

Universidad Internacional del Ecuador



**FACULTAD DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Facultad de Ingeniería de Mecánica Automotriz

**Artículo de Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica
Automotriz**

**Estudio de la inyección de combustible controlada electrónicamente, en función a la altura,
en motores diésel con sistemas Common Rail**

Mario Andrés Peñafiel Vega

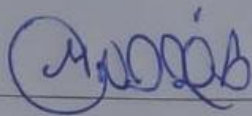
Marco Antonio Reinoso García

Director: Ing. Darío Ávila, Msc

Quito, mayo 2019

CERTIFICACIÓN

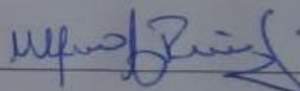
Nosotros, Mario Andrés Peñafiel Vega y Marco Antonio Reinoso García, declaramos bajo juramento, cedemos el derecho de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en Internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamentos y leyes.



Firma del Graduado

Mario Andrés Peñafiel Vega

1720430972



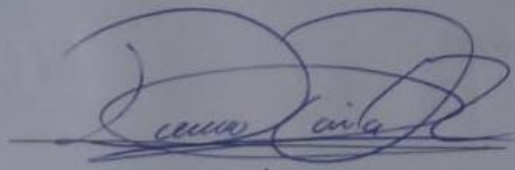
Firma del Graduado

Marco Antonio Reinoso García

1500519614

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Yo, Ingeniero Darío Ávila, Docente de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, declaro que los alumnos; Mario Andrés Peñafiel Vega y Marco Antonio Reinoso García, son los autores de la presente investigación, original, auténtica y personal.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Darío Ávila', with a horizontal line drawn underneath it.

Ing. Darío Ávila Msc.

DIRECTOR DEL ARTÍCULO

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a Dios, por permitirme finalizar este hermoso proceso de ser estudiante y ahora un ingeniero de República, a mi hijo por ser el motor de superación para poder alcanzar este logro, a mis padres por estar siempre junto a mí, apoyándome incondicionalmente, a mi hermana por su presencia oportuna en cada etapa de mi vida, a mis amigos y compañeros de la Universidad y trabajo que siempre me motivaron para terminar este proceso.

Mario Andrés Peñafiel Vega

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por darme la fortaleza para culminar mis metas. A mis padres por estar apoyándome cada día y momento de mi vida. A mis compañeros y amigos que compartieron conmigo esta experiencia y ahora son parte de este logro. A las personas que estuvieron conmigo desde el inicio, y a quiénes están hoy día conmigo para motivarme a ser mejor.

Marco Antonio Reinoso García

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la UIDE por su ardua labor empeñada en formar a los mejores ingenieros del Ecuador, a cada uno de los profesores que han sido parte de este duro pero enriquecedor proceso, gracias por sus enseñanzas, no solo las académicas, si no por su don de gente y por motivarme a ser cada día una mejor persona, Ing. Darío Ávila gracias por su guía, liderazgo, pero por sobre todo por su paciencia y apertura para mostrarnos el horizonte final de este camino y finalmente gracias a Dios, por guiarme con su Palabra; *“Yo te pido que seas fuerte y valiente, que no te desanimas ni tengas miedo, porque yo soy tu Dios, y te ayudaré por dondequiera que vayas.” Josué 1:9 TAL.*

Mario Andrés Peñafiel Vega

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador, por darme el conocimiento para lograr mis objetivos profesionales. Agradezco a los profesores, que con su experiencia han sabido fortalecer el conocimiento adquirido; en especial al Ing. Darío Ávila, por guiarnos en la culminación de este proyecto.

Marco Antonio Reinoso García

ÍNDICE

Tabla de contenido	
CERTIFICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	ix
RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. SISTEMAS DE INYECCIÓN A DIÉSEL	12
3. SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL.....	13
4. COMPONENTES DEL SISTEMA CRDI	15
5. INFLUENCIA DE LA ALTURA GEOGRÁFICA EN EL FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO	15
6. SISTEMA CRDI DENSO UTILIZADO EN LAS CAMIONETAS DMAX 3.0 CRDI....	16
7. PRUEBAS	17
7.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS	18
8. RESULTADOS.....	18
9. CONCLUSIONES.....	20
10. BIBLIOGRAFÍA.....	21
11. ANEXOS	22
11.1. ANEXOS INTRODUCCIÓN	22
11.1.1 COMBUSTIÓN	22
11.1.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL, BOSCH	24
11.2. ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	29
11.3.1 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES	29
11.2.2 COMMON RAIL	31
11.2.3 PÉRDIDA DE POTENCIA	62
11.2.4 DATOS Y ESPECIFICACIONES, SISTEMA DE COMBUSTIBLE MOTOR 4JH1 ISUZU	64
11.2.5 FUEL INJECTION ENGINE 4JK1 (COMMON RAIL)	75
11.2.6 COMMON RAIL DENSO.....	98
11.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	115

11.3.1	REGLAMENTO (CE) No 715/2007 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO	115
11.3.1	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1489:2012 (Séptima revisión) PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. DIÉSEL. REQUISITOS.	120
11.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	123
11.4.1	PRUEBAS DE CARRETERA EN QUITO	123
11.4.2	PRUEBAS DE CARRETERA EN MANTA	126
11.4.3	PRUEBAS DE CARRETERA EN CRUCITA	130
11.4.4	ANÁLISIS DE DATOS	133
11.4.5	CONCLUSIONES	137

ESTUDIO DE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE CONTROLADA ELECTRÓNICAMENTE, EN FUNCIÓN A LA ALTURA, EN MOTORES DIÉSEL CON SISTEMAS COMMON RAIL

Darío Ávila Msc¹, Andrés Peñafiel², Marco Reinoso³

¹ *Profesor tiempo completo, Coordinador Investigación, Facultad Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, dario_avila@hotmail.com*

² *Estudiante de ingeniería, Facultad de Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, andres_pv89@hotmail.com*

³ *Estudiante de ingeniería, Facultad de Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador, marco16rg@hotmail.com*

RESUMEN

El presente artículo muestra un análisis acerca de la influencia que tiene la altura sobre el nivel del mar en las ciudades de Quito, Manta y Crucita con relación a la cantidad de combustible a ser inyectada en los cilindros del motor, para lograr un desempeño óptimo en los vehículos diésel, específicamente en los sistemas Common Rail, con la finalidad de conocer la eficiencia de los nuevos sistemas de inyección electrónica diésel. El proyecto se basa en el estudio de los diferentes valores obtenidos por la ECU aplicando técnicas de manejo sincronizadas, las cuales fueron evidenciadas mediante un sistema electrónico de diagnóstico a bordo y realizando pruebas de campo en distintas condiciones geográficas y a diferentes cargas del motor, los resultados demuestran un control total y preciso de la inyección gracias a la intervención de la gestión electrónica, como es el caso del sensor barométrico, el cual gestiona junto a la ECU la regulación automática del pulso de inyección, la potencia del motor no se ve afectada a diferentes alturas, ya que el consumo de combustible varía en un 26% adicional aproximadamente, en la ciudad de Quito con relación a la ciudad de Manta, características que convierten al sistema Common Rail en un sistema autónomo y de gran desempeño.

PALABRAS CLAVE: Inyector, presión atmosférica, unidad de control electrónico, inyección, diésel.

ABSTRACT

This article shows an analysis about the influence of height above sea level in the cities of Quito, Manta and Crucita in relation to the amount of fuel to be injected into the cylinders of the engine, to achieve optimal performance in Diesel vehicles, specifically in Common Rail systems, to know the efficiency of the new diesel electronic injection systems. The project is based on the study of the different values obtained by the ECU applying synchronized management techniques, which were evidenced by an electronic on-board diagnostic system and performing field tests in different geographical conditions and at different engine loads, the results they show a total and precise control of the injection thanks to the intervention of the electronic management, as it is the case of the barometric sensor, which manages together with the ECU the automatic regulation of the injection pulse, the power of the motor is not affected to different heights, since the consumption of fuel varies in an additional 26% approximately, in the city of Quito in relation to the city of Manta, characteristics that make the Common Rail system in an autonomous and high performance system.

KEYWORDS: Injector, atmospheric pressure, electronic control unit, injection, diesel.

1. INTRODUCCIÓN

Como es de conocimiento general, los vehículos utilizan un motor para poder generar el movimiento del mismo, este motor es conocido como motor de combustión interna, el mismo que puede utilizar tanto gasolina como diésel para producir energía térmica que posteriormente se traduce en movimiento.

Para que se produzca este proceso químico es necesaria la intervención de tres elementos importantísimos; temperatura de ignición (chispa de la bujía, alta presión de compresión), oxígeno (aspirado por el motor) y combustible (gasolina, diésel), como se muestra en la Imagen 1.



Imagen 1 Proceso de combustión

Fuente:

<http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Combustion.htm>

Sin uno de estos elementos es imposible que se cumpla el proceso de combustión y por ende que el motor del vehículo produzca movimiento, es aquí en donde vemos que las características de estos elementos influyen en el desempeño de un motor.

El motor de gasolina inició su proceso de inyección de combustible por medio de un carburador, este se encarga de dosificar el combustible para introducirlo en la cámara de combustión realizando una mezcla de combustible y oxígeno (mezcla estequiométrica), con el paso del tiempo y el

avance de la tecnología, en especial la electrónica, el sistema de inyección se fue perfeccionando y hoy en día tenemos sistemas de inyección de combustible electrónicos multipunto, los cuales se encargan de realizar la inyección del combustible por medio de actuadores llamados inyectores.

La principal diferencia entre la inyección de gasolina y diésel es la presión con la que trabajan estos sistemas; mientras en los sistemas de inyección de gasolina los inyectores trabajan entre 850 – 1.500 PSI (lbf/pulg²), los sistemas de inyección de diésel trabajan entre 6.000 PSI hasta 30.000 PSI en los sistemas CRDI (Common Rail Direct Injection – Riel Común).

La razón por la que los motores a diésel trabajan con presiones de inyección más elevadas, es la siguiente: mientras que en un motor a gasolina la combustión se produce por medio de la chispa que genera la bujía, en el motor a diésel la combustión se produce por las altas presiones que se generan dentro de la cámara de combustión, esta presión genera altas temperaturas aproximadamente 500 °C; de ésta manera el combustible inyectado a alta presión se combustiona y se cumple el proceso químico que liberará la energía necesaria para que se genere el movimiento de los pistones dentro del motor.

2. SISTEMAS DE INYECCIÓN A DIÉSEL

Los sistemas de inyección a diésel han cambiado con el paso del tiempo y con el avance de la tecnología en la industria automotriz, los nombres de estos sistemas son dados normalmente por el tipo de bomba con la que trabajan, de esta manera se enlistará cada uno de ellos a continuación:

1. Bombas de inyección en línea; estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba.¹
2. Bombas de inyección individuales PF (bomba controlada por árbol de levas externo); estas bombas no tienen un árbol

¹ <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

- de levas propio y su aplicación es para motores pequeños.²
3. Bombas de inyección rotativas; las bombas rotativas solo tienen un elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros.³
 4. Unidad de bomba-tubería-inyector UPS (Unit Pump System); este sistema dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor.⁴
 5. Unidad de bomba-inyector UIS (Unit Inyector System); la bomba de inyección y el inyector constituyen una unidad, por cada cilindro del motor se monta una unidad en el cabezote.⁵
 6. Common Rail; en la inyección de acumulador "CRDI (Common Rail Diesel Injection)" se realizan por separado la generación de presión y la inyección, la presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y está a disposición en el "Rail" (acumulador). El momento y el caudal de inyección se calculan en la unidad de control electrónica ECU y se realizan por el inyector en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.⁶

En el Ecuador, los sistemas más utilizados en vehículos y camionetas son: bomba de inyección rotativa y CRDI; por tal motivo el estudio se va a centrar en un modelo que de acuerdo a la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador – Anuario 2014, 2017 y 2018), ha sido el más distribuido y vendido en el territorio Ecuatoriano: 46.930 unidades en todo el país y con un promedio de 7.822 unidades vendidas por año desde el 2013 hasta su última medición en el 2018, considerando que el modelo se sigue fabricando hasta la fecha. El vehículo seleccionado es la camioneta Chevrolet DMAX, la cual cuenta con varias especificaciones a lo que se refiere a motor. En lo que corresponde a motores diésel cuenta con dos versiones 2.5 TDI y 3.0 CRDI, las

mismas que utilizan un sistema CRDI DENSO.

3. SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL

La novedad de este sistema, en comparación al mecánico, es su gestión electrónica, desde el tiempo de inyección hasta la cantidad de combustible inyectada, adicionalmente este sistema de inyección permite cumplir las regulaciones de contaminación europeas que han sido implantadas desde 1992 con el fin de reducir los niveles de contaminación de los automotores, los requerimientos de estas normas han ido evolucionando en lo que a exigencias se refiere, como lo muestra la Imagen 2.

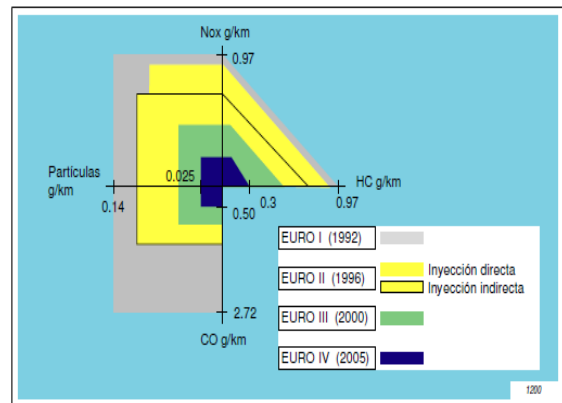


Imagen 2 Exigencias contaminantes de las normas EURO

Fuente: Manual Common Rail Delphi 2007

Ahora bien, con el paso del tiempo y el avance tecnológico en los sistemas de inyección a Diésel, se ha logrado pasar de un sistema manual a un sistema controlado electrónicamente, de esta manera el sistema CRDI permite ajustar con precisión el caudal inyectado, el avance, el grado de introducción y la presión de inyección en función de las

² <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

³ <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

⁴ <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

⁵ <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

⁶ <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>

necesidades del motor para todas las condiciones de funcionamiento.⁷

¿Cómo se logró este gran avance?, de acuerdo con la Tabla 1, se ha conseguido cambiar una sola inyección regulada mecánicamente, a tener cinco inyecciones casi simultáneas reguladas electrónicamente.

Tipo de inyector	Avance	Cantidad inyectada	Número de inyección
DPC	Fijada mecánicamente	Fijada mecánicamente	1
DPC-N	Gestionada electrónicamente	Fijada mecánicamente	1
EP/C	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	1
COMMON RAIL	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	5

Tabla 1 Tipos de inyección

Fuente: Manual Common Rail Delphi 2007

En la Imagen 3 se observan las variantes de los diferentes tipos de inyección de los sistemas Delphi, y gráficamente se evidenciará el avance, desde los sistemas convencionales hasta llegar al sistema CRDI.

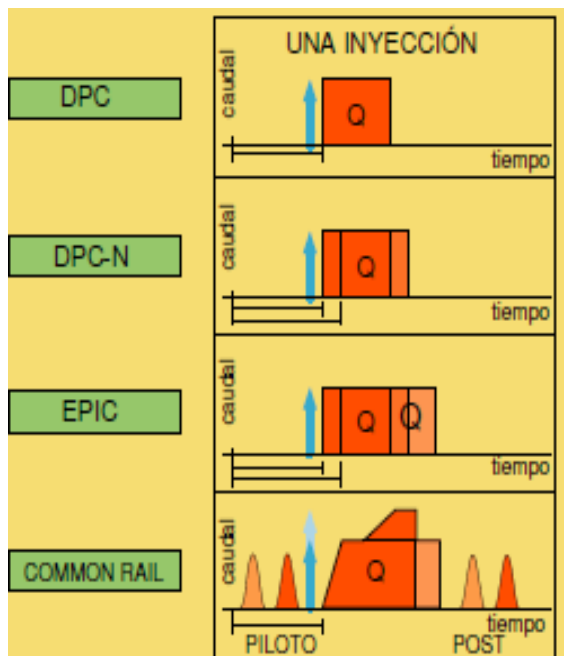


Imagen 3 Particularidades de los diferentes sistemas Delphi

Fuente: Manual Common Rail Delphi 2007

En función a la Tabla 1 e Imagen 3, se puede notar que este sistema de inyección es mucho más sofisticado que los sistemas de inyección convencionales, adicionalmente que maneja presiones de trabajo más elevadas. Este sistema trabaja con una bomba de alta presión, la cual se encarga de presurizar al diésel desde 15.000 a 30.000 PSI (1.034 a 2.070 bar) dependiendo del tipo de vehículo en el que se encuentre instalado el sistema; éste combustible es transportado hacia la riel de inyección (Common Rail), la misma que se encarga de tener disponible el combustible, para que este sea entregado a los inyectores y posteriormente a cada uno de los cilindros. Para controlar esta presión, el sistema cuenta con una válvula de sobrepresión que se encarga de liberar el exceso de presión de combustible, hacia el tanque de combustible, de esta manera solamente se utiliza el combustible necesario dependiendo de los requerimientos del motor y del tipo de conducción del vehículo; cabe mencionar que toda esta regulación de presiones y trabajo del sistema de inyección es gestionado electrónicamente por medio del ECU (Unidad de Control Electrónico), la misma que se encarga de recibir la información de varios sensores, como el CKP (CrankShaft Position Sensor), CMP (CamShaft Position Sensor), IAT (Intake Air Temperature), MAF (Mass Flow Sensor), MAP (Manifold Absolute Pressure Sensor), pedal del acelerador, sensor de presión del turbo, presión barométrica; esta información se procesa en la ECU (de acuerdo a la programación y calibración dada por el fabricante del vehículo que utiliza éste sistema, y en la región o país en donde se comercializan dichos vehículos). Finalmente, con la información procesada, entran en acción los actuadores: inyector, válvula reguladora de presión, unidad de control de tiempo de incandescencia, EGR (Exhaust Gas Recirculation), Turbo compresor; de esta manera, actualmente podemos contar con vehículos con motores más potentes y menos contaminantes, gracias a la gestión electrónica y al avance tecnológico que los componentes del sistema de inyección han alcanzado desde sus inicios.

⁷ DDGX200(E). Manual Common Rail, Principios de funcionamiento Delphi Bosch Edición 1, 2007, p 1-5.

4. COMPONENTES DEL SISTEMA CRDI

En este amplio campo de la industria automotriz contamos con tres grandes fabricantes de sistemas CRDI: Bosch, Delphi y Denso, los cuales, a pesar de ser diferentes marcas, tienen el mismo principio de funcionamiento y componentes, los mismos que se verán en forma general en la Imagen 4.

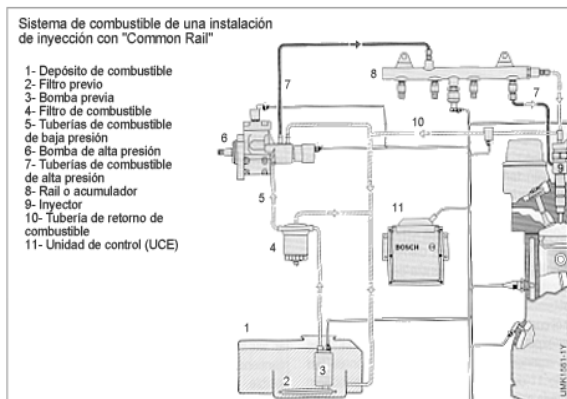


Imagen 4 Componentes del sistema CRDI

Fuente:

http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail2.htm

Este sistema de inyección trabaja con dos presiones: baja presión y alta presión. La baja presión es la que se genera desde el tanque de combustible, normalmente se utiliza una electrobomba, la cual se encarga de mantener el sistema con combustible para alimentar a la bomba de alta presión Imagen 5.

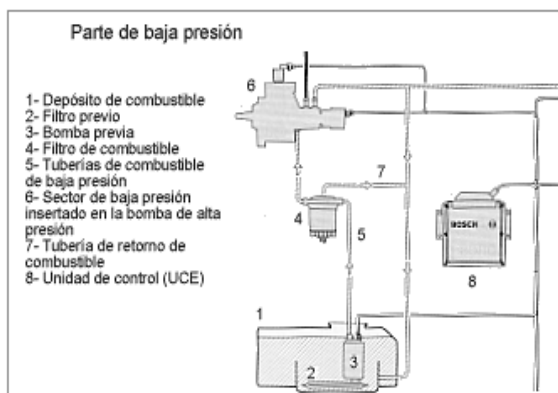


Imagen 5 Componentes de la alimentación de baja presión

Fuente:

http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail2.htm

Cuando el sistema de combustible se encuentra alimentado, entra en acción la alta presión, la cual se genera por medio de una bomba de émbolos que se encuentra acoplada directamente en el motor, ya sea con una conexión directa a la rueda dentada, cadena o una correa dentada. Esta bomba se encarga de mantener la presión elevada en el riel de los inyectores, para posteriormente alimentar de combustible a los inyectores y que estos alimenten a los cilindros del motor, como se puede ver en la Imagen 6.

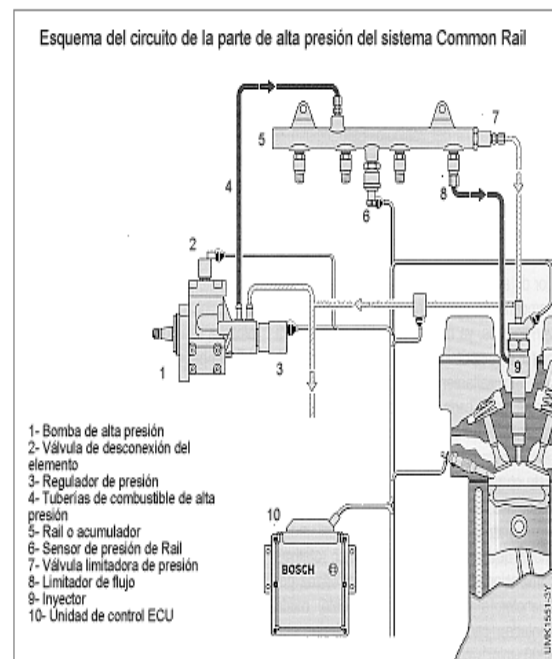


Imagen 6 Componentes de la alimentación de alta presión

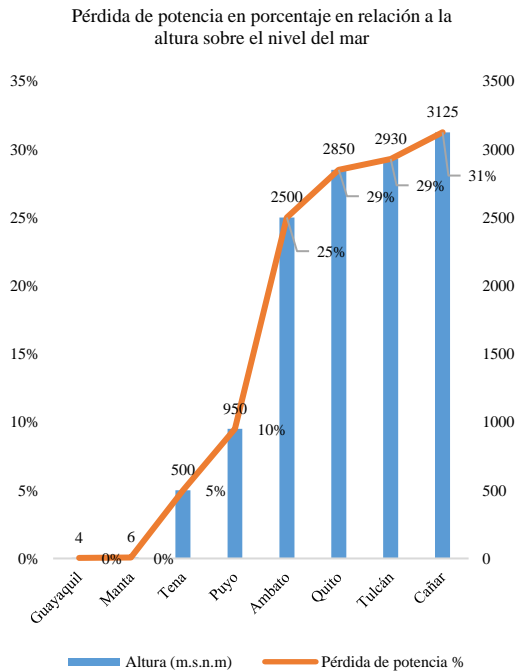
Fuente:

http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail3.htm

5. INFLUENCIA DE LA ALTURA GEOGRÁFICA EN EL FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO

Después de haber comprendido estas variables que intervienen tanto en los motores a gasolina como en los motores a diésel, se procedió a analizar la influencia de la altura geográfica en la potencia desarrollada por el motor, y cómo se compensa esta pérdida de potencia en los motores. Para eso, existe una regla empírica que enuncia que por cada 100 m de altura se pierde aproximadamente el 1%

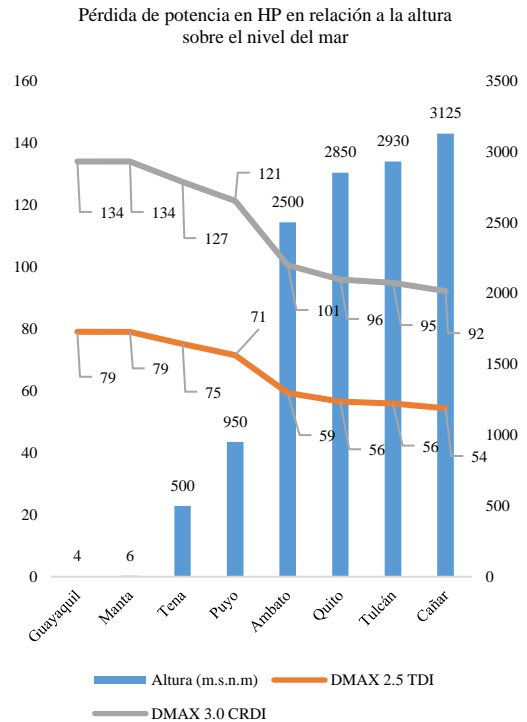
de potencia⁸; mediante una gráfica se observará cuál sería la pérdida de potencia en las principales ciudades del país, en consideración a la altura con respecto al nivel del mar de acuerdo con la Gráfica 1.



