Inyector.

Figura 3.2: Banco comprobador de inyectores CAV.

Fuente: <http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/motores-perkins-evaluacion-de-los.html>



Presión máxima de inyección = 40 MPa (5800 psi)  
Capacidad del depósito de combustible = 1 litro (1000 cm<sup>3</sup>)  
Tubería de inyección para alta presión = M 14 x 1.5

Figura 3.3: Partes principales del banco de pruebas de inyectores.

Fuente: <http://datoscaterpillar.blogspot.com/2012/11/motores-perkins-evaluacion-de-los.html>

En resumen, este banco de pruebas simula a una bomba de inyección de accionamiento eléctrico - electrónico, que se utilizará con el fin de comprobar la presión de abertura de los inyectores y verificar la calidad y la forma de pulverización del flujo de inyección.

### 3.3.5. EQUIPOS DE DIAGNOSTICO Y ACCESORIOS

Hoy en día existen una variedad grande de equipos que permiten realizar una simulación y diagnóstico de pruebas en el funcionamiento de un determinado sistema de inyección de combustible, tomándose en cuenta de manera prioritaria el estado de funcionamiento de componentes esenciales como bombas de presión de combustible o dispositivos como inyectores de combustible. Dentro de los equipos diseñados para el diagnóstico y simulación de sistemas de inyección mencionaremos algunos como:

- ❖ Bancos de prueba: Existe una variedad de bancos, de los que podemos distinguir:
  - Bancos mecánicos/electrónicos
  - Bancos mecánicos/neumáticos
  - Bancos mono/multicilindro
- ❖ Pulsadores electrónicos: Determinan el tiempo y la forma de pulso a los diferentes dispositivos de inyección
- ❖ Fuentes de atracamiento: Suministran la cantidad de voltaje corriente que necesitan las electroválvulas en los diferentes dispositivos de inyección

#### BANCOS DE PRUEBA

Los bancos de prueba inicialmente fueron diseñados por los mismos fabricantes de los sistemas de inyección pero hoy en día ya existen bancos diseñados por diferentes empresas siendo los más conocidos de las marcas:

- Bosch (EPS 815, fabricado en Alemania)
- Delphi (YDT-35, fabricado en Grecia)
- Hartridge (AVM2PC, fabricado en Inglaterra)
- Carbón Zapp (DS2R-A, fabricado en Grecia)
- Maktest (TK1032, fabricado en Turquía)

Los bancos de prueba de sistemas de inyección adoptan diferentes condiciones de operación y por ende presentan accesorios adicionales propios de cada equipo.

En esta tesis se contara con la disponibilidad de un equipo de muy alta calidad para las pruebas de funcionamiento para la evaluación y recuperación de inyectores usados EUI de camiones volvo FM FMX.



### Banco de pruebas de AVM2-PC Hartridge

Es un banco de pruebas fácil de usar y flexible, con capacidad para gestionar prácticamente todas las bombas Common Rail, rotativas y en línea de automoción de hasta 12 cilindros, además de inyectores Common Rail, EUI y EUP, sin dificultar al operario.



Figura 3.4: Banco de pruebas de AVM2-PC Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.

Este banco cuenta con una gran cantidad de equipos y accesorios para los diferentes sistemas de prueba de inyección de los cuales solo mencionaremos la selección de los equipos y accesorios concernientes al desarrollo de esta tesis como son para inyectores EUI de Volvo FM y FMX. A continuación se mencionan los equipos y accesorios según las tablas adjuntas en los anexos correspondientes:

Plataforma base AVM2-PC: Las especificaciones técnicas en el **ANEXO V**. Los Accesorios complementarios se seleccionan para cada tipo de aplicación. Ver **ANEXO VI**.

#### Resumen de características del equipo y sus accesorios:

**Computador PC:** Un sistema operativo Windows™ con requisitos de Licencia de Software: El software Hartridge Magmah Plus para las siguientes aplicaciones deben tener licencia:

- Hartridge Standard Magmah All Makes
- Hartridge AVM2/EUI
- Delphi OCRES
- Delphi IRIS EUI
- Delphi CRi and CRp
- Denso CRi
- VDO CR Pump
- AVM2 Menu System

**Motor eléctrico:** Sistema de accionamiento

*TABLA IV: Ficha técnica de Motor Eléctrico.*

<b>Motor</b>	Tiristor de corriente continua controlado, 20 CV (15 kW).
<b>Alcance de velocidad</b>	De 30 a 4000 rpm
<b>Potencia</b>	Motor de 20 CV (15 kW)
<b>Velocidad (rpm)</b>	0 590 1500 2500 4000
<b>Par motor (Nm)</b>	165 165 95 54 22

*Fuente: Hartridge.com.*

**Bomba de combustible:**

Motor eléctrico que acciona directamente una bomba que proporciona 1400 l/h hasta 7 bar (7-60 psi).

**Medidor de combustible:**

- Capacidad de 5 a 500mm/carrera con 3 modos de medición: calibración, comprobación general y promedio.
- Unidades seleccionables: (mm<sup>3</sup>/carrera, cc/50, cc/100, cc/125, cc/200, cc/250, cc/300, cc/500) y escala ajustable mediante la entrada de límites superiores e inferiores. Visualización del indicador de caudal de fuga en sentido inverso de 50 a 1500 cc/min, de 3 a 90 l/h.
- Unidades seleccionables: cc/min, l/h y cc/1000 carrera. Sistema de medición refrigerado por agua para permitir las pruebas de bombas con alta temperatura y presión.



Figura 3.5: Plataforma Base del Banco de pruebas de AVM2-PC  
Fuente: Hartridge.com.

### Controlador de Pulsos electrónico (CONTROLADOR DE SOLENOIDES) y Fuente de amplificación CC (ATRACAMIENTO).

- 90V power supply HK1512 , Volvo, Bosch & Delphi E1 (HK1540)
- EUI/EUP driver cable AE103/1
- Delphi E1 driver cable AE103/5
- Single control logic cable AE103/7
  
- 50V dual power supply HK1511 , Delphi E3.1x series (HK1542)
- Delphi E3 driver cable AE103/2
- Dual control logic cable AE103/6



Figura 3.6: Controlador de Pulsos Electrónicos Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.

### SISTEMA HK1500:



*Figura 3.7: Sistema HK1500 para EUI Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.*

### Kit básico EUI CAMBOX (HK1502)



*Figura 3.8: Kit básico EUI CAMBOX (HK1502)  
Fuente: Hartridge.com.*

### Otros accesorios:

- Soporte de inyector con desacoplamiento rápido
- HB388 Delphi Load Cell Kit (dispositivo de actualización de celda de carga)
- NTA4501 Delphi Nozzle Adaptor



Figura 3.9: Accesorios EUI Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.



Figura 3.10: Accesorios de Prueba de Toberas EUI Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.

- HM1050 Trolley for EUI/EUP HK870 & Universal Common Rail base kit HB378 (bed plate level).
- HK883 Delphi AO accessories Jig. (Discos de graduación de impulsión)
- HS237 , 7 bar Supply Upgrade.

**Productos Complementarios:**



Figura 3.11: HH701 Testmaster Hartridge  
Fuente: Hartridge.com.

### 3.4 PROCEDIMIENTO (Aplicación de la Metodología)

#### **Paso 1: Desarrollar una Bibliográfica Deductiva del Sistema de Inyección EUI (Marco Teórico)**

Para un desarrollo adecuado de esta tesis se hizo una investigación bibliográfica de corte deductivo empezando desde la parte superficial del motor hasta el interior, los tipos de MCI que existen, conocer todos los sistemas involucrados en el funcionamiento de los MCI. Destacándose el sistema de inyección de combustible que difiere en cada tipo de MCI a gasolina o a gasoil. El sistema de inyección EUI es uno de los sistemas más modernos aplicados en muchos equipos de trabajo o transporte en general. Los componentes más esenciales en este sistema son la unidad inyectora EUI que existiendo en una gran variedad de diseños y marcas, haremos hincapié en los inyectores aplicados en camiones volvo FM y FMX.

Y llegando al mello de esta tesis se desarrollo un conocimiento significativo en el reconocimiento de los componentes internos y externos de este tipo de inyectores así como de su funcionamiento. Finalmente se presenta una metodología de evaluación y recuperación de este tipo de inyectores usados.

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron referencias de paquetes electrónicos de información como el TECH TOOL, IMPACT Y VCADS (en el cual el número de chasis es el motor de búsqueda) además de libros, manuales, catálogos y páginas web relacionadas al desarrollo de esta tesis que se irán concatenando paso a paso para finalmente describirlos en la bibliografía de esta tesis.

#### **Paso 2: Desarrollar una Identificación del Tipo de Inyector EUI**

Existen una gran variedad de inyectores del tipo EUI independientemente de las marcas, pero en el caso específico de los camiones volvo FM y FMX como se vio en el marco teórico tenemos los E1 y E3. Todo inyector posee un código de identificación o código de pieza que es necesario para ingresarlo al computador y reconozca el tipo de inyector que se esta analizando. Una vez ya culminado las pruebas respectivas se generará un nuevo código autorizado por delphi (codigo de trimado) para el reconocimiento del inyector reparado por la ECU con ayuda del VCADS pro.

**Paso 3: Desarrollar una Identificación de los Componentes del Inyector EUI.**

*TABLA V: Componentes del Inyector Delphi E3.*

1	Spring Chamber	Masa de la cámara de resorte
2	Nozzle Spring	resorte de la guja de inyección
3	Capnut	capuchón roscado
4	Piston Pin	Pin de aguja de inyección
5	Seal	Sello/oring
6	Piston Guide	Guía
7	Lower Insulating Sleeve	Manga de aislamiento inf.
8	Pin SVG	Pin SV
9	Seal	Sello de aislamiento
10	Seal Backing Plate	Placa de apoyo de aislamiento
11	Header	Conector eléctrico
12	Header Retaining Clip	Cabecera de clip de retención
13	Plunger Return Spring	Resorte de retorno del émbolo
14	Spring Carrier	Portador del resorte
15	Socket Retaining Circlip	Anillo de retención de Casquillo
16	Thrust Pad	Casquillo de empuje
17	Plunger	émbolo
18	Snap Ring	Anillo De Retención
19	Clip Support Washer	Arandela del clip de soporte
20	Seal	Sello/oring
21	Guide	<b>Válvula de vertido SV</b>
22	Armature	Armadura SV
23	Shims	cuña/laina
24	Stator	<b>bobinas eléctricas</b>
25	Spring	resorte de CV
26	Armature	armadura de CV
27	Pin	pin de CV
28	Guide	<b>válvula de control CV</b>
29	Nozzle Assembly	Ensamble de tobera

*Fuente: Delphi E3 Diesel Electronic Unit Injector. DIESELUSAGROUP®, Delphi, Michigan USA, 2014. www.delphi.com*

