



Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Automotriz

Artículo de investigación previo a la obtención del título de ingeniero en mecánica automotriz

Tema:

“Eficiencia en calibraciones electrónicas en inyectores CRDI”

Edwin Alfredo Cevallos Noboa

Israel Santiago Gortaire Jara

Director:

ING. JUAN CARLOS RUBIO

Quito, junio de 2017

Certificado

Nosotros, Edwin Alfredo Cevallos Noboa y Israel Santiago Gortaire Jara declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la ley de propiedad intelectual, reglamentos y leyes.



Firma del graduado

Edwin A. Cevallos N.

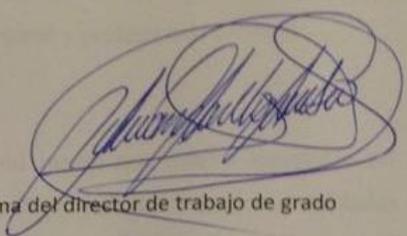
c.i.:171669968-9

Firma del graduado

Israel S. Gortaire J.

c.i.:110357471-9

Yo, Ing. Juan Carlos Rubio, certifico que, conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



Firma del director de trabajo de grado

Firma del director de trabajo de grado

ING. Juan Carlos Rubio

CI: 171252485-7

## **DEDICATORIA**

Dedico este triunfo profesional primero a Dios, por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar a pesar de los problemas y dificultades que se me presentaron en el transcurso de mi vida, enfrentando las adversidades ni desfallecer en el intento.

Dedico este trabajo de Tesis a mi padre por ser ejemplo de trabajo y honestidad, por ayudarme con los recursos necesarios para poder estudiar y llegar a ser útil en la vida personal y profesional.

A mi madre que estuvo siempre a mi lado, por ser mi pilar fundamental, por su sacrificio, por sus consejos y cuidados constantes, siempre estuvo conmigo en los momentos mas difíciles, con ella y por ella soy mejor.

A mi sobrina María del Cisne por ser mi inspiración, motivación y alegría de mi vida, desde el momento en que llego cambio mi manera de ver el mundo, su sonrisa y su inocencia fueron fuentes de energía para no decaer en este largo camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero ante todo dar a Dios por haberme guiado en el transcurso de mi vida, por haberme dado fuerza entendimiento y valor para culminar esta etapa de mi vida y por bendecirme hasta este momento tan anhelado.

Quiero agradecer a mi padre por siempre darme ánimos y decirme lo orgulloso que se siente de mí, por el esfuerzo constante, por la paciencia y el cariño que ha demostrado durante este tiempo para conseguir a toda costa que sea un profesional.

A mi madre por ser la mujer que me dio la vida y por enseñarme a vivir, por su constancia cuidado y amor, por el apoyo ilimitado e incondicional, por enseñarme la fortaleza de salir adelante sin importar obstáculos y por haberme formado como un hombre de bien.

A mi hermana, por compartir momentos inolvidables por ser mi amiga y mi confidente, por darme la confianza y el apoyo en las buenas y en las malas por ser mi compañía en todo momento.

A la Universidad Internacional, a mis profesores por compartir conmigo sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria por el esfuerzo, consejos y motivación para forjar en mi un profesional más para servir a la sociedad.

Quiero agradecer a todos mis amigos y compañeros por las buenas y malas experiencias, agradecerles por su amistad, consejos, apoyo y compañía algunos están aquí presentes físicamente y otros vivirán por siempre en mis recuerdos y en mi corazón.

## **Objetivo:**

- Realizar un estudio de la Eficiencia en calibraciones electrónicas en inyectores CRDI, mediante el conocimiento de las diferentes tipos de pruebas, en la utilización de la herramienta Test Bosch EPS 100.

## **Objetivos específicos:**

- Analizar el funcionamiento del motor diésel.
- Conocer los componentes internos de funcionamiento del motor diésel.
- Realizar un estudio de los síntomas que presenta un sistema CRDI en mal funcionamiento.
- Realizar un estudio de los tipos de calibraciones para sistemas CRDI.

# **Eficiencia en calibraciones electrónicas en inyectores CRDI**

Edwin Cevallos<sup>1</sup>, Santiago Gortaire<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador

Correo electrónico: @internacional.edu.ec

<sup>2</sup>Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador

Correo electrónico: @internacional.edu.ec

## **RESUMEN**

En el funcionamiento de un motor a diésel la combustión es realizada al inyectar una cierta cantidad de combustible pulverizado por medio de inyectores con una alta presión que llega a los cilindros en el cual está el aire comprimido a una alta presión lo cual crea alta temperatura y permite que la mezcla se encienda. El sistema CRDI (Common-Rail) fue desarrollado por Magneti Marelli y Fiat en los años 90s, pero termino industrializado por la marca automotriz Bosch. Desde su creación se ha ido implementando en varios motores a diésel gracias a su fácil integración. La integración de este sistema da muy buenos resultados como una mayor suavidad de funcionamiento el cual ha incrementado el par a un 50% a bajas revoluciones, un aumento de potencia de un 25% y una reducción de consumo de combustible en un 20%. Lo que realmente hace relucir este sistema es la posibilidad de cumplir con las actuales y futuras reglamentaciones ambientales las cuales son muy restrictivas respecto a las partículas emitidas como son: Hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxidos de carbono.

**Palabras claves:** CRDI, inyectores, diésel, caudal.

## **ABSTRACT**

In the operation of a diesel engine the combustion is carried out by injecting a certain amount of pulverized fuel by injectors with a high pressure that reaches the cylinders in which the compressed air is at a high pressure which creates high temperature and Allows the mix to turn on. The CRDI (Common Rail) system was developed by Magneti Marelli and Fiat in the 90s, but ended industrialized by the automotive brand Bosch. Since its inception, it has been implemented in several diesel engines thanks to its easy integration. The integration of this system gives very good results as a greater smoothness of operation

which has increased the torque to 50% at low revolutions, a power increase of 25% and a reduction of fuel consumption by 20%. What really brings out this system is the possibility of complying with current and future environmental regulations which are very restrictive with respect to emitted particles such as: Hydrocarbons, nitrogen oxides and carbon monoxides.

# EFICIENCIA EN CALIBRACIONES ELECTRONICAS EN INYECTORES CRDI

## 1. Introducción

En la actualidad, existe un incremento de vehículos a diésel debido al alto costo-beneficio y teniendo en cuenta que la gasolina tiene un valor elevado y adicionalmente presenta un alto nivel de contaminación. El motor diésel desde el punto de vista termodinámico, es el más eficiente, una de las razones por las que el consumidor prefiere vehículos con este tipo de motor.

Sin embargo este mecanismo presenta algunos defectos secundarios, que exceden las normas, como emisiones de humo negros, vibración y ruidos, esto se fue desarrollando mediante uso de una tecnología de alto nivel. Estos defectos con tecnología actualizada son solucionados con el sistema de riel común o COMMON RIEL DIESEL INYECTION(CRDI) por sus siglas en inglés que hace más equitativo el sistema de inyección de combustible (diésel).

Las nuevas reglamentaciones definidas por los fabricantes de motores, se relacionan con las leyes reguladoras de

medio ambiente que han logrado evolucionar los motores diésel, con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes, esto hace que se cumpla con los estándares exigidos por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN) **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 202:2000** y **Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207:2002**, para cumplir o poder reducirlos. Imposibles de alcanzar si no se utilizan sistemas muy precisos de control de inyección, como es el sistema CRDI, el cual es encargados de dosificar el combustible en cantidad y tiempo preciso.

Si bien es cierto que el motor diésel tiene la principal ventaja en el bajo consumo de combustible, es necesario controlar sus emisiones, las que principalmente son **óxido de nitrógeno (NOx)** y **material particulado (PM)**.

Estos estándares podemos lograr con ciertas técnicas, siendo la principal el sistema CRDI. Esto se debe a no estar sujeto al sistema de inyección por levas, donde se puede desplazar libremente el comienzo y fin de la inyección, por esta razón se utiliza este sistema que es más silencioso y menos contaminante.

La finalidad de la presente investigación es de poder realizar un levantamiento técnico de los procedimientos, para

## 2. Marco Teórico

Para realizar un levantamiento de procedimiento de calibración de inyectores CRDI, es importante conocer el conjunto de elementos que lo componen y su funcionamiento.

El sistema CRDI no podría lograr su cometido por sí solo, por esta razón es necesario contar con ayuda de elementos mecánicos y electrónicos que en conjunto constituyen un sistema de alimentación eficiente.

El sistema de inyección diésel convencional se caracteriza por el uso de una bomba de alto flujo, sus inyectores encargados de la entrega de combustible, controlados por medios electrónicos. Los sistemas CRDI controlan electrónicamente todos sus parámetros, además de trabajar con una riel donde se encuentra la presión para cada uno de los inyectores y estos se encargan de permitir el paso de combustible hacia los

lograr la correcta calibración de inyectores CRDI.

cilindros en cantidad, presión y tiempo exacto en el proceso de combustión.

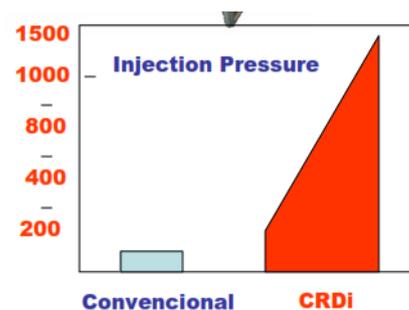
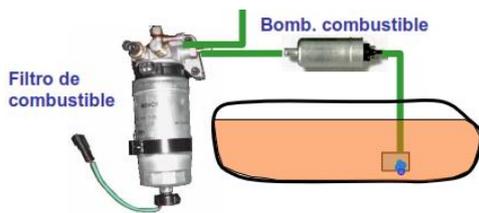


Figura 1. Tipo de inyección y presión

Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI

**2.1 Sistema de inyección CRDI** La presión es generada por la riel de alta presión y flujo generado por la bomba de pistones radiales, que trabaja a torques bajos y máximos por esa razón reduce substancialmente los requerimientos de potencia y de accionamiento. La presión de combustible en la riel es regulada por una válvula de control de presión montada a un extremo de esta.

El circuito de baja presión, posee una bomba de suministro de combustible ubicada en la parte externa del tanque de combustible y alimenta a la bomba de alto flujo. Cuando la bomba eléctrica se detiene, el suministro de combustible se interrumpe y el motor deja de funcionar.



**Figura 2. Sistema de alimentación**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

## **2.2 Sistema de control CRDI**

La presión del combustible en el riel es regulada por una válvula de control de presión montada en el riel o en la bomba de alto flujo. Las funciones del acumulador de alta presión o riel son:

- Almacenar energía
- Impedir fluctuaciones de presión, consiguiendo un volumen adecuado

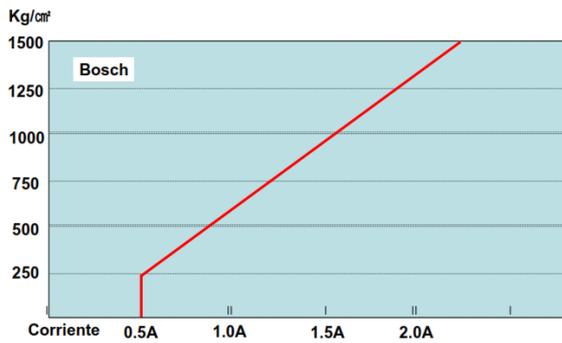


**Figura 3. Riel**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

## **2.3 Válvula de control de presión**

La válvula de control de presión es energizada por corriente continua (DC), está se encuentra normalmente cerrada cuando no esta con energia, por esta razón la presión se incrementa para el modo de fallas LHM (Limp Home Mode) y la tendencia de la curva flujo / corriente se muestra de la siguiente manera.



**Figura 4. Presión vs Amperaje**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

- La presión de trabajo es prácticamente independiente del régimen del motor.
- Bajas emisiones
- La mezcla de combustible inyectada por los inyectores CRDI es de óptima calidad aumentando así la potencia, se reduzca considerablemente el consumo de combustible y disminuya la cantidad de emisiones contaminantes en el escape.

## 2.4 Control de combustible

La cantidad de combustible inyectada es controlada por dos variables fundamentales como es la presión de combustible y compensada por el tiempo de apertura de los inyectores determinada por la ECM.

Según su diseño de inyección y función dividida, permite lograr la obtención de un circuito cerrado de combustible dosificado y comienzo de la inyección, así como una dispersión mínima entre los cilindros y larga vida de servicio.

Por estas razones las ventajas del sistema CRDI son:



**Figura 5. Pulverización**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

### 3. Materiales y Métodos

A través de esta revisión bibliográfica se pretende detallar y brindar información del funcionamiento de la herramienta Test Bosch EPS 100 y su utilidad dentro del mundo automotriz. Además se realizó respectivamente una revisión de manuales automotrices de sistemas de inyección CRDI.

Se incluyó información del manual Test Bosch EPS 100, que incluye importante bibliografía de la evolución; tanto de los sistemas tecnológicos de sistemas de riel común y CRDI, además de las presiones de trabajo que nos permiten determinar el estado y fiabilidad que pueden presentar en su funcionamiento. Por lo tanto por medio de esta herramienta lograremos realizar el levantamiento de procedimientos para la correcta reparación de inyectores CRDI.

#### 3.1 Síntomas de mal funcionamiento

La comprobación de los inyectores se debe hacer cuando se detecte un funcionamiento deficiente de los mismos. Los síntomas de mal funcionamiento de los inyectores son: la emisión de humos negros por el escape, la falta de potencia del motor,

calentamiento excesivo, aumento del consumo de combustible y ruido de golpeteo del motor. Puede localizarse el inyector defectuoso haciendo la prueba de desconectar el conducto de llegada de combustible mientras el motor está en funcionamiento.

En estas condiciones se observa si el humo del escape ya no es negro, si cesa el golpeteo, etc. En cuyo caso el inyector que se ha desconectado es el defectuoso. Hay que tener en cuenta que si desconectamos un inyector el motor tiene que caer de vueltas, esto demuestra, que el inyector sí está funcionando, esta prueba se realiza en motores diésel antiguos. Ahora en la actualidad podemos detectar el mal funcionamiento del inyector por medio de scanner o comprobadores electrónicos más precisos y a su vez en un tiempo menor.