Gráfica 1 Pérdida de potencia en porcentaje en relación a la altura sobre el nivel del mar
Fuente: Autores

Mediante la regla empírica, se puede ver cómo se reduce la potencia de un vehículo dependiendo de la altura sobre el nivel del mar en el cual se encuentre este; a continuación, se muestra la pérdida de potencia que tendrán dos camionetas: la primera es una Pickup DMAX TDI diésel 2.500 cc con 79 HP y la segunda, una camioneta Pickup DMAX CRDI diésel 3.000 cc con 134 HP.

Como se observa en la Gráfica 2, conforme se eleva la altura sobre el nivel del mar del lugar donde se encuentra el vehículo, la potencia disminuye conforme al porcentaje de pérdida de potencia visto en la Gráfica 1; esta pérdida de potencia se da básicamente por la falta de oxígeno que existe en función de la elevación del terreno sobre el nivel del mar.



Gráfica 2 Pérdida de potencia en HP en relación a la altura sobre el nivel del mar
Fuente: Autores

De acuerdo a lo analizado en las gráficas anteriores, se puede resaltar que, con la altura geográfica, se modifica la densidad del aire y por ende la concentración másica del oxígeno, provocando un cambio en la mezcla estequiométrica (aire/combustible), de esta manera se procede a analizar las diferentes variables que intervienen en la corrección de este normal funcionamiento del motor, y así disminuir al máximo la pérdida de potencia sin importar la altura a la cual se encuentra el automotor.

6. SISTEMA CRDI DENSO UTILIZADO EN LAS CAMIONETAS DMAX 3.0 CRDI

Como se mencionó anteriormente, la camioneta utilizada para este estudio es la Pickup DMAX 3.0, Imagen 7, la cual posee un sistema CRDI de la marca DENSO.

⁸ WOLFGANG F. Manual de la técnica del automóvil Bosch 3ª Edición, 1999, p 402-403.



Imagen 7 Camioneta DMAX 2019 utilizada para pruebas

Fuente: Autores

La misma cuenta con una bomba de alta presión HP3, Imagen 9, e inyectores de segunda generación de múltiples inyecciones, Imagen 10. Este sistema de inyección cuenta con una sofisticada gestión electrónica, tal es el caso que los inyectores son programados electrónicamente, Imagen 11, para trabajar con las presiones y anchos de pulso, dependiendo de las necesidades del motor; en este caso, tenemos una bomba de alta presión e inyectores que trabajan a 26.000 PSI.

	1996	1998	2000	2002	2004	2006
Common Rail System	1st Generation Common Rail System			2nd Generation Common Rail System		
Large Trucks						
Medium-Size Trucks						
Compact Trucks						
Passenger Vehicles						

Imagen 8 Tipos de bombas de alta presión DENSO

Fuente: Denso Service Manual (CRS)

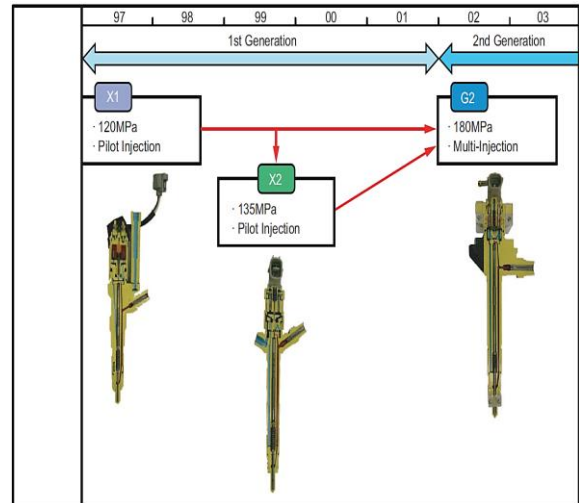


Imagen 9 Tipos de inyectores DENSO

Fuente: Denso Service Manual (CRS)

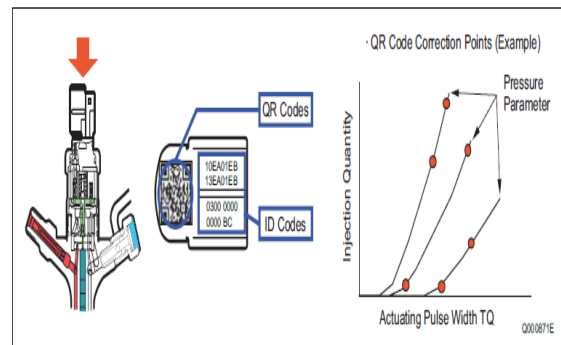


Imagen 10 Código QR de programación de los inyectores

Fuente: Denso Service Manual (CRS)

Este sistema de inyección no necesita ningún tipo de regulación o calibración para trabajar óptimamente, independientemente de las condiciones de trabajo o las necesidades de carga del motor, ya que todos los parámetros de trabajo se encuentran programados en la ECU.

7. PRUEBAS

Para poder determinar todos los elementos que intervienen en el funcionamiento para cumplir con el suministro de combustible hacia los cilindros, independiente a la altura que se encuentre el vehículo, se debe establecer un protocolo de pruebas y ponerlo en práctica a distintos niveles sobre el mar. En este caso el estudio se lo realizó en la ciudad de Quito (2.850 m.s.n.m.), en la ciudad de Manta (6 m.s.n.m.) y en la ciudad de Crucita (24 m.s.n.m.).

7.1. PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS

El protocolo de pruebas para realizar el análisis en esta camioneta será el siguiente:

1. Calentar el motor hasta los 85°C.
2. El trayecto de conducción será de 1 km.
3. La carretera debe ser recta, evitar desniveles o pendientes y condiciones que obliguen a desacelerar el motor.
4. La conducción debe hacerse desde la posición neutro hasta llegar a la marcha N° 5.
5. El cambio de marchas se lo realizará a las 3.000 R.P.M.
6. Se utilizará el equipo IDSS (Isuzu Diagnostic Service System), Imagen 11, para capturar toda la información resultante de las pruebas.



Imagen 11 IDSS (Isuzu Diagnostic Service System)

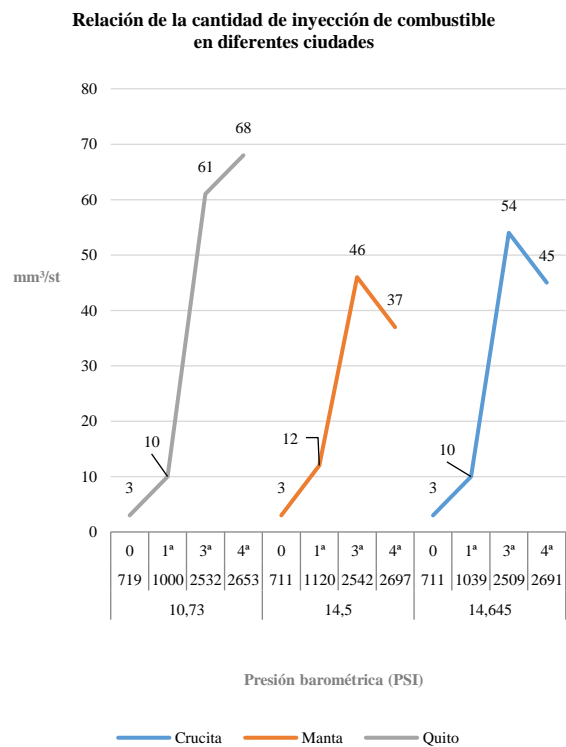
Fuente: Autores

8. RESULTADOS

Una vez realizadas las pruebas en las tres ciudades antes mencionadas (Quito, Manta y Crucita), se elaboran las evaluaciones de los resultados obtenidos, con el fin de determinar

los componentes que intervienen en el sistema de inyección de combustible, para evitar la pérdida de potencia que se genera por el cambio de altura geográfica.

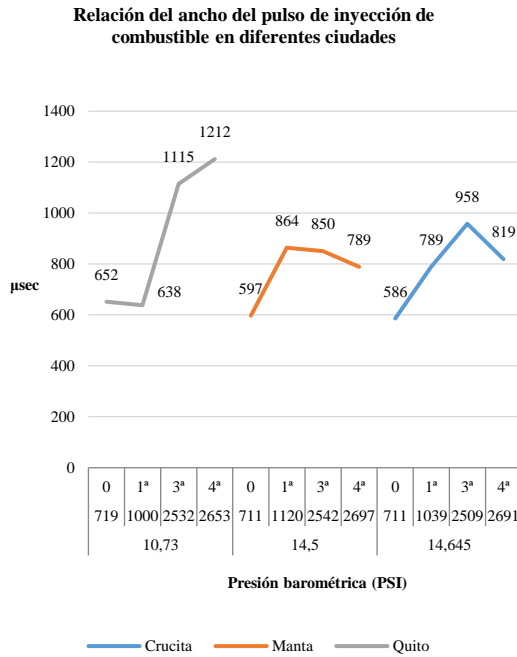
Para el análisis de estos datos se procede a tomar en cuenta tres características que deben ser en lo posible constantes en las tres ciudades, como lo muestra la Gráfica 3, para poder realizar un análisis adecuado; siendo estas: régimen del motor (R.P.M.), presión barométrica (PSI), marcha de la caja de cambios. A estas características se las comparó con la cantidad de combustible inyectado (mm^3/st), medido en caudal volumétrico (mm^3) en condiciones estándar (st). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



Gráfica 3 Relación de la cantidad de inyección de combustible en diferentes ciudades

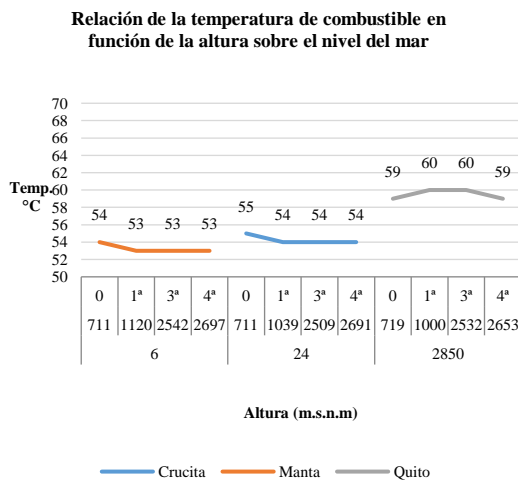
Fuente: Autores

Otra comparación válida es contraponer las mismas características ya mencionadas, con relación al ancho del pulso del inyector (μsec), las cuales se muestran en la Gráfica 4, ya que el desempeño del vehículo depende de la cantidad de combustible que se inyecta a cada uno de los cilindros:



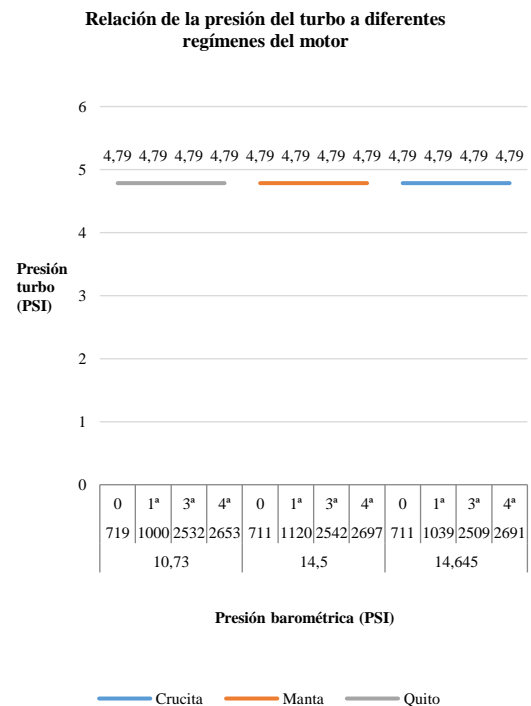
Gráfica 4 Relación del ancho del pulso de inyección de combustible en diferentes ciudades
Fuente: Autores

Un dato muy interesante encontrado en el análisis, es la temperatura de trabajo del combustible, como se puede observar en la Gráfica 5, en la ciudad de Quito la temperatura del combustible es aproximadamente 6 °C mayor al de las ciudades de Manta o Crucita, sin embargo, esta temperatura no afecta en la potencia, ni tampoco en el consumo de combustible.