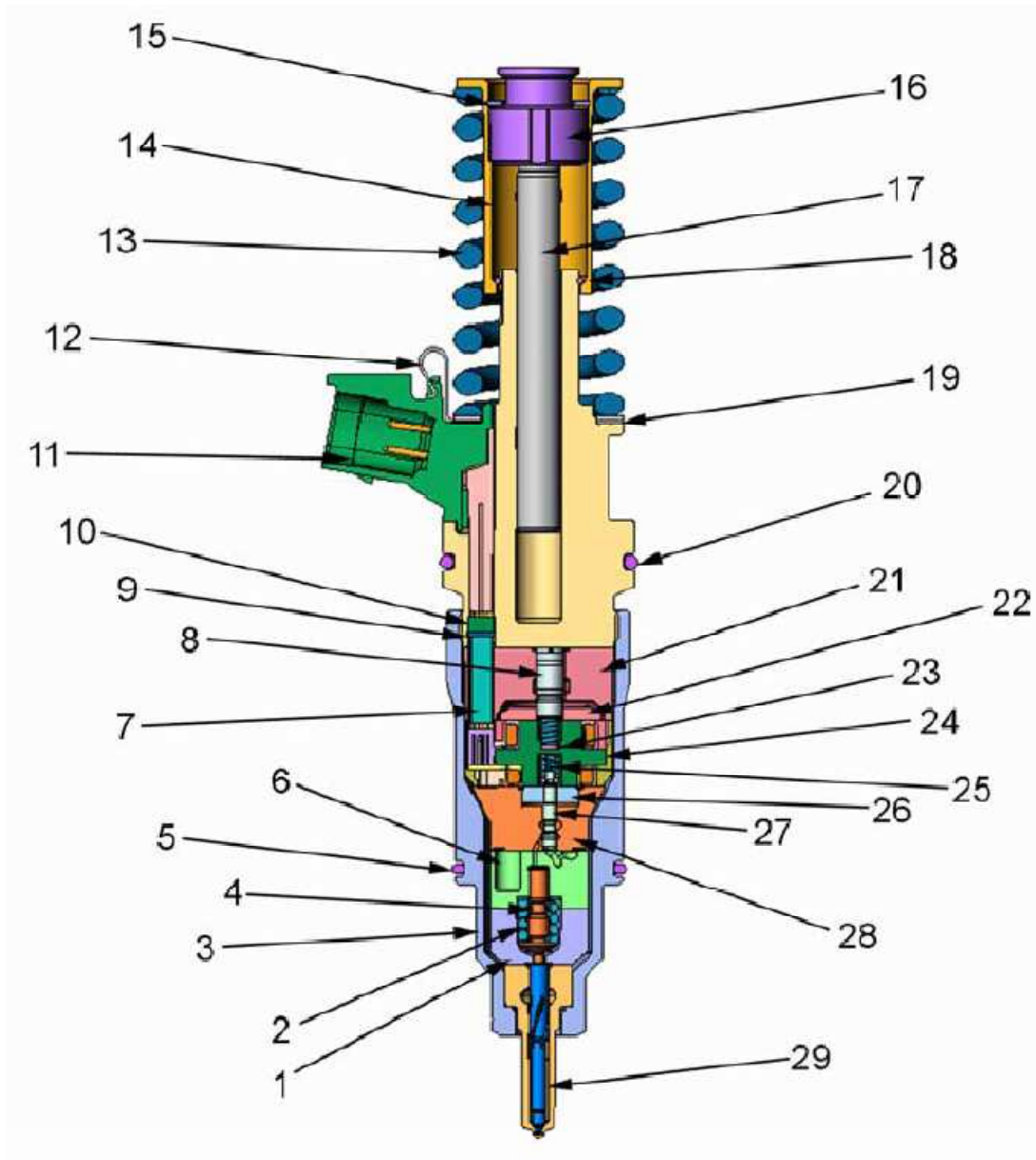


Figura 3.12: Componentes del Inyector Delphi E3  
Fuente: Delphi E3 Diesel Electronic Unit Injector. DIESELUSAGROUP®, Delphi, Michigan USA,  
2014. [www.delphi.com](http://www.delphi.com)



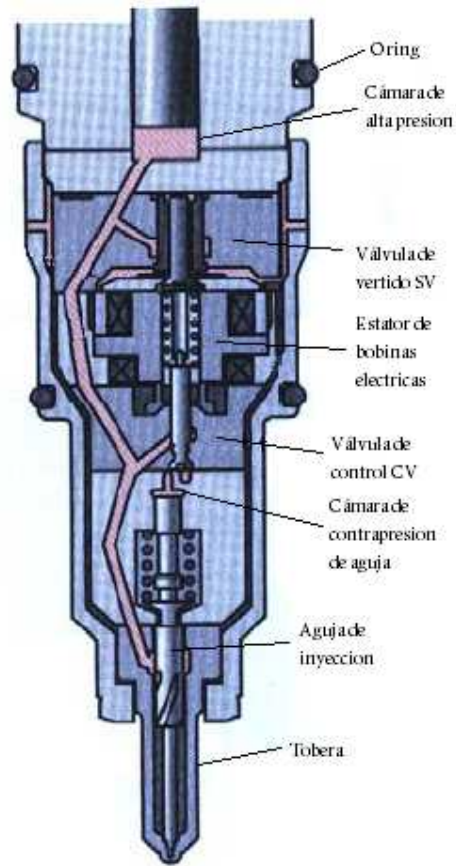


Figura 3.13: Módulos del Inyector Delphi E3

Fuente: Delphi E3 Diesel Electronic Unit Injector. DIESELUSAGROUP®, Delphi, Michigan USA, 2014. [www.delphi.com](http://www.delphi.com)

#### **Paso 4: Desarrollar una Identificación del Funcionamiento de los Componentes del Inyector.**

##### ***Flujo de combustible.***

1. El combustible ingresa al capuchón roscado del inyector para después pasar a través de un pasaje perforado en el área de módulo de la válvula de vertido SV hasta el émbolo.
2. El lóbulo de la leva comienza a levantarse haciendo que el balancín empuje hacia abajo el émbolo. A medida que el émbolo se mueve aproximadamente dos tercios de su altura en la carrera de compresión. Justo antes de empezar la etapa de la inyección, el MCM envía un pulso electrónico que activa el solenoide de la válvula de vertido SV que es NA (cierra), atrapa y presuriza el combustible bajo el émbolo y pasajes que conducen a la válvula de aguja además de la cámara de contrapresión. El aumento de presión del combustible continúa con la carrera descendente del émbolo.
3. Esta presión de combustible actúa sobre la cámara de contrapresión. Esto evita que la válvula de aguja se levante de su asiento y la presión de combustible sigue aumentando en el interior del inyector. Cuando se energiza la válvula de control de la aguja, se retira la contrapresión de combustible de la parte superior de la válvula

de aguja. Cuando la presión del combustible es suficientemente alta para superar la fuerza de resorte de la válvula de aguja que sostiene la aguja sobre su asiento, la válvula de aguja de control se mueve hacia arriba, permitiendo que el combustible salga a alta presión para rociar en la cámara de combustión. La alta presión del combustible que pasa a través de los pequeños orificios de la boquilla crea un aerosol finamente atomizado para la combustión dentro del cilindro.

4. Después de transcurrido el tiempo de anchura de pulso, el MCM desenergiza los solenoides de los inyectores. El solenoide permite que el resorte pueda abrir la válvula de control, permitiendo que el combustible atrapado no se derrame hacia abajo, dejando caer la presión dentro del inyector. Cuando la presión es suficientemente baja la válvula de aguja se cierra y termina la inyección.

#### **Tiempo de respuesta del inyector (IRT).**

El comienzo de la inyección y la medición del combustible en relación con la posición del cigüeñal están controlados por el MCM. Inyección comienza pronto después de que se cierra la válvula de control. El punto de cierre de la válvula conocida como el tiempo de respuesta del inyector se devuelve a la MCM. Esta información se utiliza para controlar y ajustar la sincronización de la inyección, eliminando así las influencias de variación de inyector-a-inyector en la sincronización. La cantidad de combustible inyectado depende de la anchura de pulso almacenados en la calibración que determina el tiempo que la válvula de control permanece cerrada; el más grande de la anchura del pulso más larga es la válvula se cierra y se inyecta más combustible.

#### **Final de la inyección.**

Cuando el brazo basculante inyector ha completado su recorrido hacia abajo el resorte de seguidor inyector lo devuelve a la posición de partida. A medida que el émbolo se mueve hacia arriba combustible entra en el inyector de bombeo de cavidad para otro ciclo de inyección. La circulación constante de combustible a través del inyector renueva el suministro de combustible en la cámara y ayuda a la refrigeración del inyector.

#### ***Operación***

#### **Válvula solenoide de Vertido (SVS)**

El inyector funciona como un EUI convencional con una válvula solenoide de vertido que controla la válvula de escape conectado a una cámara de bombeo. Esta válvula (SVS) es NA, el combustible no puede presurizar el interior de la cámara de bombeo y el combustible se mueve hacia atrás y hacia delante de la galería de combustible de baja presión que rodea al inyector. Al energizarse la válvula solenoide NA se pone en marcha la presión en la cámara de bombeo.

#### **Aguja de la válvula solenoide (NVS)**

La aguja de la válvula de control (NCV) también es operado por un solenoide. Es NC, el combustible se dirige a alta presión desde la cámara de alta presión hasta una cámara por encima de la válvula de aguja. La presión de combustible por encima de la válvula de la aguja, junto con la presión del resorte de la válvula de boquilla mantiene la válvula firmemente sobre su asiento. ECM regula el comienzo y el final de los eventos de inyección, temporización, y presurización de combustible. El control programable de apertura de aguja de inyección durante la presurización de combustible (cuando el SCV

está cerrado) permite la atomización más fina de combustible con una mayor pulverización en presiones - particularmente al final de los eventos de inyección. Esto significa valores que pueden ser tan altos como 20,000psi. A diferencia de los inyectores antiguos que pueden abrir a 5.000-psi y cierran a 3500 psi con una relación diferencial típica de inyección, las boquillas en E3 puede abrir altas presiones y permanecer altas durante todo el evento de inyección.

### Presurización

Se energiza la SV y el émbolo de bombeo es impulsado hacia abajo por el árbol de levas. La válvula NCV se cierra NA. La presión de combustible obliga hidráulicamente la válvula de aguja contra su asiento.

### Inyección

Cuando ambos solenoides están energizados. La presión hidráulica que sostiene la válvula de la boquilla en su asiento se libera cuando se abre el solenoide NCV. Esto permite que la válvula de aguja se levante. Sincronización, velocidad y presión de inyección son todos electrónicamente controlados.

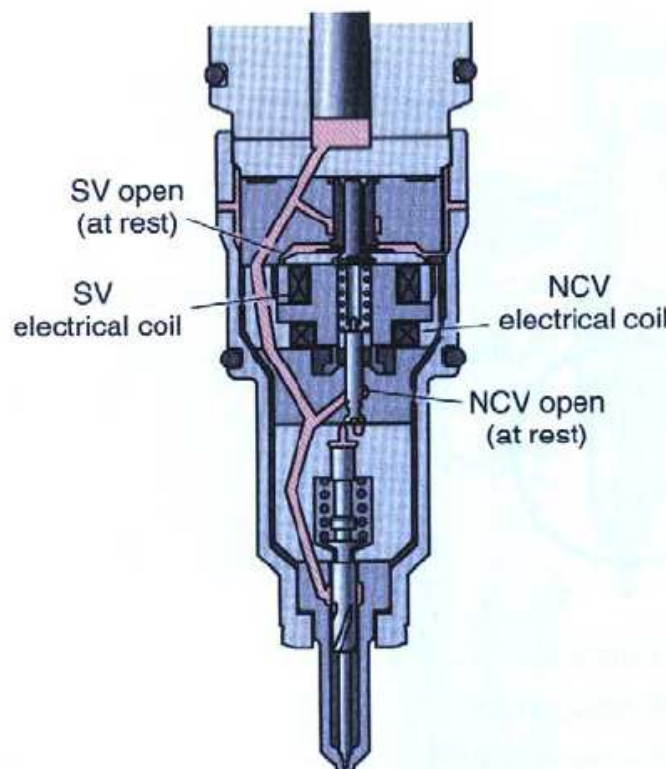
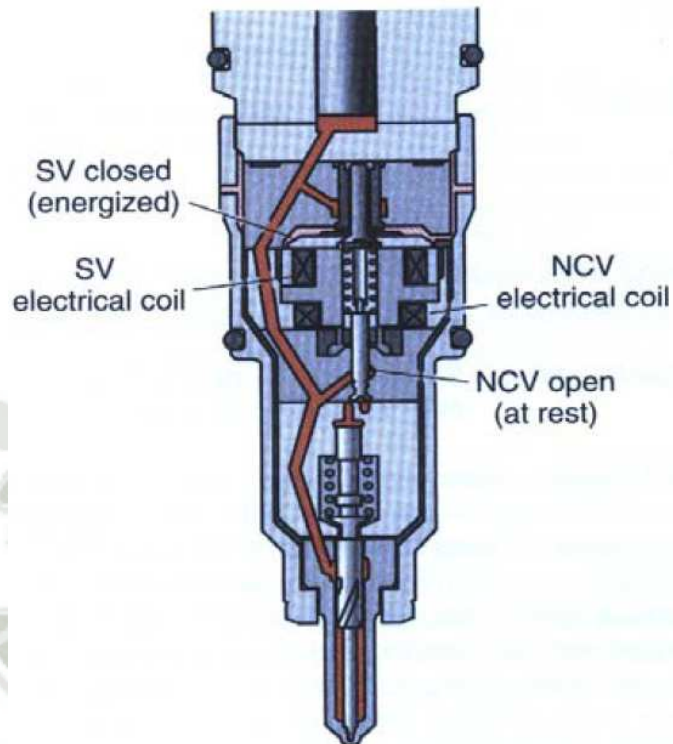
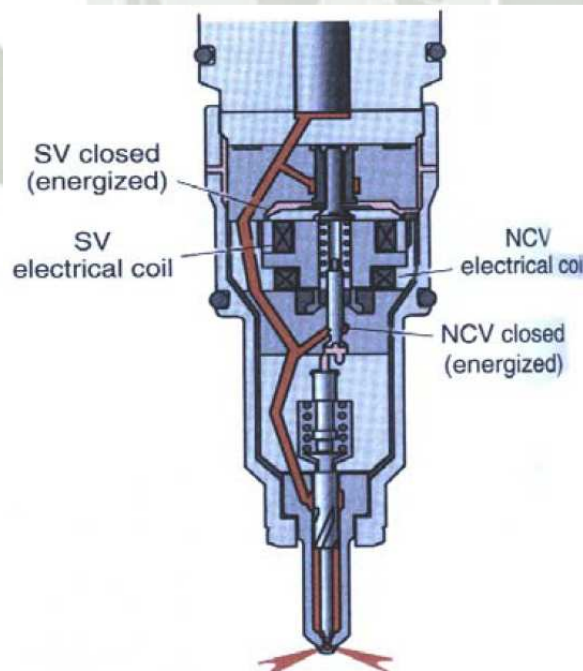


Figura 3.14: Fase de Admisión de Combustible.