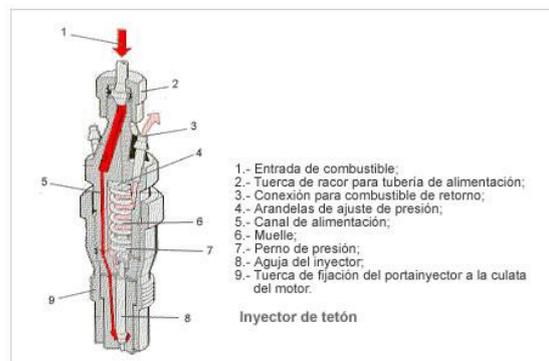
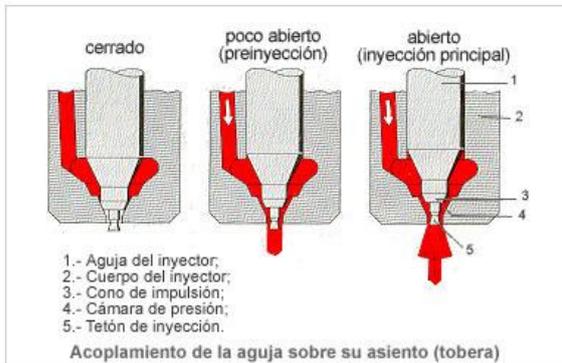


Figura 6. Partes del inyector CRDI

Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI



**Figura 7. Tipos de Asentamiento**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

### 3.2 Verificación limpieza del inyector

Si sabemos que el inyector tiene algún tipo de problema en su funcionamiento, deberá procederse al desmontaje del mismo para verificar el estado de sus componentes y realizar la oportuna limpieza de los mismos, la cual se efectúa con varillas de latón con punta afilada y cepillas de alambre, también de latón. Con estas herramientas se limpian las superficies externas e internas de la tobera y la aguja. Para retirar las partículas de carbonilla depositadas en ellas, sin producir ralladuras que posteriormente dificultarían el funcionamiento.



**Figura 8. Limpieza CRDI**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

Las incrustaciones fuertes en lugares poco accesibles como el taladro de la tobera, pueden ablandarse sumergiendo está en agua mezclada con sosa cáustica y detergente. Posteriormente debe ser limpiada y secada para sumergirla a continuación en diésel hasta el momento del montaje.

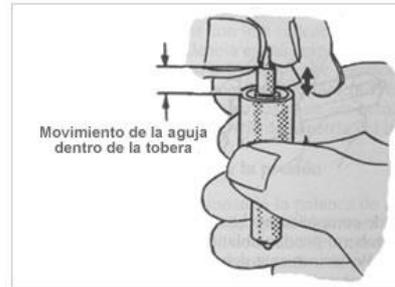
### 3.3 Comprobación

En lo que se refiere a la verificación de componentes se deberán inspeccionarse las caras de unión del soporte de la tobera y del porta inyector. Si existen ralladuras, corrosión o deformaciones, deberán sustituirse. También se examinaran las superficies de acoplamiento de la aguja del inyector y la tobera. Un tono azulado de estas superficies indica que han funcionado a temperaturas excesivas, a las cuales, pueden producirse el destemplado del material, por cuya causa deben ser

sustituidas ambas piezas.

El asiento de la aguja debe presentar un buen acabado mate en las zonas de contacto, sin escalón indicativo de desgaste excesivo. Si se encuentran ralladuras en estas zonas, deberán ser sustituidos estos componentes, teniendo en cuenta el ajuste entre la aguja y su tobera. Se comprobará igualmente que la aguja se desliza fácilmente en el interior de la tobera, sin agarrotamiento ni holguras.

Colocada la tobera en posición vertical (figura inferior). La aguja debe caer hasta el fondo del asiento por su propio peso. Apretándola ligeramente con la mano contra su asiento, al invertir la posición de la tobera, la aguja debe mantenerse sobre su asiento, si ambos están impregnados de diésel y, al golpearla ligeramente con los dedos, deberá caer libremente. En caso de que esto no ocurra, deberá efectuarse nuevamente la limpieza y desincrustación y si esto no fuese suficiente, se sustituirá el conjunto.



**Figura 9. Asentamiento de la tobera**

**Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI**

En el porta inyector deberá comprobarse la varilla de empuje, que no debe estar deformada ni presentar señales de golpes o deformaciones, prestando especial atención a su estado de desgaste. También debe comprobarse el estado del muelle y el dispositivo de reglaje.

Finalizadas las operaciones de verificación y limpieza del inyector deberá comprobarse la elevación de la aguja en su asiento, la cual está limitada en el funcionamiento durante la inyección, cuando el extremo superior de la aguja hace contacto con la superficie de acoplamiento del porta inyector.

La elevación de la aguja debe estar comprendida dentro de ciertos límites si se quiere obtener una inyección eficaz y una duración razonable de la tobera, no

será suficiente para permitir el paso de toda la carga de combustible sin restricciones, lo cual provoca un descenso considerable de la presión necesaria para que el combustible salga a través de los orificios de la tobera, con lo cual, empeora la penetración y la pulverización en la cámara de combustión. Por lo contrario, una elevación excesiva provoca un fuerte golpe de la aguja contra su asiento en el momento de cierre, que acorta considerablemente la duración de la tobera.

### 3.5 Mediciones

La verificación de la elevación de la aguja se realiza como se muestra en la figura inferior, con la ayuda de un reloj comparador son soporte. En una 1ª medida, se acopla el útil "adaptador" (zona rayada) al extremo posterior de la aguja y se coloca el reloj comparador sobre él, de manera que su palpador apoye contra el extremo de la aguja efectuando la lectura en estas condiciones. Después se introduce la aguja en la tobera, apoyando esta última contra el adaptador y el palpador del reloj comparador contra el extremo de la aguja, realizando nuevamente la lectura. La diferencia de estas dos medidas da

como resultado el levantamiento de la aguja, que debe ser el estipulado por el fabricante. En caso contrario deberá sustituirse el conjunto de aguja y tobera.

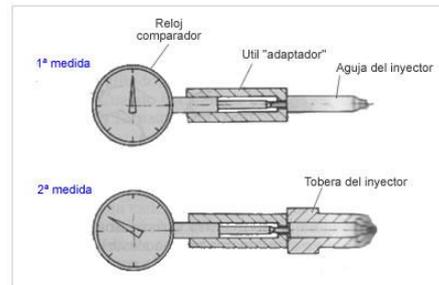


Figura 10. Altura del palpador

Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI

### 3.6 Pruebas

Si queremos comprobar el perfecto funcionamiento del inyector sin tener que desarmarlo nos bastara con desmontarlo del motor y utilizar uno de los comprobadores que hay para esta función. La comprobación del funcionamiento consiste en determinar si el inicio de la inyección se produce a la presión estipulada y la pulverización obtenida es correcta.

Para realizar estas verificaciones se dispone de un comprobador, en el que se sitúa el inyector en un acoplamiento adecuado, conectando al mismo una

tubería de alta presión que le hace llegar combustible desde una bomba manual a una determinada presión, indicada por un manómetro. La prueba del inyector se efectúa en varias fases que son las siguientes:

### 3.7 Verificación de la pulverización

Montado el inyector sobre el comprobador de manera que vierta el chorro sobre la cámara, o un recipiente, se accionara en la palanca de mando hasta conseguir la inyección de combustible en un chorro continuo. Accionando la palanca con una secuencia rápida, se observará el chorro de combustible vertido y la dispersión del mismo que debe formar un cono incidiendo en la bandeja.

Irregularidades en la forma o disposición del chorro implican el desmontaje del inyector y la limpieza del mismo con las herramientas apropiadas, cuidando de no rayar las superficies. Al tiempo que se realiza esta prueba se analizara también el ruido que se produce en la inyección, cuyas características dan idea del estado del inyector.

Para que el inyector pulverice correctamente el combustible, es preciso

que su aguja oscile hacia atrás y hacia adelante a una frecuencia muy elevada en la fase de inyección. Esta vibración emite un ruido muy suave, que puede percibirse accionando la bomba con una cadencia, de uno o dos bombeos por segundo.

Este zumbido desaparece cuando la cadencia es más rápida, siendo sustituido por un silbido que puede percibirse a partir de cuatro o seis bombeos por segundo. Hasta la aparición del silbido, la pulverización que se obtiene está a veces incorrectamente repartida o deshilachada. Cuando la cadencia de bombeo sea rápida, el chorro habrá de ser neto, finamente pulverizado y formado un cono perfectamente centrado en el eje de simetría del inyector.

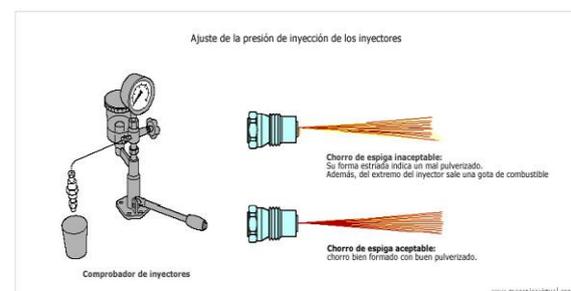


Figura 11. Chorro o Abanico

Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH  
HYUNDAI

### 3.8 Tarado de la presión

Accionando la palanca de mando de la bomba con una cadencia aproximada de 60 emboladas por minuto, se observará la lectura máxima alcanzada en el manómetro, que corresponde a la presión de tarado del inyector, la que debe ser la estipulada por el fabricante. Si la presión de apertura es superior a la prescrita, es síntoma de que la aguja del inyector está "pegada", a una obstrucción parcial de la tobera, o bien a una precarga incorrecta del muelle de presión.

Si la presión es inferior a la prescrita, lo cual suele suceder cuando el inyector ha funcionado más de 50.000 km, ello suele ser debido a falta de tensión del muelle de presión o rotura del mismo. En cualquier caso, deberá procederse al desmontaje y limpieza del inyector y al tarado del mismo a la presión correcta.

Esta operación de tarado se realiza apretando o aflojando el tornillo de reglaje interponiendo calces calibrados (arandelas) entre el muelle y la carcasa, según los casos.

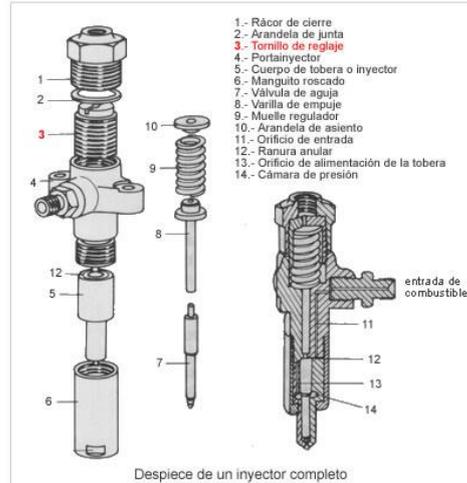


Figura 12. Partes del CRDI

Fuente: MANUAL DE INYECCION BOSCH HYUNDAI

### 3.9. Goteo

Accionando lentamente la palanca de mando de la bomba de mando de la bomba de manera que la presión se mantenga por debajo de la de tarado y próxima a este valor se constatará que no existe goteo del inyector. Lo contrario indica un defecto de estanqueidad que implica el desmontaje y limpieza del inyector, principalmente la superficie cónica de asiento de la aguja, si con esta operación no se corrige el goteo, deberá sustituirse la tobera.

### 3.10. Fuga de retorno

Accionando la palanca de mando de la bomba del comprobador hasta obtener una presión en el inyector de aproximadamente 10 bares por debajo de la de tarado, se cerrará la válvula de paso de combustible de que está provisto el comprobador. En estas condiciones, debe observarse un descenso lento de la aguja del reloj comparador, que indica el nivel de fuga de retorno.

Generalmente se considera correcto un inyector, cuando a nivel de fuga de retorno, si la presión se mantiene por encima de 50 bares más de seis segundos, partiendo de una presión de 100 bares. La fuga de retorno indica la cantidad de combustible que sale entre la varilla de la válvula de aguja y el cuerpo de la tobera hacia el retorno. Esta fuga

Pruebas eléctricas y electrónicas del sistema. Con un multímetro se midió el voltaje del sensor de temperatura antes de su funcionamiento proporcionando un valor de 4,863 V.

Cuando entra en funcionamiento el sensor de temperatura se obtuvo una variación de voltaje en el cable de señal variando su valor de acuerdo a las diferentes presiones proporcionadas por

debe existir en una cierta proporción, para lubricar estos componentes.

## 4. Resultados y Discusión

Pruebas mecánicas en el sistema de alta presión. Para comprobar la presión de salida de la bomba se realizó la activación del solenoide de la válvula SCV, al variar la frecuencia de generación de pulsos se obtuvo distintos valores de presión que a continuación se detallan.

Tabla 1 Presión CRDI

Rpm (rev/min)	Frecuencia (Hz)	Presión (Bar)
500	10	400
800	20	600
1400	40	1000

FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE

la bomba, en la siguiente tabla se muestran los valores.

Utilizando un osciloscopio se obtuvo la señal de activación del solenoide de la válvula SCV, esta señal varía su frecuencia de acuerdo a los valores programados, también generó picos de voltaje por el consumo del solenoide de la válvula SCV. Con un multímetro se obtuvo la resistencia de la válvula SCV de valor de 0,259  $\Omega$ .

Utilizando un osciloscopio se conectó la punta positiva en el pin 6 del pico y se obtuvo la gráfica de señal del sensor óptico perteneciente al circuito contador de revoluciones.

Antes de su funcionamiento se obtuvo la resistencia de los inyectores electrónicos, mediante el uso de un multímetro se midió la resistencia del inyector Bosch, este valor es de  $0,67 \Omega$  similar al indicado en la ficha técnica.

Utilizando un multímetro se midió la resistencia del inyector electrónico Delphi, dando un valor de resistencia de  $0,61 \Omega$  que es similar al indicado en la ficha técnica.

La frecuencia de generación de pulsos de inyección en el inyector Bosch es de 8,65 Hz como se indica en la figura. En la gráfica de señal del inyector Denso en funcionamiento se visualizó un pico de voltaje de 12,1 V y un ancho de pulso de 40 ms.

La frecuencia de generación de pulsos del inyector Denso es de 8,69 Hz. Con un osciloscopio y el inyector Delphi en

Se obtuvo la gráfica de la señal de activación del inyector Bosch con la ayuda de un osciloscopio y el inyector en funcionamiento, en la gráfica se visualizó un ancho de pulso de 40 ms y un pico de voltaje de 12,8 V.