Gráfica 5 Relación de la temperatura de combustible en función de la altura sobre el nivel del mar
Fuente: Autores

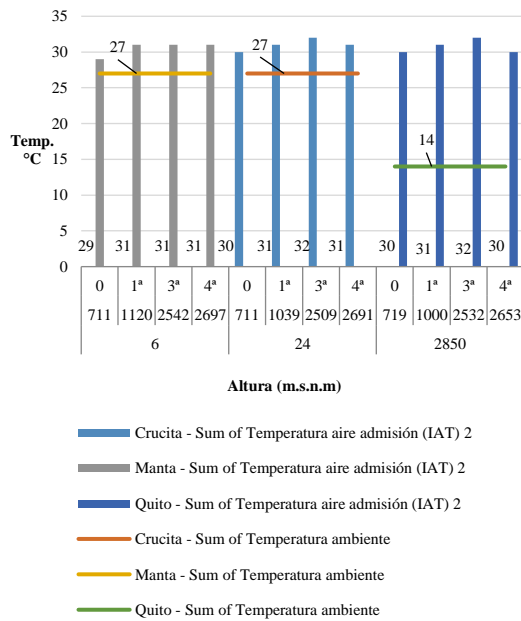
La presión de carga del turbocompresor (PSI) en el colector de admisión es controlada electrónicamente por la ECU por medio del sensor de sobrepresión, la misma que compensa la presión de carga actuando sobre la electroválvula de control de presión del turbo cuando la camioneta circula por altitudes elevadas o con diferentes temperaturas climáticas. De esta manera la potencia no disminuye, aunque varíe la presión atmosférica o la temperatura externa al vehículo, como se evidencia en la Gráfica 6.



Gráfica 6 Relación de la presión del turbo a diferentes regímenes del motor
Fuente: Autores

El intercooler también realiza una función de suma importancia en el vehículo, ya que este se encarga de mantener al aire a una temperatura constante, sin importar la temperatura ambiente y la temperatura del aire que ingresa después del turbo al múltiple de admisión, de esta manera se puede ver que la temperatura del aire registrada en el sensor IAT (Intake Air Temperature) se mantiene constante sin variación, como se ve en la Gráfica 7.

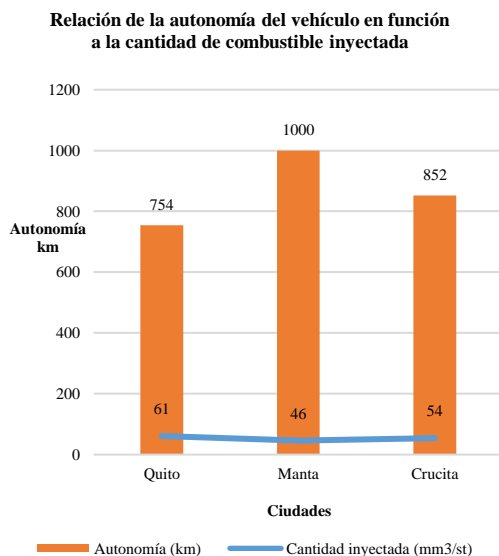
Relación de la temperatura ambiente y en el IAT en función de la altura sobre el nivel del mar



Gráfica 7 Relación de la temperatura ambiente y en el IAT en función de la altura sobre el nivel del mar

Fuente: Autores

Con todos los datos obtenidos también se puede estimar el consumo de combustible que tendría la camioneta considerando las tres ciudades ya mencionadas, como se puede observar en la Gráfica 8, a mayor altura, mayor consumo de combustible.



Gráfica 8 Relación de la presión del turbo a diferentes regímenes del motor

Fuente: Autores

9. CONCLUSIONES

- Gracias al avance tecnológico en los sistemas de inyección, la pérdida de potencia de un motor moderno es realmente imperceptible y no se deben hacer cambios mecánicos en el sistema para poder alcanzar el máximo desempeño de un vehículo, ya que la gestión electrónica se encarga de realizar estas correcciones evitando dichas pérdidas que son compensadas por un consumo de combustible mayor en las ciudades de altura, y menor consumo en las ciudades al nivel del mar.
- Las compensaciones con consumo de combustible no afectan de ninguna manera a la emisión de gases contaminantes, ya que se busca alcanzar motores más eficientes que cumplan las regulaciones ambientales europeas, por tal razón cuentan con sistemas de recirculación de gases, para disminuir los efectos contaminantes de la combustión.
- La temperatura del combustible no interviene en la compensación de la potencia en diferentes alturas.
- La presión atmosférica existente en las diferentes ciudades del Ecuador donde se realizaron las pruebas influye sobre el rendimiento de los vehículos, no obstante, el control electrónico ayuda a estabilizar esas diferencias de altura sobre el nivel del mar, obteniendo una diferencia del 26% aproximadamente en consumo de combustible entre las ciudades de la región sierra y costa, dándole una autonomía propia a los sistemas electrónicos de inyección.
- El turbocompresor cumple la función de sobrealimentar al motor para que sea más eficiente, pero se comprueba que influye indirectamente sobre la cantidad de combustible inyectado, ya que la presión de aire que ingresa a los cilindros es constante a cualquier régimen y condición que el vehículo se encuentre, gracias a las diferentes válvulas reguladoras de presión.
- El intercooler cumple una función importantísima en este tipo de vehículos ya que se encarga de mantener al aire ingresado a la cámara de combustión a una temperatura constante,

independientemente de la temperatura ambiente y de la temperatura de los gases del turbocompresor.

- Los motores que utilizan estos sistemas presentan autonomías de hasta 1000 km por tanqueada, pero la altura sobre el nivel del mar si interviene, mientras más elevada sea la ciudad en donde se encuentra este vehículo, menor será esta autonomía.
- Ha sido posible evidenciar la evolución de estos sistemas con una respuesta más precisa a los requerimientos que conllevan a una mejora en la combustión y por ende a las prestaciones del motor, tanto en potencia, consumo y ruido.

10. BIBLIOGRAFÍA

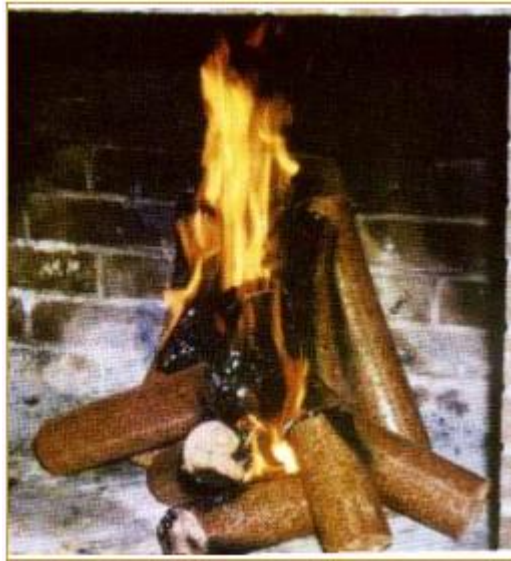
- WOLFGANG F. Manual de la técnica del automóvil Bosch 3ª Edición, 1999.
- CORTEZ A. Mecánica Diesel Inyectores Hidráulicos, Volumen 22, 1983.
- ISUZU, Manual de servicio serie TF.
- PORTILLA A., JÁCOME P. Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo Otto, de inyección electrónica de gasolina, Artículo EPN.
- ORELLANA O. Estudio e implementación de área para pruebas y calibración de inyectores mecánicos diésel, Tesis UIDE.
- JÁCOME A. Banco para la comprobación de inyectores diésel: Denso, Delphi y Bosch del sistema CRDI, Tesis ESPE.
- MARTINEZ J., ROBLES L. Estudio del comportamiento de las variables de un motor de inyección electrónica respecto a la altura sobre el nivel del mar, Tesis EPN.
- ZEMPETC, Tabla calibración de inyectores Common Rail.
- BOSCH, Sistemas de Inyección Diesel.
- ISUZU, Workshop Manual TFR/TFS.
- DELPHI, Manual Common Rail principios de funcionamiento.
- KIA MOTORS, Common Rail – Delphi Manual de entrenamiento de servicio 1ª edición.
- G. G. Reyes-Campaña, J. A. Castillo-Reyes, A. J. Escalante-Quezada, “Determinación de torque y potencia de un motor de combustión interna utilizando diferentes mezclas parciales de biodiesel”, Ingeniería Solidaria, vol. 12, no. 20, pp. 23-31, oct. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v19i20.1413>
- BOSCH, Sistemas Modernos de Inyección a Diesel, Unidades Completas y su despiece.
- BOSCH, Inyectores Bosch, Soluciones completas en diagnósticos y piezas de reposición para todos los sistemas.
- AUDI, Motor TDI de 2,8 ltr. Con sistema de inyección Common Rail.
- E. P. León-Cuadrado, J. A. Castillo-Reyes, Estudio de la tecnología en el control de emisiones de gases contaminantes.
- Gestión electrónica diésel, PDF.
- DENSO, Service Manual, 2007.
- <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Combustion.htm>
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/diesel-sistemas.htm>
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/bomba-ve.htm>
- http://www.aficionadosalamecanica.net/bombas_de_inyeccion.htm#bombaelectronica
- http://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts_and_accessories/motor_and_systems/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts.html
- http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail.htm

11. ANEXOS

11.1. ANEXOS INTRODUCCIÓN

11.1.1 COMBUSTIÓN

El oxígeno tiene la capacidad de combinarse con diversos elementos para producir óxidos. Por ende, oxidación es la combinación del oxígeno con otra sustancia. Existen oxidaciones que son sumamente lentas, como por ejemplo la del hierro. Cuando la oxidación es rápida se llama combustión.



Pues bien, la combustión se refiere a las reacciones químicas que se establecen entre cualquier compuesto y el oxígeno. A esto también se le llama reacciones de oxidación.

De este tipo de proceso se desprenden energía lumínica y calórica y se llevan a cabo rápidamente.

Cabe destacar que los organismos vivos, para producir energía, utilizan una combustión controlada de los azúcares. (Ver Combustión a nivel celular).

El material que arde, como el kerosén y el alcohol, es el combustible y el que hace arder, como el oxígeno, se llama comburente.

Ignición es el valor de temperatura que debe presentar el sistema fisicoquímico para que se pueda dar la combustión de manera natural.