Fuente: Diagramas de Sean Bennett tercera Ed. Motores y Sistemas de Gestión de combustible computarizados.



*Figura 3.15: Fase de Compresión de Combustible.  
Fuente: Diagramas de Sean Bennett tercera Ed. Motores y Sistemas de Gestión de combustible computarizados.*

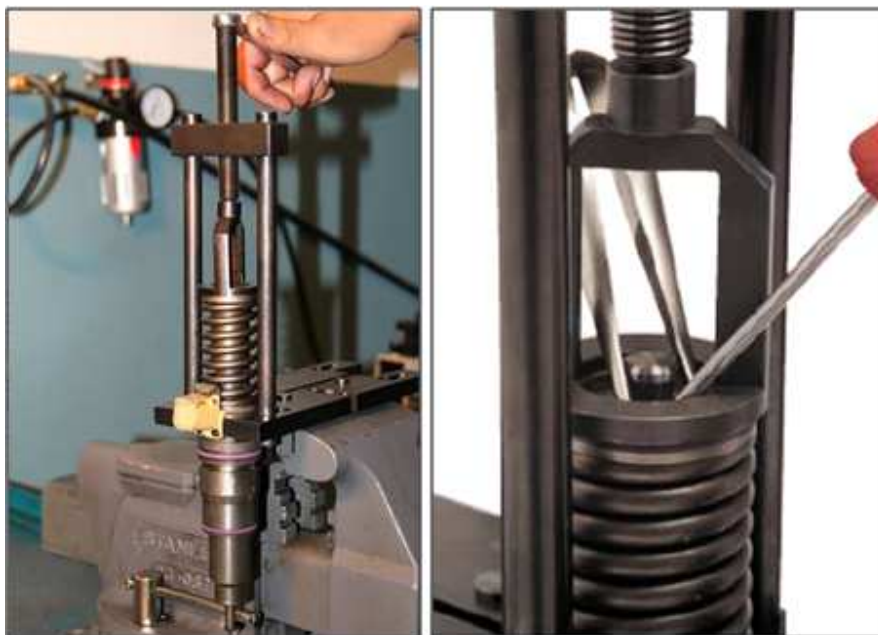


*Figura 3.16: Fase de Inyección de Combustible.  
Fuente: Diagramas de Sean Bennett tercera Ed. Motores y Sistemas de Gestión de combustible computarizados.*

## Paso 5: Desmontaje, Limpieza e Inspección general de inyectores

### **DESMONTAJE DEL RESORTE DEL EMBOLO**

Asegurar el inyector a través de una prensa mecánica Hydraclamp, acople de sujeción YDT385 y compresor de resortes YDT386 para retirar los seguros del casquillo de empuje y del embolo por medio una pinza.



*Figura 3.17: Desmontaje del Resorte del Conjunto Resorte  
Fuente: Elaboración Propia.*

Colocar los componentes en una bandeja limpia para el desmontaje.



*Figura 3.18: Despiece del conjunto Impulsor  
Fuente: Elaboración Propia.*

### ***DESMONTAJE DEL CONJUNTO DE MODULOS***

A través de una mordaza especial YDT388 se desmonta el capuchon roscado y se retira cuidadosamente todos los módulos y sus componentes.



*Figura 3.19: Desmontaje del conjunto de Módulos Delphi E3  
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura 3.20: Desmontaje del Capuchón Roscado Delphi E3  
Fuente: Elaboración Propia.*



*Figura 3.21: Desmontaje de los 5 Módulos Delphi E3  
Fuente: Elaboración Propia.*

Nota: Colocar los componentes en una bandeja limpia para el desmontaje.

### ***INSPECCIÓN DE COMPONENTES***

Es esencial inspeccionar el estado de conservación (desgaste) y de funcionamiento de los componentes para la determinación de sus reemplazos.

**Cuerpo:** Verificar que la rosca no esté dañada.



*Figura 3.22: Daños en el Cuerpo Roscado del Inyector Delphi E3  
Fuente: Elaboración Propia.*

Verificar la presencia de marcas o ralladuras en las superficies de contacto en los módulos, si las marcas son severas serán inaceptables. Además revisar el estado de las guías, si presentan doblez o rotura muy importantes en el acoplamiento exacto de los módulos en línea.



*Figura 3.23: Ralladuras o Rupturas en los Módulos*  
*Fuente: Elaboración Propia.*

#### **Casquillo de Empuje:**

Examinar la superficie del casquillo de empuje. La superficie debe estar lisa. Si hubiera un resalte de desgaste anormal, se descarta y sustituye el casquillo de empuje.



*Figura 3.24: Desgaste de Casquillo de Empuje*  
*Fuente: Elaboración Propia.*



### Manguito de Empuje:

Examinar el manguito de empuje. La superficie debe estar plana. Si hubiera algún resalte o ranura en la cara, se descarta y sustituye el manguito de empuje.



Figura 3.25: Ralladuras de Desgaste en Manguito de Empuje  
Fuente: Fuente: Elaboración Propia.

### Módulo de Válvula de Vertido SV y Módulo de Válvula de Control CV:

Para estas Válvulas se les hacen pruebas de planicidad de sus armaduras en 4 puntos distintos para verificar si existen desniveles. Todo esto se realiza con un comparador digital graduado especialmente en cero a través de un acople de nivel.

### Estator de los solenoides eléctricos:

Prueba de resistencia eléctrica: Emplear un polímetro o comúnmente llamado multímetro en rango de  $0,01 \Omega$  de resolución para verificar la resistencia entre los dos terminales de cada solenoide (de activación de la válvula SV y la válvula CV). La resistencia debe estar entre  $1,35 \Omega$  y  $1,75 \Omega$ . Si la resistencia se encuentra fuera de estos valores, se deber reemplazar el conjunto del actuador.

Prueba de radiación electromagnética: Empleando un gaussímetro se verifica que la radiación electromagnética deben estar menor a  $< +/- 1$ .



Figura 3.26: Estator de los Solenoides Eléctricos  
Fuente: Delphi.com.

## Conjunto de tobera

Examinar el cuerpo de la tobera y asegurarse de que los orificios de las toberas y las galerías de combustible no están bloqueados. Verificar que el cuerpo y la aguja de la tobera no tienen la coloración azul característica del sobrecalentamiento. Si tienen la coloración azul, descartar la tobera.

Otros defectos más evidentes que pueden ocurrir se enumeran a continuación:

### a) Erosión

Esto puede estar causado por la presencia de partículas sólidas, tanto en la forma de residuos de la combustión como de suciedad de la admisión de aire en el motor. Estas partículas, bajo la influencia de las turbulencias en la cámara de combustión, crean un efecto de granallado en la cara externa de la tobera. Con el tiempo, la cara externa de la tobera sufre un desgaste excesivo que la hace inoperante.

### b) Rotura de la punta del cuerpo de la tobera

Esta rotura puede resultar de la obturación de la tobera de pulverización.

### c) superficie de contacto de tobera y porta muelle

Si la cara superior de contacto con la tobera presenta una marca visible de contacto, medir la profundidad de esta marca de contacto con respecto a la zona adyacente. Si la profundidad es inferior o igual a 0,1 mm, la placa del adaptador es aceptable. Si la profundidad es superior a 0,01 mm, se debe. Sustituir el porta muelle.

### d) Resorte de compresión

Examinar el resorte interna y externamente por la posibilidad de erosión por cavitación. Se debe. Sustituir el resorte ante la presencia de este defecto.

## Sustitución de la tobera

La superficie de la tobera de un inyector EUI es de menor dureza que la de otros tipos de toberas. Es por tanto más vulnerable a daños durante el manejo y operaciones de limpieza en general.

Consecuentemente, se recomienda sustituir el conjunto de la tobera por una nueva durante las operaciones de reparación independientemente del estado de la tobera.

**NOTA:** Para el caso de toberas que aún están en buen estado se sigue el siguiente servicio de reparación SR1:

Primero a través de un tanque de ultrasonido HM1030 y segundo repara con el equipo de prueba HH701 Testmaster Hartridge, este proceso se detalla en el siguiente **ANEXO VII**.

**Paso 6: Selección del Tipo de Servicio de Mantenimiento de Inyectores (SM1 SM2 SM3):**

SM1: Limpieza de Toberas y Modulo de Válvulas Usadas (SR1 y SR2).

SM2: Reemplazo de Toberas Nuevas pero no Módulos de Válvula (SR1 y SR2).

SM3: Reemplazo de Toberas y Módulos de Válvula Nuevas (SR1 y SR2).



*Figura 3.27: Principales Componentes de Reemplazo  
Fuente: Delphi.com.*

En caso de SM2 y SM3 se prefiere realizar reemplazos de los componentes nuevos a los 6 inyectores.

**Paso 7: Servicio de Reparación: Pruebas de Diagnóstico y Calibración de Inyectores EUI.**

**SR1: Servicio de Reparación de Toberas.**

- Prueba de Diagnostico de presión y tarado
- Prueba de Diagnostico de estanqueidad
- Prueba de Diagnostico de pulverización y dirección de chorro
- Calibración por Laminas en el asiento del resorte de la tobera.

Se realizan a través de dos formas:

- Por medio de un probador manual CAV (Ver **Figura 3.2**)
- Por medio de un equipo de pruebas HH701 Testmaster Hartridge, los procedimientos de Diagnóstico y Calibración se detallan en el **ANEXO VII**.

## SR2: Servicio de Reparación de Módulos en General.

- Prueba de Diagnostico de atracamiento
- Prueba de Diagnostico de caudal
- Calibración por Laminas en el asiento del resorte de las válvulas de control.

En cualquiera de los servicios de mantenimiento SM1-SM2-SM3, se realiza primero el servicio de reparación SR1 y luego el SR2.

### Pruebas de Diagnóstico y Calibración: SR2.

Para las Pruebas de Diagnóstico usaremos el banco de pruebas de AVM2-PC Hartridge.

Como ya se detalló las Herramientas y Accesorios que se usaran en el banco de pruebas para el tipo de inyector Delphi E3. Se muestran de forma correcta revisando cuidadosamente su buena posición de trabajo tanto de los accesorios del conjunto de cambox como las conexiones de combustible y de conexiones eléctricas de los controladores de pulso.