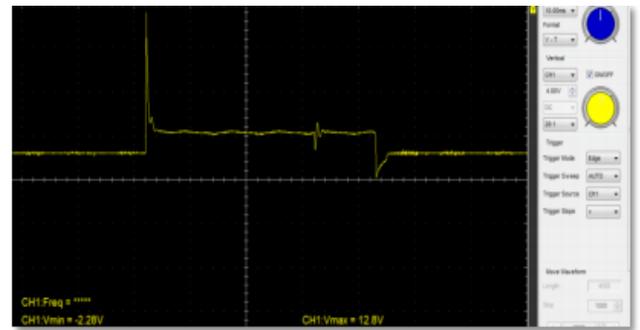


Figura 13. Ancho de pulso CRDI

FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE

funcionamiento se obtuvo la gráfica de señal, dando un ancho de pulso de 40 ms y un pico de voltaje de 11,7 V

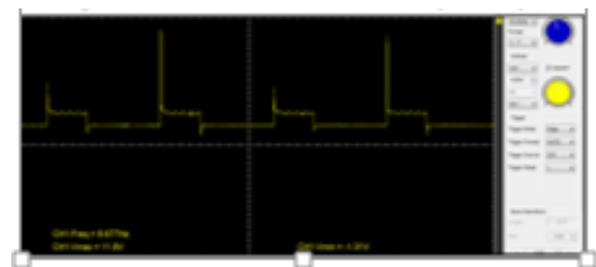


Figura 14. Curva osciloscopia del inyector

FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE

Pruebas de funcionamiento de inyectores. Para comprobar el correcto funcionamiento de cada inyector se debe disponer de las fichas técnicas (ver anexo H) de cada uno de ellos, ingresar los datos descritos por las fichas técnicas en el banco de pruebas y verificar si este cumple la condición dada por la ficha. Con el generador de pulsos para activación de inyectores electrónicos se procedió a verificar el funcionamiento de los inyectores Bosch, Denso y Delphi

Inyector Delphi. Las pruebas planteadas en la ficha técnica del inyector Delphi son comprobadas en el banco, se obtuvo valores de medición volumétrica similares.

Inyector Denso. Las mediciones volumétricas obtenidas son similares a las planteadas en la ficha técnica, por lo que se determina que el inyector se encuentra en buen estado.

**Tabla 4. Inyector Denso**

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Duty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	100	150	50% o 2 ms	6,5	3,0
Ralenti	800	100	200	30% o 1,0 ms	8,5	2,5
Plena carga	1400	50	300	30% o 1,0 ms	6,5	2,0

**FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE**

comprobando el caudal de entrega de combustible por medio de probetas de medición obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 2. Inyector Bosch**

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Duty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	200	200	50% o 2 ms	11,5	5,0
Ralenti	800	100	300	30% o 1,0 ms	6,5	5,0
Plena carga	1400	100	400	30% o 1,0 ms	11,0	6,0

**FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE**

**Tabla 3. Inyector Delphi**

Carga del motor	rpm	No. de pulsos	Presión [bar]	Ciclo Duty o ancho de pulso % (ms)	Caudal inyectado [cm <sup>3</sup> ]	Caudal de retorno [cm <sup>3</sup> ]
Arranque	500	200	220	50% o 2 ms	8,5	7,0
Ralenti	800	200	300	40% o 1,5 ms	9,0	7,0
Plena carga	1400	100	400	40% o 1,5 ms	6,0	5,0

**FUENTE: CEVALLOS-GORTAIRE**

## 5. Conclusiones

Es importante realizar un estudio profundo sobre la reparación de los sistemas de inyección de riel común y en especial de los inyectores CRDI, tomando en cuenta la parte mecánica y electrónica. Este sistema garantiza su eficiencia en la ayuda electrónica desde su bomba de transferencia hasta su entrega final en el cilindro.

Las pruebas realizadas en los diferentes inyectores del sistema CRDI permitieron ayudar a realizar un levantamiento para la reparación y perfecto funcionamiento del sistema de inyección.

Se debe tomar en cuenta la variación del voltaje al realizar las pruebas con los diferentes rangos de temperatura, además verificar el tipo de inyector y presiones que manejan las toberas para poder realizar el chorro de pulverización y la formación del abanico.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Guido, «FABRICACION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ECU DE,» 2012. [En línea]. Available: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4789/1/51104\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4789/1/51104_1.pdf).
- [2] C. Raul y C. Victor, «"ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN PROGRAMABLE",» 2009. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/418/3/65t00001.pdf>.
- [3] E. p. C. W. |. T. p. M. Abrach, «[www.ehowenespanol.com/](http://www.ehowenespanol.com/),» [En línea]. Available: [http://www.ehowenespanol.com/definicion-normas-iso-hechos\\_364562/](http://www.ehowenespanol.com/definicion-normas-iso-hechos_364562/). [Último acceso: Abril 2016].
- [4] D. meganeboy, «Aficionados a la Mecánica,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.com/obd2.htm>. [Último acceso: Abril 2016].
- [5] Isuzu, Engine Management System Operation & Diagnosis.
- [6] Bosch, Manual de la técnica del Automóvil, Impreso en Alemania: Cuarta, 2005.
- [7] C. David, *Monografía, Diagnostico de fallas automotrices mediante el uso de CRDI y scanner*, Veracruz, 2015.





## ANEXOS

### Motor diésel

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por el autoencendido del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel. Se diferencia del motor de gasolina en usar gasóleo como combustible. Ha sido uno de los más utilizados desde su creación. (wikipedia f. , 2016)

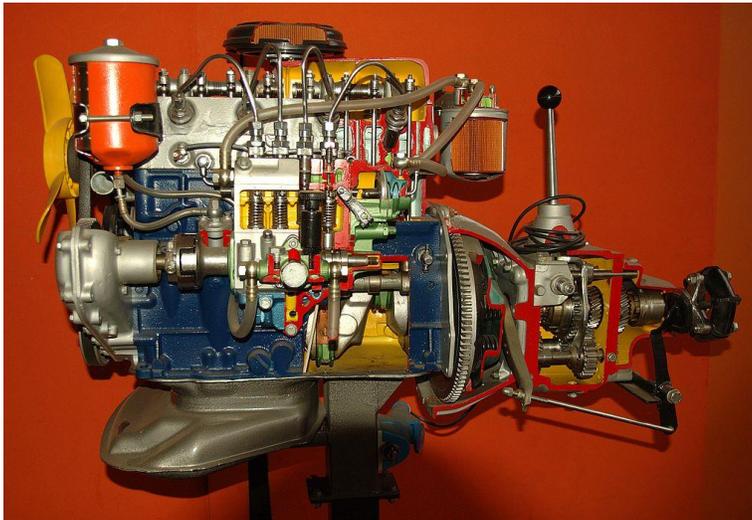


Ilustración 1 motor diésel de automóvil

### Historia

El motor diésel fue inventado en el año 1893, por el ingeniero alemán Rudolf diésel, empleado de la firma mano, que por aquellos años ya

estaba en la producción de motores y vehículos de carga rango pesado.  
(Commons, 2016)

Rudolf diésel estudiaba los motores de alto rendimiento térmico, con el uso de combustibles alternativos en los motores de combustión interna. Su invento le costó muy caro, por culpa de un accidente que le provocó lesiones a él y a sus colaboradores y que casi le costó la vida a causa de la explosión de uno de sus motores experimentales. (Commons, 2016)

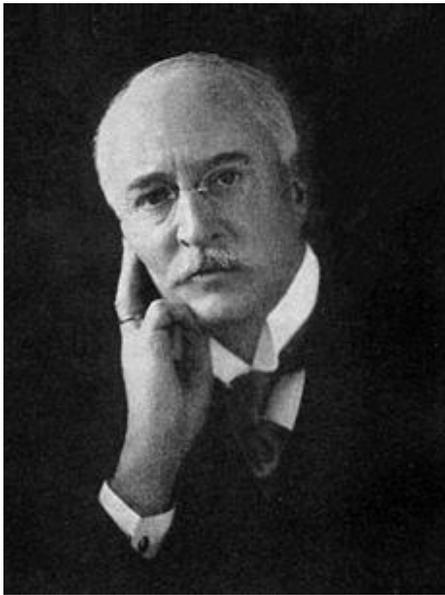


Ilustración 2 Rodolfo diésel

## Constitución

El motor diésel de cuatro tiempos está formado básicamente por las siguientes mismas piezas que un motor de gasolina, algunas de las cuales son:

- bloque del motor
- culata
- cigüeñal
- volante
- pistón
- árbol de levas
- válvulas
- cárter

Mientras que los siguientes, son elementos que si bien la mayoría (excepto bujías de pre-calentamiento y toberas) son componentes comunes con los motores de gasolina, pueden ser de diseño y prestaciones diferentes:

- bomba inyectora
- ductos
- inyectores
- bomba de transferencia
- toberas
- bujías de precalentamiento o calentadores
- principio de funcionamiento



Ilustración 3 bomba inyectora en línea

Un motor diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara (o pre cámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Este proceso es lo que se llama el auto inflamación. (wikipedia f. , 2016)

### Constitución

#### Bloque del motor

el bloque del motor es una pieza fundida en hierro o aluminio que aloja los cilindros de un motor de combustión interna así como los soportes de apoyo del cigüeñal. El diámetro de los cilindros, junto con la carrera del pistón, determina la cilindrada del motor. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)



Ilustración 4 bloque de aluminio de un motor de cuatro tiempos

#### Culata (motor)

La culata, es la parte superior de un motor de combustión interna que permite el cierre de las cámaras de combustión.

La culata se construye en hierro fundido, aluminio o en aleación ligera y se une al bloque motor mediante tornillos y una junta: la junta de culata. Se construye con estos elementos porque el sistema de enfriamiento debe ser rápido, y estos elementos se enfrían rápidamente.

Cuando la culata está dañada emite un sonido parecido a un golpeteo ligero y un poco fuerte en la cabeza. No son los buzos ni las punterías. Cuando el motor está con los niveles correctos de aceite, los buzos y punterías emiten un sonido parecido a un golpeteo continuo pero muy ligero y silencioso.

(wikimedia f. , wikipedia , 2015)



Ilustración 5 culata de un motor Ford

### Cigüeñal

Un cigüeñal es un eje acodado, con codos y contrapesos presente en ciertas máquinas que, aplicando el principio del mecanismo de biela-manivela, transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa.

Normalmente se fabrican de aleaciones capaces de soportar los esfuerzos a los que se ven sometidos y pueden tener perforaciones y conductos para el paso de lubricante. Sin embargo, estas aleaciones no pueden superar una dureza a 40 rockwell «c» (40 rhc), debido a que cuanto más dura es la aleación más frágil se convierte la pieza y se podría llegar a romper debido a las grandes fuerzas a las que está sometida. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)



Ilustración 6 cigüeñal de cuatro cilindros y cinco apoyos, con doble contrapeso por biela

#### Volante de inercia

Volante motor es un elemento totalmente pasivo que únicamente aporta al sistema una inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Este volante continúa su movimiento por inercia cuando cesa el motor que lo propulsa. De esta forma, el volante de inercia se opone a las aceleraciones bruscas en un movimiento rotativo. Así se consiguen reducir las fluctuaciones de velocidad angular. (wikimedia, 2016)



Ilustración 7 volante de inercia usado en diversos turismos de fabricación europea.

## Pistón

su función principal es la de constituir la pared móvil de la cámara de combustión, transmitiendo la energía de los gases de la combustión a la biela mediante un movimiento alternativo dentro del cilindro. Dicho movimiento se copia en el pie de biela, pero se transforma a lo largo de la biela hasta llegar a su cabeza apretada al muñón del cigüeñal, en donde dicha [[energía] se ve utilizada al movilizar dicho cigüeñal. de esta forma el pistón hace de guía al pie de biela en su movimiento alternativo. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)



Ilustración 8 foto de un pistón desde su parte inferior. Se observan los segmentos y los orificios que alojan al eje de la biela.

### Árbol de levas

un árbol de levas es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas, que pueden tener distintas formas y tamaños, y están orientadas de diferente manera para activar diferentes mecanismos a intervalos repetitivos, como por ejemplo unas válvulas.

Es decir, constituye un temporizador mecánico cíclico, también denominado programador mecánico.

En un motor, controla la apertura y el cierre de las válvulas de admisión y escape, por lo que hay tantas levas como válvulas tenga. Dichas levas pueden modificar el ángulo de desfase para adelantar y retrasar la apertura y el cierre

de las mismas, según el orden de funcionamiento establecido. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)



Ilustración 9 árbol de levas de un motor de combustión interna.

### Válvula

Según el diccionario de la real academia, una válvula es un mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema. Sin embargo las tres acepciones siguientes se refieren a mecanismo que dejan pasar un fluido en un sentido y lo impiden en el contrario (incluido el llamado fluido eléctrico).

Válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)

### Cárter

El cárter es una de las piezas fundamentales de una máquina, especialmente de un motor. Técnicamente, el cárter es una caja metálica que aloja los mecanismos operativos del motor.

Es el elemento que cierra el bloque, de forma estanca, por la parte inferior, y que cumple adicionalmente con la función de actuar como depósito para el aceite del motor. Simultáneamente, este aceite se refrigera al ceder calor al exterior. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)

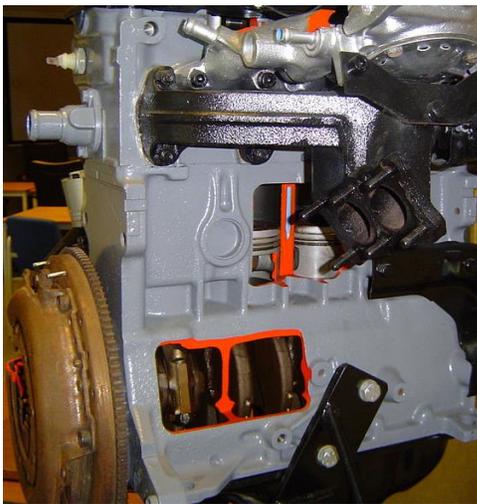


Ilustración 10 cárter (en negro, abajo) y bloque motor seccionado (en gris) de un motor

Bomba inyectora

la bomba inyectora "o bomba de inyección" es un dispositivo capaz de elevar la presión de un fluido, generalmente presente en los sistemas

de inyección de combustible como el gasoil (motores diésel) o más raramente gasolina (motores Otto), hasta un nivel lo bastante elevado como para que al ser inyectado en el motor esté lo suficientemente pulverizado, condición imprescindible para su inflamación espontánea (fundamento del ciclo del motor diésel), gracias a la elevada temperatura de auto combustión.