El proceso termina cuando se consigue el equilibrio entre la energía de los compuestos que reaccionan y la de los productos de la reacción. Con el punto de ignición se alcanza la temperatura de inflamación, activado por la energía de una chispa o por la llama de un fósforo.



Triángulo de la combustión. Si uno de los tres factores se elimina, el fuego se extingue. Son el carbono y el hidrógeno (hidrocarburos) elementos que entran en combustión más fácilmente. El heptano, propano y el metano -entre otros- son sustancias que se utilizan como combustibles, es decir, como fuentes de calor proporcionados por la combustión.

En síntesis, la combustión se produce cuando convergen los siguientes factores:

-El combustible, es decir, el material que arde (gas, alcohol, carbón, madera, plástico).

-El comburente, el material que hace arder (oxígeno).

-La temperatura de inflamación, la temperatura más baja a la cual el material inicia la combustión para seguir ardiendo.

A modo de resumen



Cuando una sustancia se quema (arde) se produce un fenómeno llamado combustión.

La combustión es un proceso de transformación de la materia que se inicia con un aporte de energía y que, en presencia de oxígeno, da lugar a la formación de nuevas sustancias y a la liberación de energía en forma de calor y luz.

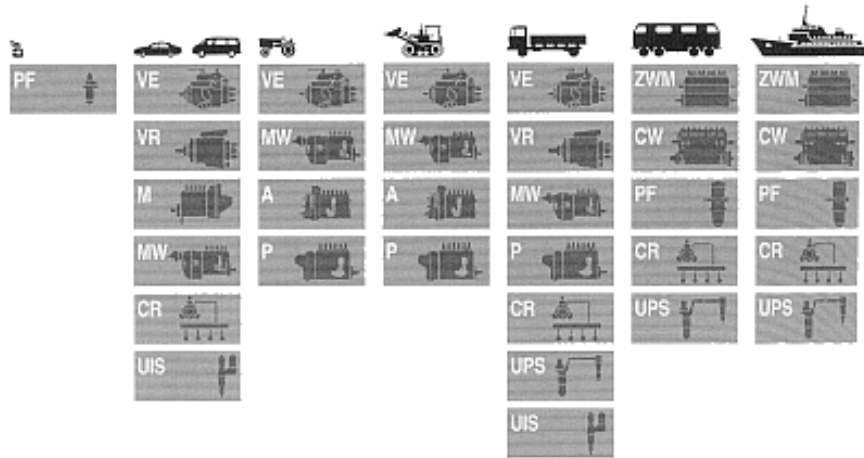
Cuando se quema un papel, el aporte de energía lo proporciona la llama; la reacción ocurre en presencia del aire, el cual contiene oxígeno.

Al producirse la reacción química entre el combustible, en este caso el papel (el que arde) y el comburente, oxígeno (el que hace arder) se obtienen como productos de la reacción química, en general, CO_2 , H_2O y cenizas que corresponden al residuo mineral del papel.

La masa inicial del papel se transformó entonces en cenizas y gases que fueron liberados a la atmósfera. Además, se produce calor y luz.

11.1.2 SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL, BOSCH

Campos de aplicación de los sistemas de inyección diésel, Bosch.



M, MW, A, P, ZWM, CW: son bombas de inyección en línea de tamaño constructivo ascendente.

PF: bombas de inyección individuales.

VE: bombas de inyección rotativas de émbolo axial.

VR: bombas de inyección rotativas de émbolos radiales.

UPS: unidad de bomba-tubería-inyector.

UIS: unidad de bomba-inyector.

CR: Common Rail.

Para vehículos de gran tamaño como locomotoras barcos y vehículos industriales se utilizan motores Diésel, alimentados con sistemas de inyección regulados mecánicamente. Mientras que para turismos y también vehículos industriales los sistemas de inyección se regulan electrónicamente por una regulación electrónica diésel (EDC).

Propiedades y datos característicos de los sistemas de inyección diésel.

Sistemas de inyección ejecución	Inyección				Datos relativos al motor			
	Caudal inyección por carrera (mm ³)	Presión max. (bar)	m e em MV	DI/IDI	VE/NE	nº cilindros	nº r.p.m	Potencia max. x cilindro (kW)
Bombas de inyección en línea								
M	60	550	m, e	IDI	-	4...6	5000	20
A	120	750	m	DI/IDI	-	2...12	2800	27
MW	150	1100	m	DI	-	4...8	2600	36
P 3000	250	950	m, e	DI	-	4...12	2600	45
P 7100	250	1200	m, e	DI	-	4...12	2500	55
P 8000	250	1300	m, e	DI	-	6...12	2500	55
P 8500	250	1300	m, e	DI	-	4...12	2500	55
H 1	240	1300	e	DI	-	6...8	2400	55
H 1000	250	1350	e	DI	-	5...8	2200	70
Bombas de inyección rotativas								
VE	120	1200/350	m	DI/IDI	-	4...6	4500	25

VE...EDC	70	1200/350	e, em	DI/IDI	-	3.....6	4200	25
VE...MV	70	1400/350	e, MV	DI/IDI	-	3.....6	4500	25
Bombas de inyección rotativas de émbolos axiales								
VR...MV	135	1700	e, MV	DI	-	4, 6	4500	25
Bombas de inyección de un cilindro								
PF(R)...	150.... 18000	800... 1500	m, em	DI/IDI	-	cualquiera	300... 2000	75..... 1000
UIS 30 2)	160	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	45
UIS 31 2)	300	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	75
UIS 32 2)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	80
UIS-P1 3)	62	2050	e, MV	DI	VE	8 3a)	5000	25
UPS 12 4)	150	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	35
UPS 20 4)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	80
UPS (PF(R))	3000	1400	e, MV	DI	VE	6.....20	1500	500
Sistema de inyección de acumulador Common Rail								
CR 5)	100	1350	e, MV	DI	VE(5a)/NE	3.....8	5000 5b)	30
CR 6)	400	1400	e, MV	DI	VE(6a)/NE	6.....16	2800	200

Tipo de regulación:

m mecánicamente; **e** electrónicamente; **em** electromecánicamente; **MV** electroválvula.

DI: inyección directa; **IDI:** inyección indirecta. **VE:** inyección previa; **NE:** inyección posterior. 2) **UIS** unidad de bomba-inyector para vehículos industriales; 3) **UIS** para turismos; 3a) con dos unidades de control es posible también número mayor de cilindros; 4) **UPS** unidad de bomba tubería-inyector para vehículos industriales y autobuses; 5) **CR** Common Rail 1ª generación para turismos y vehículos industriales ligeros; 5a) hasta 90° kW (cigüeñal) antes del PMS elegible libremente; 5b) hasta 5500 rpm en marcha con freno motor; 6) **CR** para vehículos industriales, autobuses y locomotoras diésel; 6a) hasta 30° kW antes del PMS.

Tipos de sistemas de inyección:

Bombas de inyección en línea

Estas bombas disponen por cada cilindro del motor de un elemento de bombeo que consta de cilindro de bomba y de émbolo de bomba. El émbolo de bomba se mueve en la dirección de suministro por el árbol de levas accionado por el motor, y retrocede empujado por el muelle del émbolo. Los elementos de bomba están dispuestos en línea. La carrera de émbolo es invariable. Para hacer posible una variación del caudal de suministro, existen en el émbolo aristas de mando inclinadas, de forma tal que, al girar el émbolo mediante una varilla de regulación, resulte la carrera útil deseada. Entre la cámara de alta presión de bomba y el comienzo de la tubería de impulsión, existen válvulas de presión adicionales según las condiciones de inyección. Estas válvulas determinan un final de inyección exacto, evitan inyecciones ulteriores en el inyector y procuran un campo característico uniforme de bomba.



Bomba en línea tipo PE para 4 cilindros

Bomba de inyección en línea estándar PE

El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra por la arista superior del émbolo. Una arista de mando dispuesta de forma inclinada en el émbolo, que deja libre la abertura de aspiración, determina el caudal de inyección. La posición de la varilla de regulación es controlada con un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un mecanismo actuador eléctrico.

Bomba de inyección en línea con válvula de corredera

Esta bomba se distingue de una bomba de inyección en línea convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador convencional, con lo cual puede modificarse la carrera previa, y con ello también el comienzo de suministro o de inyección. La posición de la válvula corredera se ajusta en función de diversas magnitudes influyentes. En comparación con la bomba de inyección en línea estándar PE, la bomba de inyección en línea con válvula de corredera tiene un grado de libertad de adaptación adicional.

Bombas de inyección rotativas

Estas bombas tienen se sirven de un regulador de revoluciones mecánico para regular el caudal de inyección, así como de un regulador hidráulico para variar el avance de inyección. En bombas rotativas controladas electrónicamente se sustituyen los elementos mecánicos por actuadores electrónicos. Las bombas rotativas solo tienen un elemento de bombeo de alta presión para todos los cilindros.



Bomba de inyección rotativa de émbolo axial.

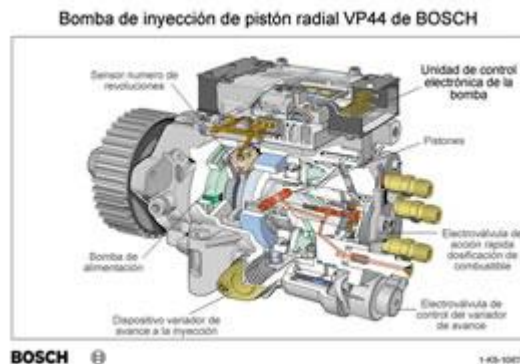
Esta bomba consta de una bomba de aletas que aspira combustible del depósito y lo suministra al interior de la cámara de bomba. Un émbolo distribuidor central que gira mediante un disco de levas, asume la generación de presión y la distribución a los diversos cilindros. Durante una vuelta del eje de accionamiento, el émbolo realiza tantas carreras como cilindros del motor a de abastecer. Los resaltes de leva en el lado inferior del disco de leva se deslizan sobre los rodillos del anillo de rodillos y originan así en el émbolo distribuidor un movimiento de elevación adicional al movimiento de giro. En la bomba rotativa convencional de émbolo axial VE con regulador mecánico de revoluciones por fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador regulado electrónicamente, existe una corredera de regulación que determina la carrera útil y dosifica el caudal de inyección. El comienzo de suministro de la bomba puede regularse mediante un anillo de rodillos (variador de avance). En la bomba rotativa de émbolo axial controlada por electroválvula, existe una electroválvula de alta presión controlada electrónicamente, que dosifica el caudal de inyección, en lugar de la corredera de inyección. Las señales de control y regulación son procesadas en dos unidades de control electrónicas

ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). El número de revoluciones es regulado mediante la activación apropiada del elemento actuador.



Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales

Esta bomba se caracteriza por utilizar émbolos radiales para generar presión. Pueden ser dos o cuatro émbolos radiales que son accionados por un anillo de levas. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección. El comienzo de la inyección se regula mediante el giro del anillo de levas, con el variador de avance. Igual que en la bomba de émbolo axial controlada por electroválvula, todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas ECU (unidad de control de bomba y unidad de control de motor). Mediante la activación apropiada del elemento actuador se regula el número de revoluciones.



Bombas de inyección individuales

- **Bombas de inyección individuales PF**

Estas bombas (aplicadas en motores pequeños, locomotoras diésel, motores navales y maquinaria de construcción) no tienen árbol de levas propio, pero corresponden sin embargo en su funcionamiento a la bomba de inyección en línea PE. En motores grandes, el regulador mecánico-hidráulico o electrónico está adosado directamente al cuerpo del motor. La regulación del caudal determinada por él se transmite mediante un varillaje integrado en el motor.

Las levas de accionamiento para las diversas bombas de inyección PF, se encuentran sobre el árbol de levas correspondiente al control de válvulas del motor. Por este motivo no es posible la variación del avance mediante un giro del árbol de levas. Aquí puede conseguirse un ángulo de variación de algunos grados mediante la regulación de un elemento intermedio (por ejemplo, situando un balancín entre el árbol de levas y el impulsor de rodillo). Las bombas de inyección individuales son apropiadas también para el funcionamiento con aceites pesados viscosos.

