



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**“MOTOR DIESEL”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**OMAR PULIDO HERNÁNDEZ**

ASESOR:

**ING. JOSE RICARDO LOPEZ JIMENEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX. 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Motor Diésel**

Que presenta el pasante: **OMAR PULIDO HERNÁNDEZ**  
Con número de cuenta: **40507570-4** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Febrero de 2020.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. María De La Luz González Quijano	
<b>VOCAL</b>	M. en I. María Teresa Pacheco Escalona	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. José Ricardo López Jiménez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Ing. Raymundo Morales Márquez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Ing. Rafael Villela Salazar	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## DEDICATORIA

A mis padres quienes me dieron vida, al esfuerzo constante por brindarme lo mejor siempre, a su ejemplo de perseverancia, constancia, ética, respeto y dignidad; parte fundamental en mi desarrollo como persona, a su invaluable herencia, la educación como herramienta para enfrentar los retos y oportunidades que se presentan día con día; se perfectamente que sin su apoyo y su cuidado yo no habría obtenido la educación profesional; con humildad y gran aprecio agradezco todo lo que he vivido, jamás podre pagar con nada lo que han hecho por mí siempre estaré en deuda la única forma que imagino para recompensar de a poco todo lo hecho por ustedes es realizar de manera honesta mi desempeño, y ser un hombre digno del cual se sientan orgullosos.

## AGRADECIMIENTOS:

A mis hermanos, por su apoyo y amistad; a mis profesores les estaré siempre agradecido de manera general por su paciencia, su esmero por forjar estudiantes capaces de resolver los retos profesionales; las charlas de motivación para darnos aliento en momentos de dificultad y sobre todo valorar el tiempo que se tomaron en dedicar a transmitir sus conocimientos una tarea noble y muy importante ya que después de nuestros padres son ejemplo de profesionalismo.

A la UNAM, por darme la oportunidad de ingresar y ser parte de una gran institución de reconocimiento internacional, las oportunidades que he obtenido en el desempeño de mi profesión han sido gracias a la trascendencia de los conocimientos impartidos dentro de la institución, que cuenta con los mejores profesores del país, por tal motivo considero que la educación impartida en sus aulas es de gran valor ya que muy pocas personas tenemos la satisfacción de egresar ; es por ello que con orgullo y satisfacción doy las gracias a nuestra gran institución ya que el hecho de pertenecer es símbolo de calidad; por ello es una responsabilidad enaltecer con nuestro desempeño las tareas que nos delegadas en nuestro ámbito profesional.

Al Ing. José Ricardo López Jiménez, por ser mi asesor, por compartir sus experiencias brindar con paciencia y amabilidad su tiempo y experiencia; solo me resta agradecer su apoyo permanente muchas gracias por todo.

# Índice

	<b>Página</b>
Introducción.....	1
<b>Capítulo I.</b> Conceptos Básicos.....	2
1.1.- La termodinámica y sus principios.....	3
1.1.1- El ciclo térmico.....	5
1.1.2.- Ciclo teórico de un motor Otto de cuatro tiempos .....	7
1.1.3.- Ciclo teórico de un motor Diesel de cuatro tiempos.....	8
1.3.- Funcionamiento del motor diesel.....	11
1.3.1.-Biocombustibles.....	16
1.4.- Elementos constructivos.....	17
1.4.1.- Disposición de cilindros.....	19
1.4.2.- Culata o cabeza de válvulas.....	20
1.4.3.- Carter.....	23
1.4.4.- Colectores o múltiples de admisión.....	24
1.5.- Sistema de distribución.....	27
<b>Capítulo II.</b> Inyección en motores diesel.....	29
2.1.- Sistema de Inyección.....	32
2.2.- Inyección Diesel.....	33
2.2.1.- Inyección Common raíl.....	34
2.3.- Filtrado de combustible.....	35
2.4.- Los Inyectores de combustible.....	36
<b>Capítulo III.</b> Sistema de recirculación de gases.....	37
3.1.- Funcionamiento de válvula EGR.....	41
3.2.- Sistema EGR en motor diesel.....	46
3.2.1- Fallas frecuentes en válvula EGR.....	48

3.3.- Funcionamiento del catalizador.....	50
3.4.- Filtro de partículas en motores diesel.....	53
3.5.- Sistema Ad-blue.....	58
<b>Capítulo IV. Mantenimiento.....</b>	<b>60</b>
4.1.- Definición de Calidad... ..	61
4.2.- Técnica de Diagnóstico.....	63
4.3.- Mantenimiento Preventivo.....	64
4.4.- Descripción de plan de mantenimiento.....	65
4.5.- Procedimiento y seguridad.....	69
4.6.- Señalización.....	76
<b>Capítulo V. Reparación de Inyectores a Diesel.....</b>	<b>80</b>
5.1.- Componentes del sistema de inyección.....	82
5.2.- Inyector bomba.....	84
5.2.1.- Fases de trabajo del inyector bomba.....	86
5.3.- Sensores para unidad de mando.....	88
5.4.- Diagnostico en sistemas de inyección diesel.....	91
5.4.1.- Proceso de diagnóstico en motor diesel.....	93
5.5.- Procedimiento de reparación de inyector bomba electrónico (EUI).....	97
5.5.1.- Desmontaje y reinstalación del inyector.....	97
5.5.2.- Procedimiento de servicio a inyector – bomba electrónico.....	98
5.5.4.- Procedimiento de limpieza.....	99
5.6.- Proceso de desmontaje y reinstalación del inyector.....	100
Conclusión.....	115
Bibliografía.....	116

## INTRODUCCION

El presente trabajo abordara el funcionamiento del motor diesel, los conceptos básicos y su funcionamiento los componentes que actúan para eliminar la mayor cantidad de emisiones contaminantes, sistemas de inyección electrónica, mantenimiento, reparación de inyectores y biocombustibles (biodiesel y biogás).

Los motores de combustión interna han evolucionado tecnológicamente, en especial en los sistemas auxiliares; (turbo, inyección electrónica, potencia), esto se refleja en mayor eficiencia y menos contaminantes.

La aplicación de nuevas tecnologías a los automotores actuales en sus diversos sistemas ha favorecido notablemente la evolución de los mismos mejorando diversos aspectos como el consumo de combustible y los niveles de contaminación que se emiten a la atmosfera, la estabilidad de marcha, el confort, la seguridad ,etc.

Con la incorporación de sistemas electrónicos para controlar el funcionamiento de los motores diesel, se mejora e incrementa el desempeño y confiabilidad de estos en todas sus aplicaciones. El uso de esta tecnología permite controlar funciones y sistemas de manera precisa, realizar ajustes de funcionamiento, aumentando de esta manera el rendimiento y vida útil del motor.

Algunas ventajas de la aplicación de nuevas tecnologías que se disponen en sistemas de autodiagnóstico para informar las fallas detectadas en los sistemas electrónicos. Por estas y otras ventajas los motores diesel controlados electrónicamente han incrementado su aceptación en el mercado de automóviles.

## **CAPITULO 1**

### **1.- Conceptos Básicos**

Los motores de combustión interna, funcionan mediante combustible los más comunes son a (diesel y gasolina) el combustible es quemado para liberar la energía térmica almacenada transformándose en trabajo mecánico para producir movimiento.

En 1876 el Ingeniero alemán Nicolas August Otto mejoro el motor de cuatro tiempos conocido también como ciclo Otto.

Motor de Encendido por bujía o ciclo Otto: Se realiza mediante la mezcla formada por combustible y aire comprimido dentro del cilindro, la fuente por la cual es provocada la combustión se realiza mediante la chispa de la bujía.

Rudolf Diesel invento el motor encendido por compresión llamado motor diesel.

Motor de encendido por compresión, ciclo Diesel: El aire es comprimido hasta adquirir una gran presión y temperatura, momento en el cual se inyecta el combustible y se produce la combustión por autoinflamación del mismo.

Los motores de combustión que emplean diesel como combustible, presentan características en la combustión del motor ya que el combustible debe suministrarse muy pulverizado a alta presión por lo que es necesario un sistema de inyección.

Los motores de combustión interna son capaces de transformar la energía térmica almacenada en un combustible en energía mecánica a través de diversas transformaciones termodinámicas que dan lugar a los ciclos de trabajo.

Los ciclos de trabajo son fundamentales para comprender el funcionamiento de los motores de combustión interna y son la base para entender la necesidad de tener diversos sistemas auxiliares que perfeccionan su funcionamiento.

## 1.1.- La Termodinámica y sus principios

La termodinámica es la rama de la ciencia que estudia los procesos de cambio de energía en los que intervienen el calor y trata los efectos mecánicos debidos al mismo.

Un sistema termodinámico es aquella fracción del Universo objeto de estudio. En este caso, el sistema termodinámico que se va a estudiar es un motor de combustión interna.

El estado de un sistema se define como su composición, situación y energía en un momento determinado, para definir estado, hay que conocer la composición química, concentración de los componentes y otras variables termodinámicas. En el estudio teórico de los motores de combustión interna, las variables termodinámicas más usuales van a ser la presión (P), el volumen (V) y la temperatura (T).

Un sistema se dice que está en equilibrio cuando a su vez se cumplen los siguientes tres equilibrios:

**Equilibrio químico:** Su composición química permanece constante en el tiempo.

**Equilibrio mecánico:** No hay movimiento visible perceptible al ojo humano, pero si molecular.

**Equilibrio térmico:** la temperatura es la misma en cualquier punto del sistema.

Un proceso termodinámico se dice que es espontáneo cuando tiene lugar sin intervención externa de ningún tipo.

Un ejemplo de aplicación directa en los motores de combustión interna, sería la expansión de un gas.

Los procesos espontáneos son irreversibles y la magnitud que mide la irreversibilidad es la entropía.

**Entropía:** Magnitud termodinámica que indica el grado de desorden molecular de un sistema.

La entropía (S) de un sistema aumenta cuando absorbe calor (Q) del entorno y disminuye cuando cede calor al mismo.

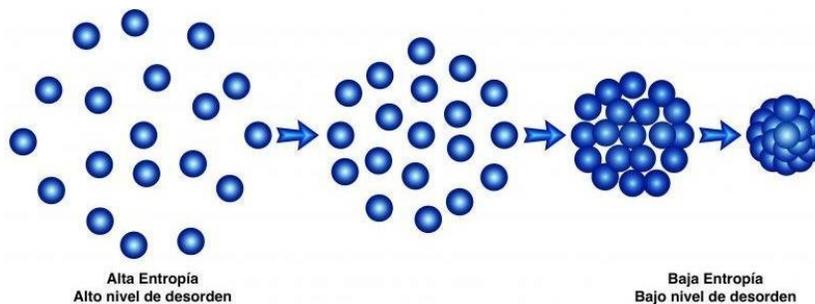


Imagen 1 Capitulo 1 Entropía tomada de internet: <https://quimicaencasa.com/entropia-ejercicios-resueltos/>

**Primer principio de la termodinámica:** La energía no se crea ni se destruye, se transforma. Según este principio, se puede transformar calor en trabajo y viceversa, proceso necesario para construir un motor térmico.

**Segundo principio de la termodinámica:** Se conoce como principio de degradación, y dice que no es posible transformar totalmente el calor en trabajo. Un motor térmico necesita trabajar entre dos focos caloríficos: un foco del que absorbe una cantidad de calor  $Q_2$  y está a una temperatura  $T_2$ , y otro foco al que cede una cantidad de calor  $Q_1$  y está a una temperatura inferior  $T_1$ . No es posible transformar todo el calor en trabajo ya que siempre es necesario ceder una parte de calor aportado al foco frío, con lo cual el rendimiento de la máquina térmica nunca será del 100 %.

**Tercer principio de la termodinámica:** Este principio fue enunciado por Max Planck y propone que la entropía de una sustancia cristalina perfecta es cero.

Según el primer y segundo principio de la termodinámica, se puede transformar calor en trabajo, aunque no es posible que todo el calor se transforme en trabajo.

**Transformaciones termodinámicas:** Los motores de combustión interna, evolucionan a través de una serie de transformaciones termodinámicas, que forman una línea cerrada llamada ciclo. Estas transformaciones, así como los ciclos termodinámicos que generan, se suelen representar en un diagrama presión- volumen o diagrama P-V.

Las transformaciones termodinámicas pueden ser:

**Isócoras o a volumen constante ( $V = \text{cte}$ ):** el sistema evoluciona sin variar su volumen.

**Isóbaras o a presión constante ( $P = \text{cte}$ ):** el sistema evoluciona sin variar la presión.

**Isotérmicas o a temperatura constante ( $T = \text{cte}$ ):** el sistema evoluciona sin variar la temperatura.

**Adiabáticas o isentrópicas:** el sistema evoluciona sin intercambiar calor con el exterior. Al no haber intercambio de calor se supone que la entropía es constante y por tanto es una transformación también isentrópica.

Las transformaciones isócoras, isóbaras e isotérmicas cumplen la ecuación de los gases ideales o ley de Boyle-Mariotte:

$$P \cdot V = R \cdot T \cdot N$$

Siendo  $R$  la constante del gas.

Siendo  $N$  la constante de la masa en ciclo ideal.

En el diagrama P-V las transformaciones isotérmicas y adiabáticas tienen un aspecto parecido dadas sus expresiones matemáticas, pero son transformaciones diferentes.

$P \cdot V = \text{constante}$  es la expresión para una transformación isotérmica.  $P \cdot V^\gamma = \text{constante}$  es la expresión para una transformación adiabática, siendo  $\gamma$  el exponente adiabático, que toma valor de 1,33 para los motores de gasolina y 1,4 para los motores diesel.

Una transformación isotérmica mantiene la temperatura constante porque, suponiendo que se comprime un gas dentro de un cilindro, este se calienta según evoluciona dicha compresión, pero para poder mantener la temperatura constante es necesario intercambiar calor con el exterior. Sin embargo, las transformaciones adiabáticas, al no intercambiar calor con el exterior, aumentan su temperatura con respecto al inicio de la compresión. Una transformación isotérmica se podría dar en el caso de una compresión muy lenta, una transformación adiabática se da en una compresión rápida porque no hay tiempo para transferir calor al entorno.

## 1.2.- El ciclo térmico

Las transformaciones termodinámicas evolucionan a lo largo de una línea cerrada llamada ciclo. Para el estudio teórico de los motores de combustión interna, todas las transformaciones se consideran reversibles. Un ejemplo de ciclo de potencia reversible que trabaja entre dos focos caloríficos es el llamado ciclo de Carnot.

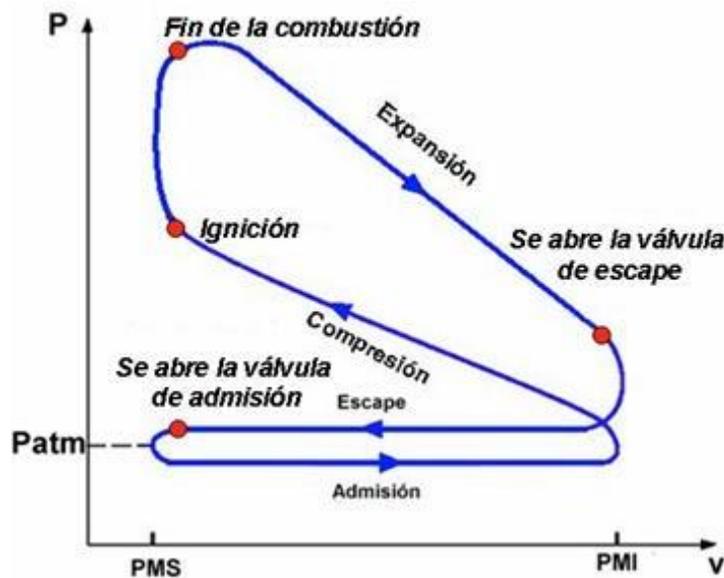
En el ciclo de Carnot un pistón que se desplaza a lo largo un cilindro, en cuyo interior se almacena una cierta cantidad de un determinado gas, se considera que las superficies del pistón y del cilindro son paredes adiabáticas, es decir, no permiten transferir calor al exterior, solo en los momentos en los que se aporta y se cede calor.

**Proceso 1-2:** partiendo del pistón en su posición de reposo, donde se tiene un equilibrio entre la presión exterior ( $P_e$ ) y la interior ( $P_i$ ) del cilindro, se sitúa un foco térmico caliente que entrega una cantidad de calor  $Q_1$  y que está a una temperatura  $T_1$ . En estas circunstancias, el gas experimenta una expansión isotérmica y el volumen del cilindro aumenta.

**Proceso 2-3:** se retira el foco caliente y el gas continúa expandiéndose adiabáticamente, ya que el sistema está totalmente aislado del exterior. De esta forma el sistema disminuye su temperatura y se expandirá hasta alcanzar un equilibrio de presiones entre el interior y el exterior del émbolo.

**Proceso 3-4:** ahora se coloca un foco térmico frío, que está a una temperatura  $T_2$ , inferior a  $T_1$ , que absorbe una cantidad de calor del sistema  $Q_2$ . Entonces el gas sufre una compresión isotérmica, con lo que disminuye el volumen del cilindro.

**Proceso 4-1:** al retirar el foco frío del sistema, este se vuelve a aislar del exterior y el gas continúa comprimiéndose adiabáticamente hasta volver a alcanzar su estado inicial.



**Imagen 2 Capítulo 1 Entropía tomada de internet:** <https://quimicaencasa.com/entropia-ejercicios-resueltos/>

Estos cuatro procesos dan lugar a una línea cerrada llamada ciclo.

El rendimiento térmico del ciclo de Carnot se formula de la siguiente manera:

$$n_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Donde:

$Q_1$  es el calor aportado por el foco caliente

$Q_2$  es el calor absorbido por el foco frío

$T_1$  es la temperatura del foco caliente

$T_2$  Es la temperatura del foco frío

Los rendimientos suelen expresarse en tanto por ciento, para ello basta multiplicar la expresión anterior por 100.

### 1.2.1.- Ciclo teórico de un motor Otto de cuatro tiempos

Un motor de cuatro tiempos realiza su ciclo de trabajo en cuatro carreras del pistón. Cada carrera es un movimiento del pistón de PMI al PMS, cada carrera es un tiempo. Los cuatro tiempos; (1- Admisión, 2- Compresión, 3- Combustión y 4- Expansión).

**Fase de admisión:** En esta fase, el pistón del PMS y la válvula de admisión se abre completamente. Posteriormente, el pistón desciende hasta el PMI, momento en el que se cierra la válvula de admisión.

**Fase de compresión:** El pistón realiza una carrera ascendente desde el PMI al PMS, comprimiendo el fluido de admisión, ya que las válvulas de admisión y escape están cerradas. Al tratarse de una transformación ideal, es una compresión adiabática e isentrópica, porque no hay transferencia de calor.

**Fase de combustión y expansión:** Cuando el pistón está en el PMS tiene lugar el salto de la chispa de la bujía, que inflama la mezcla y se produce la combustión de la misma. Se supone que la combustión es instantánea y por ello el pistón no se mueve. Como consecuencia de esto no hay variación de volumen y la transformación en la fase de combustión es isocora, lo que si varía es la presión, ya que la combustión de la mezcla lleva consigo un aumento considerable de temperatura y como el volumen no varía, la presión aumenta súbitamente; tras la combustión tiene lugar la expansión de los gases por estos últimos desde el PMS hasta el PMI en su carrera descendente, la expansión implica un aumento del volumen y un descenso de la presión.

**Fase de escape:** El proceso de escape tiene lugar en dos partes, la primera se produce cuando el pistón está en el PMI y abre la válvula de escape. Como es un sistema ideal, en el momento de apertura de la válvula de escape se comunica el cilindro con la atmósfera exterior del motor, y la presión en el interior del cilindro debida a los gases residuales, pasando a ser de forma instantánea la presión atmosférica, con lo cual, está primera etapa de la fase de escape es una transformación isòcora, al no haber variación de volumen porque el pistón no se ha movido del PMI.

La segunda parte del proceso de escape tiene lugar durante la carrera ascendente del pistón del PMI al PMS, la válvula de escape sigue abierta hasta que el pistón llega al PMS, momento en el cual se cierra. Durante todo el recorrido del pistón se produce el barrido de los gases quemados, que son expulsados al exterior a una presión igual a la atmosférica, por lo que esta transformación tiene lugar a presión constante y es isòbara.

Después del tiempo de escape, el ciclo se repite sucesivamente mientras el motor esté en marcha, siendo el ciclo completo.

### **1.2.2.- Ciclo teórico de un motor diesel de cuatro tiempos**

El ciclo teórico de un motor diesel de cuatro tiempos es básicamente el mismo que el de un motor Otto, a diferencia de los siguientes puntos:

- Durante la fase de admisión, el motor solo admite aire
- Dado que su relación de compresión es mayor, las presiones y temperaturas al final de las fases de compresión y combustión serán mayores.
- La fase de combustión es diferente.

El segundo es un ciclo teórico que se aproxima más al funcionamiento de los motores diesel rápidos empleados en automotores y su fase de combustión evoluciona en dos partes, una primera a volumen constante y una segunda a presión constante. Este último ciclo, conocido también como ciclo mixto o semi diesel, se considera también ideal.

Los cuatro tiempos necesarios para hacer el ciclo diésel lento teórico de cuatro tiempos con la fase de combustión a presión constante son los siguientes:

**Fase de Admisión:** El desarrollo de este tiempo tiene lugar de la misma forma que en los motores de encendido provocado, salvo que solo se admite aire en lugar de mezcla de combustible y aire.

**Fase de compresión:** Al igual que en los motores de gasolina convencionales, esta transformación se considera adiabática, isentròpica y reversible, pero ahora se comprime únicamente aire y la relación de compresión es mayor. La idea de tener una relación de compresión elevada es que al final de esta fase, el aire tenga una elevada

presión y temperatura, que permita la auto inflamación del combustible cuando entre en contacto con él al ser inyectado.

**Fase de combustión y expansión:** En este momento donde se encuentra la mayor diferencia de funcionamiento con un motor de ciclo Otto. Una vez el pistón ha llegado al PMS al final de la carrera de compresión, el aire está a una temperatura muy alta (por encima de los 500 ° C) y justo en ese momento comienza la inyección combustible. Dada la atmósfera creada al final de la compresión, el combustible se autoinflama en contacto con el aire en esas condiciones, pero la inyección no acaba ahí, sino que sigue inyectando combustible durante un periodo de la carrera de expansión, con lo cual, tanto la inyección de combustible como la combustión del mismo continúan durante parte de la expansión, produciéndose durante esta etapa la aportación de calor, pero la combustión se supone a presión constante y esto debido a que en el inicio de la inyección, al ser un ciclo ideal, y esto debido a que en el inicio de la inyección, al ser un ciclo ideal, comienza instantáneamente la combustión, estando el pistón en el PMS. En ese momento, se tiene una temperatura del gas,  $T_3$  Debido al inicio de la combustión en un volumen  $V_3$ , que coincide con el de la cámara de combustión generándose una presión  $P_3$ . Pero el pistón empieza a descender y se sigue inyectando combustible, continuando la combustión por lo que la temperatura del gas  $T_4$  aumenta, como lo hace también el volumen del cilindro  $V_4$ , por que el pistón descende. En estas condiciones ideales, la presión en ese punto,  $P_4$ , debe ser constante e igual a  $P_3$ , como se puede demostrar según la ecuación de los gases ideales.

$$P * V = R * T \rightarrow \frac{P * V}{T} = R = cte; \quad \frac{P_3 * V_3}{T_3} = \frac{P_4 * V_4}{T_4}$$

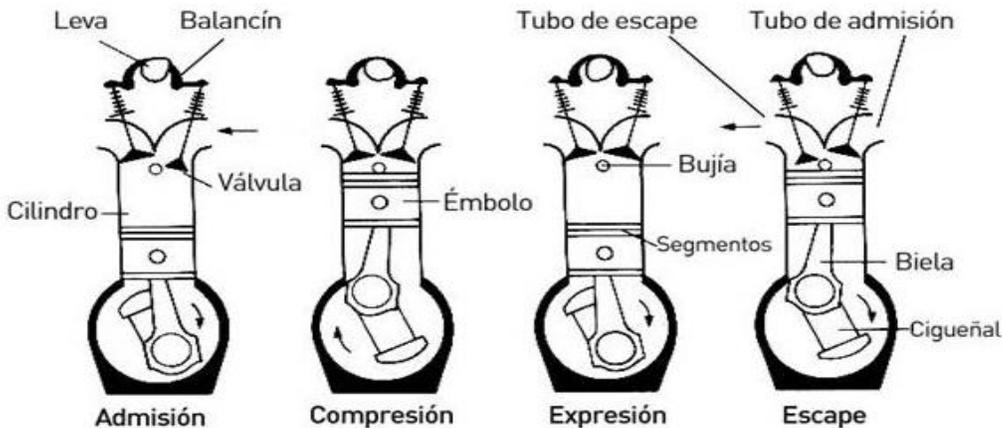
En condiciones ideales, la igualdad anterior se cumple por que  $V_4 > V_3$  y  $T_4 > T_3$ . Si la temperatura y el volumen aumentan en la misma proporción entonces:

$$\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_4}{T_4} = k = cte \quad P_3 * k = P_4 * k \quad \rightarrow \quad P_3 = P_4 = cte$$

Una vez finalizada la inyección y la combustión comienza la fase de expansión adiabática, isentrópica y reversible, hasta que el pistón llega al PMI. Al igual que en los motores de encendido provocado, el tiempo de combustión-expansión es el único donde le motor entrega trabajo.

**Fase de escape:** El proceso de escape ocurre de la misma manera que en los motores de gasolina.

El ciclo llamado mixto o semidiesel se desarrolla de la misma forma que el anterior a diferencia de la fase de combustión. En los motores diesel rápidos, al haber muy poco tiempo para que se produzca la mezcla dentro del cilindro y posteriormente iniciar la combustión, es necesario realizar un cierto avance del inicio de la inyección, comenzando esta mientras el pistón aún está en la fase de compresión. El objetivo es que la combustión se inicie justo cuando el pistón está en le PMS, a fin de aprovechar al máximo la energía de los gases quemados.



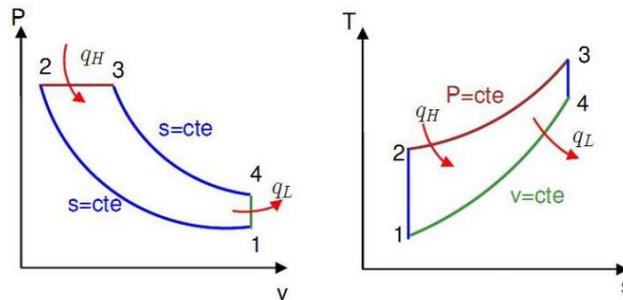
**Imagen 3 Capítulo 1 Entropía tomada de internet: <https://quimicaencasa.com/entropia-ejercicios-resueltos/>**

**Combustión a volumen constante:** Cuando se inicia la combustión se quema el combustible sin quemar. Cuando se inicia la combustión se quema el combustible inyectado, mientras el pistón está en el PMS y, por tanto, a volumen constante, consiguiéndose una presión elevada.

**Combustión a presión constante:** Esta fase se produce de la misma forma que en el caso de un diesel lento teórico. Cuando se inicia la combustión, sigue habiendo inyección de combustible hasta un determinado punto de la carrera de expansión, coexistiendo inyección y combustión, manteniendo una expresión constante.

# ciclo Diesel

ciclo ideal modelar para motores encendidos por compresión



etapas:

1-2: compresión isentrópica

2-3: **calentamiento isóbaro** (simula inyección de gasoil)

3-4: expansión isentrópica

4-1: enfriamiento isócoro (simula escape)

Imagen 4 Capítulo 1 Entropía tomada de internet: <https://quimicaencasa.com/entropia-ejercicios-resueltos/>

## 1.3.- Funcionamiento del motor diesel

El motor diesel funciona cuando el cilindro admisión se llena completamente de aire aspirado directamente de la atmosfera a través de un filtro, Posteriormente en el tiempo de la combustión el combustible diesel es inyectado y se pone en contacto con el aire altamente comprimido y por lo tanto a una temperatura muy elevada, inmediatamente inicia su combustión con gran desarrollo de calor y aumento de su volumen. Este es el momento en que el embolo se mueve con fuerza hacia su P.M.I. (Punto Muerto Inferior), creando de esta manera la energía de trabajo.

El motor diesel de combustión interna de cuatro tiempos funciona de la siguiente manera:

1.- ADMISION – Inducir dentro del cilindro solo aire (válvula de admisión abierta)

En el motor diesel, la entrada de aire se produce directamente de la atmosfera por lo que el cilindro se llena exclusivamente de aire.

2.- COMPRESION- Para llevar el aire hasta una temperatura superior a la del punto de encendido del combustible (la relación de compresión puede ser de 18-1 hasta 23-1)

En el motor diesel la compresión se efectúa solamente con aire, y al no contener más que solo aire la compresión volumétrica es mayor, en vehículos con motor diesel la relación de compresión se establece entre 18 y 23, de modo que la compresión resulta extraordinariamente más elevada, de igual manera su temperatura aumenta hasta alrededor de 600° C y las presiones alcanzadas al final del tiempo de compresión se encuentran entre los 30 y los 50 bar.

Al hacer una comparación de este tipo entre el motor de gasolina y el diesel se observa que al alcanzar presiones y temperatura más elevadas en comparación con los motores a gasolina , por esa razón el motor diesel se ve obligado a reforzar sus piezas móviles y sea por tanto menos ágil que los motores a gasolina.

3.- EXPANSION-COMBUSTION – Inyección del combustible durante la primera parte de la carrera de expansión con una rapidez tal, que la presión se mantenga en un valor constante, siguiendo la expansión, hasta el volumen inicial del cilindro (ambas válvulas cerradas)

Cerca del final del tiempo de compresión, se inyecta en la cámara (cilindro) de combustión una cantidad muy determinada y precisa de combustible pulverizado. Esta inyección dura, a plena carga de 20 a 35° grados del giro del cigüeñal. Casi inmediatamente después de empezar la inyección se produce el encendido espontaneo del combustible dada la circunstancia de que el aire comprimido está a alrededor de 600°C y el punto de encendido del combustible es más bajo (280°C), de modo que van aumentando las presiones en el interior de la cámara con valores que ahora pueden llegar de 60 a 90 bar y un aumento considerable en la temperatura.

La característica fundamental de este tiempo es la enorme presión a que se ha de conseguir introducir el combustible en el interior de la cámara dado el caso de que ésta ya se encuentra con valores de 30 a 40 bar, la presión de inyección se estipula entre los 100 y 175 bar según el diseño del motor diesel.

Con esta combustión y el aumento de presiones indicadas en el embolo es empujado hacia arriba el P.M.I. constituyendo este tiempo el de trabajo.

4.- ESCAPE – (válvula de escape abierta)

Consiste en la admisión de aire en un cilindro y la compresión del mismo, combustión (aportando combustible cuando en la admisión es solo aire) y expulsión de los gases.

En el caso de motores diesel los cilindros del motor tienen una particularidad, los tiempos entre los mismos van desfasados, uno con respecto a los otros, de modo que cuando un cilindro está, por ejemplo en el tiempo de admisión otro cilindro se encuentra en tiempo de expansión, otro en compresión y otro en escape, todo lo cual depende de combustión que le haya asignado el fabricante. Por ejemplo, si se trata de un motor que tiene un orden de combustión de 1-3-4-2, quiere decir que mientras el cilindro 1 está en tiempo de admisión, el cilindro 3 estará en tiempo de escape de su ciclo correspondiente; el 4 está en su tiempo de expansión de combustible y el 2 en el de compresión. Cuando el giro del cigüeñal desplace los émbolos hacia otra carrera, en el cilindro número 1 se estará produciendo el tiempo de compresión mientras en el cilindro número 3 se pasara al tiempo de admisión; en el 4 se pasara a escape, y en el 2 se estará en el tiempo de combustión, y así sucesivamente.

Comportamiento de los cilindros de acuerdo al arreglo 1-3-4-2 de combustión

CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
Admisión	Compresión	Escape	Combustión
Compresión	Combustión	Admisión	Escape
Combustión	Escape	Compresión	Admisión
Escape	Admisión	Combustión	Escape

La inyección en motores de encendido por compresión, motor diesel, se hace directamente al cilindro o una precámara comunicada con él. En este caso, la combustión se inicia en dicho recinto favoreciendo la mezcla aire-combustible.