Además distribuyen el combustible a los diferentes cilindros en función del orden de funcionamiento de los mismos (ej. 1-3-4-2 en los 4 cilindros). Básicamente han existido dos tipos de bombas para diésel y gasolina (estas últimas ya desaparecidas al aparecer la inyección electrónica ) (wikimedia f. , wikipedia, 2016)

## Funcionamiento

Esta bomba inyectora, recibe el movimiento desde el motor generalmente a través de un accionamiento como la distribución, de forma tal que gira sincronizada con él, y a la mitad de revoluciones en un motor de 4 tiempos. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)

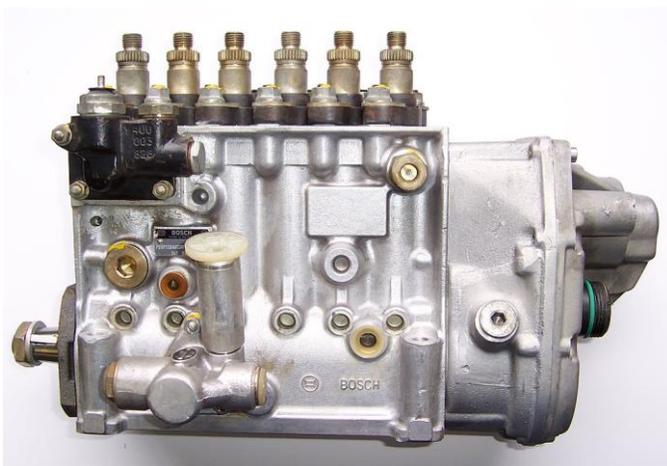
La presión se regula mediante un tornillo y no tiene circuito eléctrico.

Internamente tiene un émbolo ajustado con gran precisión (2 micras) que tiene dos movimientos simultáneos: rotativo para distribuir, y axial para comprimir el gasóleo. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)

La regulación de caudal de gasoil se hace mediante una corredera anular que abre la descarga del émbolo de presión más o menos tarde, en función de la posición del pedal acelerador y del régimen motor en ese momento. Al abrirse la descarga la presión en el inyector cae por debajo de la presión de apertura del muelle del mismo, terminándose la inyección. (wikimedia f. , wikipedia , 2016)



Ilustración 11 bomba rotativa Bosch para motor turbo, se aprecian las tuberías de alta presión



## Ilustración 12 bomba en línea Bosch

### Inyector

Un inyector es un dispositivo utilizado para bombear fluidos utilizando el efecto Venturi. Utiliza un fluido a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión convirtiendo su energía potencial en energía cinética.

En esta zona de baja presión se mezcla con el fluido que se quiere bombear y le imparte energía cinética (velocidad). A continuación ambos fluidos mezclados entran por otra boquilla donde la energía cinética vuelve a convertirse en potencial, disminuyendo la velocidad y aumentando la presión. El fluido bombeado puede ser o líquido o gaseoso y, en algunos casos puede llevar sólidos en suspensión. (wikimedia f. , wikipedia , 2015)

### Historia

Inyector fue inventado por el francés Henri gafar en 1858 y se utilizó originalmente para inyectar agua en las calderas de vapor. En este caso el fluido a alta presión es el vapor de la caldera que sale a alta velocidad por la boquilla y se mezcla con agua lo que produce su condensación. El chorro resultante de agua tiene energía cinética suficiente para entrar en la caldera. (wikimedia f. , wikipedia , 2015)

## Como rail. Nociones básicas

La particularidad que diferencia a los motores diésel de los de gasolina es la forma de quemar el combustible, lo que el motor diésel hace por autoencendido, es decir, no requiere un sistema que produzca una chispa para provocar el encendido de una mezcla de aire combustible.

(mecanica, 2016)

Para quemar el combustible, el motor diésel utiliza la elevada temperatura que alcanza el aire al ser comprimido en la carrera de compresión de los motores de cuatro tiempos. (mecanica, 2016)

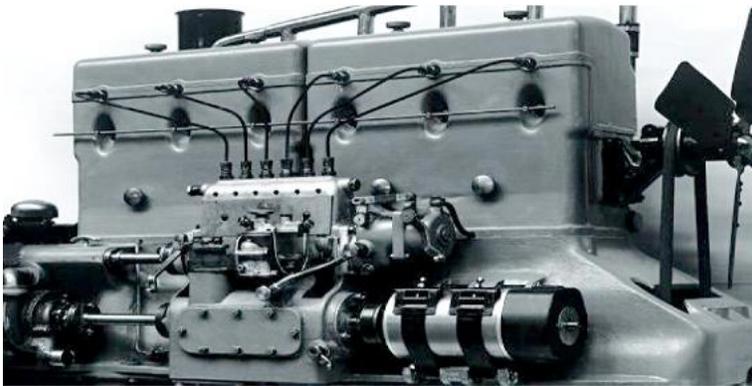
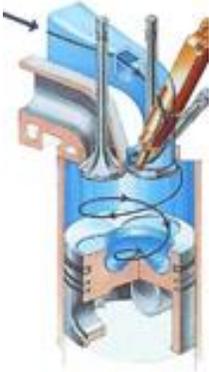


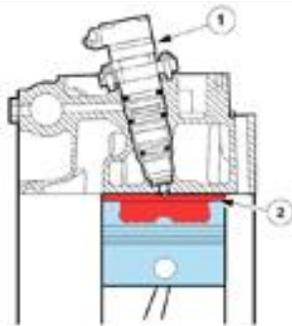
Ilustración 13 como rail. Nociones básicas



El motor diésel de inyección directa con sus órganos interiores a la vista. Los inyectores del sistema de inyección como rail mantienen la misma configuración que en sistemas de inyección tradicional. (mecanica, 2016)



El aire entra dentro de la cámara de combustión mientras el pistón baja hacia mí. El volumen de aire coincide con la cilindrada individual. (mecanica, 2016)



Después de sobrepasar el mí, se cierran las válvulas de admisión y escape y todo el aire aspirado se comprime en el volumen de compresión (2) elevándose la temperatura hasta los 600 grados. (mecanica, 2016)



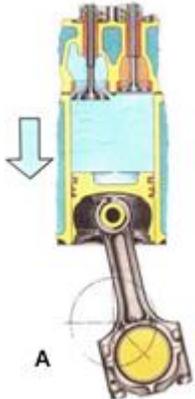
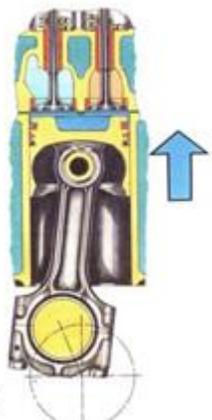
Cuando el pistón está llegando al punto muerto superior (pps) comienza el inyector a introducir el combustible en la cámara de combustión iniciándose la misma de forma casi inmediata. (mecanica, 2016)

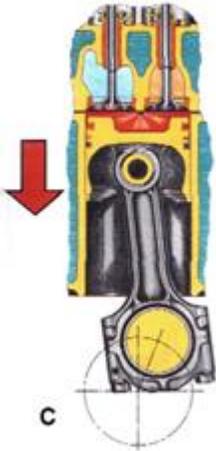
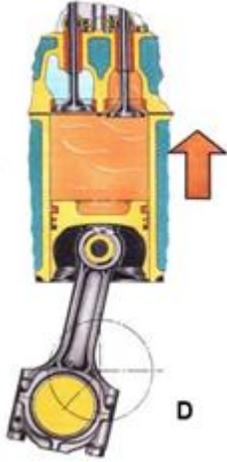
Teniendo en cuenta las grandes diferencias entre motores (marcas, modelos, inyección directa e indirecta, revoluciones de trabajo, etc.) y sin extendernos mucho, podemos simplificar diciendo que la presión sube hasta aproximadamente unos 45 bares y la temperatura a unos 600 grados, cuando el motor está girando a unas revoluciones por encima del ralentí. (mecanica, 2016)

En estas condiciones y poco antes del punto muerto superior del cilindro, se introduce el combustible de forma progresiva en forma de espray dentro de la cámara de combustión. (mecanica, 2016)

De esta forma se origina una combustión continua mientras dura la inyección del combustible. Este detalle provoca el excelente par motor de los motores diésel, ya que permite realizar la "combustión a presión constante". (mecanica, 2016)

Esto quiere decir, que aunque el pistón se desplace hacia el punto muerto inferior aumentando el volumen de la cámara de combustión, la presión (fuerza que impulsa al pistón) se mantiene debido al calor que aporta la combustión del gasoil. (mecanica, 2016)

 <p>A</p>	<p>admisión</p> <p>En la carrera de admisión el pistón desciende hasta el punto muerto inferior manteniendo la válvula de admisión abierta. En la entrada de aire fresco no hay ninguna mariposa y el llenado es siempre total en cualquier condición de carga. (mecanica, 2016)</p>
 <p>B</p>	<p>compresión</p> <p>Cuando el pistón alcanza el punto muerto superior la válvula de admisión se cierra. El pistón completa su recorrido hasta el punto muerto superior con las dos válvulas cerradas comprimiendo el aire que hay dentro del cilindro y elevando su temperatura hasta 400/600 grados. (mecanica, 2016)</p>

	<p><b>Combustión</b></p> <p>poco antes de llegar a pps comienza el inyector a soltar combustible finamente pulverizado dentro de la cámara de combustión. El combustible se inflama de forma casi inmediata al entrar en contacto con el aire. La cantidad inyectada regula varí en función del tiempo y la presión de inyección. (mecanica, 2016)</p>
	<p><b>Escape</b></p> <p>la presión generada por la temperatura de la combustión impulsa el pistón hacia abajo con notable fuerza (más fuerza=más par motor). Parte de la energía cedida por la combustión se aprovecha para devolver el pistón al pps aprovechando la inercia y barriendo los gases quemados. (mecanica, 2016)</p>

### Sigue un plan de mantenimiento

En el libro de mantenimiento de tu coche viene especificado cuándo debes realizar cada revisión y qué tipo de aceite y de repuestos debes utilizar exactamente. Respeta los intervalos y utiliza siempre recambios con las especificaciones indicadas, pues de lo contrario el motor podría sufrir averías de diverso tipo.

### No pares de repente el motor

Si durante los últimos cinco minutos has circulado por autopista o has subido un puerto de montaña, no detengas el motor hasta que haya pasado en torno a un minuto: el aceite caliente acumulado en la turbina puede carbonizarse, y eso terminará por romper el turbo.

### No dejes vaciar el depósito de combustible

Intenta llenar, como mucho, cuando el indicador de combustible indique que queda un cuarto de depósito. Las impurezas del combustible se acumulan en el fondo del depósito y, si lo dejamos vaciar, pueden pasar al sistema de alimentación; si ocurre, se dañarán los inyectores o la bomba de inyección, notarás tirones, falta de rendimiento.



### Vigila nivel de aceite

Llevar un nivel de aceite muy bajo provocará serias averías en el turbo o en el propio motor, principalmente. Por su parte, llevar demasiado aceite también puede dañar el turbo o reventar por un exceso de presión. Para evitarlo, revisa el nivel una vez al mes con el motor frío y en plano, y asegúrate de que se encuentra entre el máximo y el mínimo. Si fuese necesario rellenar, emplea un aceite igual que el que te hayan puesto en la última revisión.



Espera a que el motor se caliente

Si el motor está frío, espera unos 10 segundos a ralentí antes de comenzar a circular: te asegurarás de que la bomba del aceite ha tenido tiempo suficiente para que el aceite haya comenzado a lubricar todo el motor. Por otro lado, no aceleres a fondo ni superes las 2.500/3.000 rpm hasta que el indicador de temperatura del motor de la instrumentación no marque su temperatura normal 90°C; porque si aceleramos a fondo sin que el motor este en su temperatura optima de trabajo, también apresuramos el desgaste interno de las piezas del motor y, con ello, su vida útil.

#### Purga el filtro de diésel

El filtro de diésel cuenta con un sistema para filtrar la humedad que contiene el combustible; si esa humedad llegase al sistema de inyección, rompería la bomba de inyección o los inyectores. Por eso, cuando revises tu coche, pide que te lo purguen.

#### Sustituye el filtro de diésel

Cambia el filtro de gasoil cada 60.000 km como mucho. Reducirás las posibilidades de que entren impurezas al sistema de inyección que causara averías, notarás tirones y falta de rendimiento.

## Ojo a las revoluciones

Circular con el motor por debajo de 2.000 rpm y acelerar sin reducir de marcha produce dos problemas a medio plazo. Por un lado, se genera mayor carbonilla en la combustión, algo que acorta la vida de la válvula erg, se atasca y notarás que el motor pierde fuerza, por otro lado, las partes internas del motor sufren más, provocando desgastes prematuros y mayores vibraciones.



## Inyectores

La misión de los inyectores es la de realizar la pulverización de la pequeña cantidad de combustible y de dirigir el chorro de tal modo que el combustible sea esparcido homogéneamente por toda la cámara de combustión.

Debemos distinguir entre inyector y porta inyector y dejar en claro desde ahora que el último aloja al primero; es decir, el inyector propiamente dicho está fijado al porta inyector y es este el que lo contiene además de los conductos y racores de llegada y retorno de combustible.

Destaquemos que los inyectores son unos elementos muy solicitados, lampeados conjuntamente cuerpo y aguja (fabricados con ajustes muy precisos y hechos expresamente el uno para el otro), que trabajan a presiones muy elevadas de hasta 2000 aperturas por minuto y a unas temperaturas de entre 500 y 600° C.

Una de las piezas más importantes en el sistema de inyección de combustible es el inyector. Este es el encargado de hacer que el combustible sea introducido en el múltiple (colector) de admisión o dentro del cilindro según sea el caso. En los motores diesel que llevaban inyección mecánica por bomba inyectora en línea, la apertura del inyector era comandada por una leva y el cierre se hacía mediante un resorte, la carrera

- 17 -

de inyección era regulada por una cremallera que se mueve según la posición del regulador de caudal, que depende del acelerador y del régimen del motor.

En la actualidad se ha remplazado el sistema de leva - cremallera y se ha optado por un sistema electrónico para poder abrir más o menos tiempo y con más o menos presión el inyector y así regular la cantidad de combustible que ingresará en el cilindro.

En lugar de ellos se utiliza un solenoide que al hacerle pasar una determinada cantidad de corriente durante un tiempo controlado generará un campo magnético el cual moverá la aguja del inyector. Para regular la cantidad de corriente que se manda al solenoide distintos sensores toman parámetros que son procesados en una central computarizada y ésta es la que calcula la cantidad de corriente eléctrica enviada para poder mantener una relación estequiometria entre el aire/combustible (aproximada de 14,7 a 1 en motores de gasolina).

En los motores diesel no hay proporción estequiométrica, siempre se trabaja con exceso de aire (entre 20 a 1 y 50 a 1) ya que no hay mariposa y la potencia se regula regulando el caudal, de modo proporcional al pedal acelerador y al régimen.