- **Unidad bomba-inyector UIS**

La bomba de inyección y el inyector constituyen una unidad. Por cada cilindro del motor se monta una unidad en la culata que es accionada bien directamente mediante un empujador,

o indirectamente mediante balancín, por parte del árbol de levas del motor. Debido a la supresión de las tuberías de alta presión, es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2000 bar) que en las bombas de inyección en línea y rotativas. Con esta elevada presión de inyección y mediante la regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección), es posible una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diésel.



Sistema UIS



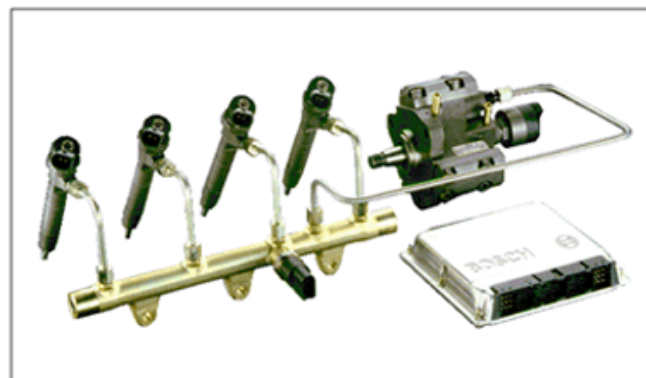
Sistema UPS

- **Unidad bomba-tubería-inyector UPS**

Este sistema trabaja según el mismo procedimiento que la unidad de bomba-inyector. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado modularmente. Contrariamente a la unidad bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema UPS dispone de una unidad de inyección por cada cilindro del motor, la cual es accionada por el árbol de levas del motor. Una regulación electrónica por campo característico del comienzo de inyección y de la duración de inyección (o caudal de inyección) aporta una reducción destacada de las emisiones contaminantes del motor diésel. En combinación con la electro-válvula de conmutación rápida, accionada electrónicamente, se determina la correspondiente característica de cada proceso de inyección en particular.

Sistema de inyección de acumulador Common Rail CR

En la inyección de acumulador "Common Rail" se realizan por separado la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y está a disposición en el "Rail" (acumulador). El momento y el caudal de inyección se calculan en la unidad de control electrónica ECU y se realizan por el inyector en cada cilindro del motor, mediante el control de una electroválvula.



BOSCH Common-rail

11.2. ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

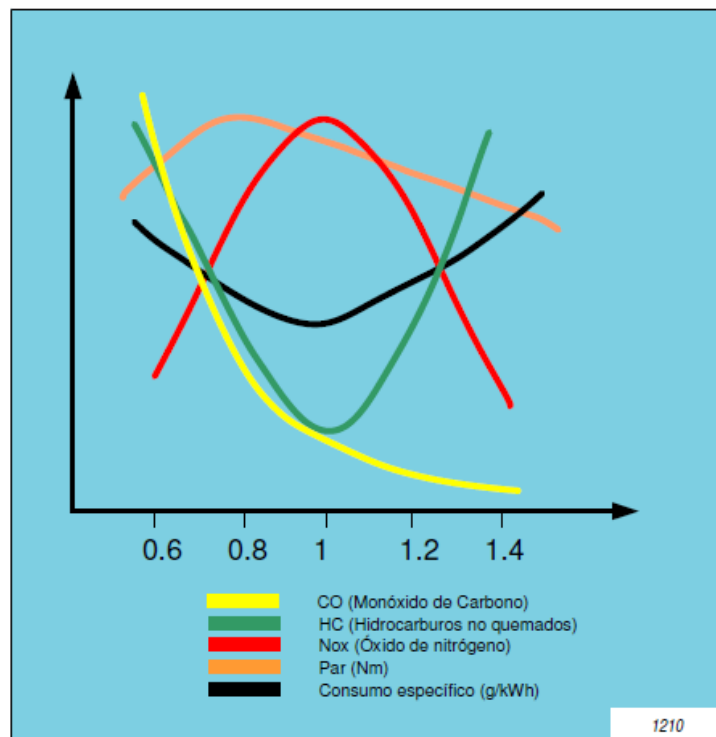
11.3.1 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES

COMBUSTIÓN

Comparativamente a un motor de gasolina, la mezcla aire/carburante en un motor diésel es mucho más homogénea ya que la inyección del gasóleo empieza un poco antes de la inflamación de la mezcla. El motor diésel funciona principalmente con un exceso de aire. Si el excedente de aire es demasiado bajo, las emisiones contaminantes aumentan.

Nota: El coeficiente de aire/carburante llamado comúnmente lambda (λ) es igual a 1 cuando la mezcla aire/carburante es estequiométrica (14.7/1). <1 Déficit de aire, mezcla rica >1 Exceso de aire, mezcla pobre

Nota: Algunos motores diésel vienen ya equipados con sonda lambda (λ), principalmente para corregir la deriva del caudalímetro y de los inyectores en la vía del vehículo



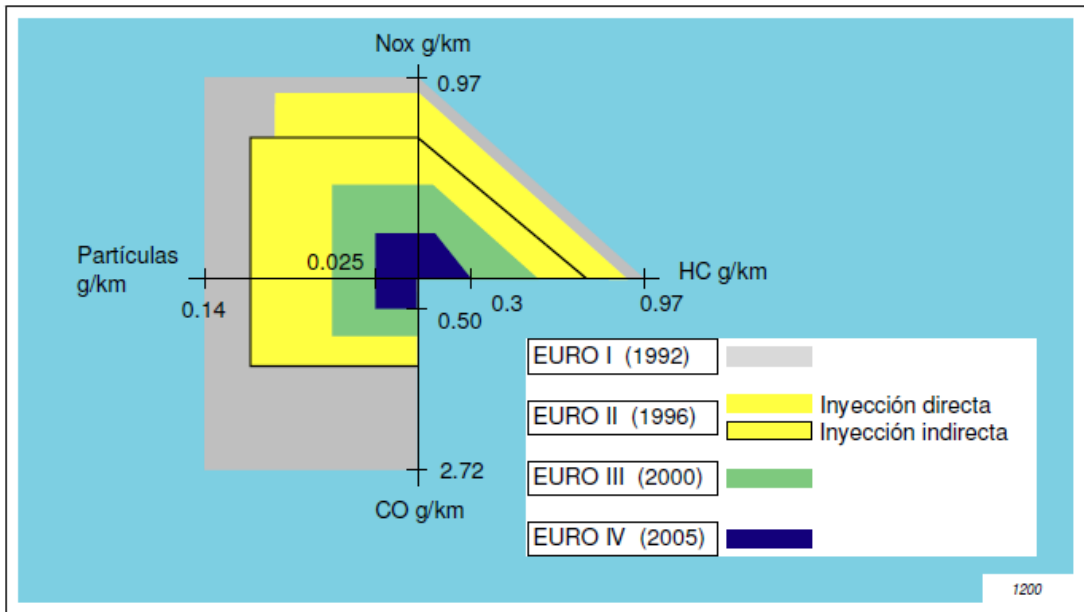
Influencia del λ en los contaminantes, el par y el consumo

NORMAS

Las normas anticontaminación regulan los contaminantes siguientes:

- Los óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Las partículas. (PM)
- El monóxido de carbono (CO).
- Los hidrocarburos no quemados (HC).

Nota: Estas normas se expresan en gramos por kilómetro (g/km). Han entrado en vigor desde 1992(EURO 1) y son actualizadas, por término medio, cada 4 años.



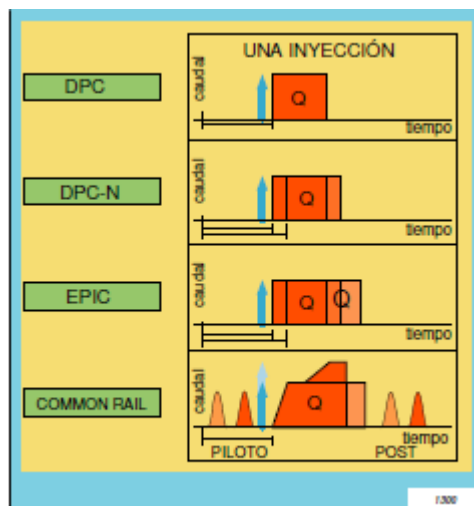
Emisiones en g/km

Normas (g/km)	Euro1	Euro2		Euro3	Euro 4	Euro 5
Motorizaciones	Diesel	IDI Diesel	DI Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
HC+NOx	0.97	0.7	0.9	0.56	0.3	0.23
++Circ. Ab.	2.72	1		0.64	0.5	0.5
PM	0.14	0.08	0.1	0.05	0.025	0.005
NOx	Sin normas	Sin normas		0.5	0.25	0.18

Nota: En 1996, con motivo del paso a las normas Euro2, las restricciones de emisión de HC y de partículas han sido menos severas para los motores de inyección directa (DI) en comparación con los motores de inyección indirecta (IDI). Las normas Euro 5 deberían entrar en vigor el 1 de septiembre de 2009.

REDUCCIÓN DEL CONSUMO

La reducción del consumo se obtiene mejorando el control de la combustión, es decir, adaptando el coeficiente de aire, el caudal inyectado, el avance y la presión de inyección en función de las necesidades del motor en toda la banda de funcionamiento. En relación a los sistemas de inyección convencionales, el sistema Common Rail aporta una flexibilidad de utilización que permite ajustar con precisión el caudal inyectado, el avance, el grado de introducción y la presión de inyección en función de las necesidades del motor para todas las condiciones de funcionamiento.



Particularidades de los diferentes sistemas Delphi

Tipo de inyector	Avance	Cantidad inyectada	Número de inyección
DPC	Fijada mecánicamente	Fijada mecánicamente	1
DPC-N	Gestionada electrónicamente	Fijada mecánicamente	1
EPIC	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	1
COMMON RAIL	Gestionada electrónicamente	Gestionada electrónicamente	5

11.2.2 COMMON RAIL

Un poco de historia

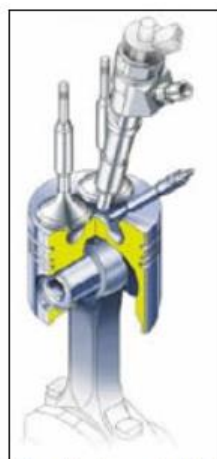
Hablar de common-rail es hablar de Fiat ya que esta marca automovilística es la primera en aplicar este sistema de alimentación en los motores diésel de inyección directa. Desde 1986 cuando apareció el Croma TDI, primer automóvil diésel de inyección directa del mundo. Se daba el primer paso hacia este tipo de motores de gasóleo que tenían una mayor eficacia de combustión.

Gracias a este tipo de motores, que adoptaron posteriormente otros fabricantes, los automóviles diésel podían garantizar mayores prestaciones y menores consumos simultáneamente. Quedaba un problema: el ruido excesivo del propulsor a bajos regímenes de giro y en los "transitorios".

Y es aquí donde comienza la historia del Unijet o, mejor dicho, el estudio de un sistema de inyección directa más evolucionado, capaz de reducir radicalmente los inconvenientes del excesivo ruido de combustión. Esta búsqueda llevará algunos años más tarde al Unijet, alcanzando mientras tanto otras ventajas importantes en materia de rendimiento y consumo.

Para resolver el problema, solamente existían dos posibilidades: conformarse con una acción pasiva y aislar después el motor para impedir la propagación de las ondas sonoras, o bien, trabajar de modo activo para eliminar el inconveniente en la fuente, desarrollando un sistema de inyección capaz de reducir el ruido de combustión.

Decididos por esta segunda opción, los técnicos del Grupo Fiat se concentraron inmediatamente en la búsqueda del principio del "Common-Rail", descartando después de análisis cuidadosos otros esquemas de la inyección a alta presión. Estos sistemas no permitían gestionar la presión de modo independiente respecto al número de revoluciones y a la carga del motor, ni permitían la preinyección, que son precisamente los puntos fuertes del Unijet.