También se emplea precámara en motores de inyección directa para contribuir a la turbulencia.

Los motores diesel precisan atomizar el diesel y tener una gran turbulencia en el aire, pues disponen de unos 20° de giro de cigüeñal para mezclar y hacer la combustión ( en gasolina unos 360° sea de carburador o de inyección).

La inyección directa ha sido utilizada de forma general en motores por debajo de 3000 rpm; sin embargo hoy se ha generalizado incluso para los más rápidos (cerca de 5000 rpm) como influencia del avance tecnológico en el sistema de inyección.

Ventajas e inconvenientes de la inyección directa

La mezcla aire-combustible es más lenta, lo cual hace que la precámara haya sido más conveniente en motores con muchas r.p.m. Por el mismo motivo, la precámara admite mezclas más ricas y la potencia por litro de cilindrada es mayor (en motores atmosféricos). Las mejoras introducidas en el sistema de inyección están equilibrando

los dos sistemas desde los puntos de vista tecnológicos decidiendo en la elección el costo.

Mejor rendimiento térmico, del orden de un 10 % a un 15%, y por lo tanto un menor consumo.

Mayor ruido, igualmente que en la inyección, hoy casi no hay diferencia entre ambos sistemas.

Distribución más uniforme en culatas y pistones. La concentración de calor es muy alta a la salida de la precámara, que está demasiado próxima al borde del pistón y al cilindro. Esta es la razón por la que la precámara no es conveniente en motores grandes, como los que se montan en camiones. El límite peligroso es de 1 litro de cilindrada por cilindro.

Cuando la aportación del aire se hace solo con la ayuda del motor, se llama motor de aspiración atmosférica, cuando se hace con la ayuda de un compresor, motor sobrealimentado.

### **Rendimiento Efectivo**

Lo más importante de un motor es su rendimiento efectivo que es la relación existente entre la energía proporcionada por el motor en forma de trabajo y la energía que poseía la masa de combustible que consumió para lograr este mismo trabajo. El rendimiento efectivo es el resultado final de una serie de rendimientos intermedios como el termodinámico, mecánico, y el del ciclo de combustión.

En la práctica este rendimiento se puede calcular de dos formas (km/ L); en ciudad y carretera, se establece una media y normalmente esta cifra viene especificada en los manuales, estas cifras o valores están establecidos de acuerdo a ciertas condiciones que no necesariamente se observan el uso diario de algún vehículo, ya que la temperatura la presión atmosférica, el estado de la carretera, las llantas y un factor importante que es la operación del mismo están alejados de la realidad.

Lo que sí se puede observar es un consumo promedio y este no deberá variar demasiado de acuerdo al rendimiento establecido por el fabricante siempre y cuando se cumplan con las condiciones de mantenimiento en los componentes señalados para su perfecto funcionamiento.

## Relación de Compresión

Se le llama relación de compresión o relación volumétrica, cuando en un motor de cuatro tiempos, la válvula de admisión se abre y el émbolo que se encontraba inicialmente en P.M.S. desciende hasta llegar a la parte más baja de su carrera, o P.M.I., todo el espacio ocupado por el cilindro se llena de gas ( ya sea mezcla o simplemente aire ). La relación que existe entre el volumen inicial y el volumen final constituye la relación de compresión.

Se representa 23:1 en relación de compresión

Se deduce que la relación de compresión es el resultado de sumar el volumen del cilindro más el nivel de la cámara de combustión (es la parte que se encuentra más arriba del P.M.S., del émbolo en la mayoría de los casos ) y todo ello dividido por el propio volumen de la cámara.

La fórmula que determina esta relación de compresión (  $R_C$  ), es la siguiente:

$$R_C = \frac{V + v_c}{v_c}$$

En donde V es el volumen del cilindro y  $v_c$  representa el volumen de la cámara de combustión.

**1.3.1 - Biocombustibles:** El biocombustible es el término denominado para el combustible derivado de la biomasa (organismos vivos o sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de vaca).

Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales (petróleo y carbón), se considera una fuente de energía renovable y que tiene poco impacto ambiental, sin embargo la utilización de semillas transgénicas y grandes cantidades de agroquímicos, así como la ampliación de la frontera agrícola de muchos países, mediante el desmonte de selvas y bosques nativos, cuestionan severamente esta teoría.

En Argentina y Brasil están siendo destruidas diariamente grandes extensiones de bosques, para la plantación de soja y maíz cuyo destino será la producción de biocombustibles, además de alimentos. Esto contribuye al fenómeno del cambio climático y la desertificación de los suelos.

Algunos expertos y ambientalistas prefieren llamarlos agro combustibles, pues consideran que el prefijo “bio” no es adecuado.

Los biocombustibles más usados y desarrollados son bioetanol y el biodiesel.

**El bioetanol**, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir de maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Brasil es el principal productor de Bioetanol (45% de la producción mundial), Estados Unidos de América representa el 44%, China el 6%; la Unión Europea el 13%, India el 1% y otros países el restante 1%.

**El biodiesel:** Se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. En éste último caso se suele usar raps, canola, soja o jatrofa, los cuales son cultivados para este propósito. El principal productor de biodiesel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%.

### **Impacto ambiental de los biocombustibles**

Los biocombustibles producidos a base de palma de aceite, caña de azúcar y soja conllevan grandes impactos sociales y medio ambientales:

La producción conlleva la pérdida de bosques tropicales y de su riqueza en biodiversidad al requerir del establecimiento de plantaciones de palma aceitera, soja, etc. Que también son conocidos como desiertos verdes, por secar las fuentes naturales de agua y humedales.

En otros casos, las superficies para estas plantaciones son a costa de superficies de cultivos alimenticios, ha comenzado una competencia entre producción de combustibles.

La quema de bosques para el establecimiento de plantaciones libera mucho más CO<sub>2</sub> del que se puede ahorrar por el uso de los biocombustibles que se promocionan falsamente como más ecológicos.

La demanda de biocombustibles potencia los monocultivos, y por lo tanto mayor uso de plaguicidas y herbicidas, contaminándose también las aguas, dañando la salud humana y contaminando el medio ambiente.

En las plantaciones se dan malas condiciones de trabajo, salarios debajo de los mínimos legales.

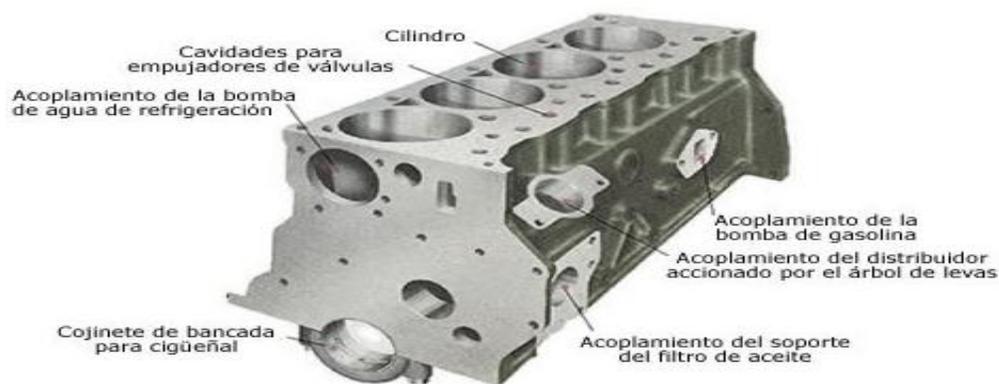
## 1.4.-Elementos Constructivos

Bloque:

El bloque es el soporte más importante del motor, ya que sobre él se colocan los demás componentes fijos y móviles, es el responsable de soportar el trabajo transmitido por los elementos móviles del motor y la presión de los gases en el cilindro. El bloque debe poseer las siguientes características:

- Debe tener gran rigidez estructural, para evitar deformaciones cuando se encuentra en funcionamiento el motor, deberá también soportar diversos componentes como bomba de agua, alternador, compresor de aire acondicionado, etc.
- Su masa debe ser resistente para amortiguar los ruidos y vibraciones debido al proceso de combustión.
- Deberá tener conductos para lubricación y refrigeración.

El bloque está sometido a dos tipos de trabajo, mecánico y térmico, los trabajos mecánicos son generados por la fuerza que genera la compresión de aire o mezcla, a las provocadas por la combustión y las resultantes del movimiento de los componentes móviles, nombradas fuerzas de inercia, las térmicas son generadas por las altas temperaturas que se presentan en la combustión y por la fricción del pistón en los cilindros. La combinación de ambos tipos de esfuerzo provoca desgaste en el cilindro adquiriendo con el tiempo una forma ovalada este valor de deformación está establecido por el fabricante.



Bloque motor

**Imagen 5 Capítulo 1 Entropía tomada de internet: <https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>**

### 1.4.1.- Disposición de los cilindros

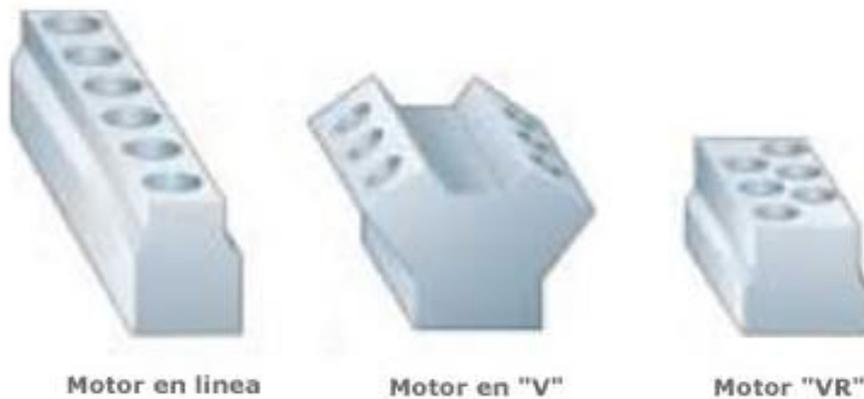
El número de cilindros y su configuración depende del espacio posible en el vano motor y de la cilindrada unitaria de cada cilindro.

Las disposiciones más comunes del bloque son:

**En línea:** los cilindros se encuentran en único bloque de cilindros uno a continuación del otro

**Bóxer:** Los cilindros se colocan horizontalmente, ayudando al equilibrio de fuerzas de inercia ya que el movimiento de un pistón se equilibra con el opuesto que se mueve en sentido contrario. Una ventaja de esta configuración es la reducción del centro de gravedad del vehículo, siendo utilizada en automóviles deportivos, además permite colocar un cigüeñal de menor longitud disminuyendo esfuerzos torsionales.

**En V:** los cilindros se distribuyen en dos bloques que adoptan la forma de uve entre ellos, se acoplan a  $60^\circ$  y  $90^\circ$ . Al igual que sucede en el bóxer, el motor es de menor longitud en comparación con los cilindros en línea, reduciendo el tamaño y su centro de gravedad, el cigüeñal también es más corto aumentando su rigidez.



**Imagen 6** Capítulo 1 Entropía tomada de internet: <https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>

### 1.4.2.- Culata o cabeza de válvulas

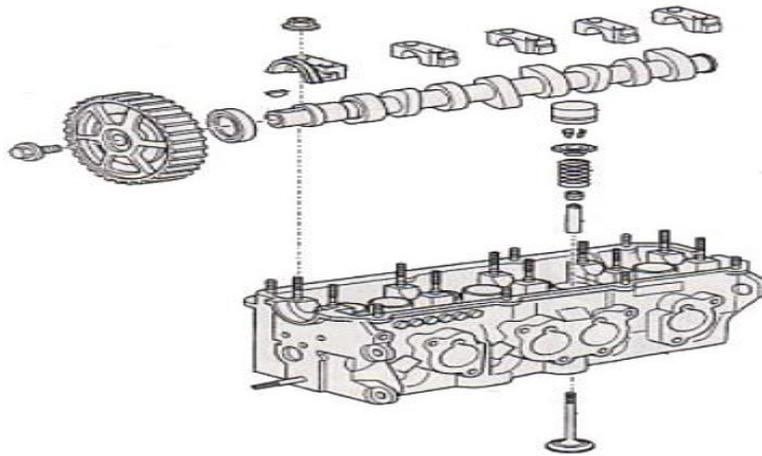
La culata es el elemento que se fija al bloque en su parte superior, cerrando los cilindros y contiene los siguientes elementos:

- Conducto o pipas de admisión y de escape
- Todos o parte de los elementos del sistema de distribución
- Conducto de refrigeración y lubricación
- Orificio para las bujías , inyectores o calentadores, dependiendo del motor si es diesel o gasolina
- Totalidad de la cámara de combustión

Debido a que la culata es sometida a diversos esfuerzos tales como mecánicos térmicos y químicos deberán cumplir lo siguiente:

- Tener alta resistencia a la presión de los gases, debe ser construida con alta resistencia.
- Poseer buena capacidad de evacuar el calor ya que alcanza altas temperaturas, por lo cual su conductividad térmica tiene que ser elevada, el coeficiente de deformación debe ser similar al del bloque para evitar deformaciones.
- Resistir los químicos generados en la combustión que pueden resultar corrosivos.
- Permitir buen intercambio de gases, el diseño de los conductos de admisión y escape, facilitando la renovación de carga.
- Mantener el sellado perfecto evitando fugas de gases de combustión, refrigerante o lubricante en su unión con el bloque, así como en los orificios para bujías, inyectores o calentadores.

**Culatas Para Motores Diesel:** Las culatas de los motores diesel son muy parecidas a los motores de gasolina, la diferencia se localiza en la pipa de admisión, que debe favorecer al máximo la turbulencia del aire de entrada al cilindro. Además el diseño de la cámara de combustión es especial esto debido a que se deben colocar precámaras de combustión con el fin de aumentar la presión.



Despiece de una culata con su árbol de levas

**Imagen7 Capitulo 1** tomada de internet: <https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>

**Cámara de pre combustión:** En la cámara el combustible es inyectando durante la expansión, se acaba de quemar en el cilindro dado que la temperatura del aire ha aumentado mucho a lo largo del proceso. El volumen de esta cámara de precombustion es aproximadamente de 1/3 del volumen de la cámara de combustión total, dada su gran superficie, disipa rápidamente el calor, siendo necesario instalar una bujía de precalentamiento (4) para el arranque en frío.

**Materiales:** los materiales más utilizados en la fabricación son:

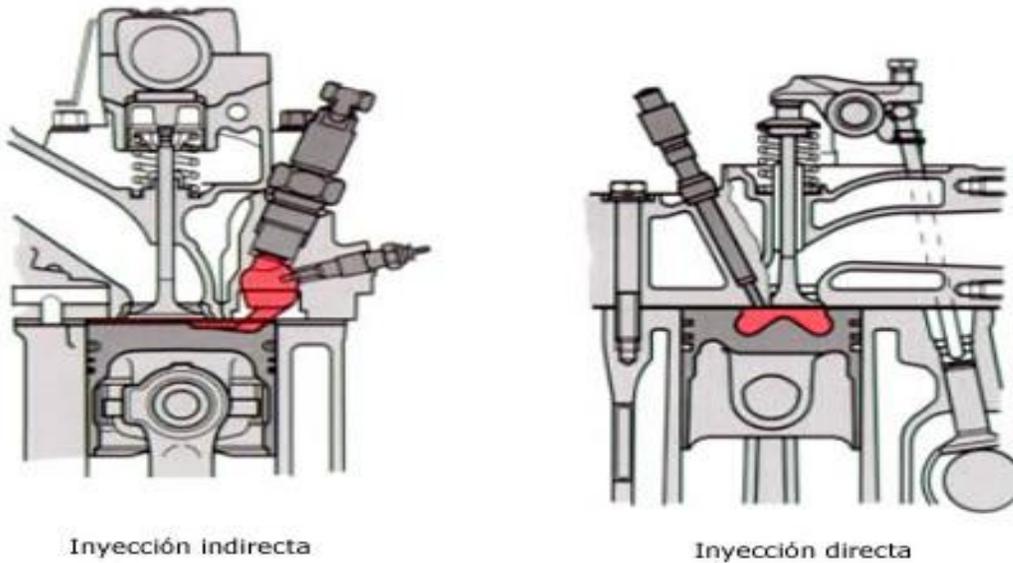
**Fundición de Hierro:** Se utiliza aleando con algunos materiales, como el cromo y el níquel, con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas. Las culatas de fundición de hierro tienen una buena resistencia tanto mecánica como térmica, evitando deformaciones por exceso de temperatura, pero su conductividad térmica es baja por lo que no disipa el calor rápidamente.

**Aleación de Aluminio:** Este material es el más utilizado ya que su peso es bajo y la conductividad térmica es elevada, disipando rápidamente el calor, el aluminio se suele alea con otros materiales para mejorar la resistencia mecánica, su desventaja es que tiende a deformarse por el exceso de temperatura.

El aluminio (Al) tiene poca resistencia y poca atracción y poca dureza, por lo que se alea con materiales para mejorar su dureza.

Níquel (Ni) Aumenta su resistencia mecánica a elevadas temperaturas

Silicio (Si): combinado con magnesio (Mg) mejora la resistencia mecánica



Diferentes cámaras de combustión en motores Diesel

**Imagen 8 Capítulo 1 tomada de internet: <https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>**

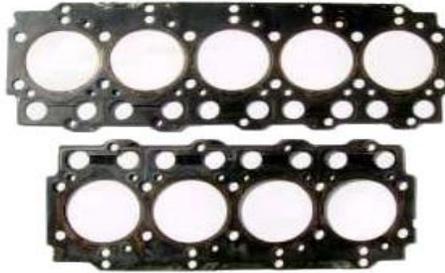
Manganeso (Mn) Mejora las propiedades mecánicas

Cromo (Cr) Aumenta su resistencia si se combina con Mg y Mn

**Daños:** Los daños más comunes de la culata suelen ser por sobrecalentamiento de la misma, deformando los planos de la junta con el bloque o con los colectores, también se presentan fisuras por tensiones térmicas provocadas por una falla en la refrigeración.

## Junta de Culata

La junta permite sellar el bloque de cilindros y la culata, debe impedir la comunicación entre los cilindros, los conductos para lubricación y los conductos para refrigeración. Debe eliminar las irregularidades del plano de la junta del bloque y la culata, porque debe ser moldeable. Es sometida a altas presiones y temperaturas elevadas, debe conservar sus propiedades durante la vida del motor.



**Imagen 9** Capitulo 1 tomada de internet: <https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>

### 1.4.3.- Carter

El cárter es el componente que cierra el motor en su parte inferior y es un depósito del aceite de lubricación, se une al bloque o bancada por medio de tornillos y para su sellado se coloca una junta con algún pegamento para sellar perfectamente, en la parte inferior lleva un tapón de drenado de aceite, en la parte interna se colocan bloques para impedir que se desplace mucho en curvas y en pendientes pronunciadas, esto con el fin de evitar la bomba deje de succionar ya que es enviado a presión a componentes del motor.



**Imagen 10** Capitulo 1 tomada de internet: <https://fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

**Materiales:** Se fabrica en aluminio o en chapa

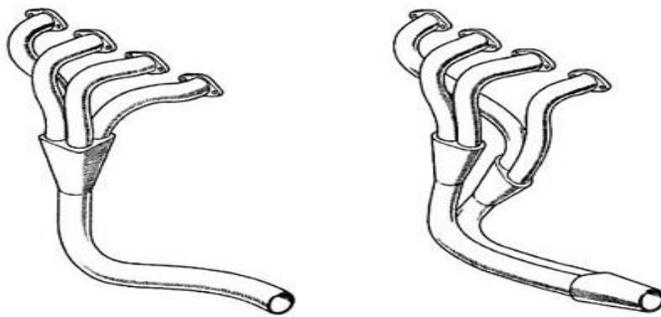
**Daños:** Los daños pueden ser provocados con golpes al ir circulando ya que se localiza en la parte baja del motor, puede también presentar fugas por daño en la junta y es importante realizar el drenado de manera que no dañe la rosca del tapón de drenado, para ello es necesario la utilización de la herramienta correcta.

#### 1.4.4.- Colectores o múltiples de admisión.

**Colector de Admisión:** El colector de admisión es el responsable de introducir aire o la mezcla de aire y combustible en los motores a gasolina, en las tuberías de admisión de la culata, a la que va atornillado, entre la culata y el colector se coloca una junta para sellar herméticamente, los materiales de fabricación pueden ser de aluminio o plástico, La utilización de plástico reduce costo y peso además de proporcionar un acabado interno muy bueno, algunos colectores emplean los dos materiales.

#### Colector de Escape

Es el elemento responsable de evacuar los gases quemados durante la combustión hacia la línea de escape, El diseño es similar al colector de admisión, pero su fabricación es distinta debido a las altas temperaturas que alcanza. Su fabricación por en general esta constituida de hierro fundido y en motores de alta competición se fabrican de acero inoxidable.



Colectores de escape optimizados

**Imagen 11 Capitulo 1 tomada de internet: tomada de internet:**  
<https://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>

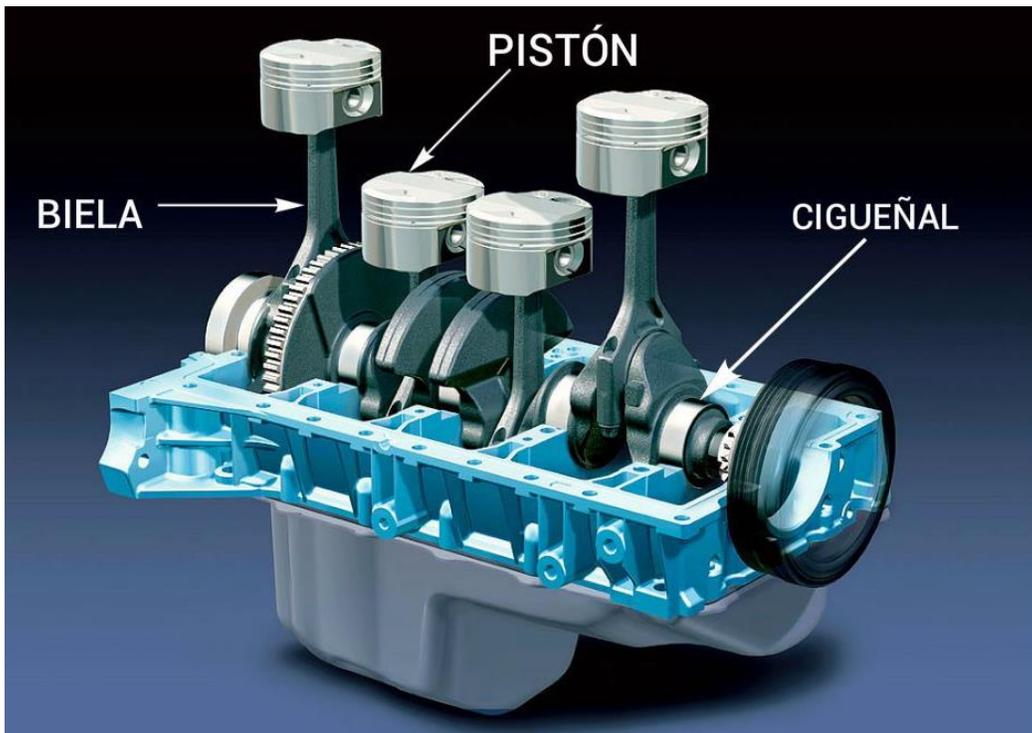
## Elementos Móviles

**Elementos del tren alternativo:** Son considerados elementos del tren alternativo aquellos que forman parte del mecanismo biela-manivela que transforma el movimiento lineal del pistón en rotativo del cigüeñal. Los componentes más importantes en este apartado son pistones, bielas y cigüeñal.

### Pistón

El pistón es el componente que transfiere la fuerza ejercida por la presión de los gases sobre la superficie tras la combustión al resto de elementos del mecanismo biela-manivela. Debido a esto, puede llegar a soportar presiones superiores a los 50 bares y temperaturas de más de 250 °C dependiendo del tipo de motor. Las características de calidad que debe poseer un pistón son las siguientes:

- Resistencia mecánica y térmica elevada
- Conductividad térmica para evacuación de calor
- Coeficiente reducido para evitar rozamiento con el cilindro reduciendo el desgaste
- Evitar inercias en su movimiento el peso debe ser mínimo



**Imagen 12 Capítulo 1** tomada de internet: <https://fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

## Biela

La función de la biela es transformar el movimiento horizontal del pistón en movimiento rotativo, la conversión se efectúa por medio de la biela y el codo cigüeñal, la biela conecta el perno o bulón del pistón permitiendo su inclinación hacia adelante y atrás, la superficie de rodamiento de la biela es giratoria conforme da vueltas el cigüeñal.

Conforme el pistón se mueve hacia arriba y abajo, la superficie de rodamiento de la biela se mueve en un círculo y el cigüeñal gira, la biela oscila hacia un lado de manera que su extremo inferior sigue la superficie de rodamiento de la biela.

Cuando el pistón se encuentra en su P.M.I. y comienza su movimiento hacia arriba, la biela se inclina hacia adelante y hacia atrás, este movimiento giratorio se transmite al cigüeñal permitiendo así su rotación o giro.

## Cigüeñal

Elemento cuyo funcionamiento tras la combustión genera trabajo nombrado par de giro y este a su vez es transmitido a la cadena cinemática.

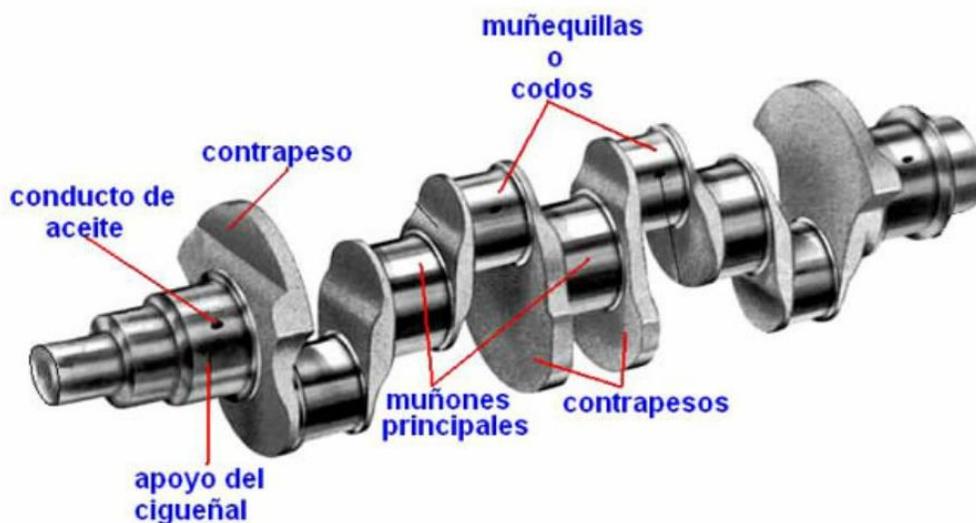


Imagen 13 Capítulo 1 tomada de internet: <https://fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

**Apoyos:** nombrados muñones estos apoyos se unen a la bancada, esto constituye el eje de giro del cigüeñal, el número de apoyos es proporcional al número de cilindros del motor.

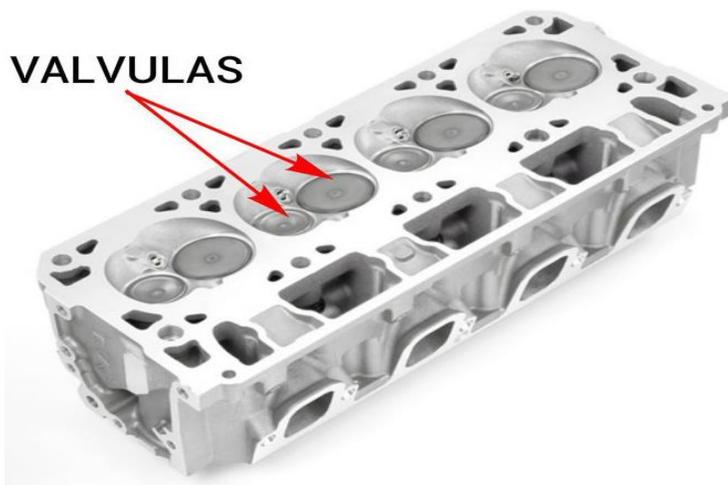
**Muñequillas:** Elemento donde se inserta la cabeza de biela, el cigüeñal tendrá las muñequillas y cilindros en proporción.

**Brazo o manivela:** Elemento que une al apoyo con la muñequilla la distancia que existe entre el centro de apoyo y el centro de la muñequilla constituye la manivela suele ser la mitad de la carrera.

**Contrapesos:** Masa que forma parte del conjunto del cigüeñal, están opuestas diametralmente a las muñequillas para equilibrar entre el 50% y 60 % de las masas rotativas.

### 1.5.- Sistema de distribución

El sistema de distribución permite abrir y cerrar las válvulas de manera sincronizada, para la admisión se abre permitiendo el ingreso de aire, para los motores a gasolina la mezcla de aire- gasolina a los cilindros. Las válvulas de escape se abren para permitir la salida de los gases de la combustión.



**Imagen 14** Capitulo 1 tomada de internet: <https://fierrosclasicos.com/rectificacion-de-motores-que-es-de-que-se-trata/>

Los sistemas de distribución se clasifican de la siguiente manera:

**Sistema OHV:** El árbol de levas se ubica en el bloque, por debajo cerca del cárter, en forma lateral, cada una de sus levas en su giro acciona un empujador y este la varilla la cual, en su otro extremo contacta con el balancín que a su vez contacta con la válvula permitiendo su apertura.

Sistema OHC: El árbol de levas se localiza en la cabeza de los cilindros para accionar las válvulas de admisión y escape.

Sistema DOHC: Consta de dos árbol de levas localizadas en la cabeza de los cilindros, es el utilizado para motores multiválvulas.

QTiempo del árbol de levas: El árbol de levas está impulsado por el cigüeñal, su tiempo es la relación mecánica entre el árbol de levas y el cigüeñal. El cigüeñal debe girar dos veces por una del árbol de levas permitiendo abrir solo una vez la cada válvula la relación de engranes es 2:1, esto es que la polea del cigüeñal debe ser del doble del diámetro de la polea del árbol de levas.

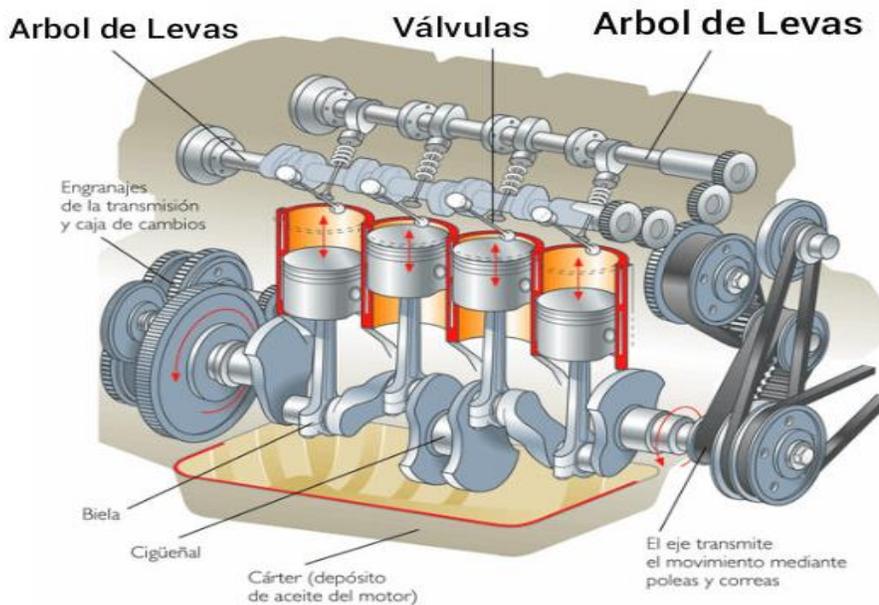


Imagen 15 Capítulo 1 tomada de internet: <https://fierrosclasicos.com/que-es-el-arbol-de-levas>

## **CAPITULO 2**

### **Inyección en Motores Diesel**

En los motores de encendido por compresión diesel, la combustión se produce cuando el combustible que es inyectado en estado líquido, cambia a estado casi gaseoso, separado por medio de los inyectores y mezclándose con el aire para utilizar el oxígeno necesario, la combustión se genera en puntos localizados de la cámara de combustión por auto encendido.