Los parámetros más importantes que se toman para el motor de gasolina son:

- RPM del motor (para sincronizar con el funcionamiento de los 4 tiempos y el orden de los cilindros)
- Cantidad de aire que entra al motor (para ajustar la gasolina proporcionalmente a la mezcla estequiometria)

Parámetros secundarios:

Posición del acelerador, (Para ajustar posiciones de ralentí y plena carga, en que la mezcla es un poco más rica que a estequiométrica, por ej. 13 a 1. Además de esto, para enriquecer temporalmente la mezcla si la aceleración es "nerviosa" por parte del conductor, y para cortar la inyección si el vehículo está rodando, teniendo el conductor el pie levantado, por ejemplo cuesta abajo. Con esto se consigue un ahorro significativo de combustible );

Temperatura del líquido refrigerante (para arranque en frío)

Composición de los gases de escape mediante la sonda Lambda, entre otros.

De esta forma se producen los siguientes beneficios:

- 18 -

Regular la cantidad de combustible que ingresa al cilindro de forma más precisa,

Mantener una relación estequiométrica entre el combustible/aire, no importa si varían factores externos como por ejemplo temperatura del aire o composición del mismo estando a por ejemplo 1500 metros sobre el nivel del mar o en el llano,

Mayor ahorro de combustible,

- Menor contaminación ambiental,
- Motores con mayor momento par y por tanto potencia, por lo tanto mejores prestaciones, entre otras.

En el sistema de inyección Diesel Common Rail, los inyectores están conectados al conducto común mediante tuberías de combustible a alta presión de escasa longitud. El estanqueizado de los inyectores hacia la cámara de combustión se lleva a cabo mediante una arandela estanqueizante de cobre. Los inyectores van montados en la culata mediante elementos de fijación. Los inyectores Common Rail son adecuados para su montaje recto/oblicuo, según la versión de los inyectores, en los motores Diesel de inyección directa.

La característica del sistema es la generación de la presión de inyección independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. El comienzo de inyección y el caudal de inyección se controlan mediante el inyector activado electrónicamente. El momento de inyección se controla con el sistema ángulotiempo de la regulación Electrónica Diesel (EDC). Para ello se precisan dos sensores del número de revoluciones, montados uno en el cigüeñal y otro en el árbol de levas para la identificación de los cilindros (identificación de fases).

La disminución de las emisiones de gases de escape y la reducción permanente del nivel de ruidos de los motores Diesel exige una preparación de la mezcla óptima, por lo que a los inyectores se les exige caudales de preinyección e inyecciones múltiples muy pequeños.

2.4.1 Principio de funcionamiento del inyector. El combustible suministrado por la bomba de inyección llega a la parte superior del inyector y desciende por el canal practicado en la tobera o cuerpo del inyector hasta llegar a una pequeña cámara situada en la base, que cierra la aguja del inyector posicionado sobre una asiento cónico con la

- 19 -

ayuda de un resorte, situado en la parte superior de la aguja, que mantiene el conjunto cerrado.

El combustible, sometido a una presión muy similar el muelle, levanta la aguja y es inyectado en el interior de la cámara de combustión.

Cuando la presión del combustible desciende, por haberse producido el final de la inyección en la bomba, el resorte devuelve a su posición a la aguja sobre el asiento del inyector y cesa la inyección.

Patrón de atomización. La forma de descarga en los orificios de la tobera del inyector se llama patrón de atomización. Este patrón se determina por características como el número, tamaño, longitud y ángulo de los orificios y también por la presión del combustible dentro del inyector. Todos estos factores influyen en la forma y longitud de la atomización.

La tobera. La función de la tobera es inyectar una carga de combustible en la cámara de combustión de forma que pueda arder por completo. Para ello existen diversos tipos de toberas, todas con variaciones de la longitud, número de orificios y ángulo de atomización. El tipo de tobera que se emplee en el motor depende de los requisitos particulares de sus cámaras de combustión.

Los sistemas de inyección electrónica cuentan con numerosos sensores que mandan información a la unidad de mando del motor para que esta de la señal de mando necesaria al inyector para que se realice la inyección del combustible en el momento oportuno. El inyector electrónico se activa mediante la señal eléctrica recibida de la unidad de mando y se cierra por recuperación de un muelle o resorte interior.

El inyector de diesel posee muchas formas y diferentes tipos de toberas. Este inyector hace el mismo funcionamiento del inyector de gasolina con la diferencia de que este lo hace con diesel

En marcas de toberas existen: Bosch, Delphi, Siemens, Denso.

Cada inyector posee su propia tobera, según su aplicación la tobera lleva un ángulo de pulverización y no se le puede adherir una tobera distinta, sino el inyector no trabajaría o sencillamente la tobera no cabe en el inyector.

2.4.2 Partes del inyector. Las partes fundamentales que componen el inyector son:

- 20 -

Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

Existen varios inyectores de diferentes marcas y estos son:

Inyector Bosch

Inyector Delphi

Inyector Denso

2.5 Sensores del sistema CRDI

Son los elementos que informan, mediante la transformación de diversas magnitudes físicas en señales eléctricas, a la unidad de control sobre los parámetros indicados, entre ellos se encuentran los siguientes:

1. Retorno de combustible al depósito 7. Estrangulador de salida
2. Conexión eléctrica 8. Émbolo de control de válvula
3. Electro válvula 9. Canal de afluencia
4. Muelle 10. Aguja del inyector
5. Bola de válvula 11. Entrada de combustible a presión
6. Estrangulador de entrada 12. Cámara de control

Figura 4. Partes del inyector diesel

- 21 -

2.5.1 Sensor de temperatura refrigerante. El sensor de temperatura se ubica en el circuito de refrigeración, para monitorear la temperatura del motor a través de la temperatura del refrigerante.

El sensor está equipado con un resistor dependiente de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativo, que es parte de un circuito divisor de voltaje al que se aplican 5 voltios.

La caída de voltaje en el resistor se ingresa al UCE mediante un convertidor análogo digital y es una medida de la temperatura. Se almacena una curva

característica en el microcomputador del UCE, el cual define la temperatura como función de un voltaje dado.

Figura 5. Sensor de temperatura del refrigerante

Fuente: [www.e-auto.com.mx](http://www.e-auto.com.mx)

2.5.2 Sensor de posición del pedal del acelerador. En contraste con la distribución convencional y las bombas de inyección en línea, con EDC (Control Electrónico Diesel) la aceleración que imprime el conductor ya no se transmite directamente a la bomba de inyección a través de un cable o varillaje mecánico, sino que es registrada por un sensor del pedal del acelerador y transmitida luego al UCE.

Se genera un voltaje a través del potenciómetro en el sensor del pedal del acelerador en función de la posición del pedal a partir de éste voltaje. El sensor del pedal tiene dos potenciómetros, una señal es la posición del pedal para el UCE, la otra es para la verificación de la carga. Si fallara el sensor del pedal, se establece el modo a prueba de falla y una velocidad de ralentí levemente mayor.

- 22 -

Figura 6. Sensor de posición del acelerador

Fuente: [volboff.en.alibaba.com](http://volboff.en.alibaba.com)

2.5.3 Sensor de presión del riel. El sensor de presión de riel debe medir instantáneamente la presión en el riel con la precisión adecuada y de la forma más rápida posible.

El combustible presurizado actúa sobre el sensor, lo que convierte la presión en señal eléctrica, que después se ingresa a un circuito de evaluación que amplifica esta señal y la envía al UCE.

Figura 7. Sensor de presión del riel

Fuente: [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net)

2.5.4 Sensor de temperatura del combustible. El sensor de temperatura de combustible se ubica en la línea de alimentación de combustible.

A medida que aumenta la temperatura del combustible, el UCE modificará la inyección y tasa de entrega, al mismo tiempo ajustará los parámetros de funcionamiento de la válvula de control de presión del riel.

Puesto que el circuito de entrada de la computadora está pensando cómo divisor de tensión se reparte entre una resistencia presente en la computadora y la resistencia NTC del sensor. Por consiguiente la computadora puede valorar las

variaciones de resistencia del sensor a través de los cambios de la tensión y obtener así la información de la temperatura del combustible en el motor.

1 Conexiones eléctricas 2 Circuito evaluador 3 Membrana metálica con elemento sensor 4 Empalme de alta presión 5 Rosca de fijación

- 23 -

Figura 8. Sensor de temperatura del combustible

Fuente: [rodemif5.blogspot.com](http://rodemif5.blogspot.com)

2.5.5 Sensor de presión atmosférica o altitud. Este sensor le informa a la computadora la presión atmosférica, para que ella corrija inteligentemente el tiempo de inyección de acuerdo a la presión atmosférica.

Este sensor está montado adentro de la computadora. El elemento sensible del sensor de presión absoluta está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico.

Sobre un lado de la membrana está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión atmosférica. La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, la toma la computadora para determinar la altitud.

## Figura 9. Sensor MAP

Fuente: [www.autosensors.co.uk](http://www.autosensors.co.uk)

- 24 -

2.5.6 Sensor del pedal del embrague. La función principal de este sensor es para mayor confort de marcha, consiste en suprimir las sacudidas del motor. A esos efectos la computadora necesita saber si se ha embragado o desembragado momentáneamente.

Estando aplicado el pedal de embrague se reduce por poco tiempo la cantidad de gas oíl inyectada. A la función principal se le agregan otras como:

Cancelación del control crucero.  Señal de carga inminente del motor (desembrague, enganche en primera marcha, salida)  Evitar el aumento brusco de las rpm del motor al desembragar durante un cambio de marcha, el UCE ajusta el funcionamiento del inyector.

## Figura 10. Sensor pedal del embrague

Fuente: [www.bwfaq.com](http://www.bwfaq.com)

2.5.7 Sensor del pedal de frenos. Por motivos de seguridad el sensor suministra a la computadora la señal de freno aplicado. Esta señal se utiliza para verificar que el sensor de posición del pedal del acelerador actúe correctamente.

Figura 11. Sensor pedal del freno

Fuente: clubpeugeot.es

2.5.8 Sensor de caudal y temperatura del aire de admisión (MAF). Durante el funcionamiento dinámico es fundamental el establecimiento preciso de la correcta relación A/F (aire/combustible), para cumplir con las normas referentes a los límites de gases de escape. Esto requiere el uso de sensores para registrar de manera precisa el flujo de masa de aire que realmente ingresa al motor en un momento determinado.

Estos sensores que miden con precisión deben ser independientes de la pulsación, flujo inverso, EGR, control variable del eje de levas y cambios en el control de temperatura

- 25 -

del aire. Se elige un medidor de masa de aire tipo “Lámina Caliente” como el más conveniente. El principio de la lámina caliente se basa en la transferencia

de calor desde un elemento sensor que está caliente, al flujo de aire. Se utiliza un sistema de medición que permite medir el flujo de aire y la detección de la dirección del mismo. Los flujos inversos también se detectan en caso que se produzcan flujos de aire con fuerte pulsación. En la misma carcasa tiene montado un sensor de temperatura de aire.

Figura 12. Sensor MAF

Fuente: [ontime-taiwan.en.alibaba.com](http://ontime-taiwan.en.alibaba.com)

2.5.9 Sensor de posición del cigüeñal. La posición del pistón en la cámara de combustión es fundamental para definir el comienzo de la inyección. Un sensor mide las rotaciones del cigüeñal por minuto. Esta importante variable de entrada se calcula en la UCE, mediante la señal del sensor de posición del cigüeñal.

Una rueda dentada de material ferro magnético está unida al cigüeñal, en la cual faltan dos dientes. A este espacio más grande se le asigna una posición definida del cigüeñal para el cilindro 1.

El sensor de velocidad del cigüeñal monitorea la secuencia de dientes de la rueda, el mismo está compuesto por un imán permanente y un alma de hierro dulce con un bobinado de cobre.

El flujo magnético en el sensor cambia a medida que los dientes y espacios pasan frente a él. Generando un voltaje sinusoidal de AC cuya amplitud aumenta abruptamente en respuesta a la mayor velocidad del motor (cigüeñal).

- 26 -

Figura 13. Sensor posición del cigüeñal

Fuente: [electrónica-cbtis160-josemanuelalba.blogspot.com](http://electrónica-cbtis160-josemanuelalba.blogspot.com)

2.5.10 Sensor de fase. Cuando un pistón se mueve en dirección del PMS, la posición del eje de levas determina si está en la fase de compresión con encendido subsiguiente, o en la fase de escape. Esta información no se puede generar únicamente con el dato del eje cigüeñal durante la fase de partida. Por otra parte, durante el funcionamiento normal del motor, la información generada por el sensor del cigüeñal basta para determinar el estado del motor.

El sensor de eje de levas utiliza el efecto electromagnético (Hall) al establecer la posición del eje de levas. Un diente de material ferro magnético está unido al eje de levas y gira con él. Cuando este diente pasa frente a los discos semiconductores del sensor del eje de levas, su campo magnético desvía los electrones en los discos semiconductores en ángulos rectos a la dirección de la

corriente que fluye a través de los discos. Esto da como resultado una señal breve de voltaje (voltaje Hall) que informa a la UCE que el cilindro 1 ha ingresado recién a la fase de compresión.

Figura 14. Sensor de fase

Fuente: [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net)

2.5.11 Sensor de presión del turbo alimentador. El sensor está conectado por un tubo al múltiple de admisión, o directamente en el múltiple de admisión.

El elemento sensible del sensor de sobrepresión del turbocompresor está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico.

- 27 -

Sobre un lado de la membrana está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión de aire proveniente del turbocompresor.

La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, antes de ser enviada a la computadora es amplificada por un circuito electrónico contenido en el soporte que aloja la membrana cerámica.

Figura 15. Sensor de presión del turbo

Fuente: spanish.alibaba.com

## 2.6 Procesos de inyección

2.6.1 Inyección previa. En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible de Diesel (de 1 a 4 mm<sup>3</sup>), que origina un “acondicionamiento previo” de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión y consiguiendo los siguientes efectos:

- La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una reacción previa o combustión parcial.
- Se reduce el retardo de encendido de la inyección principal.
- Se reduce el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave).

Estos efectos reducen el ruido de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones.

2.6.2 Inyección principal. Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Así mismo es responsable de la generación del par motor. La magnitud de la presión de inyección es casi constante durante todo el proceso.

2.6.3 Inyección posterior. La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión, hasta 2000 del cigüeñal después del

- 28 -

PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

Contrariamente a la inyección previa y principal, el combustible no se quema sino que se evapora por el calor residual en los gases de escape/combustible es conducida en el tiempo de expulsión, a través de las válvulas de escape.