Disposicion de un motor Unijet

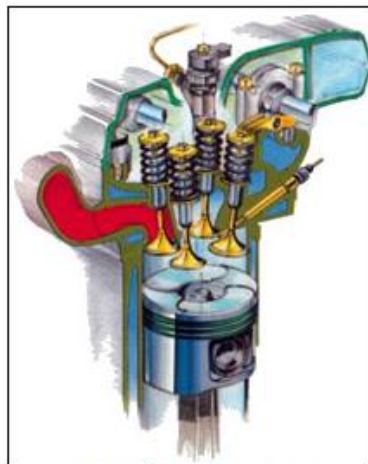
Nacido del trabajo de los investigadores de la Universidad de Zúrich, nunca aplicado anteriormente en un automóvil, el principio teórico sobre el que se inició el trabajo era simple y genial al mismo tiempo. Continuando con la introducción de gasóleo en el interior de un depósito, se genera presión

dentro del mismo depósito, que se convierte en acumulador hidráulico ("rail"), es decir, una reserva de combustible a presión disponible rápidamente.

Tres años después, en 1990, comenzaba la prefabricación del Unijet, el sistema desarrollado por Magneti Marelli, Centro de Investigación Fiat y Elasis sobre el principio del "Common Rail". Una fase que concluía en 1994, cuando Fiat Auto decidió seleccionar un socio con la máxima competencia en el campo de los sistemas de inyección para motores diésel. El proyecto se cedió posteriormente a Robert Bosch para la parte final del trabajo, es decir, la conclusión del desarrollo y la industrialización.

Así, once años después del Croma TDI, en octubre de 1997, llegó al mercado otro automóvil de récord: el Alfa 156 JTD equipado con un revolucionario turbodiésel que aseguraba resultados impensables hasta ese momento. Los automóviles equipados con este motor son increíblemente silenciosos, tienen una respuesta tan brillante como la de los propulsores de gasolina y muestran, respecto a un motor de precámara análogo, una mejora media de las prestaciones del 12%, además de una reducción de los consumos del 15%. El éxito de los Alfa 156 con motor JTD fue inmediato y rápidamente, además de ser empleado en otros modelos de Fiat Auto, muchas otras marcas automovilísticas adoptaron propulsores similares.

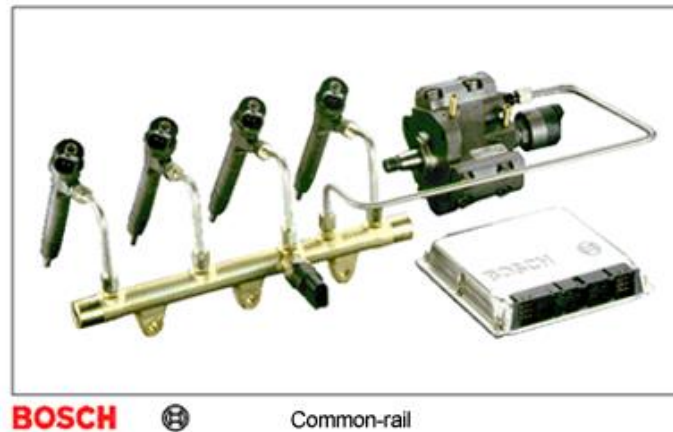
Ahora llega la segunda generación de los motores JTD, en los Multijet. El principio técnico sobre el que se basa el desarrollo del Multijet es simple. En los motores de tipo "Common Rail" (Unijet) se divide la inyección en dos fases una preinyección, o inyección piloto, que eleva la temperatura y la presión en el cilindro antes de hacer la inyección principal para permitir así una combustión más gradual, y resultando un motor más silencioso. El sistema Multijet evolución del principio "Common Rail" que aprovecha el control electrónico de los inyectores para efectuar, durante cada ciclo del motor, un número mayor de inyecciones respecto a las dos del Unijet. De este modo, la cantidad de gasóleo quemada en el interior del cilindro sigue siendo la misma, pero se reparte en más partes; de esta manera, se obtiene una combustión más gradual. El secreto del Multijet se basa en las características del diseño de centralita e inyectores que permiten realizar una serie de inyecciones muy próximas entre sí. Dicho proceso de inyección, desarrollado por los investigadores de Fiat Auto, asegura un control más preciso de las presiones y de las temperaturas desarrolladas en la cámara de combustión y un mayor aprovechamiento del aire introducido en los cilindros.



Disposición de un motor Multijet

Descripción del sistema

La técnica utilizada en el diseño del "Common Rail" está basada en los sistemas de inyección gasolina, pero adaptada debidamente a las características de los motores diésel de inyección directa. La palabra "Common Rail" puede traducirse como "rampa de inyección", es decir, se hace alusión al elemento característico del sistema de inyección gasolina. La diferencia fundamental entre los dos sistemas viene dada por el funcionamiento con mayores presiones de trabajo en los motores diésel, del orden de 1350 bar que puede desarrollar un sistema "Common Rail" a los menos de 5 bar que desarrolla un sistema de inyección gasolina.



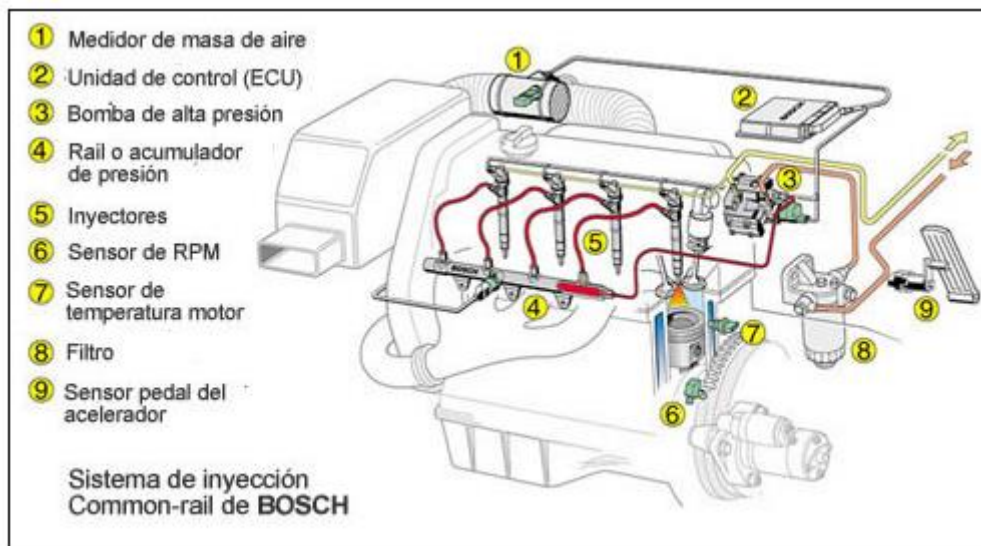
Funciones

El sistema de inyección de acumulador "Common Rail" ofrece una flexibilidad destacadamente mayor para la adaptación del sistema de inyección al funcionamiento motor, en comparación con los sistemas propulsados por levas (bombas rotativas). Esto es debido a que están separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El combustible para la inyección está a disposición en el acumulador de combustible de alta presión "Rail". El conductor preestablece el caudal de inyección, la unidad de control electrónica (UCE) calcula a partir de campos característicos programados, el momento de inyección y la presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) realiza las funciones en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula controlada.

La instalación de un sistema "Common Rail" consta:

- unidad de control (UCE),
- sensor de revoluciones del cigüeñal,
- sensor de revoluciones del árbol de levas,
- sensor del pedal del acelerador,
- sensor de presión de sobrealimentación,
- sensor de presión de "Rail",
- sensor de temperatura del líquido refrigerante,
- medidor de masa de aire.

La ECU registra con la ayuda de sensores el deseo del conductor (posición del pedal del acelerador) y el comportamiento de servicio actual del motor y del vehículo. La ECU procesa las señales generadas por los sensores y transmitidas a través de líneas de datos. Con las informaciones obtenidas, es capaz de influir sobre el vehículo y especialmente sobre el motor, controlando y regulando. El sensor de revoluciones del cigüeñal mide el número de revoluciones del motor, y el sensor de revoluciones del árbol de levas determina el orden de encendido (posición de fase). Un potenciómetro como sensor del pedal acelerador comunica con la UCE, a través de una señal eléctrica, la solicitud de par motor realizado por el conductor.



El medidor de masa de aire entrega información a la UCE sobre la masa de aire actual, con el fin de adaptar la combustión conforme a las prescripciones sobre emisiones de humos. En motores equipados con turbocompresor el sensor de presión de turbo mide la presión en el colector de admisión. En base a los valores del sensor de temperatura del líquido refrigerante y de temperatura de aire, a temperaturas bajas y motor frío, la UCE puede adaptar a las condiciones de servicio los valores teóricos sobre el comienzo de inyección, inyección previa y otros parámetros.

Funciones básicas

Las funciones básicas de un sistema "Common Rail" controlan la inyección del combustible en el momento preciso y con el caudal y presión adecuados al funcionamiento del motor.

Funciones adicionales

Estas funciones sirven para la reducción de las emisiones de los gases de escape y del consumo de combustible, o bien sirven para aumentar la seguridad y el confort. Algunos ejemplos de estas funciones son: la retroalimentación de gases de escape (sistema EGR), la regulación de la presión turbo, la regulación de la velocidad de marcha, el inmovilizador electrónico de arranque, etc.

El sistema CANbus hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo (p. ejemplo: ABS, control electrónico de cambio). Una interfaz de diagnóstico permite al realizar la inspección del vehículo, la evaluación de los datos del sistema almacenado en memoria.

Comportamiento del sistema

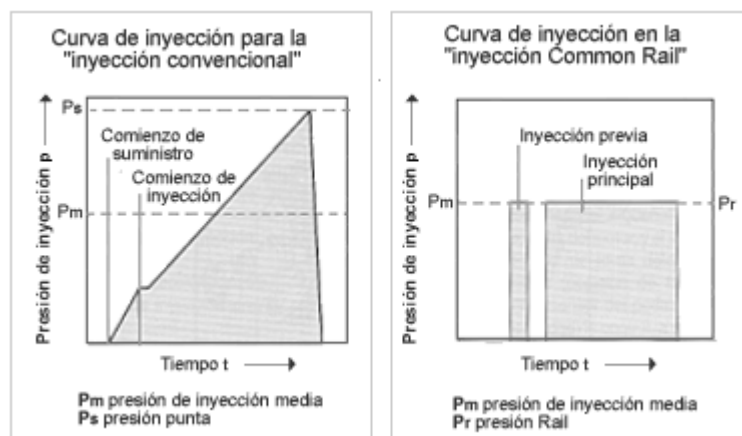
En los sistemas de inyección convencionales (bombas rotativas o en línea) la generación de presión, la dosificación del combustible, así como la distribución van unidos en el mismo dispositivo esto tiene unos inconvenientes:

- La presión de inyección aumenta junto con el n° de revoluciones y el caudal de inyección.
- Durante la inyección aumenta la presión de inyección, pero hasta el final de la inyección disminuye otra vez hasta el valor de la presión de cierre de inyector.

Las consecuencias de ello son:

- Los caudales de inyección pequeños se inyectan con presiones más bajas y la presión punta es más del doble que la presión de inyección media.
- El desarrollo de la inyección es aproximadamente triangular.

Traduciendo estos datos lo que quieren decir es que a bajas revoluciones el motor no desarrolla todo su potencial por tener una baja presión de inyección y altas revoluciones la presión punta de inyección es mayor que la necesaria.



Lo anterior mencionado no sucede con el sistema "Common Rail" ya que en estos sistemas la generación de presión está separada de la dosificación y de la inyección de combustible, esto tiene la ventaja de poder tener una presión de inyección constante que no dependa del nº de revoluciones. También el grado de libertad en el momento de avance o retraso de la inyección es mucho más grande, lo que hace de los motores equipados con "Common Rail" unos motores muy elásticos que desarrollan todo su potencial en toda la gama de revoluciones.