La mezcla y la combustión son procesos que se producen de forma instantánea, y además no hay límite entre el combustible que se está mezclando con el aire nuevo y el que se está quemando.

De acuerdo a esto, el combustible no tiene nada de tiempo para formar la mezcla, lo que condiciona demasiado las características del sistema de inyección y el funcionamiento del motor, limitando la proporción máxima de la mezcla aire combustible como el de régimen de giro.

Tanto en motores de gasolina como de diesel, los elementos con los que se cuenta para generar la mezcla son muy similares, ambos sistemas cuentan con depósito de combustible, conductos, bomba de combustible, filtros de combustible, bombas de inyección, tuberías de alta presión e inyectores.

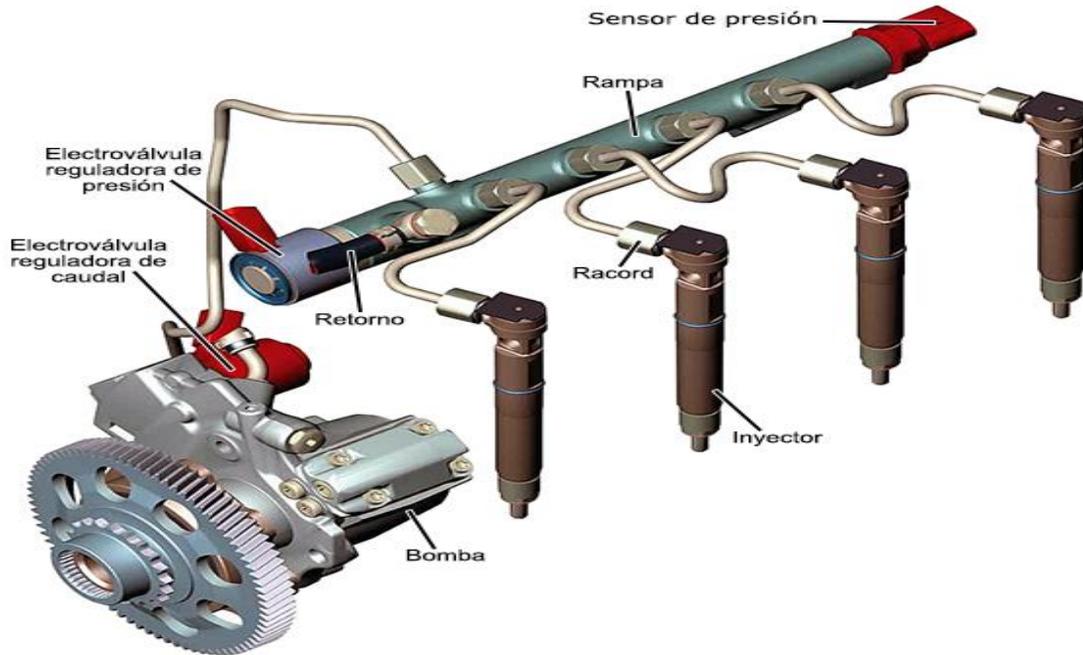
El funcionamiento es similar, la bomba de combustible eleva el combustible desde el depósito hasta la bomba de alta presión de manera constante, haciendo pasar el combustible por un filtro, donde se limitan el paso de burbujas y partículas que puedan dañar el la bomba de inyección y los inyectores.

Los filtros de combustible deben tener un buen mantenimiento para que el sistema de inyección opere correctamente. La bomba de inyección es la encargada de suministrar la cantidad de diesel requerido, con la presión necesaria, para que cuando ingrese diesel a la cámara se distribuya de manera tal que se mezcle con el aire que se encuentra dentro del cilindro.

Para que la combustión sea altamente eficiente, la bomba debe estar calibrada correctamente, para que a su inicio se adelante o retrase según el punto de funcionamiento, para esto las bombas cuentan con sistemas de corrección electrónicos.

Las bombas de inyección en la actualidad funcionan a diversos rangos de presión máximos desde 1.500 a 2.000 bares.

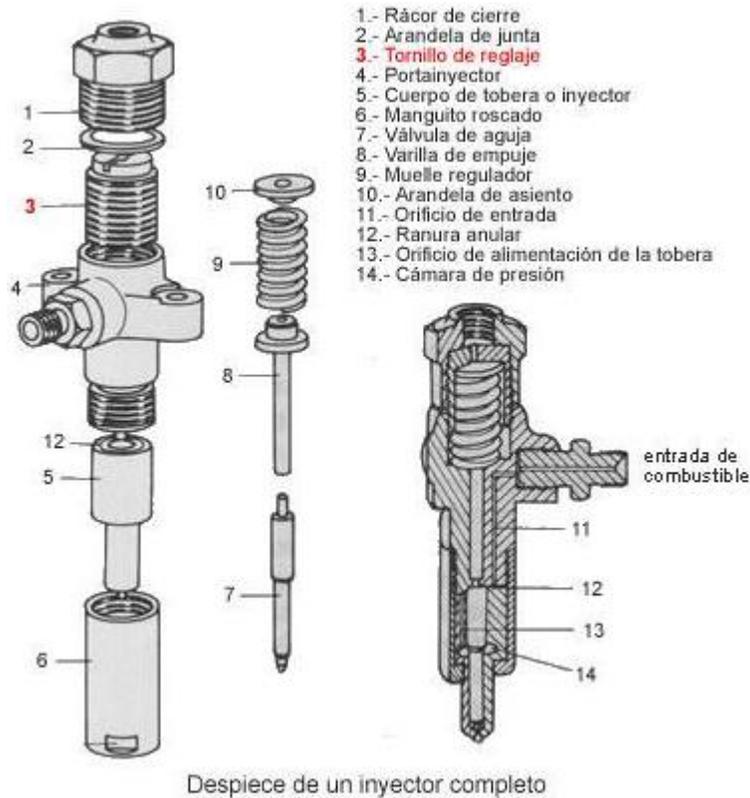
Las elevadas presiones requieren componentes altamente resistentes al igual que los ductos por donde circula el combustible por ello son fabricados en acero sin soldaduras con diámetros de interiores de 2mm y paredes de 3mm.



**Imagen 1. Cap 2 tomada de internet página: [http://www.blogmecanicos.com/2018/03/causas-del-fallo-de-los-inyectores\\_22.html](http://www.blogmecanicos.com/2018/03/causas-del-fallo-de-los-inyectores_22.html)**

Existe una gran cantidad de conductos eso depende del fabricante del motor, la geometría de los tubos debe ser igual en diámetro y longitud debido a los efectos dinámicos generados por la sobrepresión afectando de manera similar a toda la tubería.

El ultimo componente del sistema de inyección son los inyectores, estos se encargan de suministrar el combustible dentro de los cilindros, contiene orificios a través de los cuales se suministra el combustible transportado, estos orificios están cerrados por medio de la aguja del inyector en estado de reposo mediante un muelle, este se mueve cuando se alcanza la presión mínima y en ese momento el combustible levanta la aguja, liberando los orificios por donde ingresa a gran presión a la cámara de combustión, el chorro de combustible se mezcla con el aire para generar la combustión.



## 2.1.- Sistema de inyección

Para realizar la combustión es necesario inyectar una determinada cantidad de combustible pulverizado en la cámara de combustión, en el cual se encuentra aire comprimido y caliente. Esta tarea la realizan los inyectores, que reciben el combustible de la bomba de inyección.

El combustible debe ser inyectado en la cámara de combustión en forma correcta y precisa para el óptimo funcionamiento del motor diesel, depende de la inyección el funcionamiento correcto, las condiciones necesarias son:

- Suministrar a cada cilindro y en cada ciclo la cantidad de combustible necesario, ajustando las condiciones de marcha en el motor.

- Iniciar la inyección en el momento exacto, de manera que se lleve de forma correcta y por completo, variando el punto de inyección a medida que el régimen de giro del motor y las condiciones de carga varían.
- Pulverizar el combustible, de manera que se reparta en minúsculas gotas para facilitar su inflamación.
- Entregar a esas gotas la capacidad de penetración en la cámara donde se encuentra el aire comprimido.
- Ingresar de manera uniforme las partículas de combustible en el aire de la cámara de combustión
- La relación aire-combustible es la cantidad de aire que se necesita para que el combustible se quemara completamente.

Entre más preciso sea el control de la relación aire-combustible para atender las diferentes condiciones externas, mejor será la operación general del motor.

La ventaja de un sistema de inyección de combustible es el control preciso de la cantidad de combustible que se inyecta a un motor; los sistemas se controlan actualmente en forma electrónica esto permite la operación del sistema de inyección sea paralela a los requerimientos del motor.

## **2.2.- Inyección diesel**

La inyección de combustible en motores diesel es similar al motor a gasolina, la diferencia principal es que la formación de la mezcla se lleva a cabo en la cámara de combustión de los cilindros cuando el combustible se inyecta a muy alta presión.

El combustible se alimenta, por medio de una bomba de alta presión conectada a los inyectores se mezcla con aire dentro del cilindro y se autoincendia aproximadamente a 800° C.

La presión de la inyección afectará la cantidad de combustible, lo más importante es la atomización, ya que a presiones más altas el combustible se atomizara formando gotitas más pequeñas mejorando la calidad del quemado; y las emisiones de hollín se reducen con la inyección de alta presión.

Los motores a diesel en baja velocidad operan con excesos de aire asegurando el quemado completo del combustible y con emisiones de contaminación bajas.

El control electrónico de la inyección diesel ha permitido, un control más preciso de la cantidad de combustible a suministrar, calculando con base en la posición del acelerador y la velocidad del motor, el inicio de la inyección se calcula a partir de:

- Velocidad del motor.
- Temperatura del motor.
- Presión de aire.

El ECU (Unidad de Control del Motor); es capaz de comparar el inicio de la inyección con la entrega real a partir

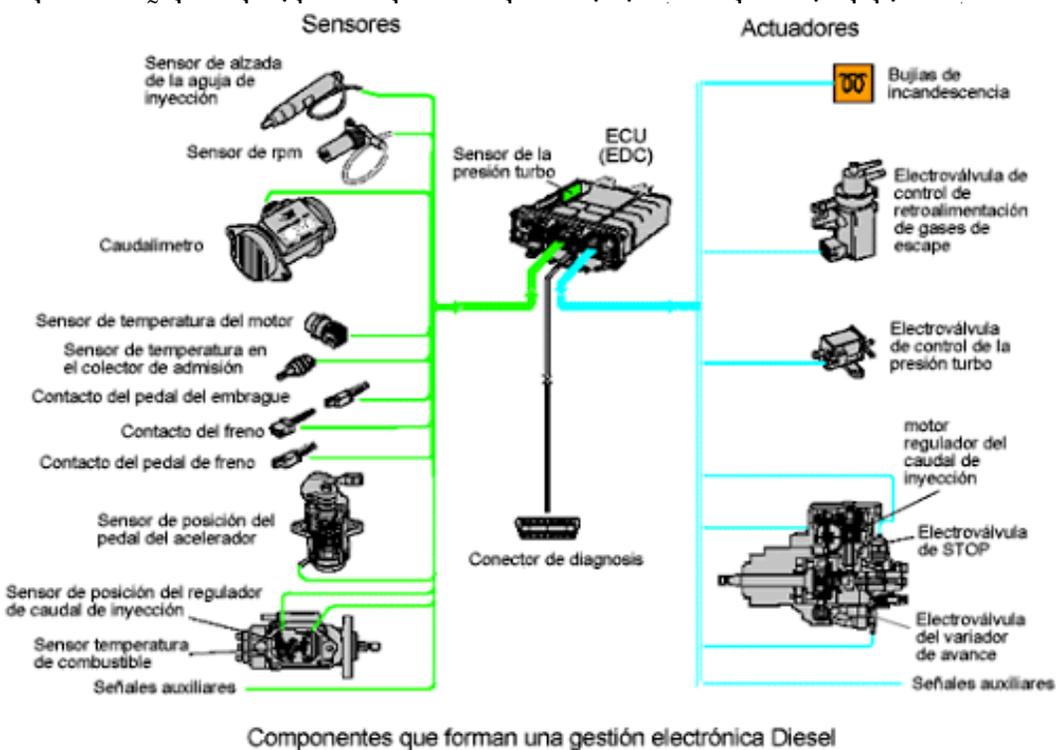


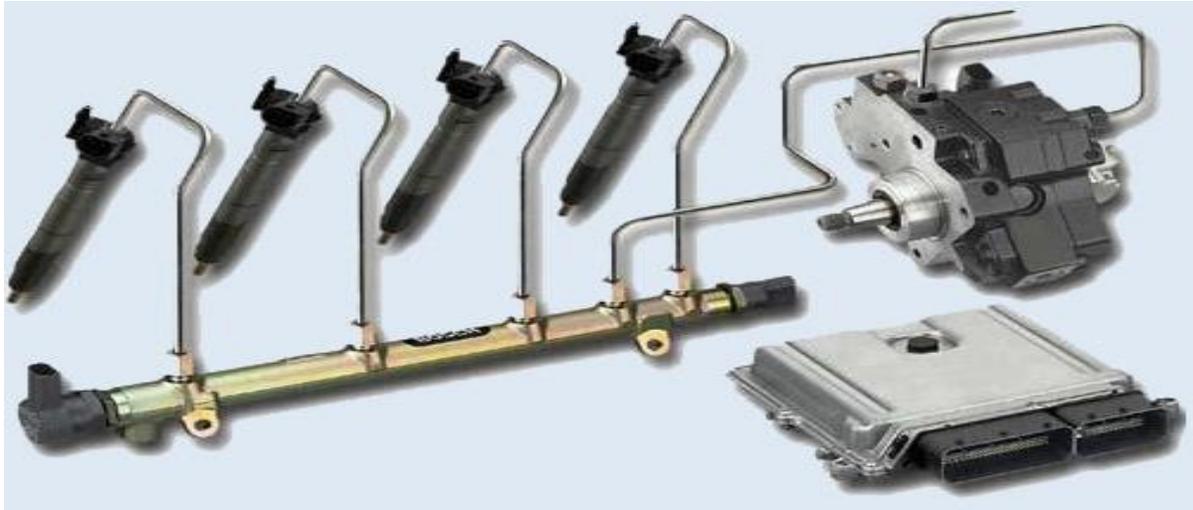
Image.3Cap.2tomadadeinternetpágina:[http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion\\_electronica\\_diesel3.htm](http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel3.htm)

### 2.2.1.- Inyección Common raíl

El sistema es ampliamente utilizado y su aplicación se realiza en motores de inyección directa, se suministra el combustible a los inyectores a través de un conducto común de nombre Common raíl.

El combustible contenido en el depósito es aspirado por la bomba eléctrica de alimentación, y es impulsado hacia la bomba de alta presión, pasando por el filtro de combustible también, donde se retienen las impurezas, la bomba

de alta presión presurizada el combustible hasta los 1400 bar, posteriormente el combustible es guiado por un conducto del cual salen tuberías que están conectadas a los cilindros.



**Imagen 4. Cap2. Tomada de internet página: <http://www.hydrodiesel.co.za/commonrail.html>**

El sistema se conforma de tres partes:

- a) Circuito de baja presión: se conduce el combustible desde el depósito a la entrada de la bomba de alta presión; los componentes más importantes son la bomba eléctrica de alimentación y filtro.
- b) Bomba eléctrica de alimentación: La bomba se acciona al conectar el encendido, con el motor en marcha, su regulación es llevada a cabo por la unidad de control de la bomba garantizando un suministro a presión constante y uniforme.
- c) Filtro: El combustible requiere ser filtrado para evitar impurezas, además actúa también como regulador de la temperatura del combustible.

### **2.3.- Filtrado del combustible**

El petróleo bruto contiene una gran cantidad de impurezas que no se eliminan por completo en el proceso de destilación. Dichas impurezas suelen estar constituidas principalmente por azufre, asfaltos y silicatos, que se presentan en forma de partículas muy duras y cuya densidad les permite mantenerse en el líquido durante cierto tiempo.

Por otra parte y debido al uso y al paso del tiempo, el depósito de combustible puede almacenar polvo y partículas metálicas.

Es importante eliminar las impurezas, ya que circulan por el sistema de inyección y esto provoca suciedad que aumenta el desgaste de los componentes dañándolos definitivamente

Es importante que el combustible sea lo más limpio posible separando las impurezas hasta conseguir que dichas impurezas no sean superiores a una milésima de milímetro.

Los filtros de combustible tienen como objetivo realizar este trabajo por tal motivo se ubican entre la bomba de alimentación y la de inyección.

El filtro está constituido por lo general de un cartucho de papel poroso de celulosa especial o fieltro, impregnado de una sustancia que normalmente contiene resina fenólica, que tiene la propiedad de absorber el agua que pueda contener el combustible, proveniente de la condensación, que pueda dañar las superficies metálicas del sistema de inyección, oxidándolas y deteriorándolas.

Debido a la importancia que tiene el sistema de filtrado de combustible se recomienda cambiarlo de forma periódica cada 40,000 km aproximadamente.

La disposición del filtro es la siguiente:

El filtro se fija por medio de un tornillo que se enrosca en el recipiente, este filtro queda acoplado por la parte superior por un anillo de cartucho

El combustible circula desde la boca de entrada, a través del filtro hasta el fondo del recipiente, desde ahí sube por el conducto central para salir por el extremo opuesto hacia la salida.

En el depósito hay un tornillo de vaciado para su limpieza de impurezas filtradas.

En algunos depósitos se dispone de un sensor que detecta el agua contenida por el filtro, el sensor es del tipo sonda capacitiva, consiste en dos electrodos separados, conectados a una lámpara de control; ya que el agua tiene mayor densidad que el combustible cuando se acumula lo hace en el fondo, por lo que el sensor al detectar el cambio de densidad se enciende el aviso en el tablero.

## **2.4.- Los inyectores de combustible**

Para lograr una buena combustión, es necesario que el combustible sea inyectado en el interior del cilindro muy finamente pulverizado, con el objetivo de lograr una mejor y más rápida combustión.

El inyector es el elemento que cumple los requisitos necesarios para conseguir la pulverización del combustible en la medida idónea y distribuirlo uniformemente por la cámara de combustión. Es por eso que sus características dependen del tipo de cámara en que esté montado.

El inyector, cualquiera que sea su tipo, se fija a la cámara de combustión por medio del portainyector, que está formado por un cuerpo al que se acopla el inyector en sí, o como también se le llama, tobera. Éste último lo compone el cuerpo y la aguja.

Una tuerca es la realizada de fijar la unión.

En el interior del cuerpo se aloja la varilla, aplicada contra la aguja por la acción del muelle, cuya fuerza es regulable por medio del tornillo y la contratuerca.

Su funcionamiento es el siguiente: el combustible llega al portainyector por una canalización que llega de la bomba, y pasa al inyector a través de un conducto lateral. El sobrante de combustible circula alrededor de la varilla empujadora, lubricándola, para salir por la canalización que lo lleva al depósito de combustible por el circuito de retorno.

En la parte superior del portainyector se encuentra el sistema de reglaje de la presión de tarado del inyector. Dicha presión puede variarse actuando sobre el tornillo que actúa contra el muelle.

El sistema se encuentra protegido por un tapón.

Debe comprenderse que las superficies de unión del inyector al portainyector deben tener un mecanizado perfecto, pues si no fuese así se producirían fugas de combustible, lo cual reduciría el caudal inyectado y haciendo que el motor funcione de forma defectuosa.

El inyector en sí está formado por dos partes, aguja y cuerpo. Estas dos piezas están apareadas y presentan un juego de acoplamiento del orden de 2 a 4 micras. El cuerpo lleva un taladro en el que se aloja la aguja, que en su

parte inferior está provista de dos superficies cónicas, de las cuales una apoya en un asiento formado en el cuerpo y la superior, que es la que recibe el empuje del líquido que provoca el levantamiento de la aguja.

Alrededor del cono se forma una cámara, a la que llega el combustible a presión por un conducto procedente de la bomba de inyección. La salida del combustible se realiza por un orificio.

El portainyector se fija a la culata en la cámara de combustión, por medio de una brida, o bien roscado a ella.

En los dos tipos, el inyector acopla en su alojamiento de la culata con interposición de unas juntas de estanqueidad con forma de arandela, de las cuales una se sitúa en la punta de la tobera haciendo asiento en el alojamiento de la culata, y la otra en el portainyector.

Ambas juntas de estanqueidad deben ser sustituidas cada vez que se desmonte el inyector, ya que de no sustituirse podrían no hacer un acople correcto, por estar deformadas o adaptadas al inyector anterior.

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

- De orificios.
- De tetón o espiga.

El de orificios está desarrollado para motores de inyección directa, mientras que el de tetón tiene varias versiones, cada una de las cuales está diseñada para una función concreta, y no funcionará de manera satisfactoria si se emplea en otra aplicación distinta.

Los inyectores de tetón o espiga se utilizan sobre todo en motores de inyección indirecta, es decir, en motores con precámara de inyección. En este tipo de tobera, la aguja está provista en su extremo de un tetón con una forma predeterminada (cilíndrica o cónica), que posibilita la formación de un prechorro, de manera que al comienzo de la abertura se deja un pequeño espacio en forma de anillo que deja salir muy poco combustible, haciendo una especie de efecto estrangulador. A medida que se agranda la abertura, por aumento de la presión de inyección, la sección de paso aumenta, hasta que hacia el final de la carrera de la aguja se inyecta la dosis principal de combustible.

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

## CAPITULO 3

### Sistema de recirculación de gases

El sistema de recirculación de gases de escape es la parte fundamental de operación del motor, ya que permite la evacuación de los gases generados en las diversas partes del motor permitiendo un correcto funcionamiento y evitando contaminar de manera excesiva la atmosfera.

En el proceso de combustión, el oxígeno es tomado del aire atmosférico, que contiene nitrógeno o vapor de agua. El combustible puede contener otros elementos aparte del hidrogeno y del carbono, como el azufre; tras la combustión se generan sustancias contaminantes.

Las características de las sustancias presentes en los gases de escape son:

**Nitrógeno ( $N_2$ ):** Elemento que está en mayor cantidad en el aire atmosférico, en un 78%; es un gas incoloro, inodoro, insípido, la mayor parte del nitrógeno admitido por el motor sale sin alterarse en los gases de escape, se combina con el oxígeno, bajo ciertas circunstancias forman óxidos de nitrógeno.

**Oxígeno ( $O_2$ ):** Forma parte del aire atmosférico en un 21% aproximadamente, es un gas incoloro, inodoro e insípido, siendo necesario para la respiración, en los gases de escape es debida al funcionamiento de mezclas pobres, constituyendo un sobrante de la combustión.

**Agua ( $H_2O$ ):** Está presente en el aire atmosférico en forma de vapor y se condensa en línea de escape cuando está aún fría y el motor en la fase de calentamiento es una sustancia inocua.

**Dióxido de carbono ( $CO_2$ ):** Es un producto resultante de la combustión de un hidrocarburo, ya que el carbono del combustible se combina con el oxígeno del aire aspirado. Aunque no es un gas tóxico para el ser humano contribuye al efecto invernadero, por lo que es un gas contaminante.

El dióxido de carbono es un producto que se obtiene tras la combustión de un hidrocarburo, es un gas que no puede ser tratado la única forma de minimizar sus efectos es reduciendo el consumo de combustible.

**Monóxido de carbono (CO):** Se obtiene tras la combustión incompleta de un hidrocarburo; es un gas incoloro, inodoro y altamente tóxico. Aproximadamente, una proporción de 0.4% en el aire puede resultar mortal en una

hora, sustituye al oxígeno en la hemoglobina de la sangre, formando la carboxihemoglobina, que dificulta la transferencia de oxígeno a los tejidos.

**Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ):** Resulta después de la combinación del nitrógeno y oxígeno en las siguientes condiciones, presión y temperatura, así como un exceso de oxígeno tras la combustión. La misma condición se presenta en la cámara de combustión donde la presión es elevada y la temperatura puede alcanzar los 1500 °C, además de trabajar con exceso de aire, Se denota como  $NO_x$  por ser un gas muy inestable que pasa muy rápidamente de  $NO$  a  $NO_2$ . Irrita los órganos respiratorios, contribuye al smog fotoquímico el  $NO_2$ , en presencia de luz y de agua puede formar ( $HNO_3$ ); ácido nítrico compuesto responsable de la lluvia acida.

El smog fotoquímico (del ingles smoke-humo y fog- niebla), es la contaminación del aire en la atmosfera se observa en color gris claro causando problemas respiratorios y mala calidad del aire.

**Dióxido de azufre ( $SO_2$ ):** Producido por la combinación del azufre con el oxígeno del aire, el azufre está presente en el combustible como impureza, es un gas incoloro de olor penetrante, contribuye a la niebla contaminante y a la lluvia ácida.

Algunos componentes no quemados del combustible, se originan por combustión incompleta, algunos compuestos aromáticos, como el benceno son cancerígenos, existen también el material particulado que se produce principalmente en motores diesel se presenta en forma de hollín y afecta de igual manera al sistema respiratorio y al medio ambiente.

En 1970 en Europa la contaminación producida por automóviles comenzó a ser regulada, surgiendo distintas normas, denominadas EURO; que regulan la cantidad admisible en gramos por kilómetro que pueden emitir los vehículos.

Para reducir las emisiones contaminantes, es necesario realizar mejoras en el diseño de los vehículos y el motor, esto se divide en tres aspectos que son los siguientes:

### **Reducción del consumo**

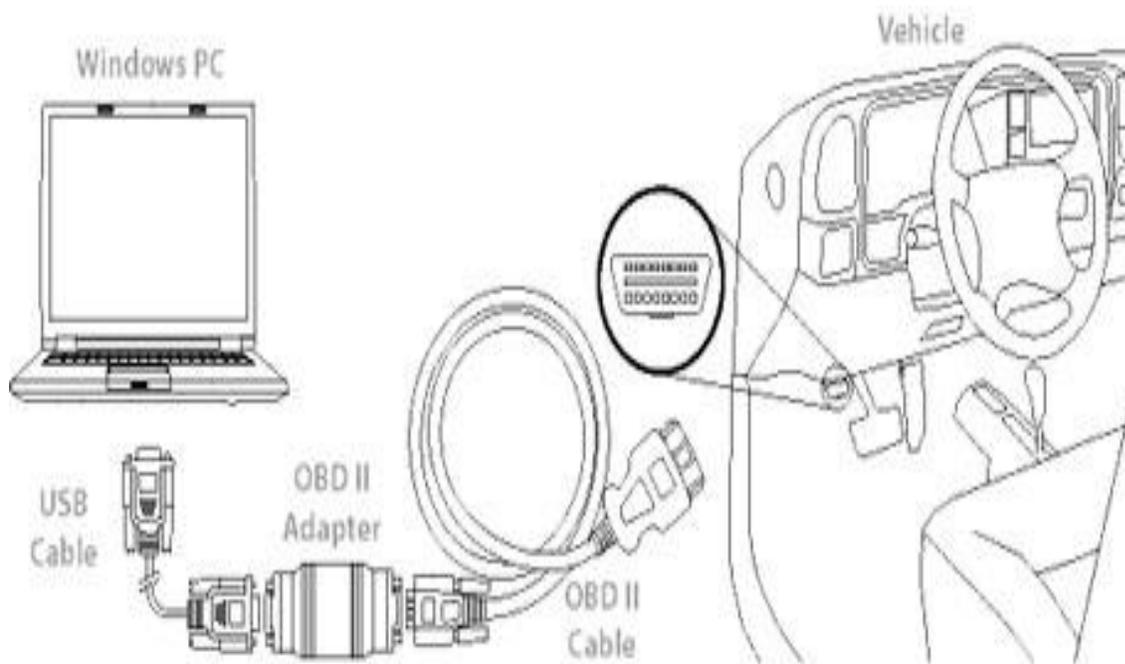
- Mejor aerodinámica del vehículo
- Disminución del peso vehicular
- Optimización del funcionamiento del motor y la transmisión

### **Tratamiento de las emisiones contaminantes:**

- Vapores de aceite
- Gases de escape

### **Monitoreo del funcionamiento del motor:**

A partir del año 2000 es obligatorio contar con el sistema OBD (On Board Diagnosis) Diagnostico de abord, este sistema permite conectar una computadora mediante un interfaz de comunicación con el terminal (OBD) del vehículo, permitiendo realizar mediciones de emisiones contaminantes en los automóviles en México se utiliza en los centros de verificación vehicular.



**Imagen 1. Cap 3. Tomada de internet página: <https://automecanico.com/auto2003/OBD003.html>**

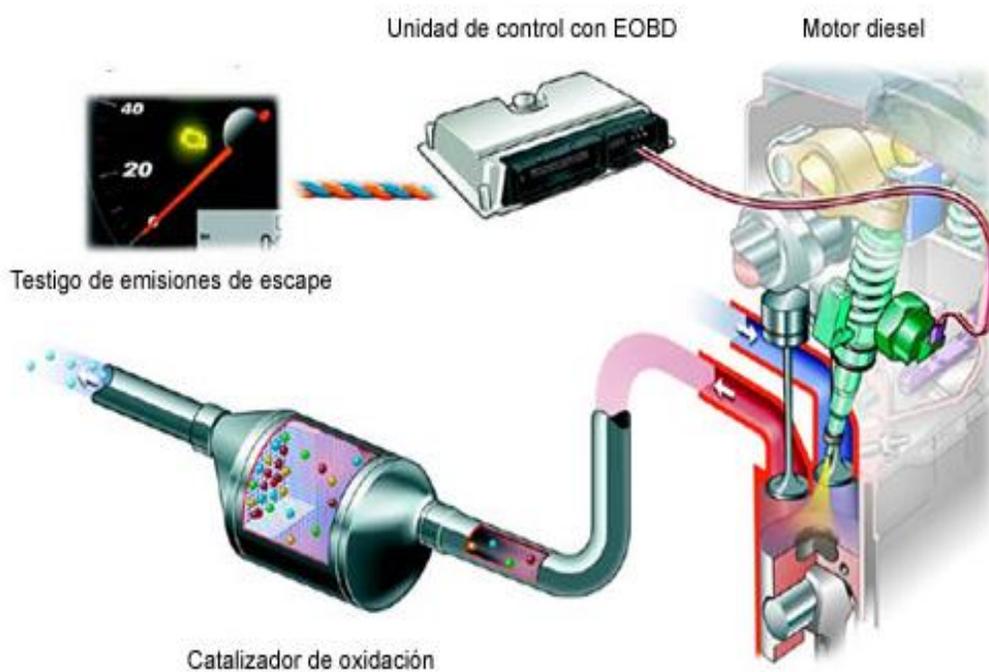
### **Gases generados en motor**

El aceite genera vapores de aceite, se fugan a través de los segmentos y de las guías de válvula hacia el cárter y la culata, esto provoca un aumento de la presión en el interior del motor, los vapores de aceite contienen hidrocarburos sin quemar que no pueden emitirse a la atmosfera; por tal motivo se instala el sistema de

ventilación positiva del cárter o sistema PCV, se encarga de introducir en el conducto de admisión los vapores de aceite para que sean quemados y transformarlos en  $CO_2$  y  $H_2O$  .

El sistema de reciclado de los vapores de aceite instalado en motores diesel contiene un separador escalonado de partículas de aceite en la tapa de balancines, de esta manera se consigue lo siguiente:

- Recuperar la mayor cantidad de aceite contenido en los vapores
- Reducir la emisión de hidrocarburos sin quemar
- Disminuir la formación de cenizas, que dañan los filtros antipartículas instalados en motores diesel.



**Imagen 2. Cap 3. Tomada de internet página: <http://sam-electromecanica.blogspot.com/2012/12/eobd.html>**

### **3.1.-Funcionamiento de Válvula EGR**

El sistema EGR ( Exhaust Gas Recirculation ); recirculación de gases de escape reduce las emisiones contaminantes de  $NO_x$ ; se aplica en motores diesel y gasolina en los diesel es imprescindible ya que emplean un catalizador que no puede tratar los  $NO_x$ .

En los motores diesel solo es posible la reducción del  $NO_x$  mediante el sistema EGR, eliminando en un 50% las emisiones; para reducirlas aún más es necesario el catalizador, se elimina también la formación de partículas de hollín.