Una vez lista el montaje de Herramientas y Accesorios se procede a iniciar el monitor de la computadora para iniciar la aplicación necesaria para el inyector Delphi E3 en el software. El manejo del software se resume en las siguientes imágenes:

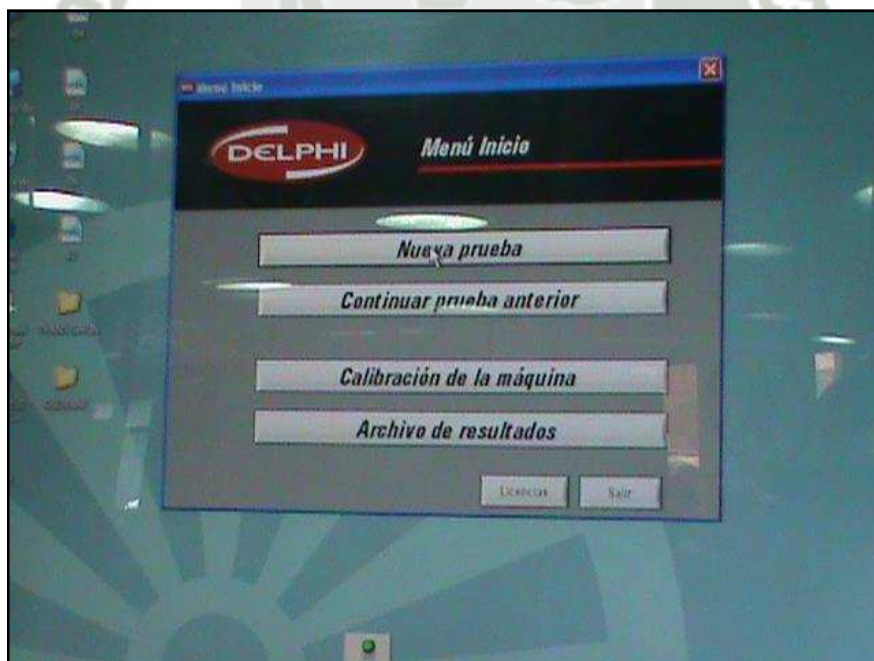
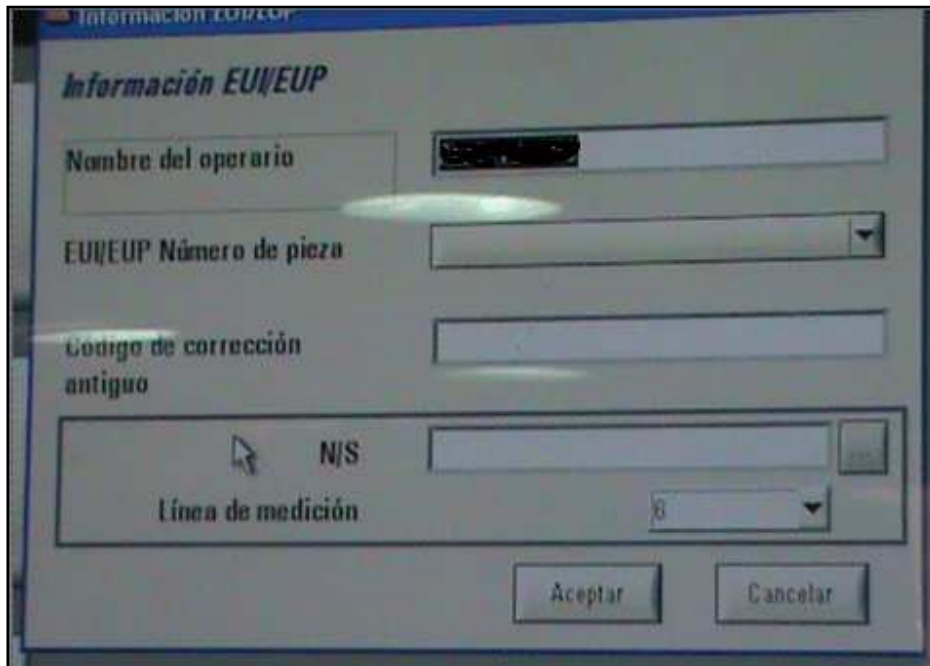


Figura 3.28: Menú Inicio.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).



Información EUI/EUP

Nombre del operario

EUI/EUP Número de pieza

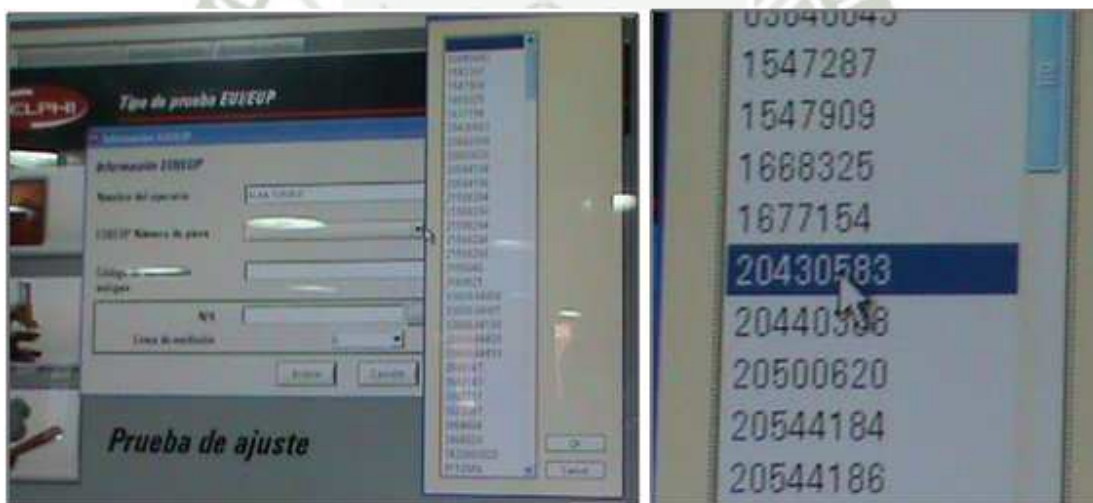
Código de corrección antiguo

N/S

Línea de medición 8

Aceptar Cancelar

Figura 3.29: Información EUI/EUP.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).



Tipo de prueba EUI/EUP

Prueba de ajuste

Información EUI/EUP

Nombre del operario

EUI/EUP Número de pieza

Código de corrección antiguo

N/S

Línea de medición

1547287

1547909

1668325

1677154

20430583

20440338

20500620

20544184

20544186

Figura 3.30: EUI/EUP Número de Pieza.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).



Figura 3.31: Parámetros de funcionamiento Delphi E3 (Semiautomática).  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).

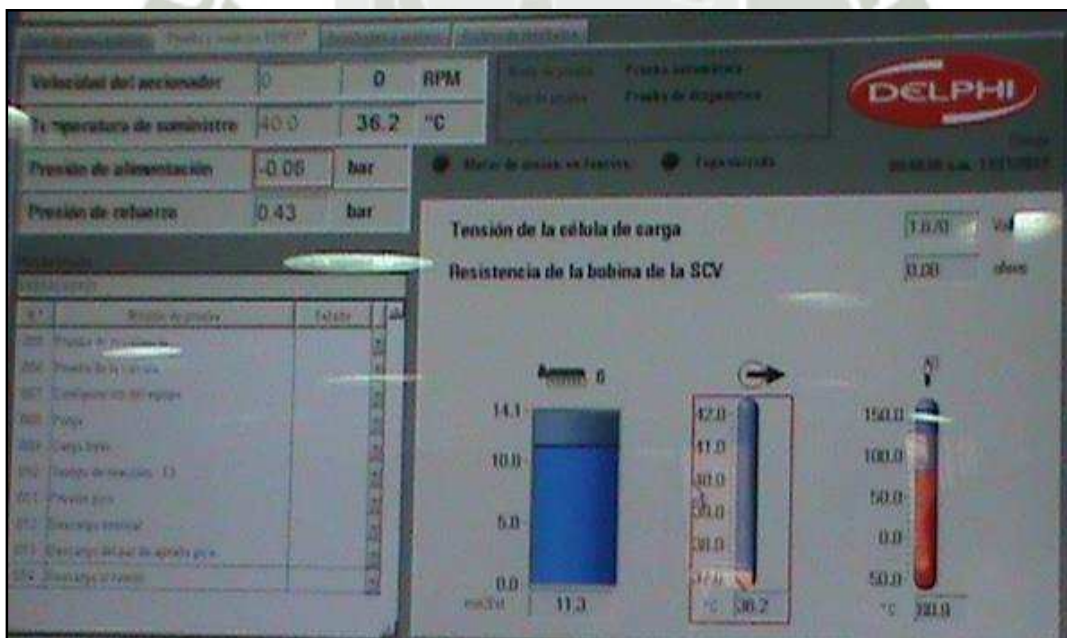


Figura 3.32: Parámetros de funcionamiento Delphi E3 (Automático).  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).

005	Prueba de resistencia	✓
006	Prueba de la válvula	✓
007	Configuración del equipo	✓
008	Purga	✓
009	Carga base	✓
010	Tiempo de reacción - T3	✓
011	Presión pico	✓
012	Descarga nominal	✓
013	Descarga del par de apriete pico	✓
014	Descarga al ralentí	✓

*Figura 3.33: Check de Pruebas Realizadas Correctamente.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).*

#### **Paso 8: Resumen de Resultados:**

Se detalla un informe de los resultados a las que se sometió el inyector en su reparación. Ver **Capítulo IV** de Análisis de resultados.

#### **Paso 9: Análisis económico**

Se detalla un informe de los resultados a las que se llegó en la reparación que se realizó en este tipo de inyector. Ver **Capítulo IV** de Análisis de resultados.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### RESULTADOS

El resultado final de las pruebas realizadas en el inyector EUI Delphi E3 (4 pines), pertenecientes a motores Diesel D12,D13 de camiones Volvo FM,FMX, se detallaran en los siguientes informes:

Información EUI-EUP						Hora de la prueba		Nombre del operario		DELPHI															
Número de pieza	21340611					2015/04/09 12:11:48																			
Número de serie	00590046																								
Antiguo número																									
Nuevo número	LNJ3B0AZ1																								
Prueba general (apto/no apto)	<input checked="" type="checkbox"/>																								
Detalles sobre resultados						Datos de diagnóstico		Datos de ajuste																	
21340611 00590046 20150409 115930.DRF						Velocidad del accionador (RPM)	Temperatura de suministro (°C)	Temp. del inyector (°C)	Presión de alimentación (bar)	Carga base (Volts)															
N.º	Información sobre resultados	Valor	Mín.	Máx.	Unidades	Estado	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
7	- Prueba de la válvula NCV	278.2	230.0	420.0	bar	✓	550.0	679.0	550.0	550.0	678.0	679.0	679.0	679.0	679.0	678.8	679.0	679.0	678.7	814.0	814.0	543.0	542.7	400.0	400.0
8	- Prueba de la válvula NCV	1503.1	1150.0	2500.0	bar	✓	40.1	39.3	39.2	39.6	39.9	40.2	40.4	40.5	40.5	40.4	40.1	39.6	39.1	39.4	39.7	40.1	40.3	40.5	40.4
9	- Purga	10.0	-32.3	32.3	mm3/st	✓	32.0	36.2	39.2	39.5	36.0	35.4	39.8	41.0	42.5	44.2	43.4	46.6	46.7	49.3	50.1	48.1	49.6	45.9	44.5
10	- Tiempo de reacción T4 de la NCV	77.2	-80.0	80.0	µS	✓	5.97	5.92	5.90	5.92	5.84	5.92	5.84	5.92	5.84	5.86	5.94	5.87	5.90	5.85	5.97	5.90	5.91	5.91	
11	- Tiempo de reacción T3 de la SCV	-68.0	-100.0	100.0	µS	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	- Tiempo de reacción T4 de la SCV	-5.0	-100.0	100.0	µS	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	- Tiempo de reacción T3 de la NCV	-60.0	-80.0	80.0	µS	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	- Descarga en bruto	-2.0	-16.1	16.1	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	- Descarga corregida	0.0	-6.5	6.5	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	- Descarga nominal	3.1	-12.5	12.5	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	- Presión pico	-46.8	-150.0	150.0	bar	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	- Par de apriete máximo	-2.5	-12.5	12.5	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	- Preinyección	-4.7	-8.0	8.0	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	- Caudal Piloto Corregido	-1.1	-2.5	2.5	mm3/st	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 4.1: Informe de Resultados Superados.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).



		<b>Tipo de prueba</b> Prueba de ajuste <b>Nombre del operario</b>		<b>Hora de la prueba</b> 2015/04/09 12:11.48 <b>Nombre del propietario</b> ingenieria diesel		
		<b>Información EUI/EUP</b> Número de pieza                    21340611 Número de serie                    00590046 Antiguo número Nuevo número                        LNJ3B0AZ1				
<b>Detalles sobre resultados</b>						
N.º	Información sobre resultados	Valor	Min.	Máx.	Unidades	Estado
1	<b>Resultados eléctricos</b>					
2	- Resistencia de la SCV	1.790	1.600	2.100	Ohms	✓
3	- Resistencia de la NCV	1.469	1.250	1.650	Ohms	✓
4	- Prueba de la válvula OK	-	-	-	-	✓
5	<b>Resultados del ajuste</b>					
6	- Resultados	-	-	-	-	✓
7	- Prueba de la válvula NCV	278.2	230.0	420.0	bar	✓
8	- Prueba de la válvula NCV	1503.1	1150.0	2500.0	bar	✓
9	- Purga	10.0	-32.3	32.3	mm3/st	✓
10	- Tiempo de reacción T4 de la NCV	77.2	-80.0	80.0	µS	✓
11	- Tiempo de reacción T3 de la SCV	-68.0	-100.0	100.0	µS	✓
12	- Tiempo de reacción T4 de la SCV	-5.0	-100.0	100.0	µS	✓
13	- Tiempo de reacción T3 de la NCV	-60.0	-80.0	80.0	µS	✓
14	- Descarga en bruto	-2.0	-16.1	16.1	mm3/st	✓
15	- Descarga corregida	0.0	-6.5	6.5	mm3/st	✓
16	- Descarga nominal	3.1	-12.5	12.5	mm3/st	✓
17	- Presión pico	-46.8	-150.0	150.0	bar	✓
18	- Par de apriete máximo	-2.5	-12.5	12.5	mm3/st	✓
19	- Preinyección	-4.7	-8.0	8.0	mm3/st	✓
20	- Caudal Piloto Corregido	-1.1	-2.5	2.5	mm3/st	✓

Figura 4.2 : Resumen del Informe de Resultados Superados.  
Fuente: Elaboración Propia (Hartridge).