Mediante la retroalimentación de gases de escape se conduce otra vez una parte del combustible a la combustión y actúa como una inyección previa muy avanzada. El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor para el óxido de nitrógeno en catalizadores NOx apropiados.

## 2.7 Controles adicionales

2.7.1 Circuito de baja presión. Se compone de:

Depósito de combustible  Bomba de suministro previo  Filtro de combustible  Tuberías de conexión

El circuito de baja presión se aspira el combustible del tanque por medio de una bomba de suministro previo, forzando al combustible a pasar por las líneas al circuito de alta presión.

Un pre filtro separa los contaminantes del combustible evitando así el desgaste de los componentes de alta presión.

Figura 16. Parte de baja presión

Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

1 Depósito de combustible 2 Filtro previo 3 Bomba previa 4 Filtro de combustible 5 Tuberías de combustible de baja presión 6 Sector de baja presión 7 Tubería de retorno de combustible 8 Unidad de control (ECU)

- 29 -

2.7.1.1 Depósito de combustible. Los depósitos de combustible deben ser resistentes a la corrosión y mantenerse estancos incluso a una sobrepresión de servicio doble, pero por lo menos hasta 0.3 bares de sobrepresión. La sobrepresión producida debe escapar por si misma a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares.

El combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión, incluso en posición inclinada, circulando por curvas o incluso en caso de choques. Los depósitos de combustible deben estar separados del motor de tal forma que no sea de esperar una inflamación incluso en accidentes. Esto no rige para motocicletas y tractores con asiento del conductor al aire libre.

Figura 17. Depósito de combustible

Fuente: [www.asqparts.com](http://www.asqparts.com)

2.7.1.2 Tuberías de combustible en la parte de baja presión. Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos de acero, también tuberías flexibles con armadura de malla de acero, que sean difícilmente inflamables.

Las tuberías deben estar dispuestas de tal forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse o inflamarse.

Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su funcionamiento en caso de una deformación del vehículo, un movimiento del motor o similares.

Todas las piezas que conducen combustible tienen que estar protegidas contra el calor que perturba el funcionamiento.

- 30 -

Figura 18. Tuberías de baja presión

Fuente: spanish.alibaba.com

2.7.1.3 Bomba previa. La bomba previa, una electrobomba de combustible con filtro o una bomba de combustible de engranajes, aspira el combustible extrayéndolo del depósito de combustible y transporta continuamente el caudal de combustible necesario, en dirección a la bomba de alta presión.

Figura 19. Bomba de combustible de engranajes

Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.1.4 Filtro de combustible. Un filtrado insuficiente puede originar daños en componentes de la bomba, válvulas de presión y en los inyectores. El filtro de combustible limpia el combustible delante de la bomba de alta presión e impide así el desgaste prematuro de las piezas sensibles.

Figura 20. Filtro de combustible

Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

1 Lado de aspiración 2 Rueda dentada de accionamiento 3 Lado de impulsión

- 31 -

2.7.2 Circuito de alta presión. Se compone de:

□ Bomba de alta presión □ Acumulador de alta presión con sensor de alta presión □ Inyectores □ Tuberías de alta presión

Figura 21. Esquema del circuito de alta presión common rail

Fuente: Curso de Inyección Electrónica Diesel Capítulo 6

2.7.2.1 Genera y almacena alta presión. El combustible pasa a través del filtro de combustible a la bomba de alta presión que lo fuerza dentro del acumulador (riel) de alta presión generando una presión máxima de 1800 bares

Para todo proceso de inyección el combustible se toma desde el acumulador de alta presión. La presión del riel permanece constante. Se emplea una válvula de control de presión para asegurar que la presión del riel no exceda el valor deseado o descienda.

2.7.2.2 Control dinámico de la presión del riel. La válvula de control de presión es activada por el UCE. Una vez abierta, permite que el combustible regrese al tanque vía líneas de retorno y la presión del riel cae. Para que el UCE pueda

activar la válvula de control de presión en forma correcta, se mide la presión del riel por medio de un sensor de presión.

1 Bomba de alta presión 2 Válvula de desconexión del elemento 3 Regulador de presión 4 Tuberías de alta presión 5 Riel 6 Sensor de presión del riel 7 Válvula limitadora de presión 8 Limitador de flujo 9 Inyector 10 ECU

- 32 -

2.7.2.3 Inyección del combustible. Cada vez que se inyecta combustible, se extrae del riel a alta presión y se inyecta directamente al cilindro. Cada cilindro tiene su propio inyector. Cada inyector contiene una válvula e solenoide que recibe el comando de apertura desde la UCE. Mientras permanece abierto, se inyecta combustible en la cámara de combustión de los cilindros.

2.7.2.4 Componentes del sistema de alta presión

2.7.2.4.1 Bomba de alta presión. La bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los regímenes de servicio y durante toda la vida útil del vehículo. Esto incluye el mantenimiento de una reserva de combustible necesaria para un proceso de arranque rápido y un aumento rápido de la presión en el riel. La bomba de alta presión genera

permanente la presión del sistema para el acumulador de alta presión. La bomba es accionada por el motor, a través de acoplamiento, la bomba se lubrica con combustible.

Figura 22. Bomba de alta presión

Fuente: Mecatrónica Redinfocar

2.7.2.4.2 Acumulador de alta presión (Rail). El acumulador es un canal donde se almacena el combustible a presión que llega de la bomba y del que se abastecen los inyectores. Su misión es almacenar el combustible necesario para abastecer a todos los inyectores sin que se produzcan bajadas de presión y, amortiguar las pulsaciones que se producen a la salida de la bomba de alta presión y la toma de combustible durante la inyección.

La presión en el distribuidor de combustible es común para todos los cilindros se mantiene a un valor casi constante incluso al extraer grandes cantidades de combustible. Con eso se asegura que permanezca constante la presión de inyección al abrir el inyector.

La presión del combustible se mide mediante el sensor de presión del riel y se regula al valor deseado mediante la válvula reguladora de presión.

Figura 23. Riel común

Fuente: Entrenamiento del Sistema Common Rail BOSCH

2.7.2.4.3 Tuberías de combustible en la parte de alta presión. Las tuberías de alta presión deben soportar permanentemente la presión máxima del sistema y las oscilaciones de presión, que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías constan de tubos de acero. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 2,4 mm. Las diferentes distancias entre el riel y los inyectores se compensan mediante curvaturas más o menos pronunciadas en el correspondiente tendido de las tuberías de inyección. La longitud de tubería es lo más corta posible.

Figura 24. Tuberías de combustible de alta presión

Fuente: sdshire.en.alibaba.com

## 2.8 Tipos banco de pruebas

Los vehículos Diesel Electrónico CRDI tienen una tecnología de punta que requiere un diagnóstico profesional para poder preservarlo en las mejores condiciones y evitar así futuros gastos de reparaciones. En nuestro país ha

incrementado el mercado de vehículos diesel por ello se hace riguroso el control y comprobación de los sistemas a diesel CRDI y algunos de estos bancos de comprobación son:

- 34 -

2.8.1 Test inyección diesel TM 507. La función del banco de pruebas para inyectores diesel es proporcionar los datos específicos de la presión, rotación y tiempo de inyección y se pueden conectar de 1 a 4 inyectores a la vez.

A continuación algunas características operacionales:

- Activa los inyectores con señales eléctricas iguales al del vehículo.
- Tapa protectora transparente con llave de seguridad que apaga el sistema cuando abierta.
- Operación simple e interactiva.
- Display gráfico e interface sencilla de manejo.
- Tecla "help" con detalles de manejo de las etapas de prueba.
- Pruebas de la válvula DRV y sensor de presión.
- Soporta pruebas con inyectores de las marcas Bosch, Siemens, Delphi y Denso.
- Conectores y accesorios para diferentes tipos de inyectores.
- Detección do corto-circuito / interrupción de los inyectores.
- Prueba de inyectores inductivos y pisoeléctricos.
- Medidas de caudal de inyección y retorno totalmente automáticas (1 a la vez).
- Control de la presión del fluido durante las pruebas.

□ Conexión de 1 a 4 inyectores. □ Detección automática de los inyectores conectados. □ Permite hacer ensayos personalizados donde es posible elegir presión, rotación y tiempo de inyección. □ Al final de la prueba es posible visualizar el resultado por inyector en la opinión informe. □ Guarda los resultados de las pruebas para envió de informe a la PC

- 35 -

Tabla 1. Especificaciones técnicas TM 507

Informaciones técnicas

Alimentación: 380 V trifásico + neutro. Presión máxima de prueba: 1500 bar.

Consumo: 2800 W. Dimensiones: 970x870x470 mm

Capacidad del reservatorio fluido: 7 litros. Peso: 88 Kg.

Fluido de prueba: Castrol ISO 4113 y Ipiranga Ultra Sene 4113.

Fuente: Autor

Figura 25. Test CRDI TM 507

Fuente: <http://www.lacasadelmecanico.com.ar/herramienta/168/banco-de-prueba-deinyectores-diesel>

2.8.2 Banco de pruebas APEX - 708 un. Adopta un completo automático de control, y puede realizar el mantenimiento de la prueba de la norma euro iii, euro iv, euro v e inyector de alta presión de la bomba convenientemente. Se puede probar cientos de tipos de inyectores y alta - presión de la bomba de bosch incluyendo, SIEMENS, DELPHI, DENSO, Caterpillar etc. Completa con los datos experimentales. Este banco de pruebas, integrado con el original importados de alta - la precisión del sensor de flujo, tiene funciones: automático de medición de la cantidad de aceite y la generación automática de la bomba de combustible de la boquilla de mantenimiento.

Configuración del banco APEX – 708 un

- 36 -

Tabla 2. Especificaciones técnicas APEX 708 un

COMPONENTE ESPECIFICACIÓN

Motor eléctrico Full carga (11 KW, 15 KW)

Convertidor Qma, Ik

Presión en la manguera Aph importados de calor, altamente resistente

Sensor de los inyectores Original importado de alta presión

Sensor de la bomba Engranajes de precisión del sensor de flujo

Pantalla Alta definición 23" pantalla Led

Placa base industrial Plataforma industrial INTEL

Filtro Euro iii de filtro especial

Control de la temperatura del sistema Eficiente e inteligente calefacción y refrigeración

Fuente: Autor

Los parámetros técnicos: TABLA 3. Características APEX 708 un

Voltaje de funcionamiento Ac 380V

Potencia de salida 11 – 15(Kw)

Rango de presión en el Riel 0 – 2000 bar

Presión en el Riel Común 0.5 MPa

Velocidad de la bomba de rotación 0 – 400 RPM

Filtro < 5 u

Rango del sensor del inyector 0.1 ml – 600 ml

Precisión del sensor 0.1%

Rango del sensor de la bomba 10 – 3000 ml

Precisión del sensor de la bomba 0.5%

Dimensión 198\*84\*150 (cm)

Peso neto 680 Kg

Fuente: Autor

- 37 -

Figura 26. Banco de pruebas APEX - 708 un

Fuentes: [www.bjjsql.com](http://www.bjjsql.com) 2.8.3 Banco de pruebas TLD II. Tft lcd de tipo industrial de banco de pruebas (tld - ii)

1 Fácil de operar 2 Fuente de alimentación DC para las pruebas de interruptor de solenoide 3 Alta tecnología

2.8.3.1 Configuración estándar. Parámetros de la función de las computadoras y digital de doble tubo de pantalla

Estabilización de la temperatura: 40+/- 2oc

Corriente continua. Suministro: 12/24v

Alimentación de presión: 0-0.4mpa (bajo), 0-4mpa (alta)

Ve1: 0-0.16mpa, ve2: 0-1.6mpa

Presión de aire:- 0.08- 0.3 MPa

Velocidad de rotación ajustable 10 gama de grado: 0-3000rpm

Suministro de energía: 380v/50hz

Dimensiones generales: 2160x800x1700mm

Peso neto: 900kg

Altura del centro: 125mm

Potencia de salida: 11kw

Figura 27. Banco de pruebas TLD II

Fuente: <http://spanish.alibaba.com> 2.8.4 Test BENCH riel común inyección diesel Tabla 4. Análisis test BENCH

**NOMBRE Y MODELO**

**SISTEMA DETALLES DE CONFIGURACIÓN**

Hy-cri200b-i de alta presión common rail banco de pruebas

Motor principal del sistema

1. Cuádruplo motor eléctrico (380V): 15Kw. Alfa de convertidor de frecuencia: 18.5Kw 2. El marco principal es de aluminio estructura de material compuesto, hierro fundido operativo de la plataforma. 3. Control automático y visualización por la pantalla. 4. La precisión de pesaje de aceite de lectura digital es de 0.1ml. 5. Rango de velocidad es 0~1000r/min (ajustable) (lectura digital). 6. Altura del motor principal del centro es de 125 mm. Circuito de aceite 1. Entrega de combustible: 10l/min. 2. Entrega de combustible de presión: 0~1mpa. 3. Tubería es de Bosch. 4. Presión del Riel: 0~200mpa. 5. Common Rail es controlado automáticamente por ciclo cerrado, y visualización de la presión (precisión & plusmn; 0.1mpa) con una sobrepresión de protección. 6. La temperatura del aceite (ajustable) es controlado automáticamente, calentado por la calefacción de tuberías y refrigerados fuerte a través de la unidad de refrigeración. 7. Su tipo de filtrado es terciario del filtro. Equipo eléctrico 1. Se ha construido - en caja eléctrica 2. Corto circuito de protección. Base de datos Tiene más de 400 tipos estándar de constitución en los datos, que puede ser actualizado. Pruebas de inyectores de combustible y bomba de alta presión 1. Se puede probar de 1 a 6 inyectores al mismo tiempo. 3. Los tipos de inyector que puede probar son: bosch incluyendo, denso, delphi, y siemens. Dimensión

global Longitud: 1600mm, de ancho: 800mm, Altura: 1695mm Peso neto: 1000kg. Fuente: Autor

- 39 -

Figura 28. Test BENCH

Fuente: taianhaiyu.en.alibaba.com

2.8.5 Banco de prueba diesel TLD-CRS1000. El probador común CRS-1000 del sistema de riel común simula un motor ECU, para conducir un solenoide en la bomba del Common Rail, tal como Bosch CP1/CP2/CP3, Delphi CRSP y Denso HP2/HP3, y solenoides de 6 inyectores. Un banco de prueba de alta presión estándar de la bomba que satisface la mayoría de las tareas para reparar un sistema de inyección diesel y los componentes, tales como cantidades de la inyección, vuelta del combustible del inyector, atomización del aerosol de la inyección del inyector, condición de la bomba y combustible cercan control de presión con barandilla

Características del diseño

1) Combinación de dos módulos independientes para el control de la bomba y del inyector. 2) Bombeo de la señal del ciclo de conducción ajustable, mientras

que supervisa la presión del riel del combustible. 3) Señal de conducción del inyector y anchura ajustable de la frecuencia y de pulso. 4) Señal de conducción modulada de la seguridad de los sensores de los inyectores.