Debido a las altas presiones y temperaturas en la cámara de combustión el sistema EGR introduce en la admisión parte de los gases de escape, para reducir la concentración de oxígeno aspirado en el aire; disminuye así la temperatura de combustión en el cilindro, reduciendo la formación de  $NO_x$ .

La recirculación de gases permite reducción de  $NO_x$ , por disminución de temperatura máxima mediante la reducción de:

- El contenido de oxígeno.
- Velocidad de la combustión.

El exceso de recircular los gases de escape puede ocasionar:

- Reducción de las prestaciones y el óptimo funcionamiento del motor.
- Incremento en el consumo de combustible.
- Aumento de emisiones **HC, CO (Hidrocarburo y Monóxido de Carbono)** y partículas.

El sistema EGR debe asegurar un equilibrio en consumo, correcto funcionamiento del motor y las emisiones contaminantes.

La activación del sistema EGR y la cantidad de gases de escape que deben ser enviados al colector de admisión, es calculado por la ECU (Unidad de Control de Motor); teniendo en cuenta:

- El régimen de motor (R.P.M.)
- El caudal de combustible inyectado
- El caudal de aire aspirado
- Temperatura del motor
- La presión atmosférica

El sistema se activa a temperatura normal del motor y a carga parcial, no actúa con el motor frío o en aceleraciones.

<b>Resumen de EGR</b>	<b>Motor diesel ( todos los tipos de inyección)</b>	<b>Motor de gasolina (inyección a través del tubo de aspiración)</b>	<b>Motor de gasolina (inyección directa)</b>
<b>Efectos</b>	Óxidos de nitrógeno – 50 % Partículas - 10 % Menos hidrocarburos Menos ruidos	Oxidas de nitrógeno 40 % Consumo – 3 % Menos CO2	Óxidos de nitrógeno – 50% a - 60 % Consumo – 2 % Menos CO2
<b>Tasas de reciclaje máximo</b>	65 % Máximo	25 % Máximo	50% ( en el caso de carga estratificada) máxima 30 % (en el caso de funcionamiento homogéneo).
<b>Otros</b>	Los autos con clase de peso más elevado requieren enfriamiento por EGR	Enfriamiento por EGR en discusión	Altas tasas de EGR con carga elevada

**Diagrama 1 Cap 3. Funcionamiento de Válvula EGR en motor a diesel y gasolina.**

La válvula EGR dosifica el caudal de gases de escape reciclados, el sistema está instalado en el colector de gases de escape o en el sector de aspiración; también puede ubicarse en un tubo termoresistente que conecta el colector de escape con el colector de admisión.

Las válvulas EGR pueden ser neumáticas o eléctricas; las neumáticas son activadas mediante vacío a través de válvulas electromagnéticas (electroválvulas).

En los sistemas sencillos que utilizan electroválvulas para la activación (EUV); la válvula EGR cumple solamente la función de abrir o cerrar. El vacío es captado en el tubo de aspiración o generado por una bomba de vacío.

Las válvulas EGR eléctricas o electromagnéticas están controladas directamente por el instrumento de mando (son autónomas); y ya no necesitan más el vacío ni las válvulas solenoides.

Las válvulas EGR de los vehículos diesel tienen grandes diámetros de abertura debido a las elevadas tasas de reciclaje.



**Imagen 3. Cap 3. Tomada de internet página: [http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema\\_egr.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema_egr.htm)**

Las secciones transversales en las válvulas EGR en los motores de gasolina son mucho más pequeñas.



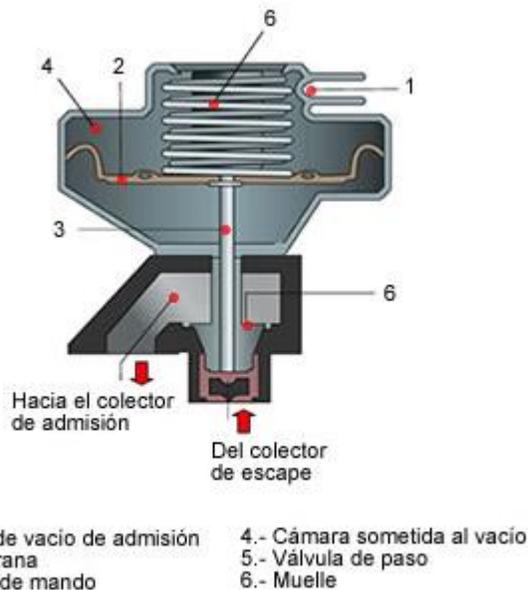
**Imagen 4. Cap 3 tomada de internet página: [http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema\\_egr.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema_egr.htm)**

La válvula EGR es la encargada de hacer recircular los gases de escape del colector de escape al colector de admisión, y se clasifican según su funcionamiento en:

- Neumáticas
- Eléctricas

**Neumáticas:** Las válvulas EGR neumáticas son accionadas por depresión o vacío. Están constituidas por una membrana empujada por un muelle, que abre o cierra una válvula a través de una varilla hueca en cuyo extremo lleva un punzón. La varilla esta acoplada a la membrana, que se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre la membrana y vence la presión del muelle.

Para controlar la depresión que actúa sobre la válvula EGR necesitamos de otra válvula que separa, en este caso eléctrica que será controlada por la ECU. En los esquemas estudiados anteriormente la válvula que controla la depresión o vacío sobre la válvula EGR serían en el primer esquema el Convertidor en el segundo esquema la electroválvula de inversión.



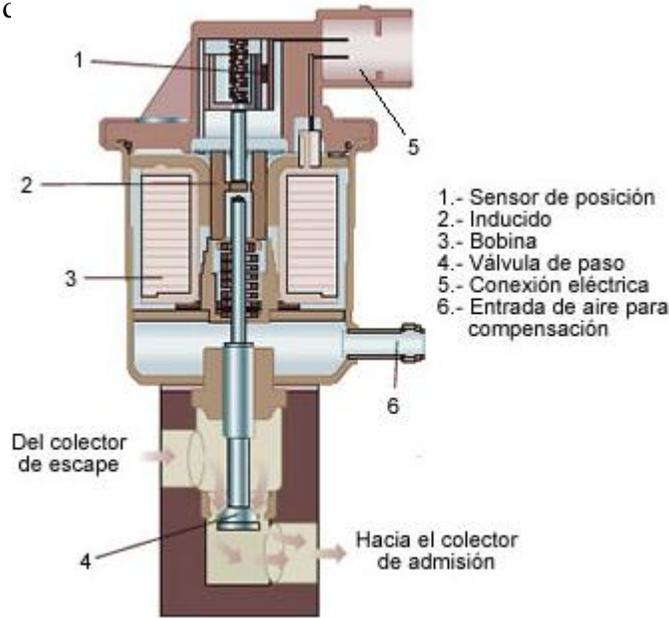
Sección de una válvula EGR neumática

**Imagen 5. Cap 3. Tomada de internet página:<https://www.ro-des.com/mecánica/valvula-egr-tipos-y-funcionamiento/>**

**Eléctricas:** Las válvulas EGR eléctricas se caracterizan por no tener que utilizar una bomba de vacío para su funcionamiento por lo que trabajan de forma autónoma. Estas válvulas actúan de una forma muy similar al dispositivo “variador de avance de inyección” que utilizan las bombas eléctricas que alimentan a los motores de inyección directa diesel (TDI). Constan de un solenoide que actúa al recibir señales eléctricas de la UCE cerrando o abriendo un paso por el que recirculan los gases de escape. El mayor o menor volumen de gases a recircular viene determinada por UCE, que tiene en cuenta ciertos parámetros como: la velocidad del coche, la carga y la temperatura del motor.

La válvula EGR eléctrica cuenta con un pequeño sensor de posición (1) en su interior que informa a la UCE en todo momento, la posición que ocupa el elemento que abre o cierra el paso de la recirculación de los gases de escape. Este tipo de electroválvula no se resiente de la depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga de motor y con cualquier depresión, por tanto puede abrirse con cualquier carga motor y con cualquier depresión en el colector.

Para la compensación de la presión en la válvula durante las fases de regulación existe una comunicación directa (6) hacia la presión de aire c



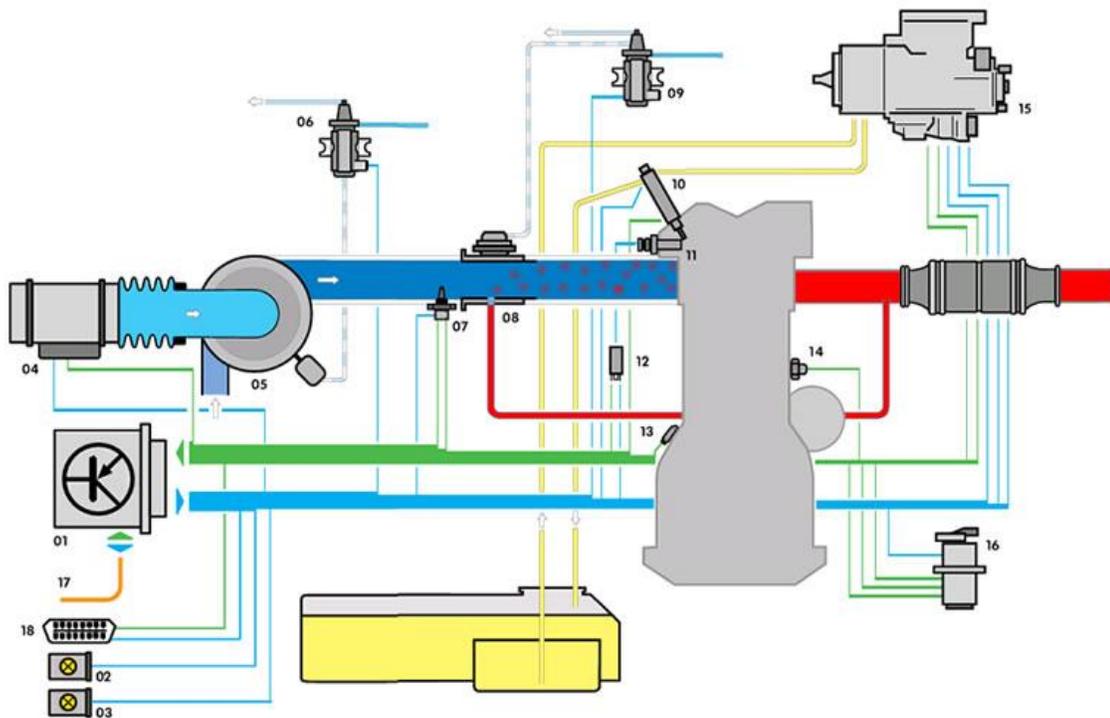
Sección de una válvula EGR eléctrica

**Imagen 6. Cap 3. Tomada de internet página:**<http://www.ro-des.com/mecánica/valvula-egr-tipos-y-funcionamiento/>

### 3.2.- Sistema EGR en motor diesel

El sistema de inyección directa diesel funciona con altas temperaturas de la combustión y gran cantidad de oxígeno, promoviendo la generación de óxido nitroso  $NO_x$ ; los óxidos no se pueden reducir solo con el catalizador, por tal motivo se debe limitar desde que se generan mediante la recirculación de gases de escape (EGR). Introduciendo una determinada cantidad de gases de escape en la mezcla de combustible y aire se reduce la temperatura de la combustión, reduciendo el contenido de oxígeno en la cámara y disminuyendo las emisiones de  $NO_x$ .

Los gases de escape que son regulados influyen en el comportamiento de las emisiones de hidrocarburos reduciendo las emisiones contaminantes liberadas a la atmosfera; todo esto en función de la carga y concentración de partículas sólidas implicando límites para la cantidad de gases de escape recirculables.



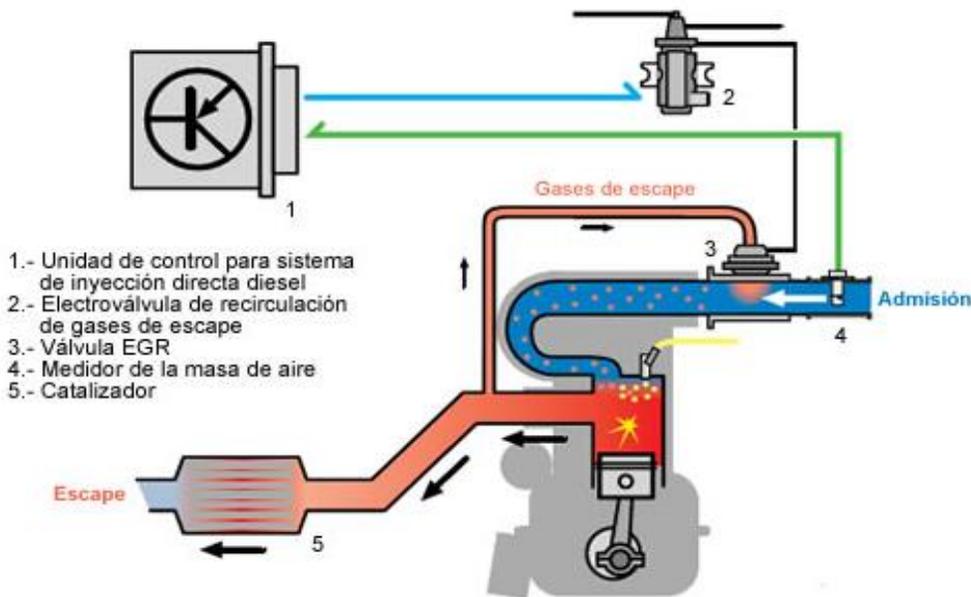
- |   |  |
|---|--|
| <p>01.- Unidad de control para sistema de inyección directa diesel<br/> 02.- Testigo de aviso de gases de escape K83 (MIL) (comunicación a través del CAN-Bus a partir del modelo 2000)<br/> 03.- Testigo luminoso de precalentamiento (comunicación a través del CAN-Bus a partir del modelo 2000)<br/> 04.- Medidor de la masa de aire<br/> 05.- Turbocompresor de gases de escape con válvula reguladora de la presión de sobrealimentación<br/> 06.- Electroválvula limitadora de la presión de sobrealimentación<br/> 07.- Transmisor de presión en el colector de admisión con transmisor de temperatura en el colector de admisión<br/> 08.- Válvula EGR<br/> 09.- Válvula de recirculación de gases de escape<br/> 10.- Inyector con transmisor de recorrido de la aguja<br/> 11.- Bujías de incandescencia (motor)</p> | <p>12.- Relé para bujías de incandescencia<br/> 13.- Transmisor de régimen del motor<br/> 14.- Transmisor de temperatura del líquido refrigerante<br/> 15.- Bomba de inyección distribuidora rotativa con:<br/> - Transmisor de recorrido de la corredera<br/> - Transmisor de temperatura del combustible<br/> - Dosificador<br/> - Válvula de comienzo de inyección<br/> 16.- Transmisor de posición del acelerador con:<br/> - Conmutador kick-down<br/> - Conmutador de ralenti<br/> 17.- CAN-Bus (comunicación con la unidad de control del cambio y, a partir del modelo 2000, con el cuadro de instrumentos)<br/> 18.- Terminal para diagnósticos</p> |
|---|--|

Esquema de la gestión electrónica de un sistema de inyección Diesel de un motor 1.9 TDi.

**Imagen 7. Cap 3. Tomada de internet página: [http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema egr.htm](http://www.aficionadosalamecanica.com/sistema%20egr.htm)**

La unidad de control para el sistema de inyección directa diesel (EDC 15 V) comprueba el funcionamiento de la recirculación de gases de escape, con ayuda del medidor de la masa de aire; el paso de la masa de aire se vigila al momento de un ciclo de recirculación de gases de escape y se compara con valores teóricos en la unidad de control.

El principio básico del control de funcionamiento está basado durante un ciclo de recirculación de gases de escape, el flujo de masa de aire (aire atmosférico) debe ser inferior al flujo que existe al estar desactivada la recirculación de gases de escape.



Esquema de la recirculación de gases de escape en el motor

**Imagen 8. Cap 3. Tomada de internet página: <http://apuntesdetecobea.blogspot.com/>**

### 3.2.1.- Fallas frecuentes en válvula EGR

La causa más común en la falla del sistema EGR; se presenta en la válvula EGR cuando queda pegada o carbonizada, los gases de escape reciclados contienen partículas de hollín además de los contaminantes gaseosos en especial en los motores diesel.

El aceite en el aire de aspiración puede causar carbonización o las adherencias contra las cuales la fuerza ejercida por la válvula dejara de funcionar en cualquier momento, por lo que la válvula EGR no podrá abrirse o permanecerá abierta, las consecuencias que presenta esta falla son: pérdida de potencia, ralentí brusco y sacudidas entre las más comunes.

Las causas que provocan que el aire de aspiración o de carga sea muy aceitoso puede residir en averías dentro del sistema de purga del cárter del cigüeñal, en cojinetes desgastados, tubos de retorno obstruidos en el turbocompresor, retenes de válvulas o guías desgastados, uso de aceite motriz de mala calidad o un nivel de aceite elevado en el motor.

El sistema de inyección puede fallar también debido a la presencia de cantidades inhabituales de sedimentos.

Las válvulas EGR pueden dañarse ocasionalmente por el calor aunque están hechas para resistir altas temperaturas, las causas por esta falla pueden provenir de un mando erróneo, una contrapresión demasiado elevada o una válvula de descarga del turbo compresor que no se abra.

En las válvulas EGR neumáticas, la causa posible de las fallas puede encontrarse en algún sector del mando de vacío (bomba y tuberías de vacío, válvulas senoidales).

Las válvulas EGR eléctricas y las solenoides se activan la mayoría de las veces mediante un sistema de diagnóstico con elemento regulador efectuado por el sistema comprobador del motor.

La conexión de una válvula que funciona produce un ruido que se puede escuchar levemente cuando el motor está apagado.

Si se instala una nueva EGR después de haber reparado una falla y el motor sigue comportándose como si la válvula no hubiera sido cambiada, el instrumento tendrá que volver aprender los datos del mapa necesarios para el funcionamiento. Este aprendizaje se efectúa haciendo una prueba prolongada de rodaje o a través de un punto especial del programa comprobador del motor, p. ej. En Ajustes Básicos.

Si un componente está dañado, limpiarlo no solucionara el problema, si los componentes que funcionan bien son limpiados pueden dañarse, la recomendación cuando un componente falla debe ser sustituido por uno nuevo.

### **3.3.- Funcionamiento del Catalizador**

Un catalizador es una sustancia que no se modifica en una reacción química pero aumenta la velocidad de transformación; las sustancias catalizadoras para tratamiento de gases son tres: el rodio (Rh), el paladio (Pd) y el platino (Pt). Las sustancias contaminantes, mediante un proceso de oxidación o de reducción y en presencia del catalizador correspondiente, se transforman en sustancias inocuas.

Un catalizador tiene como misión disminuir los elementos polucionales contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis. Se trata de un dispositivo instalado en el tubo de escape, cerca del motor, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada.

Para que la sustancia catalizadora realice su función es necesario que se alcance la temperatura determinada; la oxidación consiste en que un elemento gane átomos de oxígeno y la reducción en que los pierda.

El elemento que interactúa con las sustancias contaminantes del escape se conoce como catalizador, lo correcto es convertidor catalítico, ya que el catalizador es la sustancia que acelera la reacción, pudiendo ser: paladio, radio o platino.

Los convertidores catalíticos automotrices se distinguen por el número de vías con el que cuentan, cada vía indica una sustancia a tratar.

El convertidor catalítico de dos vías, reduce hasta en un 90 % los gases tóxicos de escape, se utiliza principalmente en motores diesel, ya que este motor funciona con mayor oxígeno ( $O_2$ ); y producen más óxido de nitrógeno ( $NO_x$ ); el convertidor realiza dos reacciones químicas al mismo tiempo.

1.- Convierte el monóxido de carbono ( $CO$ ) a dióxido de carbono. ( $CO_2$ ).

2.- Convierte Hidrocarburos ( $HC$ ); a dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y vapor de agua ( $H_2O$ )

### ¿CÓMO FUNCIONA?

Los catalizadores reducen hasta 80 por ciento los gases contaminantes que produce un auto.

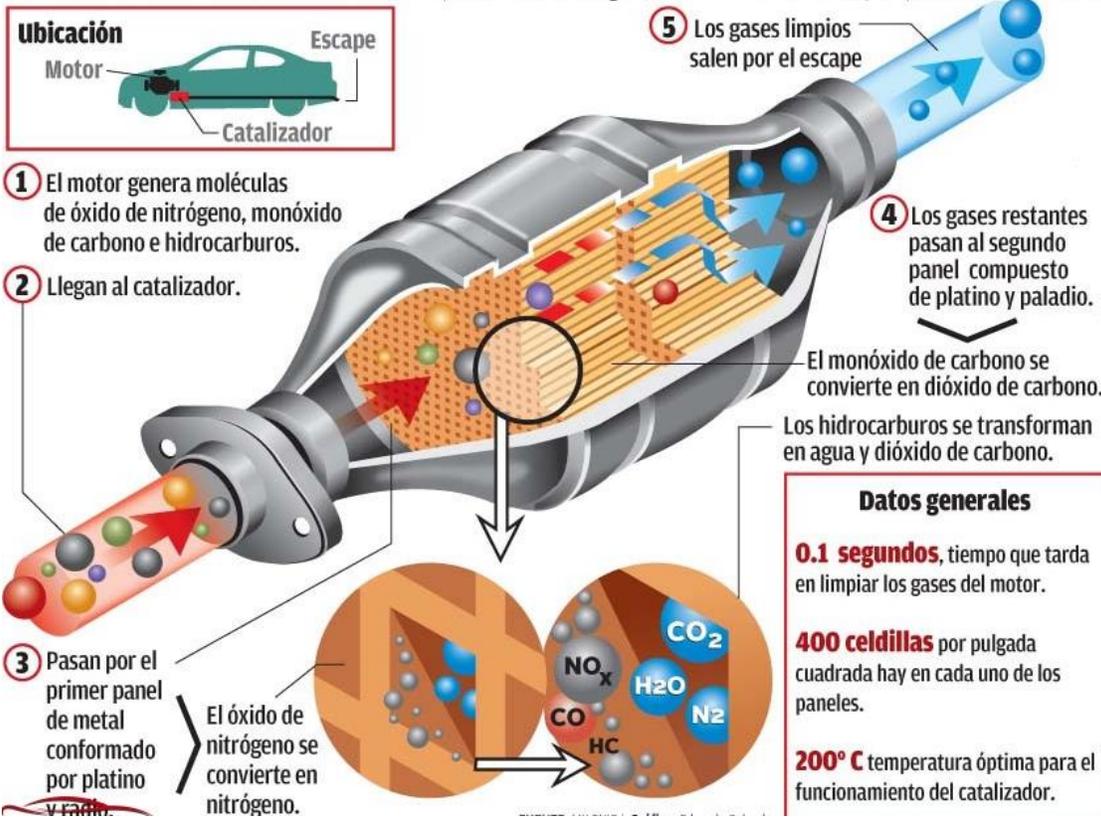


Imagen 9. Cap 3. Tomada de internet página: <https://blog.autingo.es/2016/03/16/el-catalizador-y-sus-funciones/>

El catalizador está fabricado con material cerámico, y se encuentra cubierto con metal, en el cerámico existen celdillas por donde pasan los gases, en una pulgada cuadrada de este material hay aproximadamente 400 celdas (cuya superficie es rugosa) en donde son colocados los metales preciosos para que estén en contacto con los gases de escape y propicien las reacciones químicas.

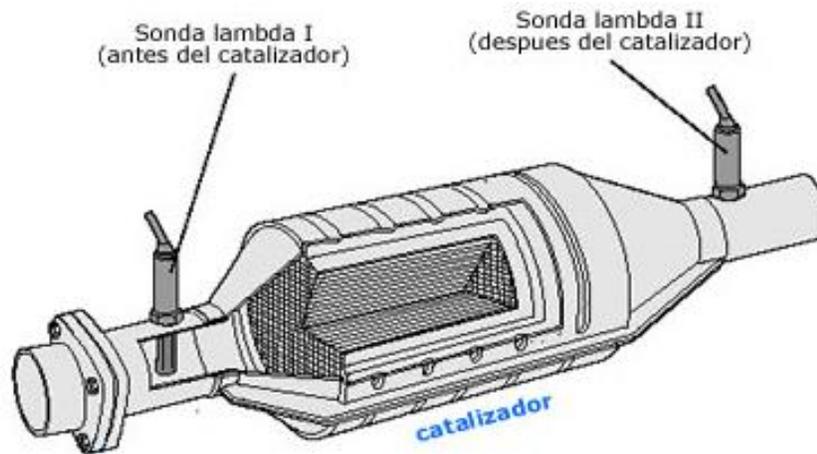
Estos catalizadores son conocidos como de dos y tres vías, ya que convierten el monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno; para que el catalizador funcione bien la combustión del motor de ocurrir alrededor de la mezcla estequiometría, es decir, la cantidad exacta de aire para el combustible que se suministra al motor, en todos los modos de operación.

Este tipo de combustión se logra solo con motores que tengan sistema de inyección, el cual tiene sensores en diferentes partes del motor y de acuerdo a la información que recopila, es la cantidad de combustible que inyecta para lograr la combustión ideal.

Para el correcto funcionamiento del motor es necesario exista una combustión completa a esto se le conoce como mezcla **estequiometría**, esta mezcla es aire-combustible en medida a proporción requerida en el momento preciso y para que esto ocurra es necesario el sensor de oxígeno o sensor lambda; verifica la proporción de oxígeno entre dos electrodos de platino, comienza a detectar la proporción de oxígeno a partes de 300°C, pudiendo alcanzar los 900°C; cuando alcanza su temperatura de funcionamiento permite el paso de oxígeno por su interior en la parte interna de la sonda se encuentra un electrodo de platino que se considera negativo, está en contacto con el aire del ambiente sirviendo de referencia, y de igual forma en la parte externa hay otro electrodo de platino, a este se le considera positivo y está en contacto con los gases de escape.

Si la mezcla es rica, los gases de escape que detecta el electrodo de platino interno (negativo); contiene poco oxígeno, y el electrodo externo (positivo) que está en contacto con el aire del ambiente, permite el paso de oxígeno para compensar la diferencia en la mezcla, de esta forma el motor siempre funciona con mezcla **estequiometría** y el catalizador optimiza las reacciones de oxidación y de reducción.

Para realizar mediante el sistema OBD el autodiagnostico es necesario instalar dos sensores lambda uno antes del catalizador y otro a su salida, esto es para medir las señales de ambos sensores, la diferencia entre ambos indica la capacidad de almacenamiento de oxígeno del catalizador para tratar las sustancias contaminantes; la diferencia debe ser poca entre un sensor y otro al variar esta diferencia excesivamente indicara que el catalizador pierde rendimiento.



**Imagen 10. Cap 3. Tomada de internet página: <https://www.ro-des.com/mecanica/catalizador-que-es-como-saber-si-falla/>**

El rendimiento del catalizador se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$n_{CAT} = \frac{V_{pp1} - V_{pp2}}{V_{pp1}} \cdot 100$$

Donde:

$n_{CAT}$  : es el rendimiento del catalizador expresado en %

$V_{pp1}$  : es el valor pico de la sonda lambda de regulación

$V_{pp2}$  : es el valor pico a pico de la sonda lambda de diagnóstico

Si la diferencia en ambas señales es la límite el sistema de gestión del motor indicara por falla en catalizador mediante el testigo MIL (Malfunction Indicator Light); testigo de exceso de contaminación.

El valor pico a pico de una señal es la diferencia en valor absoluto entre el máximo valor positivo y el máximo valor negativo

Hasta que se alcance la temperatura de operación de la sonda lambda como del catalizador comenzara a transformar los gases contaminantes.

### 3.4.-Filtro de Partículas en motores diesel

El filtro de partículas es un dispositivo de uso reciente, a partir de enero de 2010 la norma euro V obliga a los vehículos diesel a integrarlo, para poder cumplir la norma de emisiones de partículas; las partículas están compuestas por un pequeño núcleo de carbono, de aproximadamente  $0.5 \mu\text{m}$  de diámetro, al que se le adhieren sulfatos, óxidos metálicos, azufre y agua; la función del filtro de partículas es almacenarlas para quemarlas después, reduciendo su tamaño hasta que sean consideradas no contaminantes.

El filtro también se conoce como FAP (Filtro Antipartículas).

Las emisiones de partículas se producen por una combustión incompleta, por las características del motor diesel, ya que dentro de la cámara pueden existir zonas con exceso de combustible y defecto de oxígeno; esto depende por la geometría de los conductos de admisión, la presión de inyección o el diseño de la cámara de combustión.

Filtro de partículas: Se instala muy cerca del motor, para que los gases quemados tengan suficiente temperatura para quemar las partículas; estos sistemas incorporan en un mismo conjunto el catalizador y el filtro de partículas.

Su diseño cuenta con un cuerpo cerámico de carburo de silicio, dividido en conductos longitudinales paralelos y cerrados alternativamente, generando conductos de admisión y escape separados por las paredes filtrantes de carburo de silicio, estas paredes están recubiertas por óxido de aluminio y óxido de cerio formando un sustrato para que se deposite el elemento catalizador que es platino.

El grado de saturación del filtro de partículas es medir la resistencia al flujo, esto es midiendo la presión a la entrada y a la salida esto lo realiza el sensor de presión diferencial; por otro lado calcula el caudal volumétrico de los gases de escape. La resistencia al flujo se obtiene relacionando la diferencia de presiones antes y después del filtro con el caudal volumétrico de los gases de escape.

Para quemar las partículas atrapadas en el filtro, se realiza la **regeneración**; se produce cuando la unidad de control del motor lo estima oportuno, aumentando la temperatura de los gases de escape. La temperatura de los gases de escape se eleva por encima de los  $600^{\circ}\text{C}$ , transformando las partículas en dióxido de carbono, por oxidación de las mismas, para llevar a cabo este proceso de regeneración la unidad de control del motor estima el grado de saturación del filtro midiendo la resistencia al flujo de gases, a partir de la información recibida del medidor de la masa del aire, del sensor de presión diferencial y de los sensores de temperatura anterior y posterior del filtro de partículas.

Durante el proceso de regeneración debe producirse una mayor emisión de contaminantes, ya que el oxígeno oxida las partículas transformándolas en **Dióxido de carbono ( $CO_2$ )**.

Cuando la unidad de control de motor (ECU); determina que se debe realizar la regeneración del filtro sucede lo siguiente:

- Desactivación del sistema EGR para aumentar la temperatura de combustión.
- Realización de pos inyectores para aumentar la temperatura de los gases.
- Regulación de la entrada de aire en el motor a través de una mariposa eléctrica.
- Adaptación de la presión de sobrealimentación para que el conductor no perciba una diferencia en el par entregado.