## INTERPRETACION DE RESULTADOS

Para una mejor interpretación de estos resultados se analizarán tres condiciones de funcionamiento de velocidad del eje de leva en rpm:

- ✓ 550±7 (condición de ralentí).
- ✓ 679±1 (condición nominal).
- ✓ 814±1 (condición máxima).

TABLA VI: Niveles de Velocidad del eje de Levas.

Veloc. del accionador (rpm)	Temp. de suministro (°C)	Temp. del inyector (°C)	Presión de alimentación (bar)
550.0	40.1	32.0	5.97
679.0	39.3	36.2	5.92
550.0	39.2	39.5	5.90
550.0	39.6	36.0	5.92
678.0	39.9	35.7	5.84
679.0	40.2	35.4	5.92
679.0	40.4	39.8	5.84
679.0	40.5	41.0	5.92
679.0	40.5	42.5	5.84
678.8	40.4	44.2	5.88
679.0	40.1	43.4	5.94
679.0	39.6	46.6	5.87
678.7	39.1	46.7	5.90
814.0	39.4	49.3	5.85
814.0	39.7	50.1	5.90
543.0	40.1	48.1	5.97
642.7	40.3	49.6	5.90
400.0	40.5	45.9	5.91
400.0	40.4	44.5	5.91

Para una mejor obtención de resultados se prefiere suministrar el 'combustible' (fluido especial de trabajo hartridge) a una temperatura de 40°C y una presión de alimentación promedio de 6 bar. Y en consecuencia de las altas presiones de trabajo del inyector este va en aumento directamente proporcional a la subida de los rpm, como se muestra en la tabla.

De acuerdo a las características de funcionamiento de inyectores Delphi e3, los rangos de trabajo ideal de parámetros de control están dados por hartidge por respaldo de Delphi. Se distinguen cuatro parámetros de control importantes:

1. Medida de Resistencia eléctrica del estator del solenoide, que para este caso son dos dados en [ohms]:

TABLA VII: Resistencia Eléctrica del Solenoide.

	valor	min	max	unidad
Resistencia de la SCV	1.79	1.6	2.1	Ohms
Resistencia de la NCV	1.469	1.25	1.65	Ohms

2. Presión de Apertura de Válvulas SCV y NCV. Es la presión a la que se inicia la inyección después de la activación eléctrica de las válvulas, hasta alcanzar la presión de 2500bar. Además se puede proveer la opción de una inyección piloto o preinyección. Datos en [bar].

TABLA VIII: Presión de Apertura de Válvulas.

	valor	min	max	unidad
Prueba de la válvula NCV	278.2	230.0	420.0	bar
Prueba de la válvula SCV	1503.1	1150.0	2500.0	bar
Presión pico (preinyeccion)	-46.8	-150.0	150.0	bar

3. Duración de Retardo o Reacción de Válvulas SCV y NCV. Es la medida o intervalo de tiempo adecuado que debe tomarse para la activación del próximo pulso. T3 (retraso) y T4 (adelanto). Dado en [ $\mu$ s].

TABLA IX: Duración de Reacción de Válvulas SCV y NCV.

	valor	min	max	unidad
Tiempo de reacción T4 de la NCV	77.2	-80.0	80.0	$\mu$ s
Tiempo de reacción T3 de la SCV	-68.0	-100.0	100.0	$\mu$ s
Tiempo de reacción T4 de la SCV	-5.0	-100.0	100.0	$\mu$ s
Tiempo de reacción T3 de la NCV	-60.0	-80.0	80.0	$\mu$ s

4. Cantidad de combustible suministrado a un cilindro del motor por carrera de potencia se expresa en [mm<sup>3</sup>/carrera] o [mg/carrera].

TABLA X: Descarga de combustible por Carrera.

Descarga en bruto	-2.0	-16.1	16.1	mm <sup>3</sup> /st
Descarga corregida	0.0	-6.5	6.5	mm <sup>3</sup> /st
Descarga nominal	3.1	-12.5	12.5	mm <sup>3</sup> /st

Par de apriete máximo	-2.5	-12.5	12.5	mm <sup>3</sup> /st
Preinyección	-4.7	-8.0	8.0	mm <sup>3</sup> /st
Caudal Piloto Corregido	-1.1	-2.5	2.5	mm <sup>3</sup> /st

## ANALISIS DE RESULTADOS

La evaluación técnica de parámetros de funcionamiento de inyectores nos permite lograr una metodología de trabajo eficiente que logra prolongar un periodo de vida adicional útil a estos inyectores, siendo uno de los objetivos que se planteó obtener en esta tesis, así como consecuencia de la evaluación técnica se puede obtener un ahorro económico de dos niveles según el servicio (SM2 o SM3) que se plantee en este laboratorio de pruebas.

### Garantía Volvo OE (Nueva EUI)

- 2 años / 200.000 km o 30 meses desde la fecha de EUI Fabricación
- Garantía de intercambio a través de Volvo solamente

### Garantía Volvo OE (Re manufactura EUI)

- 1 año
- Garantía de intercambio a través de Volvo solamente

### Delphi Diesel Aftermarket (Re manufactura EUI)

- 1 año
- Garantía de intercambio a través de Delphi únicamente

### Delphi Diesel Aftermarket (Repuestos)

- 1 año
- Garantía autorizada por Delphi EUI únicamente

Según una cotización obtenida en los laboratorios de la empresa Ingeniería Diesel Laboratorios S.A se tiene lo siguiente:

El inyector bomba con codificaciones nuevas para inyectores Delphi E3 de cuatro pines presentes en equipos volvo FH/FM el precio regular de reparación se detalla por unidad:

- ❖ 200 – 250 USD (SM2: Servicio de Mantenimiento con cambio de Toberas Nuevas)



- ❖ 400 – 500 USD (SM3: Servicio de Mantenimiento con cambio de Toberas y Módulos de Válvula Nuevas)



Según una cotización obtenida en las tiendas de la empresa Volvo Perú S.A se obtuvo lo siguiente: El inyector bomba codificado como VO 8113845 el precio regular el 2014 fue de 1005.84 USD por unidad. También la cotización del inyector bomba VO 85003263 para un motor D13A el precio regular en dólares es de 1451.51 USD por unidad este 2015.



## MOTOR

Descripción	Precio regular	
	USD	S/.
VO 21772668 Ventilador de motor	1,143.03	3,314.79
VO 21312236 Manguera de carga de aire	217.08	629.55
VO 20515376 Juego de camisas de cilindro	921.36	2,671.93
VO 8113408 Inyector bomba FH/FM	1,005.31	2,915.41
VO 8113409 Inyector bomba B12M	1,005.31	2,915.41
VO 8112818 Inyector bomba F12	1,005.31	2,915.41
VO 21587332 Inyector bomba VM	1,449.95	4,204.85
VO 8129523 Tubo de admisión de aire	603.96	1,751.48
VO 422954 Inyector FL10	663.40	1,923.85
VO 20729259 Enfriador de aceite	957.81	2,777.64
VO 21644598 Kit de inyector bomba	1,938.02	5,620.26
VO 20501391 Soporte delantero de motor	453.04	1,313.81
VO 20541883 Manguera de refrigeración	400.63	1,161.84
VO 8113845 Inyector bomba FM	1,005.84	2,916.95



Volvo Trucks. Driving Progress.

## SISTEMA DE INTERCAMBIO VOLVO



VO 85003263  
Stock 100  
**Kit de inyector bomba  
D13A**  
Precio regular:  
US\$ 1,451.51 o S/. 4,499.67  
Precio oferta:  
**US\$ 870.90 o S/. 2,699.79**

Figura 4.3 : Cotización de Inyectores EUI en Volvo Perú S.A  
Fuente: Volvo Perú S.A

Tomando como referencia un servicio de mantenimiento del tipo SM3 y la cotización de un inyector VO 85003263 integro nuevo, como se detalla en la **tabla XI**, se puede concluir que se da un ahorro significativo de 43% al 65% del costo que involucraría comprar inyectores nuevos. Este ahorro se reflejaría también en los costos de una inversión en el mantenimiento de overhaul completo de un motor volvo. La empresa Mecatronic Diesel El Brujo EIRL es un taller que cuenta con técnicos especialistas en equipos Volvo, y nos detallan en el cuadro del **Anexo VIII**, los costos aproximados de un eventual mantenimiento de overhaul de un motor volvo.

*TABLA XI: Costo de Servicio de Mantenimiento versus Nuevos*

Referencia de Servicio	Costo por Servicio de Mantenimiento	
	1 unid.	6 unid.
<b>SM1</b>	-	-
<b>SM2</b>	250 USD	1500 USD
<b>SM3</b>	500 USD	3000 USD
Referencia de unidad Volvo	Costo por Inyectores Bomba Nuevos	
	1 unid.	6 unid.
VO 85003263	1451.51 USD	8709.06 USD

*Fuente: Elaboración Propia.*

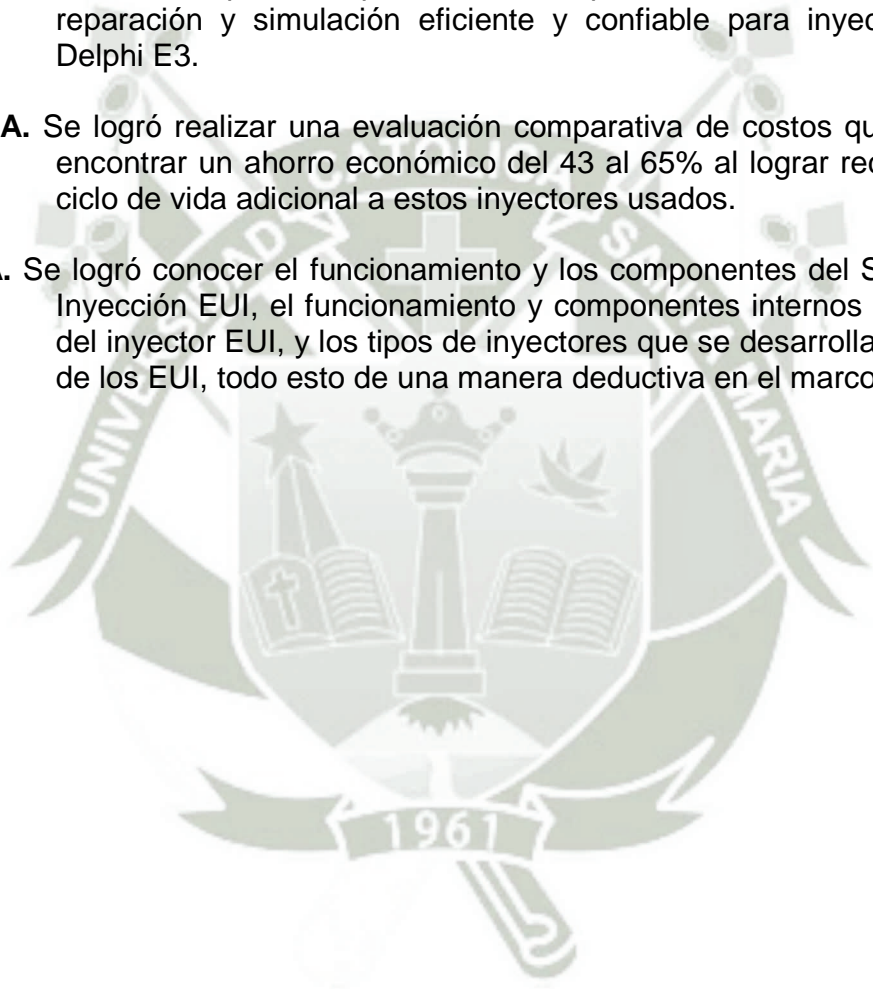
Es necesario recordar que no está dentro del objetivo de esta tesis calcular o encontrar la recuperación anual de costos de inversión en una futura implementación de un laboratorio; pero daremos un alcance promedio de los costos para la obtención de un banco de pruebas con la implementación básica para inyectores EUI en la empresa Hartridge según una cotización proporcionada por Bernard Shiner encargado de las ventas de equipos Hartridge en el Perú (bernardshiner@gmail.com):