1.1. Remoción e instalación de los inyectores y canerías de combustible

\*Preparación para la reparación del sistema de combustible Lave el motor con un lavador de alta presión para sacar el polvo y la contaminación alrededor de los inyectores y canerías de alta presión para prevenirla contaminación del combustible

32

Sistema de Control de Inyección CRDi Parte 2: Generalidades

Diagnóstico con el Hi-Scan Pro Preparación para la reparación del sistema de combustible

Mediante un lavador de alta presión, lave el motor para remover el polvo de los inyectores y canerías de combustible.

Temperatura de admisión (ATS) Circuito defectuoso 0110

Línea en cortocircuito/ daño interno Sensor de temperatura de agua (WTS)- Defectuoso 0115 Línea en cortocircuito o abierta/ daño interno

Sensor de posición del acelerador- Defectuoso 0120 Línea en

cortocircuito abierta/ daño interno Sensor de posición del acelerador 2-  
 defectuoso 0220 Línea en cortocircuito abierta/ daño interno  
 Sensor de presión del riel –Defectuoso 0190 Línea en cortocircuito  
 abierta/ Sensor defectuoso Circuito de inyección defectuoso –CYL 1 ~ 4  
 0201~0204 Línea en cortocircuito abierta/ bobina del solenoide dañada  
 Sensor de posición del eje de levas (TDC) –defectuoso 0340  
 Señal errónea, posible error / Sensor defectuoso Circuito de válvulas solenoide EGR –  
 defectuoso 0403 Línea en cortocircuito abierta/ fusible suministro  
 energía fundido Monitoreo de presión de combustible –defectuoso 1181  
 Filtro de combustible obstruido Regulador de presión del riel –defectuoso 1180  
 Línea en cortocircuito abierta, Sensor defectuoso Voltaje de batería 0560  
 Batería con fuga o descargada Rele A/C –defectuoso 1622 Rele de bujías –  
 defectuoso 1325 Fusible defectuoso/ línea en cortocircuito abierta  
 Rele principal –defectuoso 1616 Fusible defectuoso/ Línea en  
 cortocircuito abierta Ventilador del radiador defectuoso 1624  
 Ventilador motor, fusible, rele, línea en cortocircuito abierta

Diagnóstico con Hi-Scan Pro

CRDi Engine System Parts 2: Diagnosis

Diagnosis 1.With Hi-Scan 2.With Multi meter & special tool 3.With Special Test Bench

## MIAMI TRAINING CENTER

### Diesel Engine System Parts 1: General

A :I'm not going to recommend one way or another, but here are some things you may want to consider (this is assuming you are starting with a stock engine, which you're not): Advancing the timing will...

Decrease exhaust temperature Increase cylinder temperatures/pressures  
Increase fuel economy (yes, economy is better) Increase your output of NOx (a pollutant) Decrease your output of Hydrocarbons (a pollutant) Increase the amount of black smoke at peak torque Advancing the timing will increase NOx, decrease hydrocarbons, and do various things to black smoke (I don't know how "black smoke" correlates to the PM10 and PM2.5 (10 and 2.5 micron particulate matter) that the EPA and CARB are looking at now). @1000 RPM, black smoke will decrease with advanced timing, at torque peak RPM it will increase, and at rated RPM it will decrease (all compared to the "before advanced" timing.

NOTE:Engine timing specs are on the diesel specs page accessible from the DIESEL MENU

Q: How does timing affect engine operation and performance? Q&A for Diesel

Timing

Diesel Engine System Parts 1: General

TIMING is:

Engine parameter:

RETARDED ( - ) ADVANCED ( + ) EXHAUST TEMP increases decreases

CYLINDER PRESSURE decreases increases INTAKE MANIFOLD

PRESSURE (BELOW P-TORQUE) WASTEGATED increases decreases

BSFC (brake specific fuel consumption) increases decreases NOX (oxides of nitrogen) decreases increases HEAT REJECTION increases decreases

HYDROCARBONS (HC) increases decreases BLACK

SMOKE:1000RPM increases decreases BLACK SMOKE:PEAK

TORQUE decreases increases BLACK SMOKE:RATED increases decreases

WHITE SMOKE:< 1000RPM increases decreases WHITE SMOKE:> 1000RPM increases decreases

The timing affect engine operation and performance

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

If you go beyond about 15 degrees, the engine noise rapidly increases, and it tends to smoke more (black, not blue). I don't really think you get much economy increase beyond that unless you're running your engine at rather high rpm during cruise ( 2400+ ), and then you'll never do as well as if you ran it slower. The 12V engine seems to like speeds more in the 1700 to 2000 range for economy, probably for a number of reasons, ranging from timing concerns to breathing abilities. If you advance too far, you'll lose power, as well as dramatically increasing the combustion pressures and peak loads on the piston/pin/rod/bearing/crank area without any significant benefit.

The timing affect engine operation and performance

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Electronic Engine Control System

There is no direct throttle connection to the injection pump -the throttle acts on an accelerator pedal position position sensor (APPS) which reports the throttle position to the ECM. The ECM then orders the FPCM to inject the correct amount of fuel for the current engineload, engine speed, and throttle position. Communication between the ECM and the FPCM takes place over a two wire CCD data bus. The FPCM determines the amount of fuel to inject, and the

injection timing. The ECM can adapt its programming to meet changing operating conditions. The PCM does not control the fuel system, but it does manage the cruise control, battery charging, A/C operation, instrument panel functions, and automatic transmission shifting.

Engine RPM and timing are derived from the Crankshaft Position Sensor (CKP) on 1998-2000 models. A 35 tooth tone ring with a gap where the 36th tooth should be is bolted to the crankshaft. A hall effect sensor registers each tooth as it passes and sends the signal to the ECM. The tooth gap corresponds to 60 degrees BTDC of cylinder #1. A Camshaft Position Sensor (CMP) senses a hole in the back of the camshaft drive gear to check for TDC of cylinder #1. This signal is used for diagnostic purposes and is not used to control the fuel system. The crankshaft position sensor was deleted for 2001 and 2002 models; engine speed, crankshaft position, and injection timing information will be derived from the camshaft position sensor signal. Notches are cut into the rear face of the camshaft gear. A hall effect sensor registers each notch as it passes, and sends the signal to the ECM. A missing notch corresponds to TDC of cylinder #1.

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

ECT -Engine Coolant Temp; used to determine injection timing and fuel rates for engine protection IAT -Intake manifold Air Temperature; used to control the intake manifold air heater, determine injection timing and fuel rates for engine protection Intake Manifold Pressure Sensor (boost); used to determine fuel injection timing and fuel rates. If turbocharger boost exceeds 20 psi, the fuel rate is reduced to protect the engine and maintain emissions compliance. NOTE: This sensor will detect wastegatetampering and deratethe engine power to maintain boost levels below specification. From the seat-of-the-pants feeling, you might think the power has increased, but a dynowill show a power loss (on a stock engine)! There are aftermarket systems and techniques to increase engine power.

Electronic Engine Control System

Diesel Engine System Parts 1: General

Diesel Fuel Discussions

Sulfur content

Affects wear, deposits, and particulate emissions. Diesel fuels contain varying amounts of various sulfur compounds which increase oil acidity. Legislationhas reduced the sulfur content of highway fuel to 0.05% by weight. Off road fuelhas an average of 0.29% sulfur by weight.

## Cetane Number

A measure of the starting and warm-up characteristics of a fuel. In cold weather or in service with prolonged low loads, a higher cetane number is desirable. Legislation dictates the Cetane index should be 40 or above.

## Water & Sediment

Affect the life of fuel filters and injectors. The amount of water and solid debris in the fuel is generally classified as water and sediment. It is good practice to filter fuel while it is being put into the fuel tank. More water vapor condenses in partially filled tanks due to tank breathing caused by temperature changes. Filter elements, fuel screens in the fill pump, and fuel inlet connections on injectors must be cleaned or replaced when they become dirty. These screens and filters, in performing intended function, will become clogged when using a poor or dirty fuel and will need to be changed more often. Water and sediments should not exceed 0.1 volume percent.

## Viscosity

Affects injector lubrication and atomization. The injector system works most effectively when the fuel has the proper "body" or viscosity. Fuels that meet the requirements of 1-D or 2-D diesel fuels are satisfactory with Cummins fuel systems.

## Diesel Engine System Parts 1: General

### MIAMI TRAINING CENTER

#### Aromatic Content

By definition, aromatic content is characterized by the presence of the benzene family in hydrocarbon compounds that occur naturally in the refining of diesel fuel. In the chemical make up of fuel, the heavier aromatic compounds of toluene, xylene, and naphthalene are also present. Limiting these aromatic compounds has the effect of reducing burning temperature and thus NO<sub>x</sub> formation.

#### Cloud & Pour Point

Affect low-temperature operation. The cloud point of the fuel is the temperature at which crystals of paraffin wax first appear. Crystals can be detected by a cloudiness of the fuel. These crystals cause filters to plug.

#### API Gravity

Related to heat content, affecting power and economy. Gravity is an indication of the energy content of the fuel. A fuel with a high density (low API gravity) contains more BTU's per gallon than a fuel with a low density (higher API gravity).

Ash

Measures inorganic residues -The small amount of non-combustible metallic material found in almost all petroleum products is commonly called ash. Ash content should not exceed 0.02 mass percent.

Diesel Fuel Discussions

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Q & A for diesel Fuel Q Recommendation for MHC Vehicle? A Cetanrating of at least 40 is recommended at temperatures above 0 (32F) degrees. A Cetanrating of at least 45 is recommended at temperatures below 0 (32F) degrees.

Diesel Fuel Discussions

Q: How much does a gallon of diesel fuel weigh? It varies somewhat, but averages around 7.1 lb per US gallon.

Q: What is premium diesel fuel? There is no definition of premium fuel, so the term really means nothing and is over used by suppliers. For a description of the characteristics proposed for "premium diesel" Using Fuel Additives: Cummins says that fuel additives are not needed in their engines. Almost all diesel

technicians (including many Cummins service technicians) agree that while they are not needed, additives help reduce problems caused by fuel contamination, cold weather, and lack of lubricity in modern low-sulfur fuels. I received this from Jerry, a service manager at a John Deere dealership, and the proud owner of a Dodge Cummins diesel pickup. Here is what Jerry had to say:

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Diesel Fuel Discussions

Using Fuel Additives:

"As you know sulfur is no longer available in diesel fuel. This was the main lubricating property of the fuel. Since then the injection pump shops have been flooded with work because of the lack of lubrication in diesel fuel. John Deere recommends using Stantadyne year round fuel conditioner with every fill up. The injection service that I use strongly recommends this treatment, or something with LUBRICATION ADDITIVE in all diesel engines. They have "fixed" many fuel systems by dosing them with this additive. I myself add it to every tank. This conditioner costs around \$0.08 per gallon to use however, there is a noticeable increase in horsepower and fuel economy. Also, since sulfur was removed the pour point of diesel fuel was raised about 20 degrees F. This

means that the purpoint of #2 fuel 3 years ago was 20 degrees F. Today it is now 40 degrees F. This fuel conditioner lowers the pour point 40 degrees F., that goes for both #2 and #1 fuels. I am not trying to sell you guys on this specific fuel conditioner, but I feel that it is something that diesel owners should be aware of to try to lower the risk of premature injection pump and injector failure. I do not however know Cummins standpoint on this issue. But as I said the injection service that I use recommends additive for ALL injection systems."

## Diesel Engine System Parts 1: General

### Cold Weather Diesel Fuel Questions

Q: Should an additive be used in the fuel to keep it from clogging the fuel system? Below -10 degrees C, wax crystals begin to form in diesel fuel. These will clog the fuel filter and stop the engine as the temperature drops toward -18 C. Any good "winter fuel conditioner" for diesel fuel will keep the fuel moving to at least -20 degrees. Follow the instructions on the bottle! Q: What can I do if the fuel has already gelled due to the cold? The time proven remedy is to add a gallon of kerosene for each 10 to 20 gallons of fuel to the tank, then allow it to sit long enough for the kerosene to diffuse into the fuel. In weather below -20 degrees, one gallon of kerosene for 10 gallons of fuel will keep things moving, but fuel economy will be reduced. Kerosene now has red dye which a DOT

inspector will assume is off-road diesel. Be prepared for a hassle if you are checked. Apply heat to the fuel filter to break up the wax. Q: Is cold weather fuel "different" from summer fuel? One TDR member works for a fuel pipeline company that blends fuels for northern climates. He posted this information to the TDR forum: Most fuels are blended by the refinery. Our #2 has a flashpoint of 58°C to 65°C in the winter months and 65°C to 77°C in the summer. We add 1.25 gallons of Paraflow527 per 1000bbls of each receipt. Our straight #2 diesel has a cloudpoint of -10° to -15°. Our premium diesel has a extra additive package and is good to -20° to -25°. Some customers from colder climates in our area will custom blend their fuel to their climate. This is done by the carrier (truck) at the rack and is usually 70/30 or 75/25. To make it short, if you live in a colder climate you are probably getting blended fuel. I use a regular diesel with 50ml of Amzoil Cetane booster in every other tank. I have not had any problems down to -30°. Our #1 diesel runs at 43° to 55° flash and 41.0 to 44.0 gravity at 60° - all depending on the season. #1 is a hotter fuel and lighter than #2.

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Cetane number is a measure of ignition quality.

I have just a few comments to add for clarification: cetane rating improves with more unbranched, saturated hydrocarbons (more or less, waxes). This is detrimental to the cloud and pour point requirements for winter fuel. Winter fuel has more aromatics and branched molecules. Hence, the cetane rating of #1 usually is lower than #2. Winter fuel feed stock usually has a wide boiling range, so the wax crystals tend to be smaller and more easily handled by the cloud and pour point depressants that are added for winter use. As Dave stated, the cetane rating may improve with the process (hydrogenation) often used to help remove sulfur. This is because unsaturated hydrocarbons in the fuel stock are also hydrogenated, making more of the straight chain saturated molecules that raise the overall cetane rating. The severe hydrogenation conditions also hydrogenate much of the aromatics that would have improved lubricity. Alkyl nitrates such as 2-ethylhexyl nitrate improve cetane ratings, and are generally the way "premium" diesel fuel cetane ratings are increased over that of the "regular" fuel feedstock used to make the premium fuel. Premium diesel fuels may also contain such additives as antioxidants, anti-rust agents, corrosion inhibitors, and de-emulsifiers. As Dave noted, there is no clear-cut definition and standard for calling diesel fuel "premium".