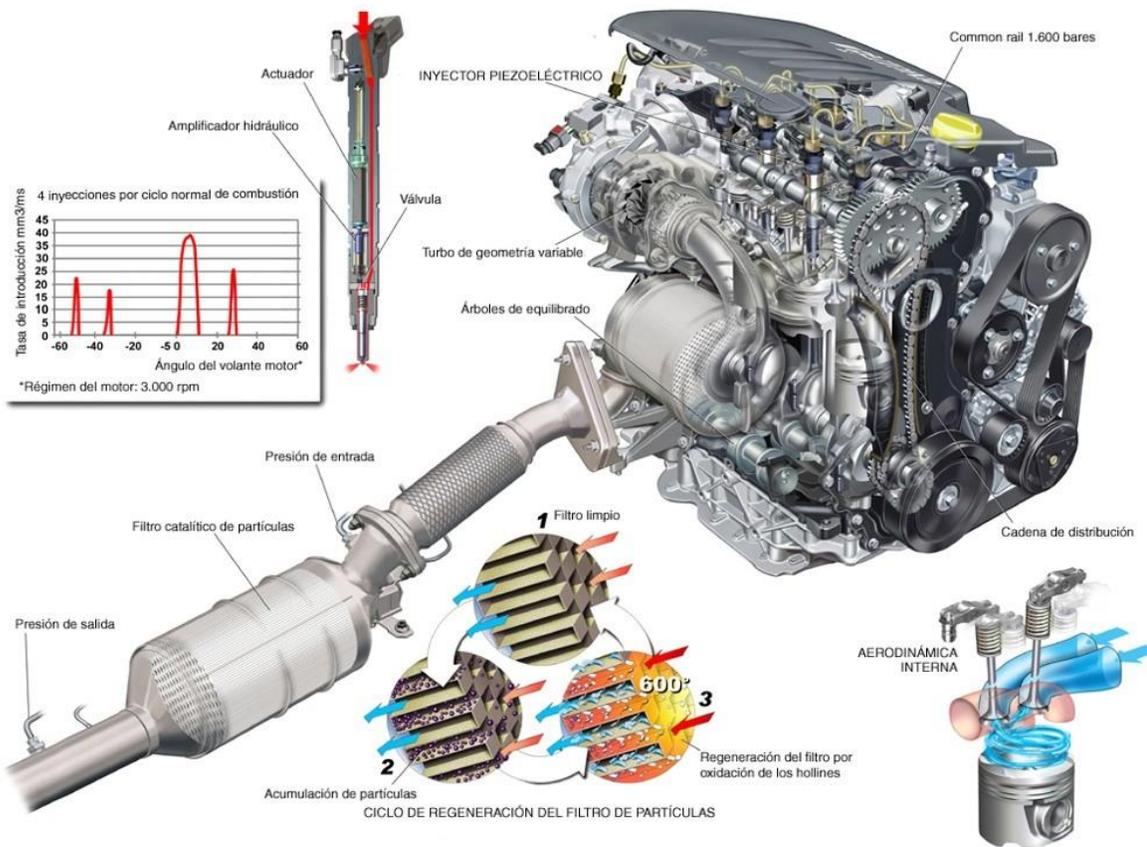


Imagen 11. Cap 3. Tomada de internet página: <http://tallerescuenca.com/funcion-del-filtro-de-particulas-dpf/>

Sensor de presión diferencial de gases de escape: Mide la presión de los gases antes y después del filtro de partículas, cuando el filtro está vacío la presión es la misma a ambos lados, conforme se va saturando las resistencias dentro del sensor se van deformando a esta variación es interpretada por la (ECU), del motor y procede a realizar la regeneración, cuando el sensor se daña la regeneración se practica automáticamente periódicamente, pero después de varias veces si no es cambiado el sensor aparecerá el testigo en el control de mandos y esto afecta directamente al funcionamiento del motor ya que deja de trabajar correctamente y se reducirá la potencia del motor.

### FILTRO DE PARTÍCULA

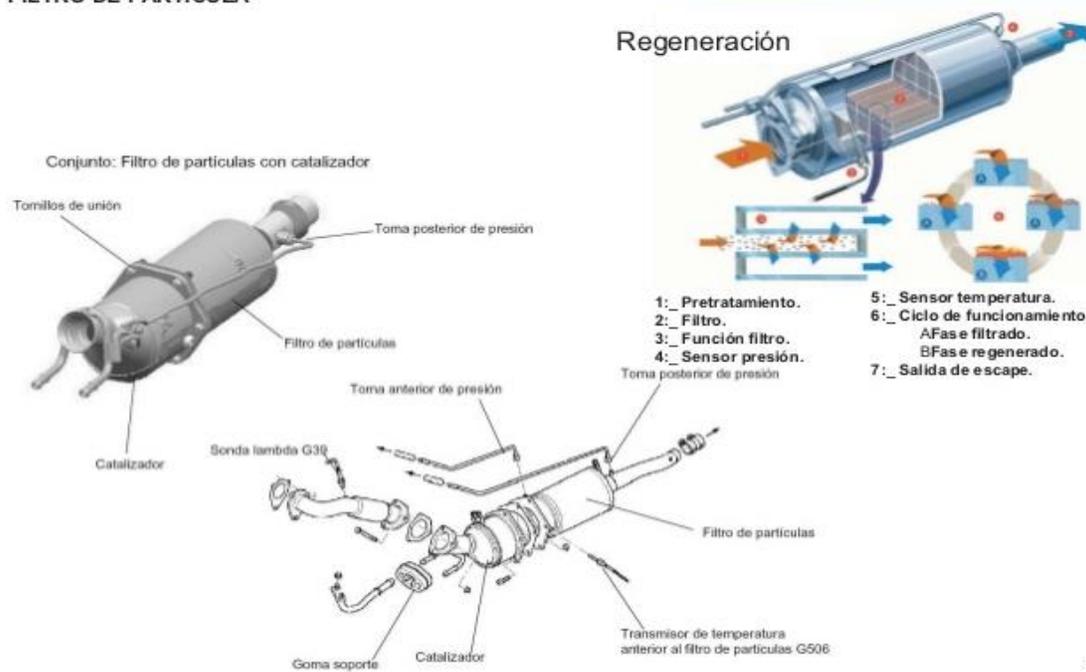


Imagen 12. Cap 3. Tomada de internet página: <http://masblue.com.ar/tecnologia-scr/sistema-scr-1/>

### Sistema de reducción catalítica selectiva SCR

En los motores diesel la mezcla de combustión es pobre y no se pueden tratar la totalidad de emisiones **Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )**; con el sistema EGR apartir de un determinado porcentaje de gases de escape recirculado, el motor pierde rendimiento, provocando un aumento de consumo de combustible y de emisiones contaminantes.

Para optimizar la combustión del motor y disminuir el consumo de combustible así como reducir **Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )**; y las partículas, se ha desarrollado un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR).

El catalizador SCR se encarga de reducir **Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )**; con el amoníaco acumulado tras el proceso de regeneración, la reducción de los ( $NO_x$ ), produce **Dinitrógeno ( $N_2$ )** y **Agua ( $H_2O$ )**. Además disminuye los olores en el proceso.

La reducción de ( $NO_x$ ); requiere un aditivo conocido comercialmente como **AdBlue**.

Para que el catalizador SCR funcione correctamente, el gas que se introduce en él debe estar a una temperatura determinada, lo que significa que el tubo de escape debe estar lo suficientemente caliente. Es por esto que la posición del catalizador en el conducto de escape no es aleatoria.

Los coches con motor a diesel, si se combinan con AdBlue y un sistema SCR eficiente, sus niveles de emisión son bajos, emiten menos **Dióxido de carbono ( $CO_2$ )**, y consumen menos combustible que los motores a gasolina.

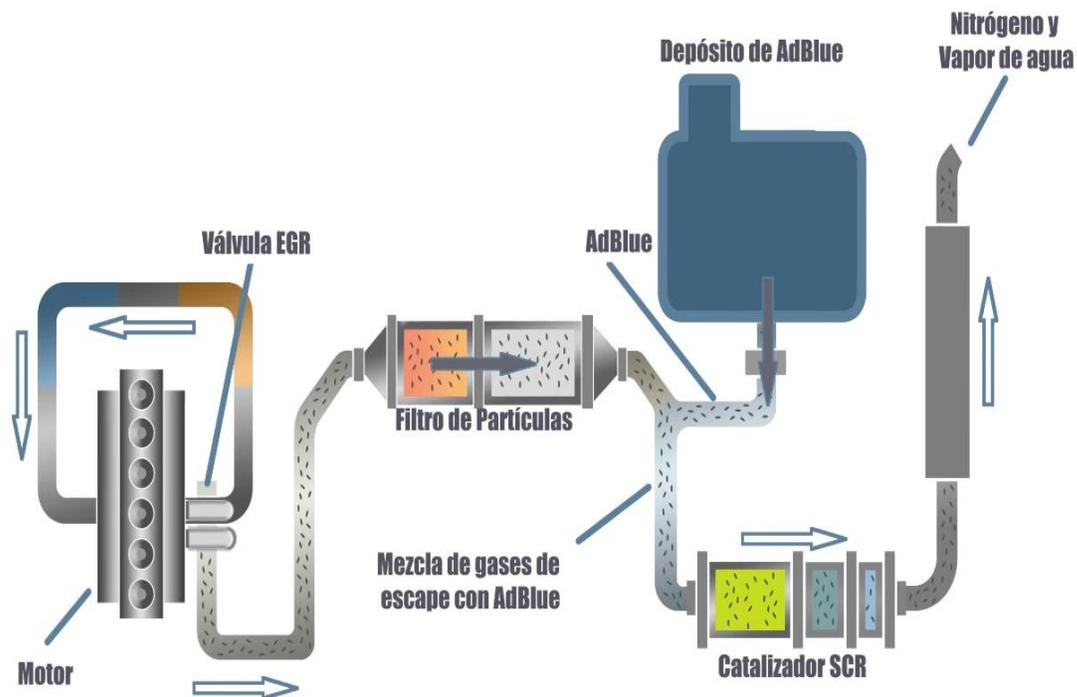


Imagen 13. Cap3. Tomada de internet página: <https://www.ro-des.com/mecanica/adblue-que-es/>

### 3.5.- Sistema AdBlue

El AdBlue es un sistema de depuración de gases imprescindible en motores diesel para eliminar gases nocivos y partículas que emiten a la atmosfera y son nocivos al ambiente y organismo.

La norma euro VI, que entro en vigor a partir del 1 de septiembre de 2017, limita las emisiones contaminantes permitidas, los motores diesel generan **Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )** y **(HC) Hidrocarburos**, presentes en el hollín que se genera en la combustión.

Los hidrocarburos son partículas sólidas que se adhieren a los tejidos del sistema respiratorio y son altamente cancerígenos, por tal motivo es obligatorio la instalación de filtros de partículas en motores diesel, quedando atrapadas en dicho filtro para su posterior quemado; sin embargo los **Óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ )**; no se pueden eliminar físicamente, por lo que se requiere una transformación química que los transforme para producir esta reacción química se requieren dos elementos un catalizador que facilite el proceso y otro que transforme los gases, al aditivo que facilita la transformación se le denomina AdBlue.

Aditivo AdBlue: es una solución de agua destilada y urea ( $CO(NH_2)_2$ ); al 32.5%. Tiene aspecto transparente, olor característico, de inflamación no espontánea y no es toxico. Es fácilmente biodegradable y de poco peligro para el agua y el suelo. Se emplea para reducción de los óxidos de nitrógeno de los gases de escape, transformándose en amoniacó por **hidrólisis**, transformándolos en: **Dinitrogeno ( $N_2$ )** y **Agua ( $H_2O$ )**.

**Hidrolisis:** Formación de un ácido y una base a partir de una sal por interacción con el agua

Depósito de adblue: es de plástico, normalmente tiene capacidad de 20 litros y la autonomía es de 20,000 mil kilómetros; su aplicación es mediante un inyector exclusivo insertado en el tubo de escape y antes del catalizador, pulveriza la cantidad precisa de AdBlue, para que tenga lugar la reacción química.

Módulo de alimentación de AdBlue: se sitúa a un costado del depósito, está formado por un sensor de presión, bomba de alimentación que es gobernada por la ECU del motor, el sistema incorpora calefactores para evitar la congelación que se produce a  $-11^{\circ}C$ , y no debe rebasar los  $30^{\circ}C$  ya que puede descomponerse por hidrólisis.

El sistema se compone básicamente de dos partes, un catalizador SCR especialmente diseñado para esta tecnología y el depósito de adblue, para comprender se analiza como sucede la combustión.

La mezcla aire-combustible ingresa al motor para realizar la combustión en los cilindros, los gases resultantes de esta primera combustión son redirigidos por medio de la válvula EGR de nuevo al motor para que mezclados con

más oxígeno y más combustible vuelvan a hacer combustión, este primer proceso se realiza para reducir los niveles de emisiones contaminantes, posteriormente los gases que son expulsados a través del colector de escape son dirigidos al filtro de partículas diesel, donde las partículas sólidas de carbono que genera el motor quedan retenidas, hasta su posterior eliminación (**regeneración**); después los gases continúan hacia el catalizador SCR, reductor catalítico selectivo; y es en este proceso donde son mezclados con aditivo AdBlue.

Al entrar en contacto los gases de escape con el AdBlue, el agua que contiene produce una reacción química que libera amoníaco sustancia que provoca la catálisis y que transforma los óxidos de nitrógeno en nitrógeno libre y vapor de agua, esto es expulsado por el tubo de escape siendo menos dañina a la atmosfera.

### Características del AdBlue

El AdBlue al ser un aditivo pierde propiedades con el paso del tiempo, conservando dichas propiedades cerca de un año, puede congelarse no debe ser expuesto a temperaturas menores a  $-11^{\circ}\text{C}$ , es corrosivo si es derramado sobre cualquier superficie dejando una mancha se recomienda tener cuidado al repostar el depósito, la normativa para este producto está determinada por el ISO 22241.



Imagen 14. Cap 3. Tomada de internet página: <http://www.ducsa.com.uv/info/adblue.aspx>

## Capítulo 4

### Mantenimiento

Los cambios que implica la globalización, y la constante competencia en los bienes y servicios han impactado de tal manera que los procesos de trabajo se han vuelto cada día más profesionales, esto se realiza mediante procesos productivos en los cuales se engloba el proceso como un todo, (cliente- proceso productivo- bien o servicio y satisfacción del cliente), esto es de manera general.

De manera breve se menciona el impacto de este proceso con respecto al mantenimiento automotriz en talleres.

El proceso de mantenimiento automotriz en las últimas dos décadas ha sufrido cambios en gran medida, esto se ha presentado por diversas razones; las principales causas de mejora es reducir costos, cambios tecnológicos y legislaciones ecológicas.

Este proceso es gestionado mediante la disciplina de calidad, con la cual se provee de un conjunto de herramientas que se emplean para realizar una mejora en los procesos de mantenimiento, la implementación se debe llevar a cabo gradualmente ya que existen dos áreas de labor que interactúan entre sí como son la parte operativa y la administrativa.

**4.1.- Definición de calidad:** Es el resultado final de los procesos productivos, del personal operativo y administrativo, lo cual implica control de gastos, productividad y calidad formando parte de un todo estructurado y que se puede medir.

Dentro del proceso de calidad se denomina el concepto de calidad total, en donde los procesos operativos y administrativos, deben ser evaluados por separado; pero enfocados a un objetivo común la calidad total en el servicio realizado.

La implementación de calidad para procesos productivos se sustenta en las normas ISO

### Definición de las normas ISO

Las normas ISO son un conjunto de normas orientadas a ordenar la gestión de una empresa en sus distintos ámbitos. La globalización ha propiciado que se normalicen los procesos generando reconocimiento y aceptación internacional.

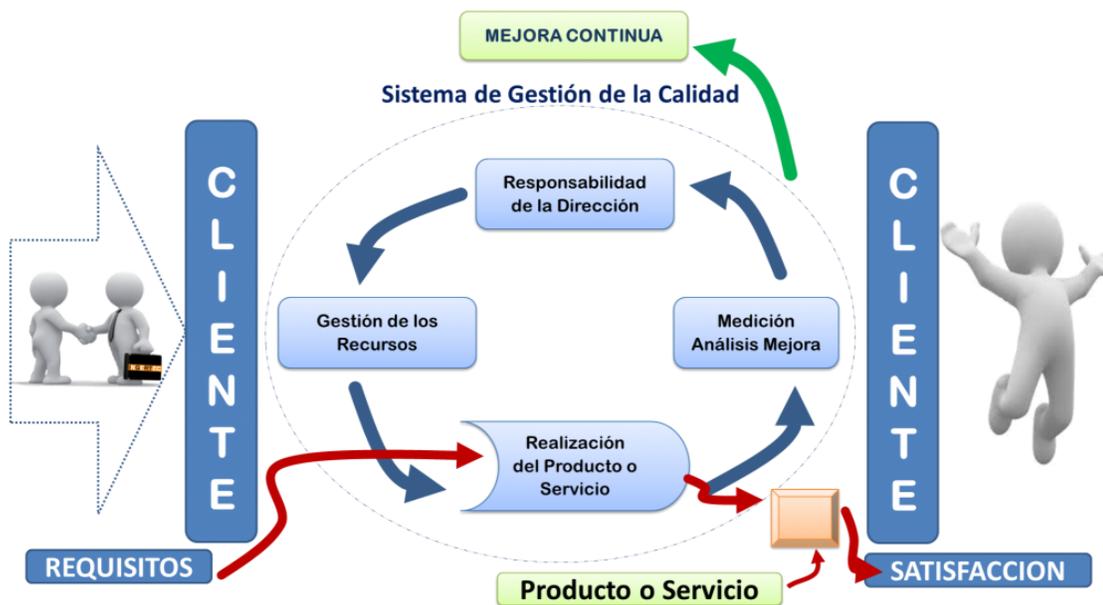
Las normas ISO son establecidas por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO); y se componen de estándares y guías relacionadas con sistemas y herramientas específicas de gestión aplicables en cualquier tipo de organización.

La norma ISO 9001, se aplica en empresas que brindan servicios tal como el área de mantenimiento automotriz.

En la norma ISO 9001, se establecen los requisitos de gestión de calidad, que permiten a una empresa demostrar su capacidad de satisfacer los requisitos del cliente y para acreditar de esta capacidad ante cualquier parte interesada.

Los requisitos especificados en las normas de la serie ISO 9000, son genéricos y aplicables a todas las organizaciones sin tener en cuenta el tipo y el tamaño.

Esquema del Proceso denominado Sistema de Gestión de Calidad.



**Imagen 1**Capítulo 4 tomada de internet: [normas-iso.com/iso9001/](http://normas-iso.com/iso9001/)

De acuerdo a la implementación de estos procesos se verán resultados en el tiempo ya que no es sencillo, en algunas organizaciones la empatía de los empleados es compleja, ya que existen resistencias al cambio para

realizar los procesos a desarrollar implicando una metodología rigurosa que debe ser realizada, para obtener resultados que se pueden cuantificar.

El mantenimiento es la actividad programada de inspecciones, de funcionamiento como de seguridad, ajuste reparación, limpieza, lubricación y calibración, que se debe llevar en forma periódica en base a un plan establecido.

El propósito es prever fallas en su estado inicial y corregirlas para mantener las instalaciones en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

En el mantenimiento en general comprende tres tipos de componentes.

Recursos: comprende personal, repuestos y herramientas, con un tamaño composición, localización y movimientos determinados.

Administración: Una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decide.

Planificación del trabajo y sistema de control: Un mecanismo para planear y programar el trabajo y garantizar la recuperación de la información necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento se dirija correctamente hacia el objetivo definido.

La totalidad del sistema de mantenimiento es un organismo en continua evolución cuya organización necesitara una modificación continua como respuesta a necesidades cambiantes, como el objetivo principal de la organización es hacer corresponder los recursos con la carga de trabajo, es importante considerar estas características antes de detallar los tres componentes básicos mencionados

El mantenimiento se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y equipo en un estado de operación lo que incluye servicio pruebas e inspecciones, ajuste reemplazo, reinstalación, calibración, reparación, y reconstrucción, principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

## **4.2.- Técnica de diagnóstico**

El diagnóstico, es la parte fundamental del trabajo de un técnico automotriz, se debe utilizar un proceso lógico para detectar la falla.

La información y los datos relacionados con el vehículo, son de mucha importancia ya que el conocer el sistema en general del vehículo facilitan el diagnóstico.

Las habilidades de diagnóstico se dividen en dos partes, el conocimiento del sistema y la habilidad de diagnosticar.

El proceso que se debe emplear para diagnosticar se plantea de la siguiente manera:

Un vehículo presenta uso excesivo de aceite para motor, para tal falla se deben un proceso de seis pasos.

- 1.- Verificar: confirmar la falla.
- 2.- Recolectar: examine el vehículo en busca de fugas de aceite y humo azul en el escape.
- 3.- Evaluar: si se encuentran rastros de aceite en el vano motor.
- 4.- Probar: una prueba de compresión, si los resultados son aceptables indicara que una fuga es la causa probable, limpie el motor y déjelo funcionar, si hay fuga se notara.
- 5.- Rectificar: cambie los empaques o juntas.
- 6.- Checar: revise dos veces para confirmar que la falla ha sido corregida y que no han aparecido nuevos problemas.

El proceso de diagnóstico vehicular se sujeta a un procedimiento, mismo que debe encontrarse dentro del manual de calidad donde se cuantifica el tiempo para cada proceso, y de esta manera evaluar y corregir cualquier procedimiento.

## **4.3.- Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo, es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de revisiones y reparaciones que garanticen su correcto funcionamiento y confiabilidad se realiza en equipos en condición de funcionamiento normal y es contrario al funcionamiento correctivo que se repara por cuestiones de falla en su funcionamiento.

El mantenimiento preventivo es un conjunto de actividades programadas y planificadas que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

El objetivo principal del mantenimiento preventivo es mantener en forma adecuada los sistemas productivos de manera que puedan cumplir su misión.

#### Elaboración de un Plan de Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo constituye la clave para el funcionamiento seguro de vehículos, un plan apropiado también contribuye a minimizar fallas y que el vehículo no falle y preste un servicio seguro, confiable y de óptimo rendimiento durante muchos años.

Para plantear un mantenimiento preventivo con organización y eficacia es necesario conocer los equipos y su importancia; primero se plantea las intervenciones y para eso se debe contar con un buen inventario cada código de identificación que facilitara la elaboración del plan. Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo con la experiencia que gana, cataloga la causa de algunas fallas típicas y llega a conocer los puntos débiles. Estas características han contribuido enormemente al desarrollo del programa.

Para proteger nuestro medio ambiente se deben seguir las instrucciones del plan de mantenimiento, el cumplimiento de estos objetivos requiere la importancia de un plan de mantenimiento efectivo e integrado, con el fin de evitar al máximo los posibles daños e imprevistos.

Un plan de mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas para atender necesidades específicas, este plan contiene todas las tareas necesarias para prevenir las principales fallas que puede tener un componente es importante entender bien estos conceptos.

El plan de mantenimiento es un conjunto de actividades agrupadas y el objetivo es evitar determinadas fallas.

#### 4.4.-Descripción del Plan de Mantenimiento

##### Mantenimiento del sistema de inyección

El mantenimiento del sistema de inyección diesel es fundamental. El aire, la suciedad y el agua pueden ocasionar daños graves. Se debe revisar el visualmente el combustible y el sistema de inyección, incluyendo:

- Revisión del combustible.
- Inspección del sistema de inyección por si existieran fugas de combustible y entradas de aire.
- Inspección del separador de agua.
- Inspección del combustible por si estuviera contaminado por agua, suciedad, gasolina, etc.,.
- Inspección de los conductos de combustible deben estar libres de distorsiones y todas las conexiones bien apretadas.
- La bomba de transferencia y la bomba de inyección deben estar colocadas de forma segura.

##### Control de exceso de aire

El procedimiento general para inspeccionar el exceso de aire requiere:

- Un tubo de combustible limpio.
- Trapos y toallas limpias.
- Herramientas de mano apropiadas.

Conectar el tubo de combustible transparente en el punto especificado, que es normalmente después de la bomba de transferencia de combustible; si el motor está caliente, también puede estarlo el combustible, asegurarse de que los tubos de combustible no tocan partes calientes y de que no tienen fugas.

La mayoría de los procedimientos requieren que se arranque el motor.

Observa el tubo de combustible transcurridos dos minutos con el motor en marcha; no debe haber burbujas de aire. Si las hay, localiza la posible toma de aire y asegúrate de que el nivel combustible es el correcto. Aplica agua jabonosa en las conexiones y observa si se producen burbujas de aire, que indican el lugar de la fuga.

Si algún componente no realiza bien su función el motor no funcionara correctamente y las reparaciones son costosas. Cuando se revise cualquier componente del sistema de inyección diesel, se deben tomar precauciones para que no entre suciedad ni aire al sistema.

## Administración del programa de mantenimiento preventivo

El plan y la forma de organización estarán formados de manera que no haya congestiones de flujo de información y la forma de ejecutarse el plan de mantenimiento con relación a que no se vea afectada las operaciones de la empresa.

### Actividades del Mantenimiento Preventivo

Comprendida la importancia de un control de los trabajos, toda la política o estrategia de desarrollo se traduce en intervenciones o trabajos específicos.

Debido a condiciones externas de trabajo de los autobuses de la empresa son: altas temperaturas, corrosión entre otros consideramos las siguientes actividades

1.- Inspección: Se realiza para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico es una medida preventiva, se realiza en intervalos prefijados con unidades de medida diferentes: kilometrajes o tiempo.

En una inspección se evalúa la capacidad de funcionamiento con respecto a la teoría; la seguridad del trabajo del vehículo y con ella se mantiene el valor de los mismos; se puede llevar a cabo mediante los siguientes medios:

Sensoriales: es aquel que se lleva a cabo mediante los sentidos de la vista, tacto, olfato y oído.

Equipo de Medición: Se lleva a cabo mediante la utilización de aparatos de medición de variables como temperatura, velocidad, presión, caudal. Etc.

Conservación: Conjunto de variables que contribuyen a minimizar la diferencia entre el estado real y la revisión para mantener la capacidad de funcionamiento y disminuir la frecuencia de daños, se realiza a intervalos regulares de tiempo.

Una actividad vital de conservación está representada por

Lubricación y engrase

Limpieza de los elementos generales

Pintura, protección de superficies y ajustes

Lubricación programada: Es necesaria en todo mecanismo o dispositivo que lo requiera, ya que ayuda a reducir tanto el desgaste, como el rozamiento que se presente dos o mas piezas, por medio de una película de aceite que

se introduce entre estas partes. La programación de esta actividad se puede presentar en los motores de la siguiente manera: por tiempo o kilometraje recorrido después de haberse realizado el cambio de aceite.

**Pintura.** Es una actividad programada en donde el tiempo de realización de la misma se estima, esta actividad es necesaria para proteger el autobús de la oxidación y ayuda a dar una buena imagen del autobús.

**Limpieza:** Consiste en eliminar o evitar la presencia de suciedad y partículas extrañas en los sistemas o dispositivos, ya que estos pueden dañarse por la presencia de sustancias y desgastar las superficies dejando inhabilitadas para su uso.

**Ajustes:** Es una medida proporcionada en la cual se inspecciona si hay piezas desajustadas para luego apretarlas. Un auto debe ser examinado periódicamente para ver si tiene un elemento flojo o suelto ya que la vibración ayuda a que se presente esta anomalía. Es importante tener en cuenta este problema porque se pone en peligro al conductor y ocupantes.

**Cambio:** Consiste en la sustitución de un elemento que ya haya cumplido un ciclo de vida útil, se realiza previo estudio técnico y de seguridad, con la información de una inspección puede ser planificada o no.

**Reparación:** Abarca todos los trabajos necesarios para corregir fallas en general. Estas labores pueden agregarse en actividades como ajuste, apretado y soldado en conexiones eléctricas. Los correctivos son hechos debido a paradas repentinas que tenga un automóvil teniendo la consecuencia de inhabilitación del mismo.

La frecuencia también es importante esta revisión debe aplicarse de acuerdo a los kilómetros recorridos, variando de acuerdo al fabricante.

Las actividades se deben ordenar de acuerdo a la especialidad; hay que si es mecánica, eléctrica, neumática, hidráulica, de lubricación u otra.

### Actividades de mantenimiento Preventivo

Área	Actividad	Mantenimiento	Kilometraje
MOTOR	Revisión de nivel de anticongelante, nivel de aceite de motor, aceite hidráulico.	Preventivo	Cada 15,000 km
MOTOR	Bandas y Poleas en General	Preventivo	Cada 15,000 km
FRENOS	Desgaste de balatas, superficie de disco, líquido de frenos	Preventivo	Cada 15,000 km
TRANSMISION	Nivel de aceite de transmisión.	Preventivo	Cada 15,000 km
ELECTRICO	Correcto funcionamiento en faros luces en general y revisión de códigos de falla	Preventivo	Cada 15,000 km
ELECTRICO	Revisión de funcionamiento de accesorios y engrasado de quemacocos.	Preventivo	Cada 15,000 km

**Diagrama 1. Cap 4. Programación de actividades en mantenimiento preventivo.**

Las actividades de las distintas áreas se deben realizar de manera permanente como preventivo.

Actividades de mantenimiento programadas.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA EN KM- Tiempo
Aceite de Motor/ Filtros	Cada – 15,000 mil Km
Aceite de transmisión/Filtros	Cada - 120,000 mil Km
Aceite de Diferencial	
Aceite de Dirección/ Filtros	Cada – 120 mil Km
Alineación y Balanceo	Cada – 45,000 mil km
Lavado de Motor	Cada - 6 meses
Limpieza de Interior	Cada – 6 meses

**Diagrama 2. Capítulo 4. Cambio de componentes en mantenimiento programado.**

#### **4.5.-Procedimientos y seguridad**

Todas las actividades se deben realizar mediante procedimientos, esto es órdenes de trabajo (**OT**), reportes de mantenimiento, reportes de inspección y reporte de rendimiento de aceites para su cambio.

Debido al volumen de información se deberá contar con un sistema informático el cual proveerá de información real y organizada, para realizar analizar de cambio de piezas, rendimiento de las mismas; así como evitar cambios innecesarios.

**Órdenes de trabajo:** Son actividades a realizar para cada autobús y en ellas se establecen las tareas preventivas y las fallas detectadas por el conductor ( correctivas ); reportadas al área de mantenimiento , en ellas se debe proporcionar los datos generales de la unidad tales como número, turno y serie de motor; también se debe proporcionar de manera individual las asignaciones al personal para desarrollo de actividades.

Ventajas de órdenes de trabajo

- Información sobre trabajos requeridos
- Listado de actividades a desarrollar
- Personal que laboro en las actividades
- Conocimiento de fallas reportadas por conductor

**Órdenes de Lubricación:** Esta es el soporte básico de trabajo de mantenimiento, pues permite cumplir la función de inspeccionar y verificar constantemente la situación de los equipos es necesario utilizar el lubricante correspondiente para cada aplicación tal como; motor, transmisión, dirección etc. Con la ejecución ordenada de estas actividades se tendrá con el tiempo y la experiencia un criterio que permita definir las cantidades adecuadas aplicadas en los distintos puntos de lubricación.

**Reportes de Inspección:** Es un registro por escrito donde van contenidas las actividades que deben realizar durante el día, en este se encuentran también la fecha la persona que lo realizara el número de vehículo por medio de este reporte se evita que el auto funcione de manera inadecuada, previendo fallas por averías en alguno de sus componentes o falta de alguna sustancia como aceite y/ o anticongelante.

**Órdenes de Compra:** Se debe realizar una orden para la adquisición de repuesto o elementos que se necesitan dentro de la flota de autobuses, en este formato de debe especificar la cantidad el número de parte a comprar y a la unidad que se le instalara, además debe incluir las autorizaciones necesarias para realizar la compra.

### **Almacén**

Son los repuestos que se tienen en almacén, las herramientas utilizadas en el taller, y el personal que se necesita para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo además se refiere a lo que se debe tener para cumplir las actividades con base a formatos.

En el almacén se encuentran repuestos que son costosos que en cuanto se requiera su recambio se deberán colocar en el menor tiempo posible. Por otro lado se deben conocer las existencias para si no hay a disposición solicitar evitando un faltante y así no detener la operación de los autobuses.

**Herramientas:** Estas son consideradas como los medios físicos para realizar las actividades de conservación de los equipos. El taller debe contar con herramientas como máquina de soldar área de pintura y demás herramientas para no detener la operación diaria.

### **Ahorro Económico**

El contar con un plan de mantenimiento preventivo incluye en si mismo un ahorro considerable ya que al realizar revisiones de manera periódica se permite detectar fallas y evitarlas con esto la rentabilidad y disposición del auto permite un funcionamiento constante y evitar fallas en el camino reduciendo los costos de traslado en caso de avería tales como pago de grúa, el tiempo que se encuentre en taller y costo de los repuestos ya que una avería

detectada a tiempo reduce los costos de reparación ya que en la mayoría de ocasiones una avería de un componente daña a otra incrementando el costo de reparación.

### **Condiciones del entorno**

Como lugares de trabajo que son, los talleres mecánicos deben mantenerse en unas condiciones de orden y limpieza apropiadas y cumplir las prescripciones sobre temperatura, humedad, ventilación, iluminación y ruido.