Banco de pruebas AVM2-PC → \$140,000 incl. IGV  
 Accesorios del Banco para EUI + Herramientas → \$20,000 incl. IGV  
 Tanque de Ultrasonido → \$5,000 incl. IGV

Un subtotal de \$165,000 incl. IGV

## CONCLUSIONES

- PRIMERA.** Se logró desarrollar una estrategia de evaluación de inyectores usados EUI del tipo Delphi E3 aplicados en motores Volvo FM y FMX, a través de la metodología de trabajo desarrollada en 9 pasos de aspecto técnico y de costo beneficio.
- SEGUNDA.** Se logró desarrollar una estrategia de evaluación clara y eficiente con equipos y herramientas Hartridge como el banco de pruebas de AVM2-PC que nos permitieron adoptar criterios de diagnóstico, reparación y simulación eficiente y confiable para inyectores EUI Delphi E3.
- TERCERA.** Se logró realizar una evaluación comparativa de costos que permitió encontrar un ahorro económico del 43 al 65% al lograr recuperar un ciclo de vida adicional a estos inyectores usados.
- CUARTA.** Se logró conocer el funcionamiento y los componentes del Sistema de Inyección EUI, el funcionamiento y componentes internos y externos del inyector EUI, y los tipos de inyectores que se desarrollaron dentro de los EUI, todo esto de una manera deductiva en el marco teórico.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORAL De La Cadena, Fabián A. ***Diseño e implementación de un banco de pruebas de inyectores de vehículos a diesel crdi para la escuela de ingeniería automotriz.*** Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Riobamba: ESPOCH, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 143p.
- LASCANO López, Diego F. y MONTACHANA Tenorio, Julio C. ***Banco de Pruebas de Inyectores Mecánicos para Motores Diesel.*** Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2011. 176p.
- SALINAS Carvajal, Diego A. y VILLAVICENCIO Ramos, José D. ***Diseño y Construcción Mecánica de un Banco para la comprobación de Inyectores Diesel: Denso, Delphi y Bosch del Sistema CRDI.*** Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 141p.
- SANGUCHO Leines, Carlos M. y ALANUCA Morales, Wilmer B. ***Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnostico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos HEUI.*** Trabajo de Titulación (Ingeniero Automotriz). Latacunga: ESPE, Escuela de Ingeniería Automotriz, Ecuador, 2013. 303p.
- VALLEJO Castillo, Alberto F. ***Sistema de Inyección Diesel Electrónico, para Servicio Automotriz Pesado. Principio de Funcionamiento.*** Trabajo de Titulación (Ingeniero Mecánico). Guatemala: USAC, Escuela de Ingeniería Mecánica, Guatemala, 2013. 278p.
- YUPENG, Wang, et al. ***Simulation investigation on the multiple injections of two-actuator controlled fuel injection system.*** En Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2010 International Conference on. IEEE, 2010. p. 358-361.
- HUANG, Yiqun; LEET, Jeffrey. ***Investigation of In-Cylinder NOx and PM Reduction with Delphi E3 Flexible Unit Injectors on a Heavy-Duty Diesel Engine.*** SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 2008, vol. 1, no 2008-01-1792, p. 1443-1453.
- 
- All Makes EUI & EUP Test.* The Hartridge Building, Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2005. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)
- Alonso J.M., 2001. *Sistemas de Inyección de combustible en los Motores Diesel*, Edit. Paraninfo, Capitulo 14.
- Application Coverage and Parts.* Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2013. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)
- Banco de pruebas de AVM2-PC.* The Hartridge Building, Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2006. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)
- Catalog of EUI/EUP Tester EUS-2000.* Injetronix, Injetronix, Beijing China, 2014. [www.injetronix.com](http://www.injetronix.com)
- Caterpillar. *Manual Caterpillar motor 3126E para camión.*
- Caterpillar. *Manual Caterpillar motores 3408E y 3412E.*
- Cummins CELECT & CELECT Plus Injectors.* Cummins, Cummins, USA, 2000.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación de motores ISM Y QSM11.* Boletín 4017781. Columbus: Cummins® Engine Company, 2000. 804 p.

- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación de sistema de control electrónico motores signatura, ISX Y QSX15*. Volumen I, Boletín 3150987-01. Columbus: Cummins® Engine Company, 2001. 866 p.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación de sistema de combustible ISM*. Volumen II, Boletín 3150948-00. Columbus: Cummins® Engine Company, 2000. 895 p.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación de sistema de control electrónico motores signatura, ISX Y QSX15*. Volumen II, Boletín 3150987-01. Columbus, Cummins® Engine Company, 2001. 866 p.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación de un sistema de combustible ISM*. Volumen I, Boletín 3150948-00. Columbus: Cummins® Engine Company, 2000. 368 p.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación motores signature, ISX Y QSX15*. Boletín 3150971-00. Columbus, Cummins® Engine Company, 2000. 722 p.
- Cummins Engine Company. *Manual de diagnóstico y reparación sistema de combustible signature*. Volumen I, Boletín 3150987-00. Columbus: Cummins® Engine Company, 2000. 372 p.
- Dagel, J. 1995. *Motores Diesel y sistema de inyección*. Limusa S.A ,tomo 3, Capitulo 5-6.
- Delphi E3 Diesel Electronic Unit Injector*. DIESELUSAGROUP®, Delphi, Michigan USA, 2014. www.delphi.com
- Delphi Electronic Unit Injectors*. DIESELUSAGROUP®, Delphi, Michigan USA, 2006. www.DieselUSA.com
- Departamento de Desarrollo Profesional Finning Sudamérica. *Curso de capacitación finning motores básico*. Bogotá: Caterpillar, 2007. 110 p.
- Detroit Diésel Corporation. *Conocimiento básico sistema electrónico DDEC módulo III y IV*. Boletín 258T0072-2. Detroit: Detroit Diesel Corporation, 2003. 105p.
- Diesel distributor fuel-injection pumps*. © Robert Bosch GmbH, Robert Bosch, Stuttgart, 1999.
- Diesel Fuel-Injection Systems*. © Robert Bosch GmbH, Robert Bosch, Stuttgart, 2001.
- Electronic Unit Injectors & Unit Pumps (EUI's & EUP's)*. © Robert Bosch GmbH, Robert Bosch, Stuttgart, 2005.
- EUI & EUP Testing en AVM2-PC*. The Hartridge Building, Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2011. www.hartridge.com
- Inyector-Bomba Electrónico (EUI). Procedimiento de Reparación*. Delphi France SAS, Delphi, France, 2005.
- Manual de la técnica del automóvil*. © Robert Bosch GmbH, 4ª edición Española, Capitulo 3-4, Robert Bosch, 2005.
- Microdiesel Cleaning & Assembly Products Hartridge*. Buckingham Reino Unido, 2005. www.hartridge.com
- Nunes, A. y F. Ribeiro. 2007, May. *Gerenciamiento de Motores Diesel*. (Modulo Nº1), Ciclo Engenharia Ltda. Brazil. 180p. www.cicloengenharia.com.br

Oscar, 2013. *Sistemas de Inyección Diesel con Inyector Bomba Electrónico con Accionamiento Mecánico e Hidráulico Eui, Heui.*

*Product Catalogue.* The Hartridge Building, Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2014. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)

*Productos de montaje y limpieza Microdiesel.* Hartridge Buckingham Reino Unido, 2006. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)

*Prueba de EUI y EUP en el AVM2-PC.* The Hartridge Building, Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2013. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)

*Sistema de inyección Diesel por acumulador Common Rail.* © Robert Bosch GmbH, 3ª edición alemana, Pag. 24 a 52, Robert Bosch, Stuttgart, 2005.

*Software Installation Dependencies.* Hartridge, Buckingham Reino Unido, 2012. [www.hartridge.com](http://www.hartridge.com)

*Training Program.* Delphi, Delphi, Gillingham Reino Unido, 2006. [www.delphi.com](http://www.delphi.com)

Volvo Truck Corporation. 2003, Ago. *Especificaciones.* (IS Nº 200-210 del 8.03), Información de Servicio Camiones. Sweden, Göteborg.35p.

Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. *Entrenamiento Camiones. Motor D12D* (SC Nº 20-211-E del 3.03), Local Training. Brazil.25p.

Volvo Truck Corporation. 2003, Feb. *Entrenamiento Camiones. Sistema Eléctrico* (SC Nº 30-315-E del 2.03), Local Training. Brazil.135p.

Volvo Truck Corporation. 2004, Mar. *Inyector bomba Sustitución.* (IS Nº 237-16 del 3.04), Información de Servicio Camiones. Sweden, Göteborg.11p.

Volvo Truck Corporation. 2008, Feb. *Entrenamiento Camiones. Motor D13A* (SC Nº 20-211-E del 1.08), Local Training. Brazil.140p.

Alarcon Solís C., "El Sistema de Inyección Diesel CRDI BOSCH", 2008, Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1126/2/Capitulo%201.pdf>

BOSCH Robert., "Sistemas de Inyección Electrónica", Disponible en: [http://www.autorex.com.pe/automotriz/sistema\\_inyeccion/pdf/Sistemas\\_de\\_inyeccion\\_electronica.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0](http://www.autorex.com.pe/automotriz/sistema_inyeccion/pdf/Sistemas_de_inyeccion_electronica.pdf?#zoom=81&statusbar=0&navpanes=0&messages=0)

Delphi Electronic Unit Injectors , (2003, Setiembre 7), (dieselusa.com), Disponible: <http://www.dieselusa.com/productinfo/Delphi%20Electronic%20Unit%20Injectors%20Catalog.pdf> (Consultado: 2014, Octubre 16).

Guamán Raúl., "Sistema CRDi", 2012, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/90191012/CRDI>

Hartridge. "HH560 - Inyector Poptest Mk3", Disponible en: <http://www.fuelinjection.net/hartridge/injection.htm>

Inyección Electrónica, (2014, Octubre 1), (wikipedia.org), Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n\\_electr%C3%B3nica](http://es.wikipedia.org/wiki/Inyecci%C3%B3n_electr%C3%B3nica) (Consultado: 2015, Enero 16).

<http://www.NESCAUM.com>

**ANEXO I: FABRICANTES DE MOTORES MODERNOS.**

Fabricantes de motores modernos (después de 1960)	País de Procedencia
Briggs & Stratton	USA
Caterpillar (engines)	USA
Cummins	UK
Daimler-Benz	Germany
Detroit Diesel	USA
Deutz AG	Germany
Fiat Powertrain Technologies	Italy and USA
Ford (engines)	UK & USA
Gardner	UK
Hatz	Germany
Honda (engines)	Japan
International	USA & UK
Isuzu	Japan
JCB (engines)	UK
John Deere	USA
Leyland (engines)	UK
Lister Petter	UK
Kubota (engines)	Japan
MAN B&W	Germany
Mercedes-Benz engines	Germany
Motor Sazan	Iran
MTU	Germany
MWM AG	Germany
MWM International Motores	Brazil (now owned by Navistar)
Perkins	UK (now owned by Caterpillar of USA)
Rolls Royce engines	UK (now owned by Perkins)
Scania	Sweden
SISU	Finland now part of AGCO as AGCO SISU Power
Volvo	Sweden