## Diesel Engine System Parts 1: General

The cetane number measures the ignition quality of a diesel fuel.

It is the % volume of cetane( n-hexadecane, CetaneNumber = 100 ) in alpha methyl naphthalene ( CetaneNumber = 0 ), that provides the specified standard of 13 degrees ( crankshaft angle ) ignition delay at the identical compression ratio to that of the fuel sample. These days, heptamethylnonane-with a CetaneNumber of 15 -is used in place of alpha methyl naphthalene because it is a more stable reference compound. It is measured in special ASTM variable compression ratio test engine that is closely controlled with regard to temperatures ( coolant 100C, intake air 65.6C ), injection pressure ( 1500psi ), injection timing 13 degrees BTDC, and speed (900rpm ).The compression ratio is adjusted until combustion occurs at TDC ( the ignition delay is 13 degrees ). The test is then repeated with reference fuels with five cetanenumber difference,until two of them have compression ratios that bracket the sample. The cetanenumber is then determined by interpolation. Now, if the fuel is pure hydrocarbons ( does not contain cetanenumber improving agents like alkyl or amyl nitrates ) then the Cetanenumber can be predicted fairly well using some physical properties, such as boiling point and aniline point. It's obvious from the above that the higher the cetanenumber ( 100 = normal alkane, 15 = iso-alkane), then the lower the octane number ( 100 = iso-alkane, 0 = normal alkane). This is because the desirable property of gasoline to prevent knock is the ability to resist autoignition, whereas for diesel, the desirable property is to

autoignite. The octane number of normal alkanes decreases as carbon chain length increases, whereas the cetane number increases as the carbon chain length increases. Many other factors also affect the cetane number, and around 0.5 volume % of cetane number improvers will increase the cetane number by 10 units. Cetane number improvers can be alkyl nitrates, primary amyl nitrates, nitrites, or peroxides.

In general, aromatics and alcohols have low cetane numbers ( that's why people using methanol in diesels convert it to dimethylether ).

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Typically engines are designed to use fuels with Cetane Numbers of 40-55, because below 38 a more rapid increase in ignition delay. The significance of the cetane number increases with the speed of the engine, and large, low speed diesel engines often only specify viscosity, combustion and contaminant levels, as Cetane Number requirement of the engine is met by most distillate and residual fuels that have the appropriate properties. High speed diesel engines ( as in cars and trucks ) virtually all are designed to accept fuels around 50 Cetane Numbers, with higher numbers being a waste. However, Cetane Number is only one important property of diesel fuels, with three of the others being also

very important. Firstly, the viscosity is important because many injection systems rely on the lubricity of the fuel for lubrication. Secondly, the cold weather properties are important, remember that normal alkanes are desirable, but the desirable diesel fraction alkanes have melting points above 0°C temperature, so special flow-enhancing additives and changes to the hydrocarbon profiles occur seasonally. That's why it's never a good idea to store diesel from summer for winter use. Thirdly, diesel in many countries has a legal minimum flash point (the minimum temperature it must attain to produce sufficient vapour to ignite when a flame is applied. In all cases it's usually well above ambient (60°C+, kerosene is 37°C+, whereas gasoline is typically below -30°C), and anybody mixing a lower flash point fraction with diesel will usually void all insurance and warranties on the vehicle. The recent increase in blending fuels has resulted in significantly more frequent analyses of fuel tank contents from diesel vehicle fires.

The cetane number measures the ignition quality of a diesel fuel.

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

From all of the above, you can see some common factors emerging, larger normal alkanes are desirable, and they also burn with a less smoky flame and

have higher flash points than gasoline and kerosene, making them also desirable for home heating fuels, however the relatively expensive Cetane Index improvers have no value in heating fuels.

So heating oils are often a slightly different fraction, and may have differing additives ( for cleaner combustion ) to fuels used for high speed diesel engines. For low speed ( large, stationary and marine engines ), they often use the cheapest residual fuel oil available, as do the larger heating boilers -so there is commonality of fuel as size increases. Details of the important, specified properties of various grades( 1D, 2D, 4D ) of diesel fuel oils can be found in the Annual Book of ASTM Standards. ASTM D975-93 " Standard Specification for Diesel Fuel Oils", as can the fuel oil specification for grades 1, 2, 4, 5, and 6 in " Standard Specification for Fuel Oils ASTM D 396-92. Note that ASTM D975-93 actually defines the low temperature requirements by dividing the USA into regions. It is possible for a fuel to meet both specifications, but the diesel specification may have additional requirements such as Cetane Number and Cloud Point ( temperature at which the fuel goes cloudy ), whereas the Fuel Oil may have additional limits on the distillation properties, and viscosity at 100C. A fuel has to be tested for all the criteria in each specification grade before it can be said to comply with the relevant grade in each specification.

The cetane number measures the ignition quality of a diesel fuel.

## Diesel Engine System Parts 1: General

### MIAMI TRAINING CENTER

The interchanging and dilution of fuels is performed by suppliers, taking into account the effect on all of the above, but especially flash point, as that is closely regulated in many countries. Adding kerosene and gasoline to diesel can have dramatic, adverse effects on the flash point, with minimal gains in the flow properties if the fuel already contains flow-improving additives. Regardless of what other people may advise, check your insurance policies before embarking on experimentation. These days, assessors for both vehicle and insurance companies these days are far more aware of the signs of the dilution of expensive diesel fuel by cheaper lower flash fuels. Some countries, like NZ, avoid this by having diesel cheaper than gasoline at the service station, and imposing taxes based on distance traveled (as measured by hubometer on vehicle wheels), number and location of axles, axle loads, and gross vehicle weight, as they more accurately indicate road damage potential. For people that are interested in diesel fuel properties and the effects on engine performance, the following are good sources.

## Diesel Engine System Parts 1: General

Gasoline is made up of the petroleum fraction that boils below 200 degrees centigrade (390 F). Aviation gas has a smaller boiling range (38170 C, 100-340 F), leaving out the lowest boiling components that are in auto gas, largely because of extreme volatilities they would have at the altitudes involved in flying. The two tests used to determine "research" and "motor" octane differ in the load on the test engine (more load for the motor test). Both octane and cetane tests are described by, and conducted according to specifications of, the ASTM (American Society for Testing Materials). The standard test compound is "iso-octane" as oil men call it. Chemically it is not iso-octane which would be 2methylheptane, but rather 2,2,4-trimethylpentane, a highly branched eight-carbon hydrocarbon. Gas engines knock less on branched hydrocarbons, although the straight distillate of raw petroleum tends to contain mostly straight-chain hydrocarbons in this low-molecularweight range. Cracking and catalytic reforming processes are used to increase the percentage of branched hydrocarbons to improve octane ratings. Av-gas usually has no olefins (alkenes) because they tend to form gums and have poor antiknock characteristics. Aromatics, such as benzene and toluene, have good octane ratings under load (rich conditions) but act more like olefins under lean cruising. Toluene has research/motor octane ratings of 120.1/103.5; benzene has 114.8 motor octane, compared to "isooctane" which is set arbitrarily at 100 on both scales. In 1922,

tetraethyl lead was found to improve anti-knock characteristics of gas. This became more important in the 1930s because the increased demand for gas led to use of cracking processes that produced more gasoline from crude oil, but of lower octane ratings. Standards for octane ratings over 100 are made from "isooctane" with tetraethyl lead added (1% = 108.6; 2% = 112.8; 3% = 115.5, etc.).

Crude oil has more of the branched, cyclic, and aromatic hydrocarbons in the higher molecular weight range where Diesel fuels are obtained. Diesel fuel, and fuel oil, have a boiling range of about 175-345 C (350-650 F) The standard for Diesel fuel ratings is "cetane" or n-hexadecane. This is a straight-chain, 16 carbon hydrocarbon with a short-delay period during ignition, and its rating is set at 100. Heptamethylnonane is a highly branched 16 carbon hydrocarbon with a long-delay ignition, and cetane rating set at 15. Diesel fuels largely contain molecules having 10-20 carbons, whereas gasoline components have mostly 12 or fewer carbons. Diesel fuel power in terms of heat content is increased by saturated hydrocarbons, but these are prone to form waxes at low temperatures. Ignition performance is improved by straight-chain hydrocarbons, such as cetane.

As mentioned above, crude oil is just the "opposite" of what we want--it has a lot of straight chain small molecules where we want branching, and it has a lot

of branched, cyclic, and aromatic (highly unsaturated) heavy molecules, where we would prefer straight-chain saturated molecules. One "legitimate" reason for Diesel fuel price increases is the cost of removing sulfur to meet EPA requirements.

## Cetane Discussion

### Diesel Engine System Parts 1: General

The "bottom line" is that the best Diesel fuel would have a lot of "waxes" or saturated, straight-chain molecules, up to the limit of the cloud point and pour point allowed by ambient conditions. The other "stuff" helps with viscosity, pouring, lubricity, etc. but is largely there because that is what is available. It should be apparent that a poor Diesel fuel would be made up of small molecules with a lot of branching and unsaturation--that is, a pretty good gasoline! To use our "normal" frame of reference, we know that gasoline ignites very easily, and is very volatile. Diesel fuel is much less volatile--it stays on you when you spill it during fueling the truck, even after you try to wipe it off. Diesel fuel also ignites much less easily. So, if you put some of the above "pretty good gasoline" in your Diesel, it would ignite so explosively that the heads would pop off the engine, etc. That would be "powerful" but in the explosive sense. It would have less heat content (the useful kind of power), because of the smaller, unsaturated

(aromatic, etc.) molecules, so it would decrease fuel mileage, if the engine could stay together. Now you see why #1 Diesel and winterized Diesel fuel decrease your fuel mileage. To improve the cloud and pour points, lower the viscosity, and increase volatility to compensate for low ambient temperatures, smaller molecules, and ones that tend to stay liquid at lower temperatures (branching and aromaticity help here) are used in the fuel. They do the needed job, but have less heat content (often expressed in BTUs or British Thermal Units). Basically, the characteristics that make more power are more carbons and more hydrogens per gallon, and saturated molecules have more hydrogens.

Cetane Discussion

Diesel Engine System Parts 1: General

MIAMI TRAINING CENTER

Q: WHAT'S THE DIFFERENCE BETWEEN HIGHWAY AND OFF-ROAD FUEL? On September 9, 1999 I called the local fuel oil supplier to discuss fuels, DOT inspectors, and the perils of having dyed fuel in a tank.

Here are the high points: Off road Diesel #2 and fuel oil # 2 differ only in the tax applied at the time of sale. Both are dyed red.

Kerosene #1 and #2 are lighter than #1 and #2 diesel fuel. Most kerosene is dyed red. The old method of winter treatment using 1 gal of kerosene to 10gal of diesel can get a driver into trouble unless it is dispensed as clear kerosene from a pump which charges road tax. Any red dye in a tank of fuel is detectable by the sampler the DOT uses, even when diluted by a large quantity of undyed fuel. As little as 1/2 qt of ATF in a tank of fuel will be detected as untaxed fuel and can cause a major headache for the driver. In VA, fines for using dyed fuel (untaxed) begin at \$1000 and go up rapidly from there. Road checks for untaxed fuel began in northern VA, and have now spread throughout the state.

## DELPHI CRDi Fuel System Parts 1: General

7

### Injector Operation

Discharge through the injectors When the rail pressure demand suddenly drops: -Foot off the accelerator (overrun) -Or during a fault requiring the rapid discharge of the rail Closing the IMV will not allow the new required pressure defined by the DCU to be reached quickly enough. The system therefore uses the injectors to discharge the rail. This method is based upon the response time of the injectors. In fact, to discharge the HP circuit without risking the introduction of fuel into the cylinders, it is necessary to supply the coils with

pulses which are long enough to lift the valve and thus bring the rail into direct communication with the injectors return circuit, but short enough to prevent the injector needle from lifting and thus causing the unwanted introduction of fuel into the combustion chamber.

## DELPHI CRDiFuel System Parts 1: General

7

### Injector Operation

Discharge through the injectors (cont) This method of operation is only possible if the control of the response time of the injector is perfect, i.e. the time between the start of energizing of the solenoid valve and the moment at which the injector needle lifts. This time is obviously different for each injector because it depends on initial characteristics and amount of wear of the injector. It is therefore essential to accurately know the initial characteristics and deviation of each injector.

The injectors of the common rail system are very high precision parts. They are capable of injecting flows ranging from 0.5 to 100 mg/stroke at pressures of 150 to 1600 bar. Extremely high production tolerances are required. However, due to slight variations in machining, pressure drops, mechanical friction, and magnetic force may vary between injectors, as a result deviations up to 5

mg/stroke can occur. This means it is impossible to effectively control an engine with such differences between the injectors. It is therefore necessary to apply a correction which will make it possible to inject the required amount of fuel whatever the initial characteristic of the injector, to do this, it is necessary to know this characteristic and to correct the pulse applied to the injector according to the differences between this characteristic and the Target stored in the DCU.

## DELPHI CRDiFuel System Parts 1: General

7

Safety Instructions •It is strictly prohibited to smoke or to eat while working on the Common Rail injection system.

•It is essential to disconnect the battery before any work is done on the Common Rail injection system.

•It is strictly forbidden to work on the Common Rail injection system with the engine running.

•It is necessary to read the value of the rail pressure and of the diesel oil temperature with the engine running.

- It is necessary to read the value of the rail pressure and of the diesel oil temperature with the aid of the diagnostic tool before any work is done on the fuel circuit. The opening of the circuit can only begin if the diesel oil temperature is less than 50°C (122°F) and the rail pressure is close to 0 bar. If it is not possible to communicate with the computer, wait for 5 minutes after the engine has stopped before starting any work on the fuel circuit.

## DELPHI CRDiFuel System Parts 1: General

7

### Safety Instructions

It is strictly prohibited to supply an actuator directly off an external power supply.

The injector must not be dismantled.

The HP sensor must not be removed from the rail. If the HP sensor fails, It is essential to replace the complete rail.

The IMV, the diesel temperature sensor and the venturimeter must not be removed from the pump. If one of these components is faulty, the whole pump must be replaced.

The HP pipes are not reusable : a removed pipe must be replaced.

Decarbonizing the injector in an ultrasonic bath is strictly prohibited. The computer's metal casing must never be used as an earth!

During welding jobs (bodywork repairs), the ECM must be carried out by qualified staff who have received training at the DELPHI DIESEL SYSTEMS training center.