A este respecto, se pueden considerar las siguientes actividades laborales:

- Labores administrativas.
- Trabajo en el los cambios de aceite, cambio llantas, área de pintura y demás áreas de trabajo.
- Operaciones de control, verificación de motores.
- **Orden y Limpieza**

El orden y la limpieza deben ser permanentes con el trabajo diariamente dentro los talleres automotrices, se enumeran algunas acciones a desarrollar:

- Mantener limpio el puesto de trabajo evitando acumulación de suciedad, polvo o restos metálicos, el piso debe permanecer limpio y libre de líquidos para evitar caídas.
- Recoger, limpiar y guardar en las zonas de almacenamiento las herramientas y útiles de trabajo finalizado su uso.
- Limpiar y conservar correctamente las máquinas y equipos de trabajo.
- Evitar derramamiento de líquidos y objetos tirados.
- Colocar los desechos y la basura en contenedores y recipientes adecuados.
- Mantener siempre limpias, libres de obstáculos y debidamente señalizadas las escaleras y zonas de paso.
- No bloquear los extintores, mangueras y equipos contra incendios.

**Temperatura y ventilación:** La exposición de los trabajadores a las condiciones ambientales de los talleres mecánicos no debe suponer un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia, evitando:

- Humedad y temperaturas extremas.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Olores desagradables.

A sí mismo el aislamiento térmico de los lugares cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

El riesgo que puede presentarse en cualquier momento, ya que aunque se tomen las precauciones necesarias, el riesgo no se puede eliminar, como ejemplo: al realizar el cambio de aceite del motor, se presenta el riesgo de sufrir quemaduras si el motor está caliente o en un motor en marcha se da el riesgo de sufrir atrapamiento por la banda.



**Imagen 2 Capítulo 4 imagen de: <https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-como-cambiar-aceite-coche-cinco-sencillos-pasos.html>**

Al ser un trabajo manual, las manos son las expuestas a sufrir lesiones, así mismo los ojos pueden sufrir salpicaduras de combustible, agua, aceite o anticongelante del motor.

Los riesgos que se pueden presentar en el mantenimiento y reparación de un motor así como en los sistemas de lubricación son los siguientes:

Factores físicos: condición natural que dificulta el desarrollo del trabajo; esta condición se puede evitar o reducir para mejorar los efectos dañinos a la salud, esto depende de la intensidad o exposición para evitarlas se deben tomar medidas como las siguientes:



**Imagen 3** Capítulo 4 imagen de: <https://info.motorbit.com/pe/revision-mecanica-para-comprar-un-auto-usado/>

**Iluminación:** La iluminación de los talleres mecánicos y de motores debe adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ellos, teniendo en cuenta:

- Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, dependientes de las condiciones de visibilidad.
- Exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Los distintos tipos de iluminación se utilizarán según las circunstancias, es decir:

- Siempre que sea posible, los talleres mecánicos deben tener preferentemente iluminación natural.
- La iluminación artificial debe complementar la natural.
- La iluminación localizada se utilizará en zonas concretas que requieran niveles elevados de iluminación.

La distribución de los niveles de iluminación debe ser uniforme, evitando variaciones bruscas de iluminación dentro de la zona de trabajo y entre ésta y sus alrededores; asimismo se debe evitar los deslumbramientos:

- Directos: producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia.
- Indirectos: originados por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.

No se deben utilizar sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, profundidad o distancia entre objetos dentro de la zona de trabajo; además, estos sistemas de iluminación no deben ser una fuente de riesgos eléctricos, de incendio o de explosión.

El alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad se debe instalar en los lugares en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores.



**Imagen 4** Capítulo 4 imagen de: <https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-como-cambiar-aceite-coche-cinco-sencillos-pasos.html>

**Ruido:** Los niveles de ruido en los talleres mecánicos deben cumplir la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Los riesgos derivados de la exposición al ruido deben eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta la reducción de los riesgos tendrá en consideración:

- Elegir equipos de trabajo que generen un menor nivel de ruido.
- Informar a los trabajadores como utilizar correctamente los equipos y evitar ruido.
- Limitar la duración e intensidad de la exposición al ruido.

-

**Valores límite de exposición**, teniendo en cuenta la atenuación que proporcionan los protectores auditivos individuales utilizados.

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$$

$$L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$$

**Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción**, sin considerar la atenuación de los protectores auditivos individuales.

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$$

$$L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$$

**Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción**, sin tener en cuenta la atenuación que proporcionan los protectores auditivos.

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$$

$$L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$$

Deberá hacerse todo lo posible para que se utilicen protectores auditivos, fomentando su uso cuando éste no sea obligatorio y velando porque se utilicen cuando éste lo sea.

En ningún caso, la exposición del trabajador deberá superar los valores límite de exposición. Si a pesar de las medidas adoptadas, se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, se deberá:

- Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite
  - Determinar los motivos de la sobreexposición
  - Corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia
- Informar a los delegados de prevención de tales circunstancias

Las personas expuestas en su lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que den lugar a una acción y sus representantes deberán recibir información y formación adecuada sobre la naturaleza de tales riesgos y las medidas adoptadas para prevenirlos, entre otros aspectos.

Los trabajadores cuya exposición a ruido sea mayor que los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho al control de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo, los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, cuando de la evaluación y medición se desprenda la existencia de un riesgo para su salud. Cuando el

control de la función auditiva ponga de manifiesto que un trabajador padece una lesión diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si dicha lesión puede estar ocasionada por una exposición al ruido.

#### 4.6.- Señalización

En los lugares de trabajo en general y en los talleres mecánicos y de motores térmicos en particular, la **señalización** contribuye a indicar aquellos riesgos que por su naturaleza y características no han podido ser eliminados. Considerando los **riesgos más frecuentes en estos locales**, las señales a tener en cuenta son las siguientes:

##### Señales de advertencia de un peligro

Tienen forma triangular y el pictograma negro sobre fondo amarillo. Las que con mayor frecuencia se utilizan son:

**Materiales inflamables.** En este tipo de locales se usan a menudo disolventes y pinturas que responden a este tipo de riesgo, utilizándose la señal indicada.



Materiales inflamables

**Riesgo eléctrico.** Esta señal debe situarse en todos los armarios y cuadros eléctricos del taller.



Riesgo eléctrico

**Radiación láser.** Se utilizará siempre que se manipulen equipos de verificación y control basados en esta forma de radiación. Viene acompañando a los citados equipos. Si éstos son fijos, conviene poner la señal a la entrada del recinto donde se encuentran.



Radiación láser

**Riesgo de caídas al mismo nivel.** Cuando existan obstáculos por el suelo difíciles de evitar, se colocará en lugar bien visible la señal correspondiente.



Riesgo de tropezar

Cuando en el taller existan desniveles, obstáculos u otros elementos que puedan originar riesgos de caídas de personas, choques o golpes susceptibles de provocar lesiones, o sea necesario delimitar aquellas zonas de los locales de trabajo a las que tenga que acceder el trabajador y en las que se presenten estos riesgos, se podrá

utilizar una señalización consistente en franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deberán tener una inclinación de unos 45° y responder al modelo que se indica a continuación:



**Riesgo de caídas,  
choques y golpes**

**Señales de prohibición:** De forma redonda con pictograma negro sobre fondo blanco. Presentan el borde del contorno y una banda transversal descendente de izquierda a derecha de color rojo, formando ésta con la horizontal un ángulo de 45°.

Siempre que se utilicen materiales inflamables, la señal triangular de advertencia de este peligro debe ir acompañada de aquella que indica expresamente la **prohibición de fumar y de encender fuego**, que se muestra a continuación:



### Señales de obligación

Son también de forma redonda. Presentan el pictograma blanco sobre fondo azul. Atendiendo al tipo de riesgo que tratan de proteger, cabe señalar como más frecuentes en estos establecimientos, las siguientes:

**Protección obligatoria de la vista:** Se utilizará siempre y cuando exista riesgo de proyección de partículas a los ojos, en operaciones con esmeriladoras, radiales, etc.



**Protección obligatoria del oído.** Esta señal se colocará en aquellas áreas de trabajo donde se lleguen a superar los 85 dB(A) de nivel de ruido equivalente o los 137 dB(C) de pico, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 7 del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo.



**Protección obligatoria de los pies.** De uso en aquellos casos en que exista riesgo de caída de objetos pesados, susceptibles de provocar lesiones de mayor o menor consideración en los pies y sea necesaria la utilización de calzado de seguridad.



Protección obligatoria de los pies

**Protección obligatoria de las manos.** Esta señal debe exhibirse en aquellos lugares de trabajo donde se realicen operaciones que comporten riesgos de lesiones en las manos (cortes, dermatitis de contacto, etc.) y no se requiera una gran sensibilidad táctil para su desarrollo.



Protección obligatoria de las manos

**Protección obligatoria de la cabeza:** A utilizar siempre que exista riesgo de golpes en la cabeza o caídas de objetos desde una posición elevada. Se usa, por ejemplo, en trabajos bajo puentes elevadores o en fosos.



Protección obligatoria de la cabeza

### Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios

Son de forma rectangular o cuadrada. Presentan el pictograma blanco sobre fondo rojo. Las más frecuentes en los **talleres mecánicos y de motores térmicos** son las que indican el emplazamiento de extintores y de mangueras para incendios, es decir:



Manguera para incendios



Extintor

### Factores químicos

Gases de escape: para evitar aspirar de manera permanente los gases de la combustión dentro del taller se deberá colocar extractores de humo así como ventilación.

Combustible, aceite y anticongelante: evitar contacto con la piel, ojos y evitar aspirar los olores de estos productos.

Aerosoles: se debe evitar respirar los olores de sustancias de productos de limpieza en aerosol tales como aflojatodo y silijet para partes eléctricas.

### Prevención y protección

En un taller automotriz se debe contar con medidas de protección, tales como:

- Extintores ubicados en lugares de fácil acceso.
- Señalización colocada a la vista.
- Mantenimiento de herramienta, gatos hidráulicos elevadores.
- Orden en el lugar de trabajo para evitar accidentes.
- Limpieza en el lugar de trabajo para evitar resbalamientos.
- Plano de evacuación con visibilidad para acceder fácilmente a la salida.

## CAPITULO 5

### Reparación de Inyectores a Diesel

En el presente capítulo se indicara el procedimiento de reparación de inyectores en motores diesel, que sean susceptibles de mantenimiento.

Como se ha mencionado los inyectores suministran el combustible dentro de la cámara de combustión, siendo muy importante su correcto funcionamiento, la falla en algún inyector provoca desajustes en la marcha del motor; la falla se diagnostica por computadora, o bien se puede identificar mediante diversas manifestaciones en el motor, tales como humo en color azul, falta de potencia, o bien por movimientos bruscos en el motor.

Se muestra en la imagen la posición que guardan los inyectores para suministrar el combustible.



**Imagen 1 tomada de internet página: [https://www.lasexta.com/motor/noticias/cuida-inyectores-diesel-estos-consejos-noticia\\_201904015ca1c48d0cf2de7721ee88bc.html](https://www.lasexta.com/motor/noticias/cuida-inyectores-diesel-estos-consejos-noticia_201904015ca1c48d0cf2de7721ee88bc.html)**

En un motor de combustión hay siempre diferencias entre los cilindros, por ello se requiere de un sistema de equilibrado de cilindros cuyo objetivo es compensar el caudal entre ellos.

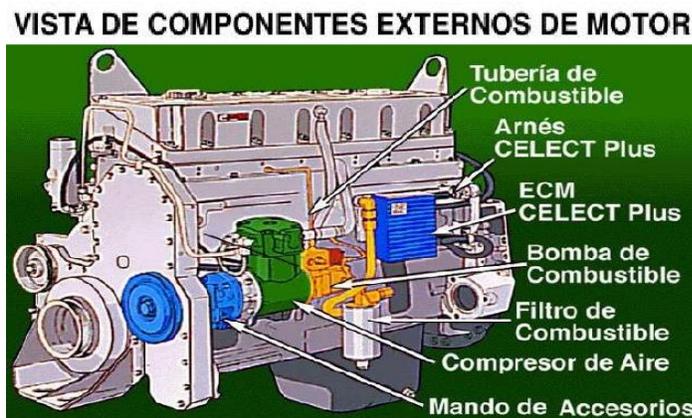
El equilibrado de cilindros tiene lugar cuando el motor funciona en ralentí, siempre que se cumplan ciertas condiciones. Un sistema de inyección totalmente mecánico no puede hacer frente a estas exigencias, por lo cual se requiere un sistema de inyección controlado electrónicamente.

Los inyectores convencionales han sido reemplazados por inyectores bomba que se encargan de la inyección del combustible en los cilindros.

Los inyectores bomba son impulsados mecánicamente por el árbol de levas en cabeza y la inyección tiene lugar de forma electrónica a través de la unidad de mando.

El sistema de combustible lleva un diagnóstico incorporado, donde con la ayuda del sistema electrónico se dispone de varias posibilidades para detectar y buscar fallas en el sistema.

Debido a que el sistema tiene un solo conducto de aireación como retorno al depósito, será únicamente el caudal de combustible que el motor consume el que pasa por la unidad de mando.



**Imagen 2 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>**

La bomba de alimentación del sistema de combustible está montada en la placa de distribución y es accionada desde la distribución del motor por medio de un eje a su vez transmite fuerza al eje de la bomba.

La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito a través de la unidad de mando del sistema de combustible. También el combustible de retorno de la culata es aspirado en la bomba de alimentación.

Desde la bomba de alimentación sale un conducto que regresa al depósito, pero que solamente sirve para proporcionar una aireación continua del sistema.

Una unidad de mando recibe las señales desde el pedal del acelerador y de una serie de sensores en el motor. Los sensores detectan los factores que influyen en la inyección y envían señales a la unidad de mando.

Desde la bomba de alimentación el combustible es impulsado a través del filtro y enviado luego al canal de combustible de la culata.

El canal de combustible está diseñado de forma que circunda la parte de los inyectores bomba donde se encuentra la aguja dosificadora.

En la conexión de salida del canal de combustible está ubicada una válvula de derrame

El combustible sobrante de los inyectores es conducido de nuevo al canal de combustible. Por este motivo no es necesario el conducto de retorno externo.

## 5.1.- Componentes del Sistema de Inyección

### Bomba de alimentación

La bomba de alimentación es de tipo a engranajes y es accionada por la distribución del motor. La capacidad ha sido adaptada para proporcionar una presión y flujos correctos a los inyectores bomba.

Para conseguir un llenado confiable de los inyectores será necesaria una presión relativamente alta; el flujo debe ser suficiente para que pueda igualar posibles diferencias de temperatura del combustible en el canal para la culata.

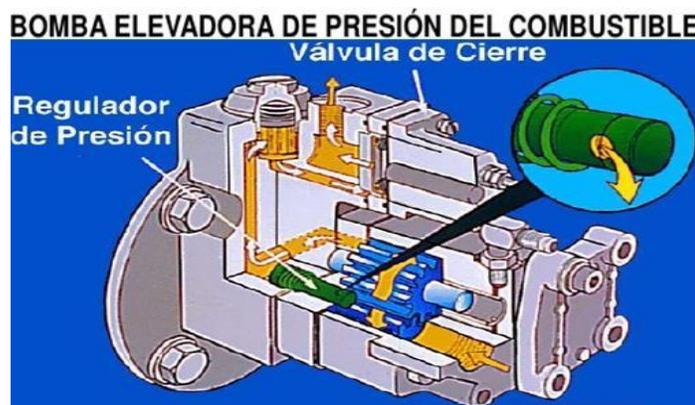
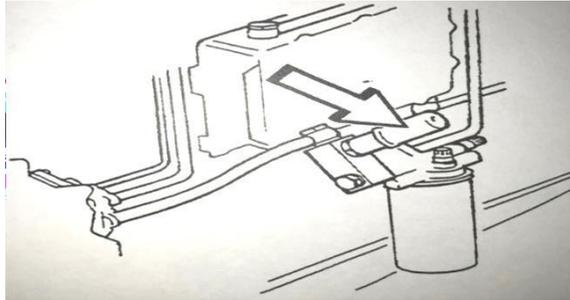


Imagen 3 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>

## **Bomba manual**

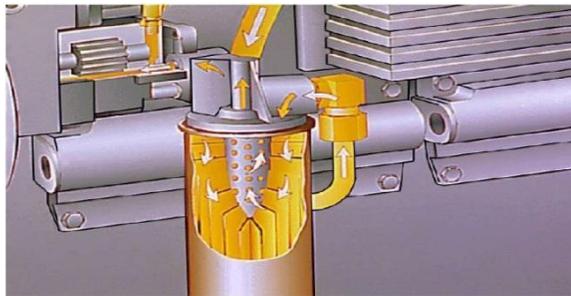
La bomba manual está situada en la consola del filtro de combustible y es su función, es una vez estando el motor detenido pueda bombear el combustible y realizar la purga del sistema; la bomba manual no debe ser utilizada cuando el motor está en marcha.



**Imagen 4 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>**

## **Filtro de combustible**

En el sistema hay un filtro de combustible, el cartucho consta de un papel plegado de papel especial con una gran capacidad de filtrado; en el conducto de aspiración del depósito también hay un filtro de red fino que separa las impurezas más gruesas antes de que el combustible sea aspirado en el sistema.

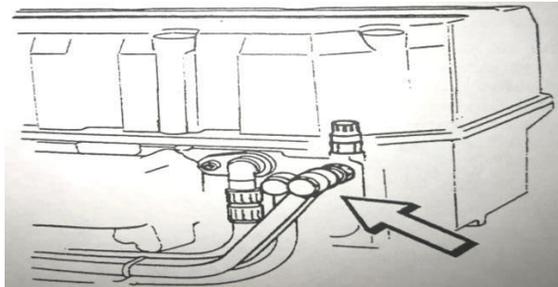


**Imagen 5 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>**

## Válvula de derrame

En la salida del canal de combustible de la culata está ubicada la válvula de derrame, la válvula regula la presión de alimentación en el sistema de combustible, la presión de abertura es aproximadamente de 3,5 bar.

La alta presión de alimentación garantiza un llenado seguro de los inyectores.



**Imagen 6 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>**

## 5.2.-Inyector Bomba

El inyector bomba es una combinación de una bomba e inyector y puede actuar con una presión mucho más alta que un inyector normal; el inyector bomba está situado verticalmente en el centro entre las cuatro válvulas.

La fuerza de presión al inyector bomba es transmitida a través de un balancín desde una leva en el árbol de levas en cabeza.



**Imagen 7 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inectores-eui/>**

El inyector bomba consta de tres partes principales:

**Sección de bomba;** que tiene cilindro y pistón, que equivalen al elemento en la bomba de inyección.

**Sección Inyector;** con tobera, aguja dosificadora y resorte

**Caja de válvula;** con válvula de combustible con control electromagnético.

La sección inferior del inyector bomba está, al igual que un inyector normal, situado en un manguito de cobre contra el fondo de la culata, la sección intermedia del inyector, donde se encuentran los orificios de entrada y salida de combustible se halla en el canal de combustible de la culata.

El momento de inyección y el caudal de combustible a inyectar es determinado por la unidad de mando, que envía señales a la válvula de combustible electromagnética que hay en la caja de válvula del inyector. La duración del tiempo de inyección determina el caudal de combustible inyectado en el cilindro.

## 5.2.1.- Fases de trabajo del inyector bomba

### Fase de llenado

Durante esta fase, el pistón bomba (2) va caminado de su posición máxima de llenado; el punto más alto de la leva en el árbol de levas, ha sido pasado y el balancín camina hacia el círculo básico del árbol de levas.

La válvula de combustible (1) está en posición abierta y el combustible puede fluir en el cilindro de la bomba desde el canal de combustible inferior(4) en la culata y entrar en el cilindro de bomba inyector.

El llenado tiene lugar hasta que el pistón de la bomba alcanza su posición máxima.

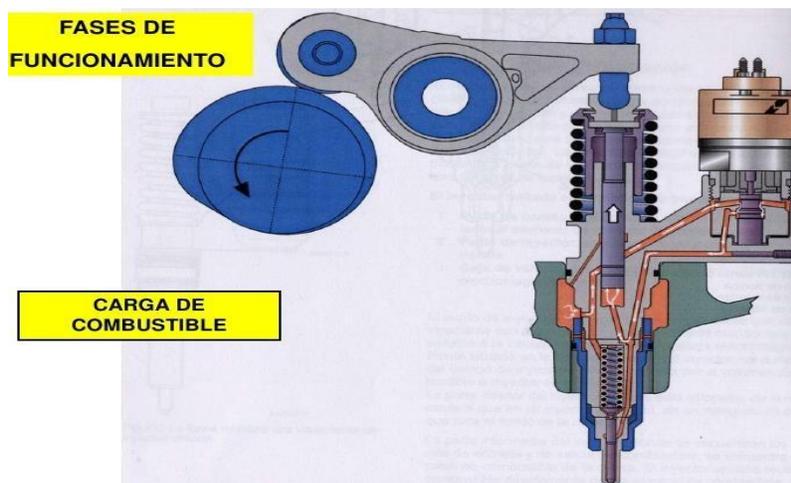
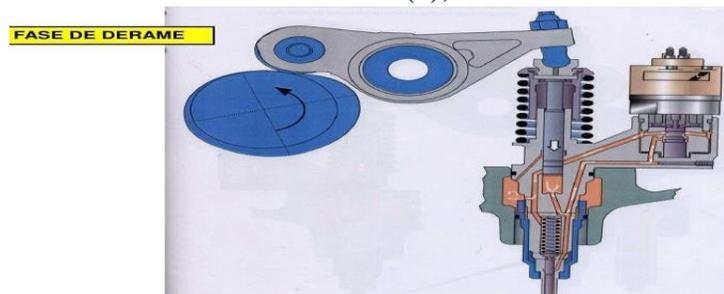


Imagen 8 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>

### Fase de derrame

La fase de derrame comienza cuando el árbol de levas ha girado hasta la posición en donde la leva, a través del balancín, empieza a presionar el pistón bomba (2) hacia abajo.

El combustible puede ahora fluir a través de la bomba de combustible (1), a través del orificio del inyector y salir por el canal (4)



## Fase de Inyección

La fase de inyección comienza cuando la válvula de combustible (1) cierra la leva del árbol de levas continúa, por medio del balancín, presionando el pistón (2) hacia abajo y la inyección se produce ya que el paso a través de la válvula de combustible está cerrada.

La fase de inyección continúa mientras la válvula de combustible (1) está cerrada.

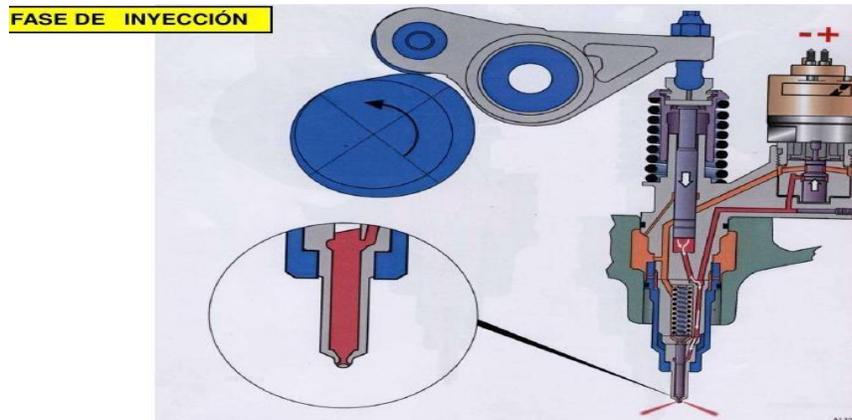


Imagen 10 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>

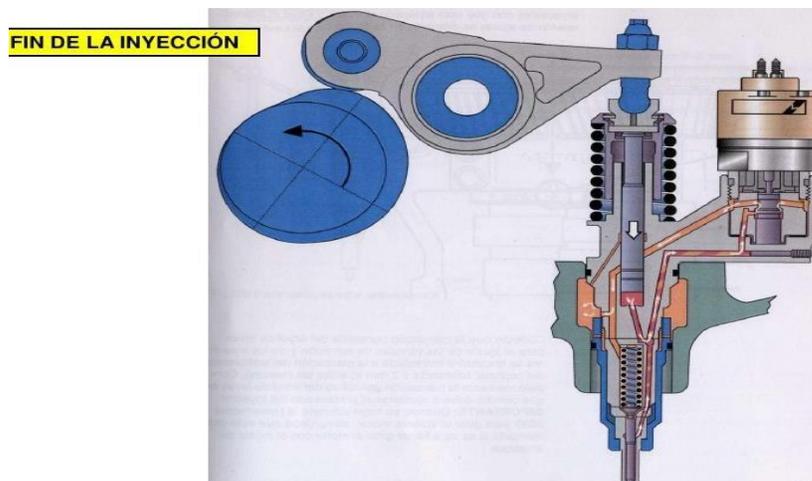
## Fase de reducción de presión

La inyección se interrumpe cuando la válvula de combustible (1) abre y la presión en el inyector desciende por debajo de la presión de abertura del difusor.

El combustible fluye a través de la válvula abierta (1); a través del orificio del inyector y continúa hasta el canal de combustible (4).

Se debe tener en cuenta que la posición de la válvula de combustible, (cerrada o abierta); es la que determina cuando la inyección comienza y acaba.

El tiempo que la válvula de combustible permanece cerrada determina el caudal de combustible que es inyectado en cada embolada (Movimiento de vaivén de un émbolo dentro de un cilindro).



### 5.3.-Sensor para la unidad de mando

En el motor hay una serie de sensores cuya misión es enviar señales a la unidad de mando.

Existen en el motor los siguientes sensores:

#### 1.- Cubierta de volante: (sensor de régimen inductivo)

El sensor detecta mediante ranuras en el volante; la posición y régimen del cigüeñal.

#### 2.- Distribución: (sensores de régimen inductivo)

El sensor detecta a través de ranuras de engranaje del árbol de levas, la posición del árbol de levas y el régimen.

#### 3.- Tubo de admisión

En el tubo de admisión hay dos sensores:

A.- Sensor para temperatura de aire de admisión

B.- Sensor para presión de aire de admisión

#### 4.- Culata

Sensor para temperatura refrigerante.

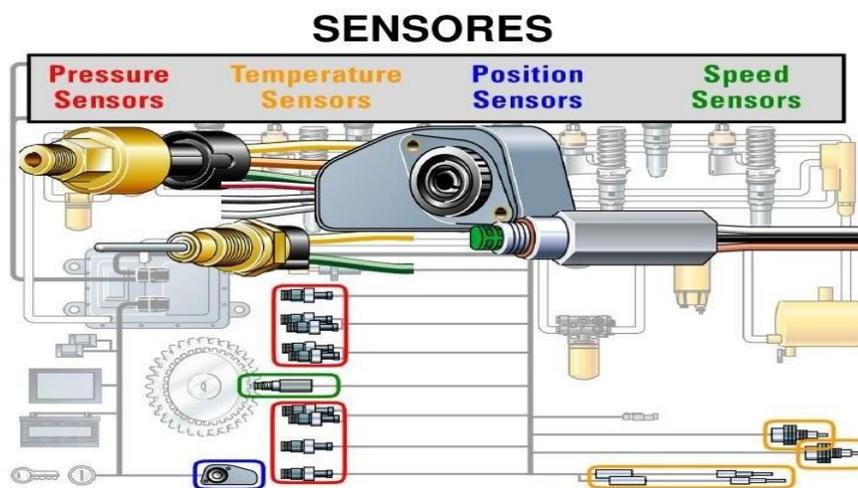


Imagen 12 Cap 5 tomada de internet

[página http://tecnodieselmurcia.com/inectores-eui/](http://tecnodieselmurcia.com/inectores-eui/)

## Unidad de mando

La unidad de mando es la parte central en el sistema de inyección, Se encuentra situado a un costado del motor fijado.

La unidad de mando recibe información continua desde el pedal del acelerador y desde una serie de sensores en el motor y culata, el caudal de combustible y el momento en que el combustible debe ser inyectado a los cilindros.

Las señales de mando a los inyectores bomba pasan a través de cables eléctricos hasta válvulas de combustible de los inyectores.



Imagen 13 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>

Debido a que la unidad de mando, mediante los sensores de volante, detecta el régimen de motor y también las diferencias de régimen durante la vuelta, la unidad de mando hace que cada inyector bomba reciba el caudal exacto de combustible.



Imagen 14 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inyectores-eui/>

La unidad de mando almacena información para verificar que no existan anomalías, también las fallas que aparecen esporádicamente son almacenadas en la unidad de mando y pueden detectadas más tarde.

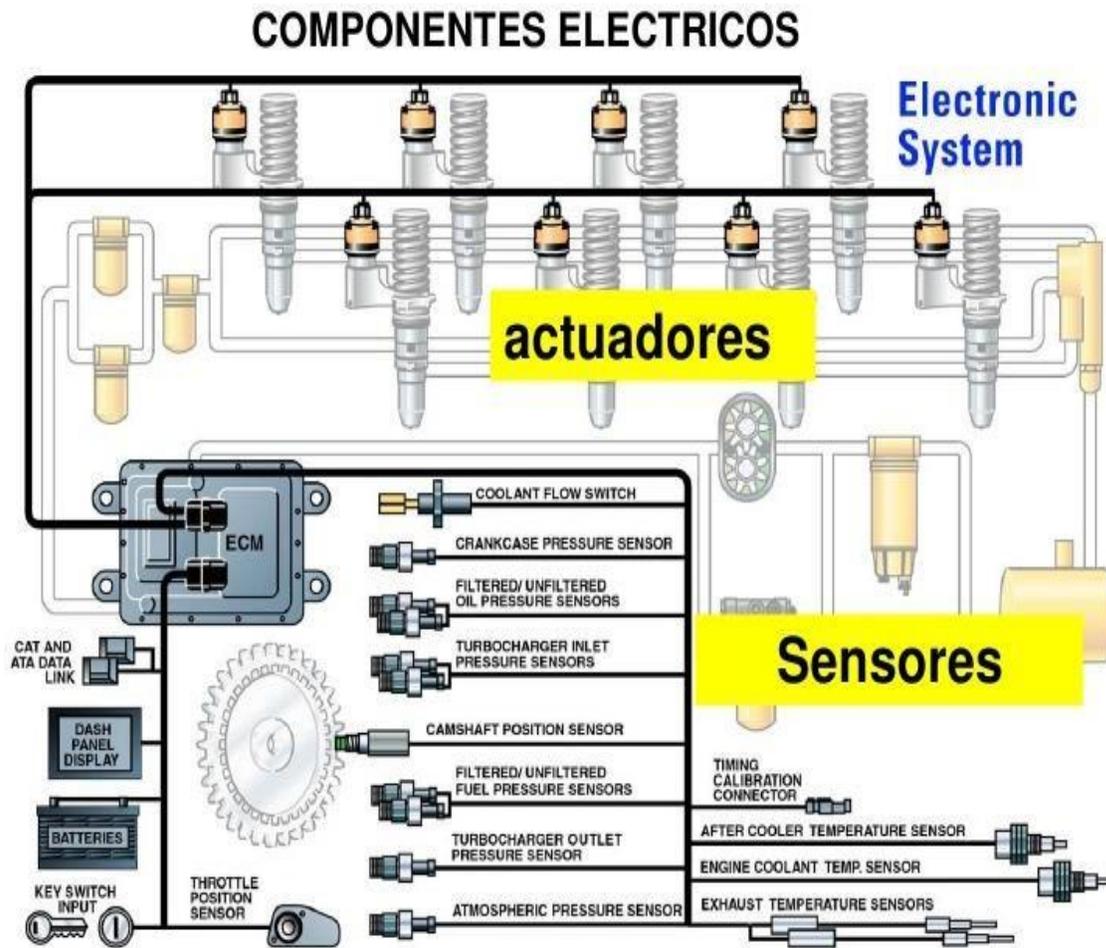


Imagen 15 Cap 5 tomada de internet página: <http://tecnodieselmurcia.com/inectores-eui/>

## 5.4.- Diagnostico en sistemas de inyección diesel

### Medidor de humo

El medidor de humo mediante una luz infrarroja se utiliza para contabilizar el número de partículas de hollín en la muestra de gas de escape.

### Humo del motor diesel

El humo del motor diesel es un combustible de hidrocarburos, hay muchas circunstancias bajo las cuales el combustible no se consume completamente, y el resultado es el humo, generalmente esto se debe a la falta de aire (oxígeno).

La identificación del color del humo en motores diesel, ayudan a diagnosticar, hay tres colores de humo: blanco, azul y negro; las pruebas de diagnóstico se deben realizar con la temperatura del normal en su operación.

### Humo Blanco

**Filtro de aire:** si se encuentra bloqueado limitara el abasto de aire, no estará generando suficiente aire en el cilindro para que el pistón pueda comprimirlo y generar una combustión completa.