*Fuente: Elaboración Propia.*

## ANEXO II: EQUIPOS DE LIMPIEZA:

- ❖ TANQUES DE ULTRASONIDO HM1030



- ❖ AIRE COMPRIMIDO Y PISTOLA

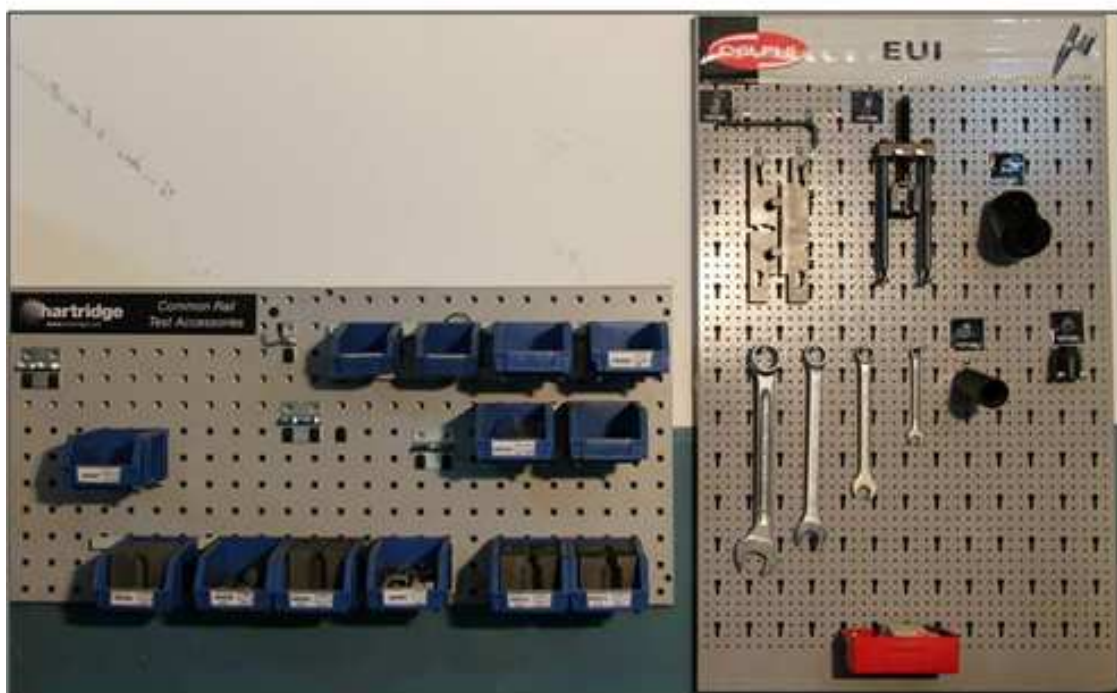


### ANEXO III: HERRAMIENTAS DE ARMADO Y DESARMADO

#### ❖ PRENSA MECANICA



#### ❖ KIT DE HERRAMIENTAS EUI



❖ DADOS Y CHICHARRA



❖ TORQUIMETRO



❖ HEXAGONALES



#### ANEXO IV: INSTRUMENTOS DE MEDIDA E INSPECCION:

##### ❖ MULTIMETRO (V-I-R)



##### ❖ COMPARADOR (Separaciones/Nivel de planicidad)



##### ❖ VERNIER





❖ GAUSSIMETRO (Radiación Electromagnética)



❖ MICROSCOPIO (Visualizar Desgastes)



## ANEXO V: ESPECIFICACIONES TECNICAS AVM2PC HARTRIDGE

<p><b>Sistema de accionamiento</b></p> <p><b>Motor</b></p> <p><b>Alcance de velocidad</b></p> <p><b>Energía</b></p> <p><b>Velocidad (rpm)</b></p> <p><b>Par motor (Nm)</b></p>	<p>Tristor de corriente continua controlado, 20 CV (15 kW). De 30 a 4000 rpm Motor de 20 CV (15 kW)</p> <table border="1" data-bbox="480 405 821 450"> <tr> <td>0</td> <td>590</td> <td>1500</td> <td>2500</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>165</td> <td>165</td> <td>95</td> <td>54</td> <td>22</td> </tr> </table> <p>*Todas las tasas de par motor son para funcionamiento continuado.</p>	0	590	1500	2500	4000	165	165	95	54	22
0	590	1500	2500	4000							
165	165	95	54	22							
<p><b>Control de velocidad</b></p>	<p>Sistema de control de velocidad de bucle cerrado, lo que proporciona una disminución regular nula. Selección digital de velocidad desde la aplicación del ordenador, con reglaje analógico de: <math>\pm 10\%</math>. Tasa de aceleración de 400 rpm por segundo. Sin embargo, la tasa de aceleración y deceleración de funcionamiento (tasa de incremento) puede variar de 10 rpm por segundo a 400 rpm por segundo en incrementos de 1 rpm. Capacidad para almacenar y seleccionar velocidades utilizadas frecuentemente. Función de "sacudida" para orientar el accionador y facilitar el montaje de la bomba.</p>										
<p><b>Volante</b></p>	<p>Inercia 1,8 kg/m<sup>2</sup> (43 lb/pie<sup>2</sup>). Incorporación de freno de fricción neumático para parada de emergencia.</p>										
<p><b>Rigidez</b></p>	<p>Acoplamiento antiholgura de 600 mm/carrera según normativa ISO. Adecuado para acoplamientos de unidades de 75, 90 y 120 mm. Hay disponibles adaptadores para diferentes unidades de bomba.</p>										
<p><b>Sistema de calibrado</b></p>	<p>Medidor con visualización de vídeo de 8 ó 12 líneas con una pantalla en color de 15 pulgadas; capacidad de 5 a 500 mm<sup>3</sup>/carrera con 3 modos de medición: calibración, comprobación general y promedio. Unidades seleccionables: (mm<sup>3</sup>/carrera, cc/50, cc/100, cc/125, cc/200, cc/250, cc/300, cc/500) y escala ajustable mediante la entrada de límites superiores e inferiores. Visualización del indicador de caudal de fuga en sentido inverso de 50 a 1500 cc/min, de 3 a 90 l/h. Unidades seleccionables: cc/min, l/h y cc/1000 carrera. Sistema de medición refrigerado por agua para permitir las pruebas de bombas con alta temperatura y presión.</p>										
<p><b>Sistema informático</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordenador de calidad (sujeto a cambios) en el que se ha instalado el sistema operativo Windows™ y la aplicación AVM2-PC (Magmah).</li> <li>• Unidad de disco</li> <li>• Unidad de CDROM</li> <li>• Ratón</li> <li>• Dos puertos serie y un puerto paralelo.</li> <li>• Expansión mediante interfaz de tarjeta ISA o PCI estándar (por ejemplo, módem interno o tarjeta de red)</li> <li>• 15" TFT</li> <li>• Teclado de 102 teclas con cubierta de membrana como protección.</li> <li>• USB</li> </ul>										
<p><b>Instrumentación</b></p> <p><b>Tacómetro</b></p> <p><b>Suministro de combustible</b></p> <p><b>Auxiliar A</b></p> <p><b>Auxiliar B</b></p> <p><b>Presión de refuerzo (opcional)</b></p> <p><b>Ajuste de fase de presión</b></p> <p><b>Aceite lubricante (opcional)</b></p> <p><b>Avance (opcional)</b></p> <p><b>Bastidor (opcional)</b></p> <p><b>Temperatura de suministro de combustible</b></p> <p><b>Fuga en sentido inverso</b></p> <p><b>Ajuste estático de fase</b></p> <p><b>Ajuste dinámico de fase de 12 líneas</b></p>	<p>Visualización numérica en pantalla, resolución de 1 rpm, estabilidad de <math>\pm 1</math> rpm. Alcance de 1 a 4 bar. Aparece en pantalla como valor numérico y representación analógica (opción de 10 bar). Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa Alcance de 0 a 7 bar. Aparece en pantalla como valor numérico y representación analógica. Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa Alcance de 0 a 16 bar. Aparece en pantalla como valor numérico y representación analógica. Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa Alcance de 0 a 3 bar. Aparece en pantalla como valor numérico y representación analógica. Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa 80 bar. Aparece en pantalla como valor numérico. Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa 7 bar. Aparece en pantalla como valor numérico. Unidades seleccionables: bar, MPa, psi, mmHg, mbar, hPa, kPa Alcance <math>\pm 10</math> mm. Resolución 0,1 mm. Unidades seleccionables: mm, DPA°, DPC°, DP200°, Stanadyne®, Bosch® Alcance 30 mm. Resolución 0,1 mm. Aparece en pantalla como valor numérico (mm). Alcance de 0 a 65 °C. Aparece en pantalla como valor numérico; Unidades: °C, °F</p> <p>Aparecen en la pantalla tanto los valores numéricos del flujo como los de la temperatura. Alcance de 0 a 80 °C. Unidades de flujo: cc/min, l/h, cc/1000 carrera. Alcance de 0 a 360°; resolución de 0,1° Alcance de 0 a 360°; resolución de 0,1°</p>										
<p><b>Soporte de inyector</b></p>	<p>Soporte de inyector con desacoplamiento rápido para colocar inyectores de tamaño T y de orificio calibrado ISO 4010, así como otros tipos comunes. Sirve para tubos muy cortos de alta presión y se puede mover de un lado del banco al otro sin desconectar tubos ni cables.</p>										
<p><b>Ajuste de fase</b></p>	<p>Ajuste de fase de presión estándar, ajuste de fase dinámico digital opcional, ángulo de rotación mostrado (visualización de resolución de 0,1°).</p>										
<p><b>Sistemas hidráulicos</b></p> <p><b>Controles y suministro de aceite de prueba</b></p> <p><b>Alimentación de fase de presión</b></p> <p><b>Depósito de aceite de prueba</b></p> <p><b>Control de la temperatura del aceite de prueba</b></p> <p><b>Suministro de aceite lubricante (opcional)</b></p> <p><b>Contadores de horas</b></p>	<p>Motor eléctrico que acciona directamente una bomba que proporciona 550 l/h a máquinas de 50 Hz y 660 l/h a máquinas de 60 Hz. Presión máxima de 0 a 7 bar. De 0 a 80 bar.</p> <p>Capacidad de 45 litros o 10 galones imperiales. Control de temperatura a <math>\pm 2</math> °C. El ajuste predeterminado es 40 °C pero se puede establecer entre 25 y 65 °C como alternativa. 250 l/h a 50 Hz y 300 l/h a 60 Hz; presión de 0 a 4 bar. Depósito con capacidad para 14 litros o 3 galones imperiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomba de combustible</li> <li>• Filtro de combustible con mensaje de "cambio de filtro" cada 500 horas</li> <li>• Accionador</li> <li>• Máquina</li> </ul>										
<p><b>Auxiliares</b></p>	<p>Dos salidas de alimentación de corriente continua de 0 a 24 V a 3 amperios, que se pueden conectar en paralelo para que den 6 amperios. Conector multiclavija de 110 V (para calibrador externo de un só cilindro y transductores de punto de inyección) Visualización de reloj en tiempo real. Enchufe para avance y transductor de kit de bastidor.</p>										

ANEXO VI: MATRICES TECNICAS AVM2PC HARTRIDGE

MATRIZ DE PRUEBAS AVM2-PC

Para los Kit de aplicación ver:	AVM2-PC	HK1500 EUI & EUP	HE378 Base Kit	HK1130 Bombas CR	HK900 Inyectores CR	HB401 APC
		TB 230/35			TB 195/11	
Bombas Diésel Corrientes <400mm <sup>3</sup> por stroke	●					
Bombas en línea y rotativas	●					
Bombas DP200/210/310	●					
Bombas Common Rail	●		●	●		○
Inyectores Common Rail	●		●	●	●	
Inyectores EU	●	●				
Bombas EU	●	●				

MATRIZ DE PRODUCTOS DE TODAS LAS MARCAS

	AVM2-PC	Custom AVM	HA4500	HH701	HH705	IFT-70	HA230	HA290	HA123	CRi-PC	CRp-PC
Diesel Fuel Pumps <400mm <sup>3</sup> per stroke	●										
Diesel Fuel Pumps >400mm <sup>3</sup> <650 mm <sup>3</sup> per stroke		●	●								
Diesel Fuel Pumps >400mm <sup>3</sup> <4000mm <sup>3</sup> per stroke			●								
Single Stage Injector				● +HH700 +HH701	●	● +IFT-c					
2 Stage Injector				● +HH720	● +HH720						
Common Rail Injectors	● +HK900			● +FT-c	● +FT-c	●				●	
Common Rail Pumps	● +HK1130										●
EUI Injectors	● +HK1500/ HK1502				●						
EUP Pumps	● +HK1500/ HK1502										
Smart injectors	● +HK1500/ HK1502										
HEUI							●				
Cummins PT Pumps	● +HE401									●	
Cummins PT Injectors								●			

MATRIZ DE SOLUCIONES AUTORIZADAS

	AVM2-PC	HB401	IFT-70	HA290	HA123	CRI-PC	CRp-PC	HA7-AC
Inline / rotary pumps	Delphi, Denso, Stanadyne, Yanmar							
CAT pumps	Caterpillar AVM,							
Common Rail Pumps	Continental, Delphi, Denso	Delphi					Delphi	
Common Rail Injectors	Delphi, Denso		Delphi Service Centre			Continental, Delphi		
EUI Injectors	Delphi							
EUP Pumps	Delphi							
Smart injectors	Delphi							
Cummins PT Pumps					Cummins			
Cummins PT Injectors				Cummins +HK860 colect				
Aircon								Denso

La siguiente tabla define los kits de aplicación necesarios para probar los diferentes diseños de sistemas de prueba EUI/EUP.