**Mala compresión:** puede producir fugas durante el ciclo de compresión generando menos calor.

**Fuga en la junta de la cabeza de cilindros:** Si el enfriador se introduce al área de combustión, el resultado sería que la menor temperatura del cilindro causaría humo blanco.

### Humo Azul

El humo azul es seguramente por un problema con el quemado de aceite lubricante, las causas posibles son:

- Grado incorrecto de aceite lubricante
- Sellos de aceite del vástago de la válvula desgastados o dañados
- Anillos de pistón dañados o pegajosos
- Desgaste del diámetro interior del cilindro

### Humo Negro

El humo negro es combustible parcialmente quemado, las causas posibles son:

**Filtro de aire:** la falta de suficiente aire para generar la mezcla de manera correcta provoca falla en la quema del combustible

**Inyectores defectuosos:** revisar inyector para verificar el rocío este completamente atomizado y que no esté siendo inyectado combustible sólido.

Diagnóstico de fallas en inyección diesel

<b>Síntomas</b>	<b>Posibles Fallas</b>
Motor gira, pero no enciende	Falta de combustible, la banda del árbol se rompió, filtro de combustible bloqueado
Falta de Potencia	Boquillas de inyector desgastadas Presión de operación de inyectores incorrecta
Olor de combustible en el auto	Fuga en líneas de combustible Tubería anti-fuga rota
Detonación diesel, en frío	Tiempo incorrecto
Aceite de motor contaminado Con combustible	Se rompió un pistón Anillos de los pistones Inyección excesiva de combustible

**Diagrama 1 capítulo 5 : Posibles fallas**

### 5.4.1.- Proceso de diagnóstico en Motor Diesel

Lo recomendable para diagnosticar falla en inyectores, es realizar un procedimiento como el que muestra a continuación:

Proceso en general de diagnóstico de motor diesel.

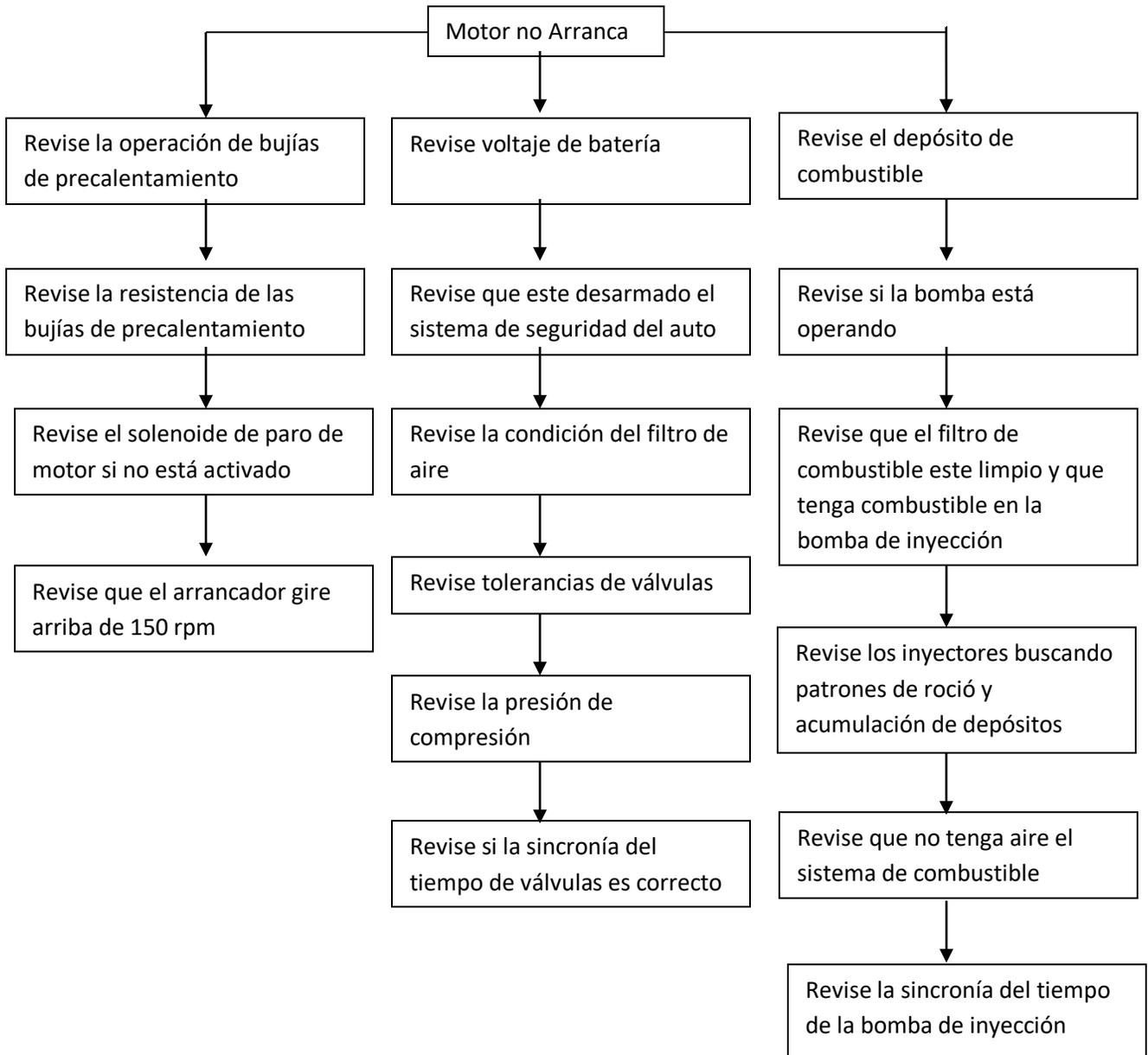


Diagrama 2 Capítulo 5: Proceso de Diagnostico

## Imágenes de diagnóstico por computadora de falla en inyector

Producto Historial del producto **Diagnosticar** Prueba Calibrar Programar Maidcom VBC Remote

### 2. Ver información de código de avería de diagnóstico (Paso 2 de 3)

Actualizar Borrar... Filtro

Lista de DTC (25 Elementos) Tiempo del producto: 19/11/2018 14:09:49 Horas de funcionamiento del motor: 34820,751 Tiempo de lectura: 19/11/2018 15:04:24

Unidad de mando	DTC	Estado	Contar	Primera ocurrencia	Última aparición
Unidad de mando, caja de cambios (MID 130)	SID 250: Enlace de datos SAE J1708/J1587, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	3	12/11/2018 23:13:00	16/11/2018 10:39:00
Unidad de mando, motor (MID 128)	PID 171: Temperatura exterior, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	3	12/11/2018 23:34:00	13/11/2018 21:03:00
Unidad de mando, motor (MID 128)	PID 26: Porcentaje estimado velocidad ventilador, FMI 3: Tensión superior a normal o cortocircuitada alta	Inactivo	255	12/11/2018 11:20:00	19/11/2018 14:12:00
Unidad de mando, motor (MID 128)	PID 81: Presión diferencial del filtro de partículas, FMI 12: Unidad o componente defectuoso	Inactivo	1	14/11/2018 23:43:00	14/11/2018 23:43:00
Unidad de mando, motor (MID 128)	SID 1: Inyector cilindro 1, FMI 5: Corriente demasiado baja o interrupción	Inactivo	7	14/11/2018 0:22:00	18/11/2018 12:07:00
Unidad de mando, select. marchas (MID 223)	PSID 200: Enlace de datos, MID128, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	1	12/11/2018 23:44:00	12/11/2018 23:44:00
Unidad de mando, select. marchas (MID 223)	PSID 201: Enlace de datos, MID144, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	1	12/11/2018 23:44:00	12/11/2018 23:44:00
Unidad de mando, select. marchas (MID 223)	PSID 205: Enlace de datos, MID130, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	1	12/11/2018 23:44:00	12/11/2018 23:44:00
Unidad de mando, select. marchas (MID 223)	SID 250: Enlace de datos SAE J1708/J1587, FMI 9: Ritmo de actualización anormal	Inactivo	1	13/11/2018 15:27:00	13/11/2018 15:27:00

**Inyector cilindro 1**

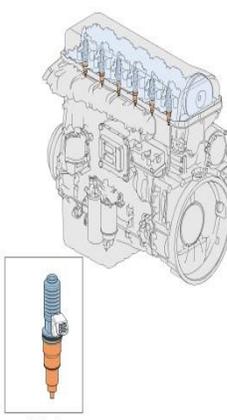
2. Ver información de código de avería de diagnóstico < Atrás Continuar >

Imagen de componente con falla

Producto Historial del producto **Diagnosticar** Prueba Calibrar Programar Maidcom VBC Remote

### 3. Ejecutar el diagnóstico - MID 128 SID1 FMI 5, Inyector cilindro 1

Y33. 1: Inyector



**Información sobre código de avería**

**MID 128 SID1 FMI 5**

**MID 128** - Unidad de mando del motor (ECM)

**SID1** - Inyectores de combustible

**FMI 5** - Corriente demasiado baja o interrupción

**Código de avería inactivo**  
¡Advertencia! Algunos códigos de avería sólo se muestran como activos cuando se activa la función o el componente

Información detallada

El DTC se archiva como inactivo. Puede resultar complicado realizar la localización de averías de un código de avería inactivo. Las condiciones siguientes podrían ser importantes para decidir si continuar la localización de averías o no.

**Datos de DTC**

Fecha programada en el vehículo 19/11/2018  
Última ocurrencia 18/11/2018  
Número de ocurrencias 7

3. Ejecutar el diagnóstico Continuar > Cancelar

## Imagen de procedimiento para realizar prueba de equilibrado de cilindros

Producto Historial del producto Diagnosticar **Prueba** Calibrar Programar Maidcom VBC Remote

00:00:00

### Equilibrado de cilindros

Descripción del procedimiento de prueba:

- Iniciar la prueba y comprobar que la velocidad del motor es estable, aproximadamente 600 r.p.m. (ralentí).
- Iniciar la lectura de datos de equilibrado de cilindros y dejar funcionando hasta que el equilibrado sea estable.

La velocidad del motor no debe sobrepasar 1.100 r.p.m.; de hacerlo, la función de equilibrado de cilindros se desactivará.

Evaluación:  
 Cuando uno o más inyectores tienen compensación positiva, también se compensará negativamente uno o más inyectores para que el motor funcione suavemente en ralentí. Durante la evaluación, es importante conocer qué síntomas existen.

Potencia baja: Hay que investigar el cilindro que tiene compensación positiva.

Humo: Hay que investigar el cilindro que tiene compensación negativa.

Cuando un cilindro es compensado en más del  $\pm 80\%$  (barra roja) en relación a los otros cilindros, es señal de que hay alguna anomalía en él.

Equilibrado de cilindros

Tiempo	Cil. 1	Cil. 2	Cil. 3	Cil. 4	Cil. 5	Cil. 6
0.00:03	-2	-5	-4	17	-4	-2
0.00:03	-2	-5	-4	17	-4	-2
0.00:04	-2	-5	-4	17	-4	-2
0.00:05	-2	-5	-4	17	-4	-2
0.00:06	-2	-5	-4	17	-4	-2

Régimen del motor  
 752 r/min OK   
 No OK

Reajuste los valores de equilibrado de cilindros

OK   
 No OK

## Imagen de equilibrado de cilindros

Producto Historial del producto Diagnosticar **Prueba** Calibrar Programar Maidcom VBC Remote

00:00:00

### Compresión de cilindro, prueba

Iniciar

**¡Peligro!** Asegúrese de que durante el transcurso de esta prueba todos los equipamientos y personal quedan fuera del alcance del motor y de los componentes en movimiento. De no ser así pueden producirse daños materiales y personales, incluso la muerte.

Esta prueba muestra si hay alguna desviación en la presión de compresión en un cilindro con respecto a los demás cilindros. Para una evaluación correcta, la prueba debe hacerse con el motor caliente.

**¡Atención!** Cuando se termine la prueba y la evaluación, hay que girar la llave de encendido a la posición 0 y devolverla a la posición de conducción para iniciar una nueva prueba o arrancar el motor.

Compresión de cilindro

Cil. 1	Cil. 2	Cil. 3	Cil. 4	Cil. 5	Cil. 6
93	100	91	84	91	81

Temperatura del refrigerante  
 76 °C

Régimen del motor  
 184 r/min

OK

Los valores de funcionamiento de los inyectores son mostrados mediante graficas indicando los valores de cada uno de los inyectores de acuerdo al número de inyectores que contenga el motor, siendo para autos de cuatro inyectores y de seis en motores diesel para vehículos de transporte de carga.

Mediante los valores obtenidos en el diagnostico por computadora se puede establecer con exactitud cual o cuales inyectores presentan falla y así proceder a su cambio o reparación de acuerdo al mismo diagnóstico.

Los fabricantes de los vehículos son poseedores del software de diagnóstico para cada marca en cuestión, talleres especializados en reparación y diagnostico por computadora deben comprar la licencia para poder realizar dichos diagnósticos con mayor exactitud; mas sin embargo la disposición de dicho software implica un gasto que si bien facilita el diagnóstico, no es factible para muchos talleres, ya que la reparación y diagnóstico es multimarca y esto implicaría obtener licencia del software de diversas marcas esto se complica por su costo de licencia.

En la actualidad existen aplicaciones de uso libre esto significa que no se tiene que pagar por dicha aplicación, pero suelen ser limitadas a cuestiones básicas de funcionamiento esto facilita el diagnostico; mas no precisa con exactitud la falla, emite parámetros bajo los cuales un mecánico experimentado puede interpretar la posible falla de origen.

## **5.5.-Procedimiento de reparación de inyector bomba electrónico (EUI)**

En un inyector-bomba electrónico EUI; los dispositivos de bombeo y de inyección se encuentran combinados en un dispositivo único.

Cada inyector EUI suministra un solo cilindro, estando los inyectores accionados por el árbol de levas del motor.

Cada inyector EUI comprende: tobera, tuerca capuchón-émbolo y cuerpo-actuador.

### **Fallas que se presentan**

Se puede determinar falla en el inyector- bomba electrónica, cuando se presentan uno o varios síntomas como los siguientes:

- Sobrecalentamiento del motor
- Detonación en el cilindro
- Marcha irregular”simbramiento”
- Pérdida de potencia
- Exceso de gases de escape
- Aumento en el consumo de combustible
- Arranque con dificultad

Los inyectores que se reciban para reparación deberán limpiarse externamente con disolvente no acuoso.

Se deberá utilizar cepillo de alambre de latón, para limpieza del inyector antes de efectuar la inspección para verificar la presencia de daños.

El cepillo de alambre de latón no se deberá emplear para limpiar la tobera del inyector.

Después de realizar la revisión del inyector, se descartaran las piezas dañadas que no sean reparables.

Se deberán realizar verificaciones empleando equipos de prueba y procedimientos de ajuste recomendados.

### **5.5.1.- Desmontaje y reinstalación del inyector**

El montaje y reinstalación de inyectores debe realizarse de acuerdo a las instrucciones del fabricante del motor, Algunas culatas incorporan casquillos de cobre en los cuales se coloca cada inyector, estos casquillos atraviesan el circuito de refrigeración del motor y deben retirarse.

El orificio en el inyector en la culata deberá limpiarse cuidadosamente en especial en el fondo, se deberá tener cuidado de que ingresen contaminantes en el cilindro, se deberá verificar y sustituir las juntas y camisas térmicas afectadas por el desmontaje de acuerdo a lo recomendado por el fabricante, la instalación incorrecta del inyector puede provocar sobrecalentamiento de la tobera y el daño prematuro.

#### 5.5.2.- Procedimiento de servicio a inyector – bomba electrónico.

<b>Etapa</b>	<b>Operación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Si</b>		<b>No</b>
1	<b>Limpieza externa</b>	<b>¿Inyector Limpio?</b>	<b>Pasar etapa 2</b>	<b>A</b>	<b>Repetir etapa 1</b>
2	<b>Inspección visual del inyector</b>	<b>¿Daños físicos Aparente en el inyector?</b>	<b>Pasar etapa 3</b>	<b>A</b>	<b>Repetir etapa 4</b>
3	<b>Sustituir piezas dañadas</b>	<b>¿Piezas dañadas sustituidas?</b>	<b>Pasar etapa 4</b>	<b>A</b>	<b>Repetir etapa 3</b>
4	<b>Efectuar prueba funcional</b>	<b>¿Ha pasado el Inyector la prueba funcional?</b>	<b>Pasar etapa 6</b>	<b>A</b>	<b>Repetir etapa 5</b>
5	<b>Analizar resultados de la prueba</b>	<b>¿Puede determinarse una avería?</b>	<b>Pasar etapa 3</b>	<b>A</b>	<b>Repetir etapa 6</b>
6	<b>Devolución al cliente</b>				

**Diagrama 3 Capítulo 5: Procedimiento de servicio**

### **5.5.3.- Procedimiento de Limpieza**

#### **Almacenamiento de componentes**

Condiciones ambientales

- Temperatura – 30° C a + 60°C

#### **Campos magnéticos**

No se debe situar el inyector en un campo magnético superior a 400 Am.

#### **Ensamble**

Cada componente del sistema deberá sellarse herméticamente unos recipientes igualmente sellados

El número de parte de piezas debe estar visible en el envase para evitar errores en los pedidos y evitar ensuciar el área de trabajo.

#### **Área de trabajo**

Las reparaciones de inyectores deben realizarse en un lugar limpio.

El área debe ser:

Limpiada con regularidad evitando acumulación de polvo

De ser posible debe ser aislada dentro del taller evitando equipos de soldadura que pueden generar partículas metálicas.

Esta medida es para evitar contaminación en la reparación de inyectores, ya que en un taller existen diversas áreas que producen contaminación diminuta.

#### **Sección de trabajo y herramientas**

La sección de trabajo debe estar construida de tal manera que no se generen partículas que posibiliten contaminación al sistema de inyección, evitando la utilización de madera, la superficie recomendada es acero inoxidable.

La limpieza en el área de trabajo y las herramientas deberá realizarse con cuidado con cepillo y disolvente, el disolvente debe estar almacenado en recipientes limpios y después de utilizarse deberá ser almacenado en otro recipiente, las áreas deberán ser secadas con aire comprimido seco, se recomienda utilizar herramienta que no contenga cromo o níquel, ya que pueden desprender partículas en su utilización.

## **Técnico**

El uniforme de trabajo del técnico debe estar limpio evitando el polvo o partículas metálicas posibles contaminantes en el sistema de inyección, antes de comenzar a manipular las herramientas se recomienda lavarse las manos y el uso de guantes de látex y lentes de protección.

### **5.6.- Desmontaje y reinstalación de componentes**

Al trabajar un inyector que será reparado no se deberán utilizar materiales que puedan presentar desprendimiento de partículas o fibras, tales como (madera, cartón, etc.).

Los elementos desmontados se resguardaran en bolsas selladas para evitar contaminación

Los componentes a utilizar de recambio deberán abrirse solo hasta que se proceda a su colocación.

## **Seguridad**

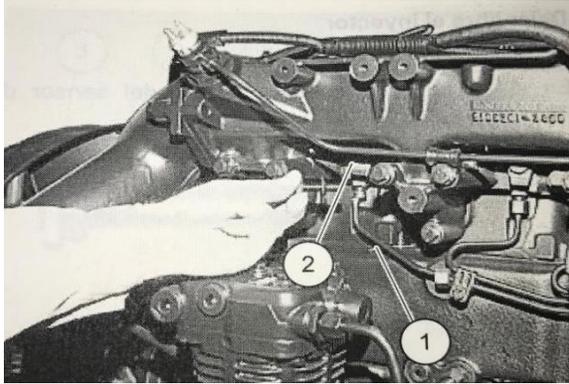
No se debe comer y fumar

Solo personal capacitado podrá realizar reparaciones

Mantener desconectado el equipo antes de su uso

Uso de lentes ya que el chorro de combustible puede provocar lesiones

## Procedimiento para desmontaje de Inyectores

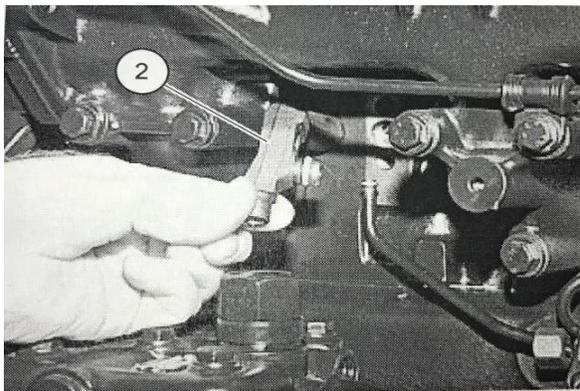


Paso 1

Desmontar la tubería del combustible

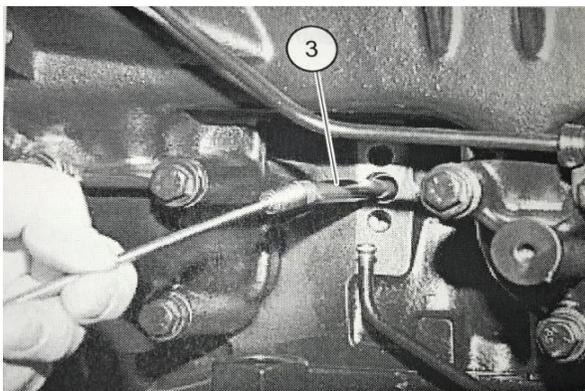
Desenrosque la tubería de inyección **1**

Desenrosque el tornillo de sujeción de la pieza De conexión **2** de la culata.



Paso 2

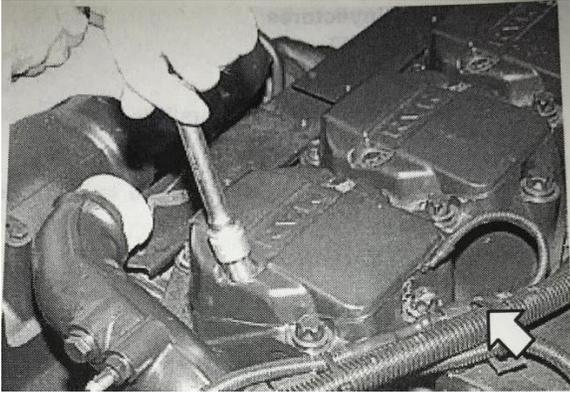
Saque la pieza de la unión **2** de la culata



Paso 3

Saque el tubo de presión con un filtro de barra **3**  
Con ayuda de imanes de la culata.

## Paso 1



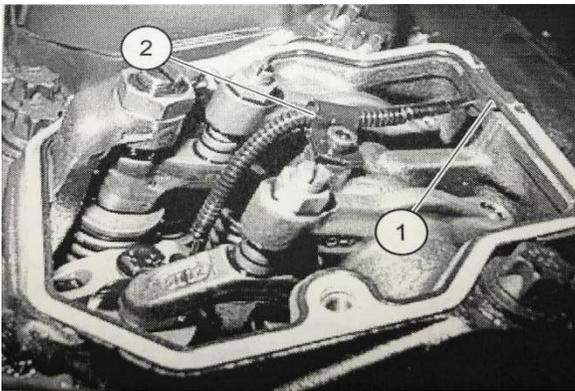
### Desmontaje de inyectores

#### Dejar libre el inyector

Desenrosque la tapa de la válvula

En el primer cilindro, saque el cable del sensor de movimiento de la aguja ( flecha)

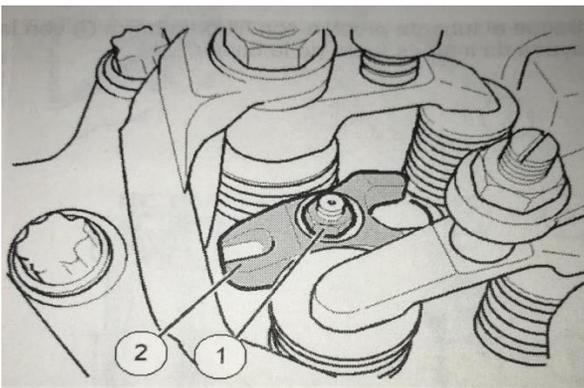
## Paso 2



Saque la junta de tapa con paso de cable 1

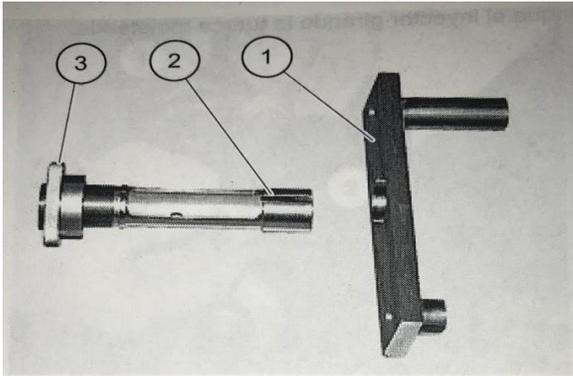
Desenrosque la abrazadera de cable 2

## Paso 3



Desenrosque la tuerca de sujeción 1 del pisador 2  
saque la arandela de centrado y pisador

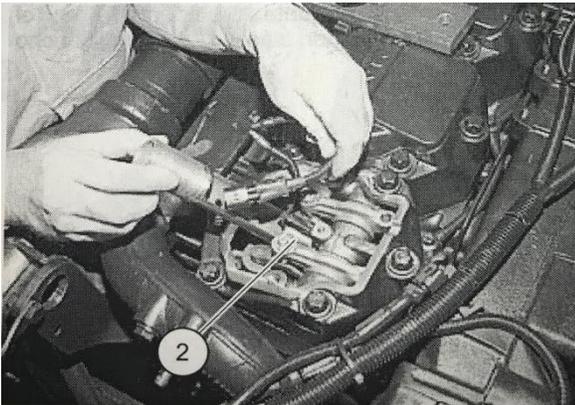
## Dispositivo de extracción de inyectores



**Paso 4** Dispositivo de extracción de inyectores

- 1 Puente: Se apoya sobre los tornillos de la culata.
- 2 Tubo extractor, ranurado para pasar el cable del sensor de movimiento de aguja
- 3 Tuerca

## Paso 5



Sacar Inyector

- Pase el cable del sensor de movimiento a través de la ranura 2 del tubo extractor y pase el conector hacia arriba
- Rosque el tubo extractor al inyector

## Paso 6

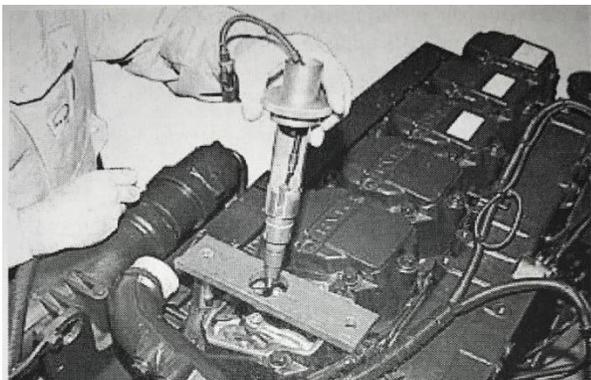


- Coloque el puente sobre el tubo extractor.
- Se apoya los tornillos de la culata

## Paso 7

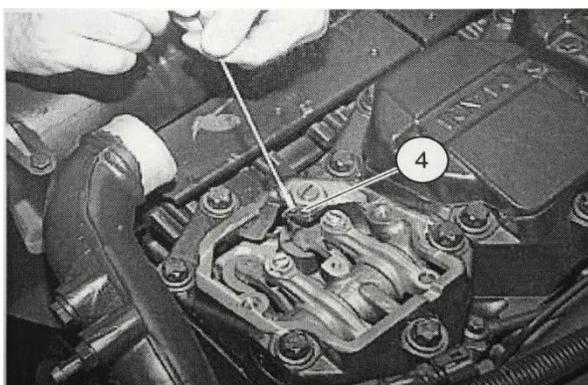


- Rosque la tuerca



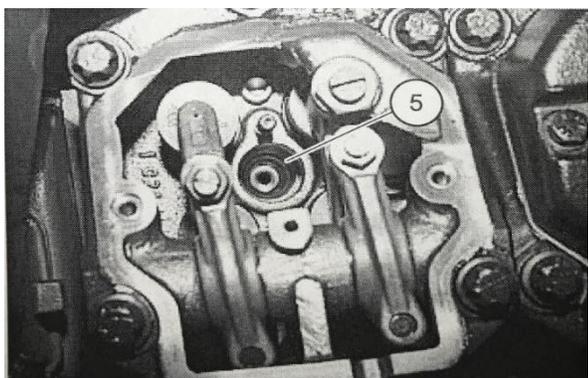
### Paso 8

Saque el inyector girando la tuerca



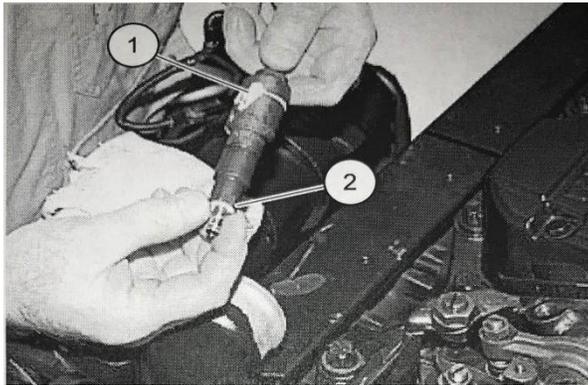
### Paso 9

Si quedó asentando la junta de cobre **4** en el recubrimiento del inyector, sáquela con un gancho de alambre



### Paso 10

Limpie minuciosamente el asiento del Inyector en el recubrimiento del inyector



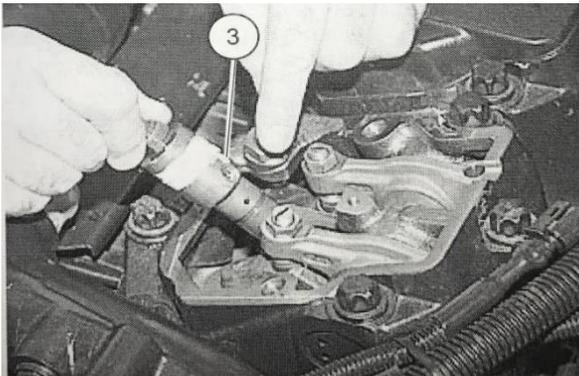
### Paso 11

Antes de cualquier montaje del inyector:

Coloque una junta tórica nueva **1** y nueva junta de Cobre **2**

Engrase la junta tórica.

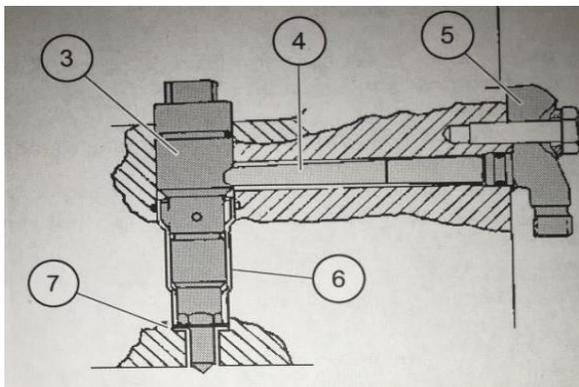
## PROCEDIEMINTO PARA MONTAJE DE INYECTOR



### Paso 1

#### Montar el inyector

Coloque el inyector con taladro de alimentación **3**  
En la culata en dirección al taladro para el tubo de Presión con filtro de barra.



### Paso 2

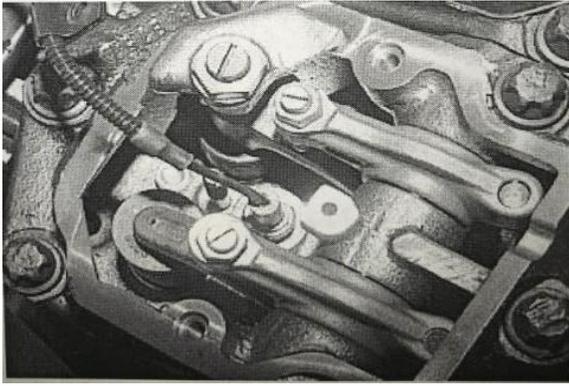
**3** Asiento del inyector

**4** Tubo de presión con filtro de barra

**5** Pieza de unión (garra) para tubería de inyección

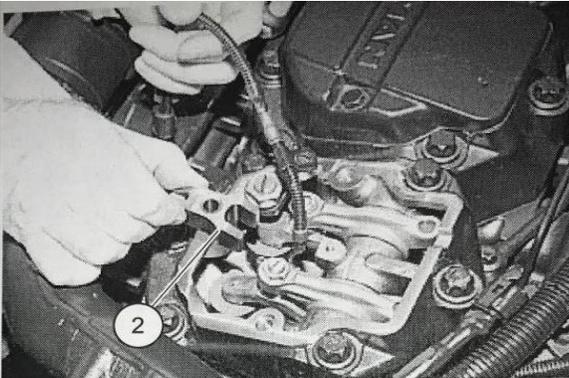
**6** Recubrimiento del inyector en la culata

**7** Junta anular de cobre



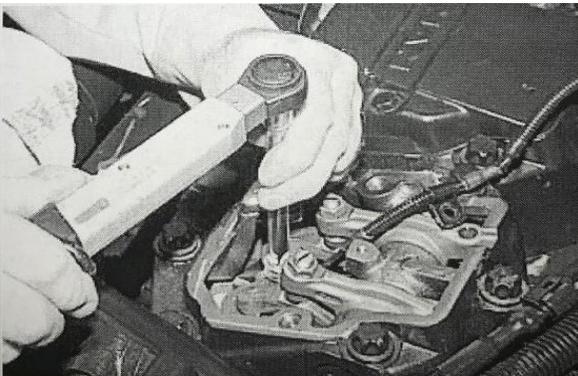
### Paso 3

Introduzca a presión a mano el inyector hasta el tope



### Paso 4

Coloque el pisador 2, ajuste el inyector.



### Paso 5

Rosque la tuerca de sujeción con arandela de Centrado (arandela esférica), y preapriete con llave Dinamométrica a **10Nm**.

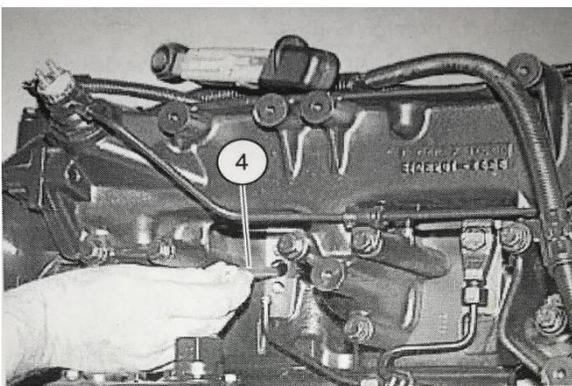
### Paso 6

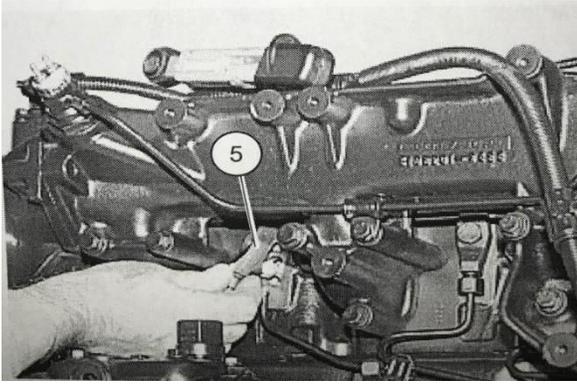
#### Montar la tubería plástica

Engrase el tubo de presión con filtro de barra 4 en Ambos extremos y coloque en la culata.

El extremo más fino del tubo de presión queda en Dirección al inyector.

Introduzca a mano por presión el tubo de presión Hasta que se note que encaja en la apertura del Inyector.





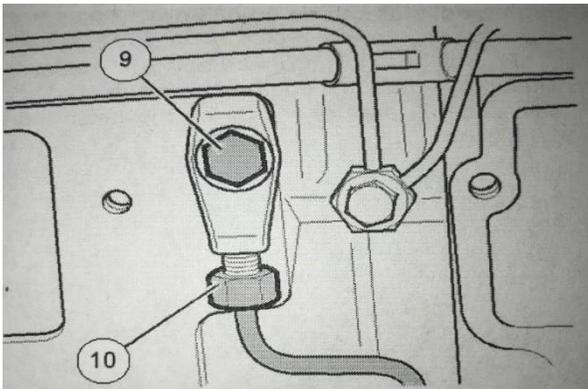
**Paso 7**

Coloque la pieza de unión (garra) **5** para la tubería De inyección con una nueva junta tórica. Engrase ligeramente la junta tórica.

**Paso 8**

Rosque el tornillo de sujeción **9** con arandela de Centrado (arandela esférica), en la pieza de unión (garra), ajuste hacia la tubería de inyección y Preapriete con llave dinamométrica a **10 Nm**.

Rosque la tubería de inyección **10** y preapriete con La llave dinamométrica a **10 Nm**.



**Apriete final en el montaje del inyector**

1. Apriete el tornillo de sujeción con la arandela de centrado **1** para pisador...**25 Nm +90°**
2. Apriete el tornillo de sujeción para la pieza de unión **9** de la tubería de inyección .**65 Nm**
3. Apriete firmemente la tubería de inyección **10**.....primer montaje..... **60°**

Montaje siguiente. ...**30°**

## Procedimiento de Prueba

Después del montaje de inyectores deberá necesariamente comprobarse si la hermetización

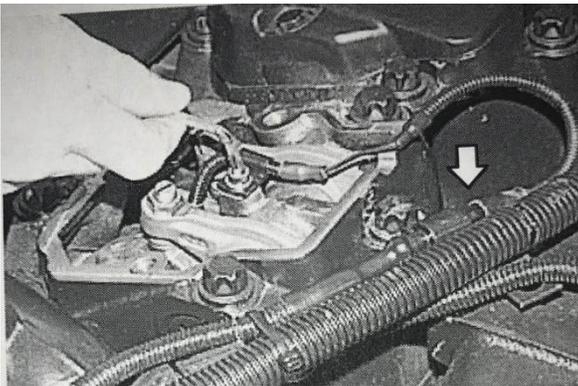
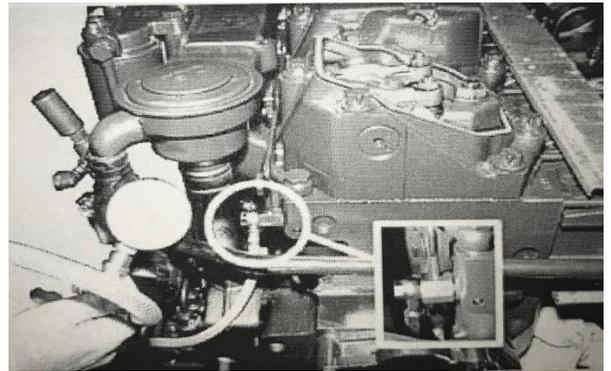
Del asiento del portainyector, del tubo de presión y del canal del aceite de fuga está correcto, ya que en caso de fugas accede combustible diesel al aceite del motor y también accede incontroladamente a la cámara de combustión.

Para ello conecte un manómetro con conexión De aire comprimido bloqueable a la tubería del Aceite de fuga.

Cree una presión en la tubería de **1 bar** y cierre La alimentación de aire comprimido.

Gire dos veces completo el motor con el dispositivo De giro (720°).

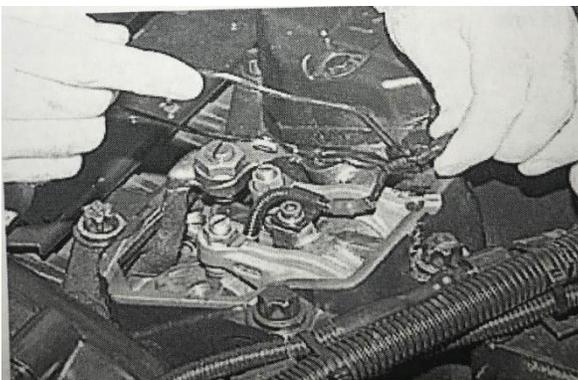
**La presión no deberá disminuir en el intervalo De 3 minutos.**



### Completar el sistema de inyección

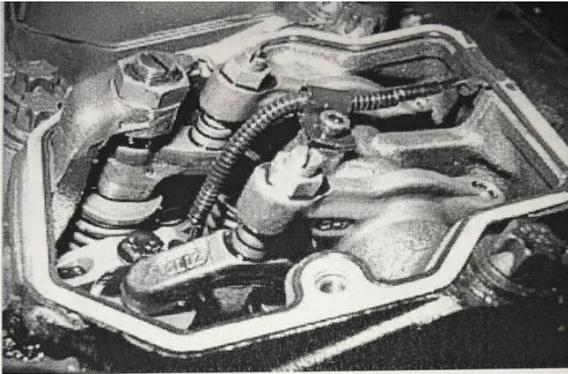
#### Paso 1

Fije para el 1er cilindro el cable del sensor de Movimiento de la aguja con una abrazadera. Encaje el cable para el sensor de movimiento de la Aguja (flecha).



#### Paso 2

Coloque una junta nueva de la tapa de la válvula, al mismo tiempo coloque el cable del sensor del movimiento de aguja en el talón de goma.



### **Paso 3**

Ajuste la junta de la tapa de la válvula, tenga en cuenta que el paso del cable asiente correctamente.



### **Paso 4**

Coloque la tapa de la válvula y apriete firmemente con **25 Nm**.

### **Controlar el inyector**

El inyector se controla con el aparato de control de inyectores en lo que respecta a:

- Presión de apertura (presión de inyección)
- Hermeticidad
- Forma de chorro

Para el control utilice aceite de prueba puro o combustible diesel puro.

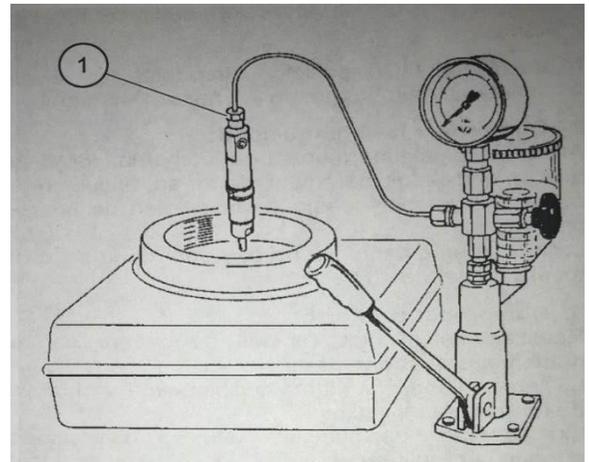
Limpie el inyector antes de la prueba y verifique su desgaste

Controle el inyector con su correspondiente portainyector.

### Inyector par a culata de 2 válvulas

Conecte la tubería de presión del aparato de control

A la conexión de alimentación del inyector **1**



### Inyector par a culata de 4 válvulas

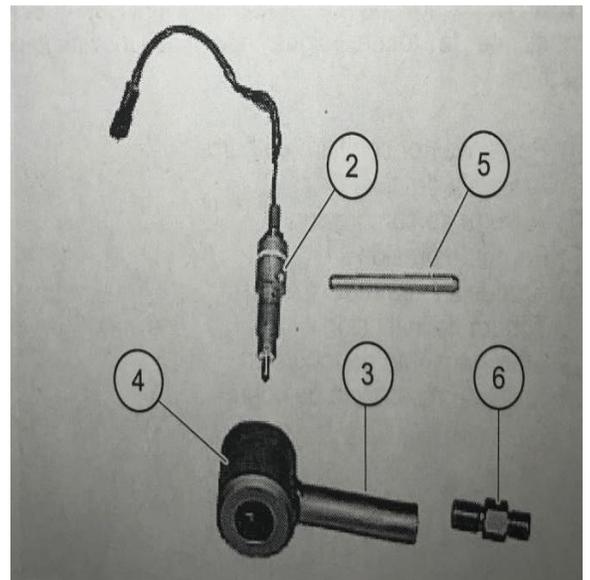
Coloque en el dispositivo de control **4** el Inyector con taladro de alimentación **2** en dirección Al tubo guía del tubo de presión.

Coloque el tubo de presión con filtro de barra **5** en El tubo guía **3**

El extremo fino del tubo de presión queda hacia El inyector.

Rosque y apriete firmemente la conexión de alimentación **6** al tubo guía.

Conecte el dispositivo con inyector al aparato de Control.



### Paso 1

#### 1. Comprobar la presión de apertura

Con el manómetro conectado, bajar lentamente la palanca manual hasta que de la tobera salga el chorro con una ligera vibración.

Leer la **presión de apertura** en el manómetro.

Con una presión demasiado baja, colocar arandelas de ajuste más gruesas, con una presión demasiado alta, arandelas más delgadas **2**.

En caso de una distancia recorrida más larga, se afloja la tensión previa del resorte de compresión **3**.

Con ello baja un poco la presión de inyección.

Al realizar reparaciones en las toberas de inyección, ajustar la presión de inyección al límite superior (8 bar).

## **2. Comprobar la estanqueidad Paso 2**

Accionar la palanca manual del comprobador hasta que el indicador del manómetro se encuentre a aproximadamente **20 bar** por debajo de la presión de ensayo preescrita.

La tobera es estanca, si no cae gota de la boca de tobera dentro de 10 segundos.

## **Paso 3**

## **3. Comprobar el chorro**

Realizar movimientos rápidos de carrera con el manómetro **desconectado**.

La tobera tiene que vibrar audiblemente y chorrear de forma pulverizada.

Las toberas que cumplen estas tres condiciones, pueden ser reutilizadas.

La vibración de la tobera significa, que la aguja de la tobera sigue haciendo movimientos suaves

**1 Portainyector con filtro de barra**

**2 Arandela de ajuste**

**3 Resorte de compresión**

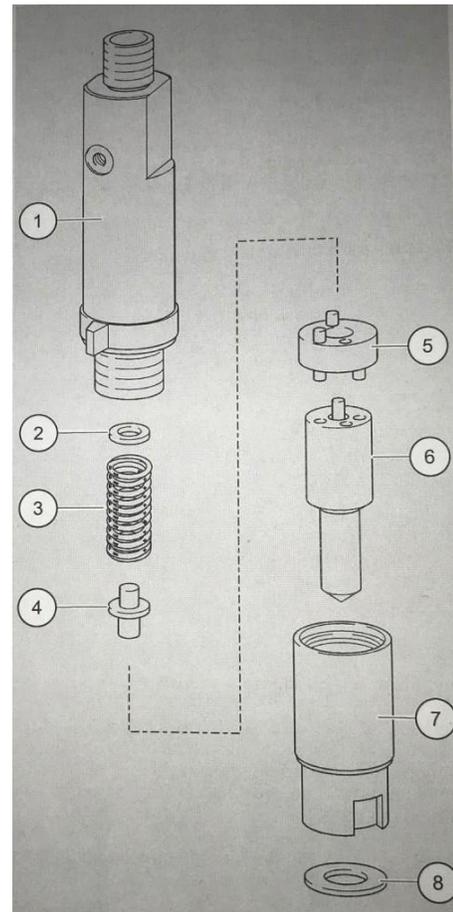
**4 Perno de presión**

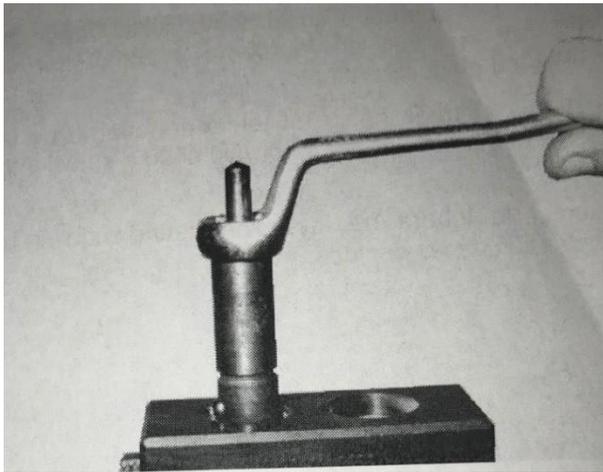
**5 Arandela intermedia**

**6 Tobera de inyección**

**7 Atornillamiento de racor**

**8 Anillo de obturación de cobre**





### Procedimiento para

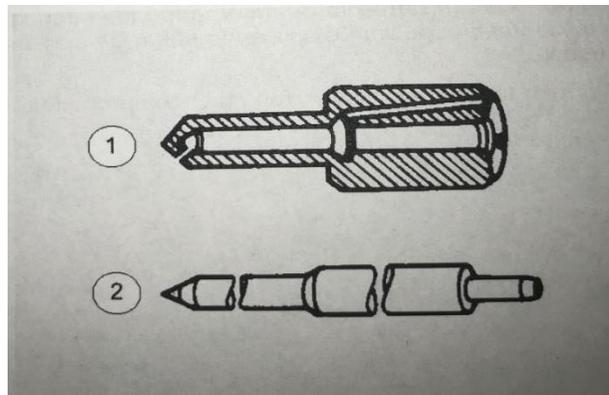
#### Desarmar la tobera de inyección

Introducir en el dispositivo de sujeción el porta-Toberas, con la abertura de alimentación indicando Hacia abajo.

Sujetar el dispositivo en el tornillo en banco.

Desenroscar el atornillamiento de racor utilizando Una llave de vaso especial. Retirar el cuerpo de Tobera, la arandela intermedia, el perno de presión, el resorte de compresión y la arandela de ajuste.

Sacar la tubuladura de inyección del dispositivo y Retirar el filtro de varilla..



### Procediendo para

#### Reparar la tobera de inyección

Limpiar el interior del cuerpo de tobera **1** con un Bastoncito de madera y gasolina o combustible Diesel.

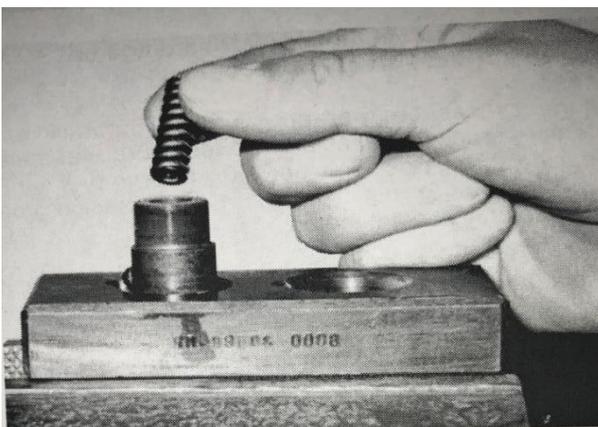
Limpiar de aguja de la tobera **2** con un paño limpio

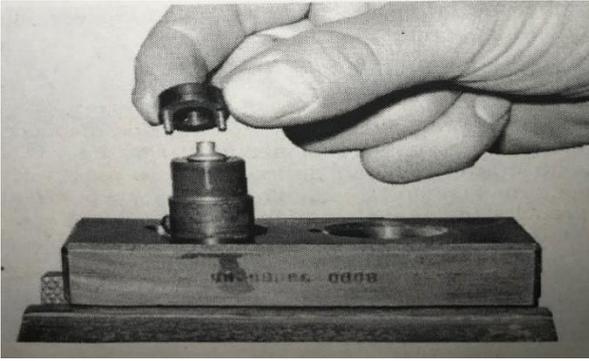
Limpiar los perfiles carbonizados de la aguja de Tobera en el torno con un bastoncito de madera no Demasiado duro e impregnado de aceite.

Comprobar las piezas limpiadas en cuanto a su Posible desgaste, en caso necesario sustituirlas. Desengrasar las piezas nuevas.

Para evitar corrosión, no tocar con los dedos las Superficies lapeadas de la aguja de la tobera.

La aguja de la tobera y la tobera están emparejadas Entre si y no deben ser sustituidas por separado.





## Procedimiento para Armar la tobera de inyección

### Paso 1

Introducir el filtro de varilla limpiando en la tubuladura de inyección.

Insertar la tubuladura de inyección en el dispositivo

### Paso 2

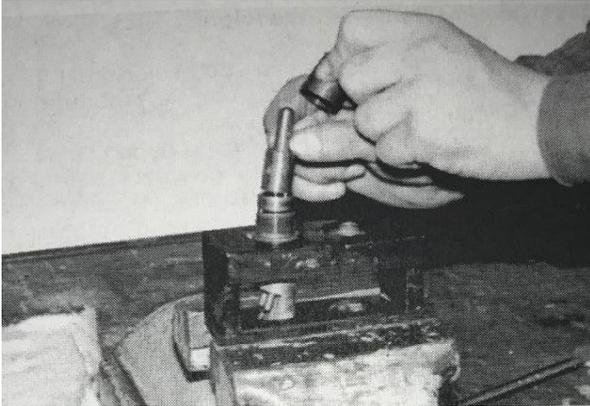
De sujeción.

Colocar arandela de ajuste y el resorte de Compresión.

Introducir el perno de presión y la arandela.

Sumergir por separado en el combustible filtrado

El cuerpo y la aguja de la tobera y comprobar la Capacidad de deslizamiento.



La aguja extraída hasta un tercio del cuerpo de la Tobera debe retomar por su propio peso a su asiento Al soltarla.

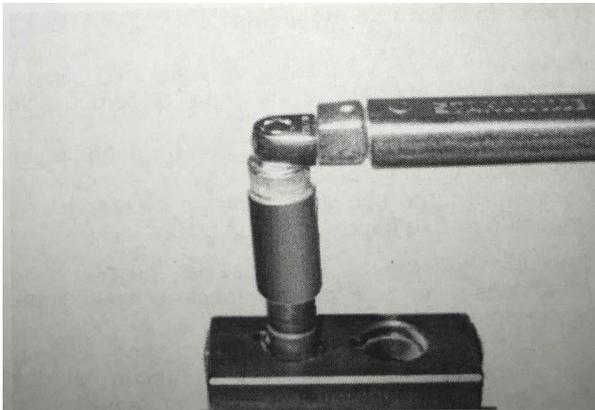
Acoplar la tobera de inyección, atendiendo a la Asignación de las espigas.

### Paso 3

Acoplar el atornillamiento de racor y apretarla con la Llave de vaso especial aplicando el par de apriete Preescrito.

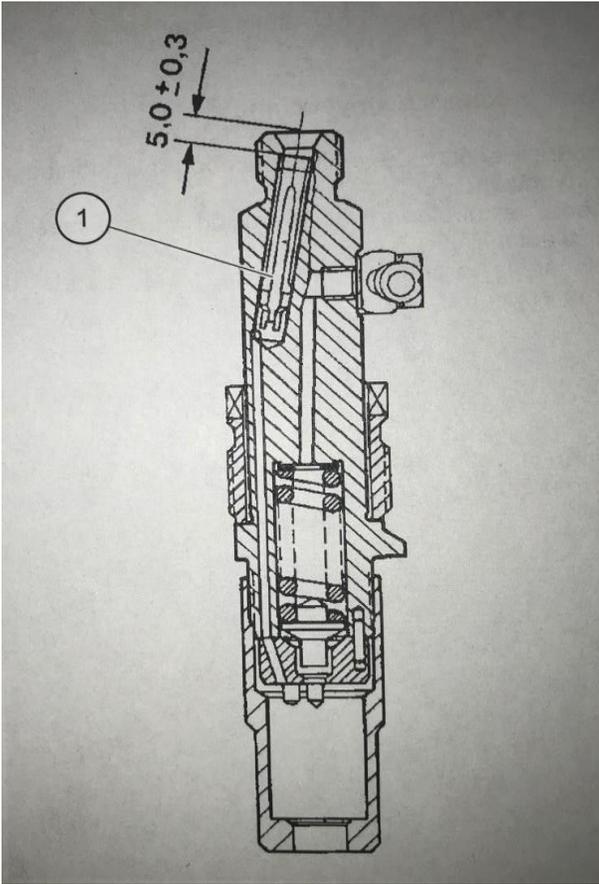
Controlar la tobera de inyección en el comprobador.

### Paso 4



Cuidar para que el filtro de varilla tengan un

### Asiento correcto en el portatoberas



Algunas ocasiones se realizan sin éxito reparaciones Extensas en caso de reclamaciones sobre una mala Capacidad de tracción, un alto consumo y una Formación fuerte de humos en combinación con Sacudidas fuertes del motor.

Algunas ocasiones los filtros de varilla **1** desplazados En la alimentación de la tobera.

Un filtro de varilla desplazado reduce y prolonga la Inyección y provoca así el comportamiento del Motor arriba descrito.

El filtro de varilla puede estar calado unos 5mm en El portatoberas.

En caso de una profundidad de calado mayor debe Renovarse el portatoberas.

Se puede reconocer ningún fallo al estar desplazado el filtro inyección se realiza con mucho más lentitud que dentro medir la profundidad de calado.

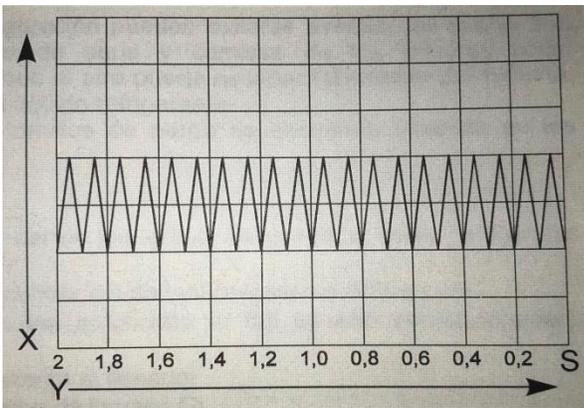
### Grupos característicos, comportamiento de vibración y forma del chorro.

#### Grupo característico I

Comportamiento de vibración

Una buena vibración respecto de la velocidad De palanca alcanzable.

Velocidad de comprobación más baja: un Movimiento hacia abajo/segundo.

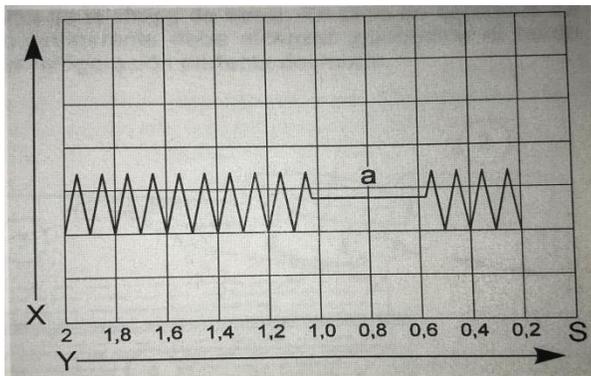


Forma del chorro

A velocidad baja de comprobación, los chorros salen desintegrados poco atomizados. Aumentando la velocidad de la palanca, los chorros son uniformes y finalmente atomizados.

X= Carrera de la aguja

Y= Tiempo para un movimiento hacia debajo de la palanca manual.



### Grupo característico II

Comportamiento de la vibración

Una buena vibración de velocidad alta y baja de la Palanca.

Entre estas velocidades pueden presentarse ámbitos

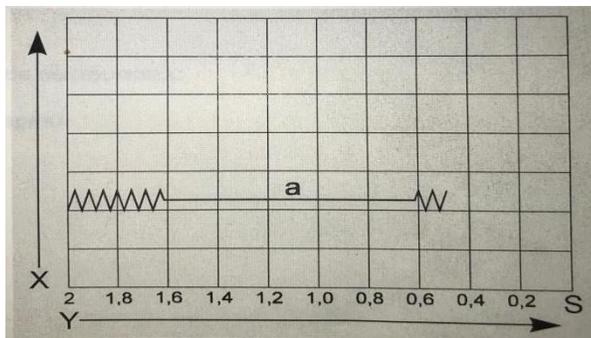
**Menores, sin vibración.**

Forma del chorro

A velocidad baja de comprobación, los chorros salen desintegrados poco atomizados.

En el ámbito sin vibración, chorro recto no atomizado; aumentando la velocidad de la Palanca, los chorros son uniformes y finalmente atomizados.

a = ámbito sin vibración



### Grupo característico III

Comportamiento de vibración

La vibración se presenta únicamente con acciona-

Miento lento y rápido de la palanca. Entre estos

Accionamientos se presenta el ámbito (a)

**Amplio sin vibración**

Forma de chorro: Hasta una velocidad de comprobación alta se presenta un chorro recto no atomizado. Después, los chorros son uniformes y firmemente atomizado.

Imágenes tomadas de manual de reparación 1er suplemento Motores en línea D28 Culata de 4 válvulas MAN.

## Conclusión

Los procedimientos que se deben realizar para facilitar la operación de los motores de combustión interna; en general implican conocimiento de distintas áreas ya que no solo se aplican los datos técnicos, existen diversas áreas que impactan en los diagnósticos, reparación y mantenimiento.

El presente trabajo enumera de manera general los procedimientos, con los cuales se simplifica la manera de realizar operaciones cotidianas en motores y talleres de reparación, aplicando las técnicas de manera correcta se aplica el método de trabajo más óptimo siempre teniendo presente la seguridad de quien realiza los trabajos.

Así mismo se hace un enfoque en el procedimiento de reparación de inyectores electrónicos, ya que son susceptibles de daño y la información con la que se cuenta para este tipo de trabajos es algo difícil de encontrar, de tal manera que se presenta lo más detallado posible dicho procedimiento; así como las diversas funciones que se deben presentar para cumplir un buen diagnóstico.

Se hace una semblanza general de los diversos componentes con los cuales se debe tener conocimiento de manera tal que no implique un impedimento técnico al momento de realizar revisiones y llegar a un diagnóstico más simple y así mismo evitar errar ya que esto representa pérdidas económicas de tiempo y en posibles daños en otros componentes que no representaban fallo antes de la revisión.

Las imágenes presentadas son ilustrativas para ofrecer al lector una manera más sencilla de comprensión, se hace hincapié en que de acuerdo al modelo de motor dichos componentes varían en forma, tamaño y material con el cual están fabricados; pero de manera general si se menciona cual es la función que desempeñan en cualquier tipo de motor.

De manera particular los motores en vehículos de modelos recientes, cuentan con sistemas que proveen información, los cuales representan avances en el área de detección de fallas, se debe comprender que cada vehículo posee códigos distintos al momento de realizar este diagnóstico mediante la herramienta OBD; y en función de los distintos sistemas tales como sistema eléctrico, sistema de combustión, sistema de inyección y sistema de escape; se determina por tal que el usuario de esta herramienta tenga los conocimientos necesarios para obtener los resultados pretendidos.

La tecnología representa un gran avance en motores de combustión interna, los desarrollos cada vez son más complejos y a su vez eficientes, por ello es importante tener presente tal concepto, y prepararse cada cierto tiempo en cursos y o talleres de manufactura, para evitar complicaciones en futuras reparaciones.

## Bibliografía

- Sistemas de Carga y Arranque, Alonso Pérez José Manuel. Editorial Paraninfo, Madrid España (2013).
- Ingeniería de Vehículos Sistemas y Cálculos, Soriano Cascajosa Manuel. 2ª ed, Editorial Alfa omega, Ciudad de México (2005).
- Puesta a Punto y Rendimiento del Motor, Williams H. Crouse, Et Donald L. Anglin; 3ª ed. Editorial Glencoe/ McGraw-Hill, Inc. Ciudad de México, (2002).
- Mecánica del Automóvil, William H. Crouse. 3ª, ed, Editorial Marcombo, (1993).
- Motores Térmicos y sus Sistemas auxiliares, Calleja González David. 2ª , ed, Editorial paraninfo. Madrid, España. (2015).
- Inyección Electrónica en Motores Diesel, Parera Martí Albert. Editorial. Marcombo, Barcelona, España. (1996).
- Motores de Combustión Interna Alternativos, Desantes JM. Et Payri F. 2ª, Reimpresión. Editorial. Reverte, Editorial UPV. Madrid, España. (2012).
- Manual del Taller para Controles Electrónicos, Esquivel Alamilla J. Antonio Editorial. Alamilla editores, Saltillo Coahuila México. (1993).
- Manual del Automóvil Reparación y Mantenimiento, Editorial. Cultura, S.A. Madrid. España, (2003).
- Electrónica Automotriz, Ribbens B. Williams, Editorial. Limusa. Ciudad de México. (2007).
- Manual de Servicio Autobuses TP 15985/1 Volvo Sección 2
- Manual de Reparación 1 er Suplemento Motores en línea D28 Culata de 4 válvulas MAN. Publicación 81.99593-406.