Vehicle Manufacturer	Detroit Diesel (Series 60)	Volvo	Mercedes Benz Actros	Mercedes Benz Atego	Audi/VW Seat Skoda	Caterpillar 3176	Caterpillar 3406 C15	Iveco Cursor 10/13	Iveco Cursor 8	*John Deere	Mack Renault	Scania	Volvo AO Up-grain	Cummins Colect	Land Rover
Part Number	EUI	EUI	EUP	EUP	EUI	EUI	EUI	EUI	EUI	EUI	EUP	EUI	EUI	EUI	EUI
HK871	✓														
HK872		✓													
HK873			✓												
HK874					✓										
HK875						✓									
HK876								✓							
HK877										✓					
HK878											✓				
HK879							✓								
HK880									✓						
HK881				✓											
HK882												✓			
HK883													✓		
HK884														✓	
HK891															✓

La siguiente tabla define los requisitos de "usos múltiples"

Vehicle Manufacturer	Detroit Diesel (Series 60)	Volvo	Mercedes Benz Actros	Mercedes Benz Atego	Audi/VW Seat Skoda	Caterpillar 3176	Caterpillar 3406 C15	Iveco Cursor 10/13	Iveco Cursor 8	*John Deere	Mack Renault	Scania	Volvo AO Up-grade	Cummins Celect	Land Rover
Part Number	EUI	EUI	EUP	EUP	EUI	EUI	EUI	EUI	EUI	EUI	EUP	EUI	EUI	EUI	EUI
AVM2-PC Platform	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
HK870 Base Cam-box	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NTA4001 EUI Cradle General		✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
NTA4002 EUP Injector Mount			✓	✓							✓				
AE35/1 (12/24v) Power Supply Unit	✓		✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓		✓	
AE36/1 (90v) Power Supply Unit		✓				✓	✓			✓					✓
HK889 Highspeed Tappet					✓								✓		✓
AE33 Interface PCB	**As Required														
HB374 Software Update Kit	***As Required														

### EUI KIT DE MONTAJE

Cada EUI se prueba utilizando su propia leva perfilada de forma única, exactamente de la misma manera como se hace en la producción por el fabricante. Los siguientes kits de montaje EUI se suministran para probar la EUI especificada y requieren una fuente de alimentación y monte:

Kit Cam	Aplicación	Fuente de alimentación		EUI / EUP Monte		Varilla de levantamiento de alta velocidad HK889
		AE35 / 1	AE36 / 1	NTA4001	NTA4002	
HK871	Kit de Detroit Diesel	X				
HK872	Kit Volvo y Hyundai EUI		X	X		
HK873	Kit MB Actros	X			X	
HK874	Kit Audi / VW / Seat / Skoda	X				X
HK875	Caterpillar 3176 Kit		X	X		
HK876	Iveco Cursor 10/13 Kit	X		X		
HK877	John Deere Kit		X	X		
HK878	Kit Mack / Renault / DAF	X			X	
HK879	Caterpillar 3406 / C15 Kit		X	X		
HK880	Iveco Cursor 8 Kit	X		X		
HK881	Kit MB Atego	X			X	
HK882	Kit de Scania	X		X		
HK884	Kit Cummins Celect	X		X		
HK889	Volvo AO Kit de actualización		X	X		
HK891	Kit de Land Rover TD5		X			X

Los siguientes adaptadores y herramientas de boquillas también están disponibles:

NTA4501	Adaptador de la prueba de la boquilla <u>Delphi</u>
NTA4502	<u>Iveco</u> adaptador 10/13 boquilla
NTA4503	<u>Iveco</u> adaptador de boquilla 8
NTA4504	Adaptador de la boquilla Bosch
NTA4505	Adaptador de boquilla VW
NTA4507	Adaptador de la boquilla de <u>Land Rover</u>
NTA4508	Adaptador de la boquilla Detroit Diesel
HT001	Herramienta de eliminación Inyector capuchón roscado

### Accesorios especiales y herramientas para centros de servicio autorizados

Herramientas y equipos especiales son requeridos por Delphi centros de servicio autorizado, como se detalla a continuación. Estas herramientas y el equipo sólo están disponibles para los centros autorizados.

#### Accesorios especiales

HB388	Dispositivo de actualización de celda de carga
HK883	Kit Volvo EUI AO accesorios

#### Herramientas especiales

YDT384	Kit Especial herramienta de Delphi para el desmantelamiento / montaje de EUI que comprende:
YDT385	Accesorio Asamblea
YDT386	Compresor de resorte
YDT387	Toma de actuador
YDT388	Boquilla socket tuerca
YDT389	Manga de la junta tórica

### EQUIPO DE LIMPIEZA

Esos talleres que llevan a cabo la reparación EUI también requieren un equipo que tiene el componente de limpieza a un nuevo estándar. Los componentes deben ser puestos a través de tres procesos de limpieza distintos antes de ser ensamblado y montado en el vehículo. Estas etapas de limpieza son: Pre-limpieza primaria, limpieza pre-montaje y enjuague limpia BTL ofrece una gama de productos que permiten a estas tres etapas de limpieza para llevar a cabo para el estándar requerido y que es esencial que los centros de servicio autorizados para cumplir. Para mayor información sobre el equipo específico, consulte el Equipo de Limpieza en el menú:

HM1000	Gabinete limpio Microdiesel
HM1003, HM1004, HM1005, HM 1033, HM 1031	Tanques de limpieza por ultrasonidos
HM1007	Lavadora de cesta giratoria
HM1009	Pre-montaje del tanque de enjuague

BTL también proporciona una formación integral para asegurar que la red está perfectamente equipada para llevar a cabo tanto en el mantenimiento y la reparación de EUI.

## ANEXO VII: SERVICIO DE MANTENIMIENTO SM1 Y REPARACION SR1.

### 4.7 PRUEBA DEL CONJUNTO DE LA TOBERA

**Avisos:**

*El chorro de alta velocidad producido por el inyector en prueba es peligroso.*

*Al pulverizar, se deberá orientar el inyector para no estar dirigido al técnico, con el chorro apantallado y extraído al exterior del taller mediante un extractor.*

*Bajo ninguna circunstancia se permitirá que el chorro entre en contacto con las manos.*

*El chorro tiene una gran capacidad de penetración. El fluido que penetre la piel causará lesiones, las cuáles DEBERÁN recibir atención médica inmediata.*

*Aceite en forma pulverizada es altamente inflamable.*

*Un inyector en prueba no deberá nunca tener su chorro dirigido hacia una fuente de calor o una llama. La reparación de inyectores la deberá efectuar únicamente personal cualificado de servicios autorizados con conocimientos adecuados acerca de los peligros relacionados con chorros de combustible a alta presión.*

#### 4.7.1 Equipo de pruebas

Se empleará una máquina de pruebas "Testmaster" HH701 según se muestra, o una equivalente, para todos los pruebas.

El fluido de calibración a emplear será de clase ISO4113 – consultar Notas aclaratorias para planes de pruebas ISO de bombas para suministradores autorizados.

Se deberá mantener la máquina de pruebas con regularidad de acuerdo con las instrucciones del fabricante, en particular con respecto a la precisión del manómetro, la regulación de la dosificación de la máquina (*ajuste del regulador*) y ausencia de fugas internas.

La máquina "Testmaster" estará equipada con una tubería de alimentación de alta presión de 2 mm de diámetro interior y entre 335 mm y 335 mm de longitud.

Montar el conjunto completo de la tobera en la máquina de pruebas.

Purgar todo el aire del sistema.

Las pruebas se realizarán en el orden indicado en las páginas siguientes.



E041



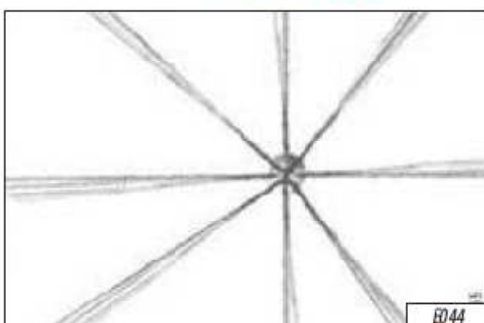
E042



#### 4.7.2 Prueba de pulverización

Aplicar carreras de bombeo a un régimen de  $110 \pm 10$  carreras por minuto. Cada chorro individual deberá estar pulverizado.

No habrá gotitas visibles en el chorro pulverizado.



Forma inaceptable de la pulverización de orificios múltiples.

A pesar de tener un chorro bastante homogéneo, no hay virtualmente pulverización.

No se permiten chorros líquidos de ningún tipo, y tales toberas se descartarán.

#### 4.7.3 Presión de apertura

Para ajustar o verificar la presión de apertura de la tobera, iniciar el programa de bombeo y observar cuidadosamente en el manómetro la presión máxima alcanzada antes de la caída de la aguja, indicando así la apertura de la válvula de la tobera.

En caso necesario, cambiar el espesor de los suplementos de ajuste en el inyector hasta obtener la presión de apertura correcta.

*Nota: Se emplearán un mínimo de dos suplementos de ajuste.*

El asentamiento tiene lugar al inicio de la vida operacional de un inyector, resultando en una cierta pérdida de presión de apertura, particularmente cuando se cambia el conjunto de la tobera.

**Presión de ajuste y presión de trabajo**

Hay dos valores de presión indicados en este manual. La presión de ajuste es la presión a la cual se ajusta el inyector cuando se usan componentes nuevos.

Esta presión toma en consideración el eventual asentamiento de los componentes de un inyector particular después de un breve periodo de funcionamiento del inyector.





Este asentamiento causa la disminución de la presión de apertura de la tobera.

Esta presión de apertura reducida es la llamada presión de trabajo. Es la presión específica a la que la tobera se deberá abrir durante el funcionamiento del motor.

La presión de apertura de la tobera para un conjunto con tobera y resorte nuevos es de 325 a 333 bar.

La presión de apertura de la tobera para un conjunto con tobera y resorte asentados es de 300 a 333 bar.

Si la presión de apertura es inferior a 300 bar, se deberá incrementar el espesor de los suplementos de ajuste de la manera correspondiente.

#### 4.7.4 Fugas

Medir, y anotar, la temperatura del fluido de calibración en la máquina de pruebas.

Se recomienda realizar esta prueba con el fluido de calibración a una temperatura de 20° C.

Incrementar la presión del manómetro a un mínimo de 180 bar, y luego despresurizar.

Con el temporizador de la máquina o con un cronómetro, medir el tiempo que tarda la presión en caer de 170 a 140 bar.

El tiempo resultante para la caída de presión deberá estar entre 3 y 31 segundos.

La no consecución del tiempo mínimo aceptable de fugas no indica necesariamente una válvula de tobera seriamente desgastada; puede haber una fuga en la junta de alta presión entre la tobera y el porta-inyector.

Antes de descartar la tobera, examinar las caras de la junta de alta presión por la posible presencia de daños o desechos.

Una limpieza puede ser lo único necesario para restaurar unas características de fugas satisfactorias.

#### 4.7.5 Estanqueidad del asiento

Abrir la válvula del manómetro.

Secar cuidadosamente el extremo de la tobera y aumentar lentamente la presión hasta 15 bar por debajo de la presión de apertura.

Mantener esta presión durante 10 segundos antes de soltar la palanca.

No debe haber gota alguna visible en el extremo de la tobera. Sin embargo, un humedecimiento ligero es permisible.

Reponer el conjunto de la tobera ensayada en la fijación de montaje y posicionar el vaso YDT308 sobre la tuerca capuchón. Asegurar que el vaso está correctamente situado.

Aflojar la tuerca capuchón.

No desenroscar completamente la tuerca capuchón.

Retirar el conjunto de la fijación y sostenerlo con la tobera orientada abajo; desenroscar el cuerpo de pruebas del conjunto de la tobera.

Retirar la cámara de resorte con su resorte y suplementos de ajuste, y colocarlos en la bandeja de desmontaje.

Retirar igualmente el asiento de resorte, la placa del adaptador y la tobera.

**ANEXO VIII: Costo Aproximado de un Overhaul en un Motor Volvo FM, FMX.**

INFORMACIÓN OBTENIDA EN EL LUGAR DE TRABAJO			
<b>Kit por cada cilindro</b>	<b>Cigüeñal</b>	<b>Árbol de levas</b>	<b>Reparación de motor</b>
1 pistón	\$ 3000	\$ 1800	S/. 3,000
3 anillos	<b>FH - FM</b>		<b>Peso</b>
bulón			1100 Kg
camiseta			<b>Duración</b>
<b>Precio</b>			10 días
\$ 600			
<b>Inyector</b>	<b>Culata</b>	<b>Juego de empaques</b>	<b>Mano de obra</b>
\$ 1000	Guías	\$ 1000	\$ 7000
	Asientos		
	Válvulas	<b>Metales</b>	
	\$ 3500	\$ 500	
<b>Overhaul completo</b>	<b>Kilometraje</b>	<b>Bomba de aceite</b>	<b>Bomba de agua</b>
\$ 15 000 - \$ 20 000	500 000 - 1 000 000 000 Kms	\$ 1000	\$ 500

*Fuente: Elaboración Propia (Mecatronica Diesel El Brujo EIRL).*