El sistema "Common Rail" divide la inyección en una "inyección previa", "inyección principal" y en algunos casos en una "inyección posterior".

Inyección previa

La inyección previa puede estar adelantada respecto al PMS, hasta 90° del cigüeñal. No obstante, para un comienzo de la inyección previa más avanzado de 40° del cigüeñal antes del PMS, el combustible puede incidir sobre la superficie del pistón y la pared del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante. En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible (1...4), 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, con lo cual 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, menos ruido del motor).

Estos efectos reducen el ruido de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones. En el desarrollo de presión sin inyección previa, la presión aumenta solo levemente antes del PMS en correspondencia con la compresión, pero lo hace de forma muy pronunciada con el comienzo de la combustión y presenta en el sector de presión máxima una punta comparable muy aguda. El aumento pronunciado de la presión y la punta de presión aguda, contribuyen esencialmente al ruido de combustión del motor diésel. En el desarrollo de presión con inyección previa, la presión en el margen del PMS alcanza un valor mayor y el aumento de la presión de combustión es menos pronunciado.

La inyección previa contribuye solo indirectamente, a la generación de par motor, mediante la reducción del retardo de encendido. En función del comienzo de la inyección principal y de la separación entre la inyección previa y la inyección principal, puede aumentar o disminuir el consumo específico de combustible.

Inyección principal

Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Asimismo, es responsable esencialmente de la generación del par motor. Asimismo, es responsable esencialmente de la generación del par motor. En el sistema "Common Rail" se mantiene casi inalterable la magnitud de la presión de inyección durante todo el proceso de inyección.

Inyección posterior

La inyección posterior puede aplicarse para la dosificación de medios reductores (aditivos del combustible) en una determinada variante del catalizador NOx. La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión hasta 200° del cigüeñal después del 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 calor residual en los gases de escape, hacia la instalación de los gases de escape. Esta mezcla de gases de escape/combustible es conducida en el tiempo de expulsión, a través de las válvulas de escape, hacia la instalación de los gases de escape. Sin embargo, mediante la retroalimentación de los gases de escape se conduce otra vez a 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.

Como consecuencia se reducen los valores NOx de los gases de escape.

La inyección posterior retrasada conduce a una dilución del aceite del motor por parte del combustible; el fabricante del motor debe comprobar si esta dilución es admisible.

Estructura y función de los componentes

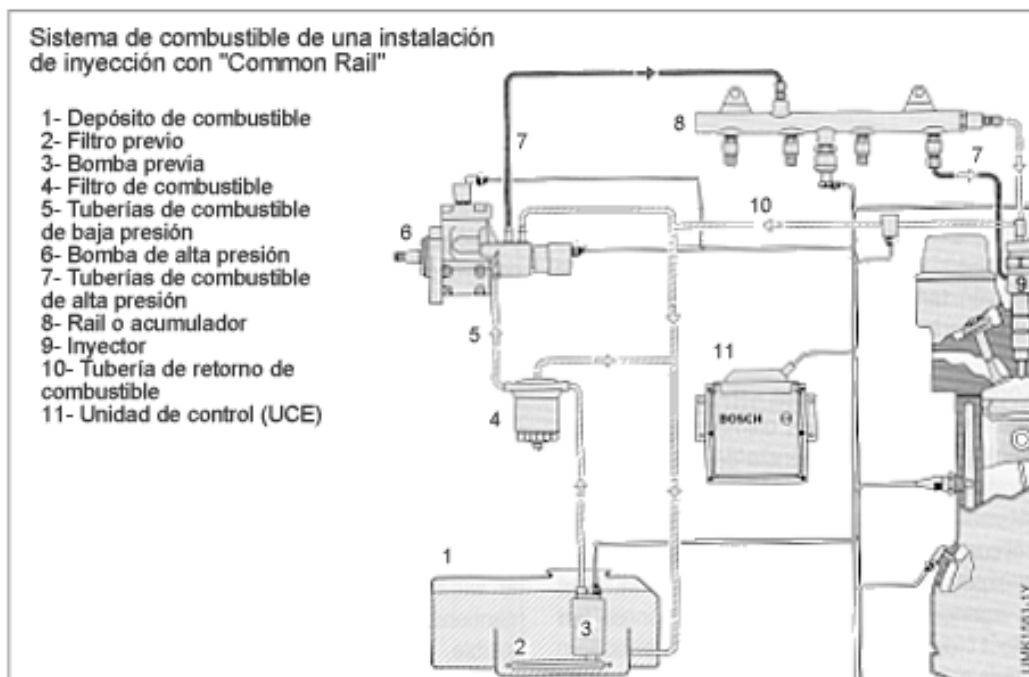
La instalación de un sistema Common Rail se estructura en dos partes fundamentales la parte que suministra el combustible a baja presión y la que suministra el combustible a alta presión.

La parte de baja presión consta de:

- Depósito de combustible con filtro previo.
- Bomba previa.
- Filtro de combustible.
- Tuberías de combustible de baja presión.

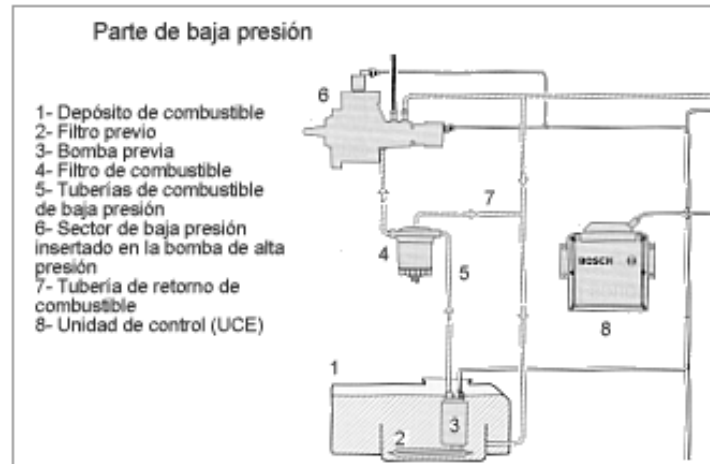
La parte de alta presión consta de:

- Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión.
- Tuberías de combustible de alta presión.
- Rail como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.
- Inyectores.
- Tuberías de retorno de combustible.



Parte de baja presión

La parte de baja presión pone a disposición el combustible suficiente para la parte de alta presión.



Bomba previa

La misión de la bomba previa es abastecer suficiente combustible a la bomba de alta presión

- En cualquier estado de servicio.
- Con la presión necesaria.
- A lo largo de toda su vida útil.

Actualmente existen dos ejecuciones posibles:

Puede aplicarse una electrobomba de combustible (bomba celular de rodillos) o, alternativamente, una bomba de combustible de engranajes accionada mecánicamente.

Electrobomba de combustible

Se aplica únicamente en turismos y vehículos industriales ligeros. Junto a la función de suministrar combustible para la bomba de alta presión, tiene además la función de interrumpir el suministro de combustible en caso necesario, dentro del marco de una supervisión del sistema.

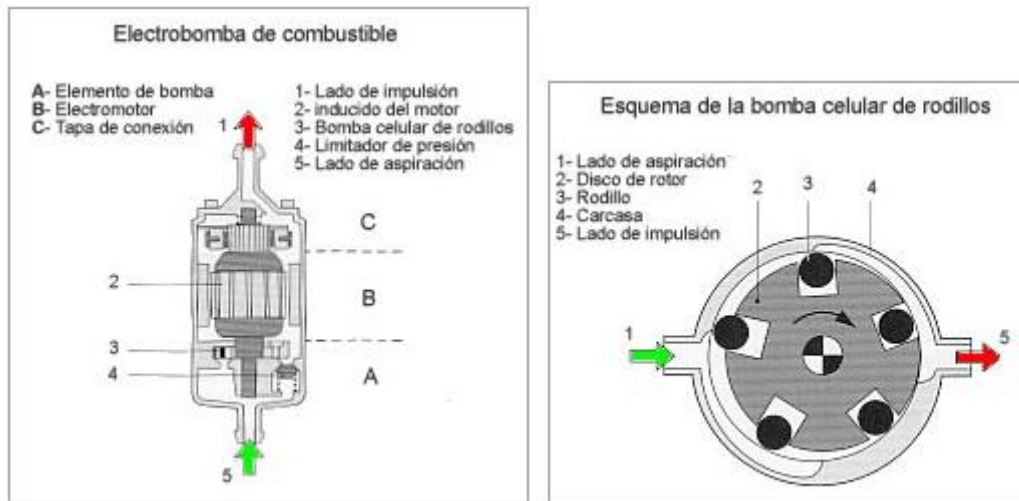
Comenzando con el proceso de arranque del motor, la electrobomba de combustible funciona continuamente y de forma independiente del régimen del motor. La bomba transporta así el combustible continuamente desde el depósito de combustible, a través de un filtro de combustible, hacia la bomba de alta presión. El combustible excedente retorna al depósito a través de una válvula de descarga.

Mediante un circuito de seguridad se impide el suministro de combustible estando conectado la llave de encendido y parado el motor.

Existen electrobombas de combustible para el montaje en tubería o montaje en el depósito. Las bombas de montaje en tubería se encuentran fuera del depósito, en la tubería de combustible, entre el depósito y el filtro. Las bombas de montaje en el depósito se encuentran, por el contrario, dentro del depósito de combustible en un soporte especial, que normalmente contiene también un tamiz de combustible por el lado de aspiración.

Una electrobomba de combustible consta de los tres elementos fundamentales:

- Elemento de bomba (A).
- Electromotor (B)
- Tapa de conexión (C).



El elemento de bomba existe en diversas ejecuciones, ya que el principio funcional aplicado en cada caso depende del campo de aplicación de la electrobomba de combustible. Para el sistema Common Rail esta ejecutado como bomba celular de rodillos y consta de una cámara dispuesta excéntricamente, en la que gira un disco ranurado. En cada ranura se encuentra un rodillo conducido suelto. Por la rotación del disco ranurado y por la presión del combustible del combustible se empujan los rodillos contra la pista de deslizamiento de rodillos situada exteriormente y contra los flancos propulsores de las ranuras. Los rodillos actúan aquí como juntas de rotación, formándose una cámara entre cada dos rodillos del disco ranurado y la pista de deslizamiento de los rodillos.

El efecto de bombeo se produce por el hecho de que el volumen de la cámara se reduce continuamente tras cerrarse la abertura de entrada de forma de riñón. Después de abrir la abertura de salida, el combustible atraviesa el electromotor y abandona la bomba celular de rodillos por la tapa de conexión del lado de presión.

El electromotor consta de un sistema de imán permanente de un inducido, cuyo dimensionado depende del caudal de suministro deseado con una presión del sistema determinada. El electromotor y el elemento de bomba se encuentran en un cuerpo común. Están rodeados continuamente de combustible refrigerándose así continuamente. De esta forma puede conseguirse una elevada potencia del motor sin complejos elementos estanqueizantes entre el elemento de bomba y el electromotor.

La tapa de conexión contiene las conexiones eléctricas y el empalme hidráulica por el lado de impulsión. Adicionalmente pueden estar integrados elementos antiparasitarios en la tapa de conexión.

Bomba de combustible de engranajes

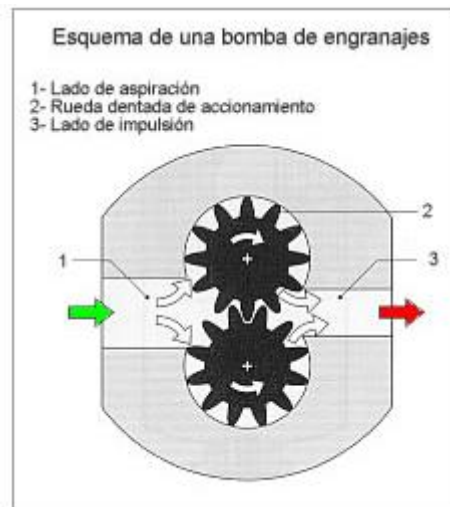
Esta bomba se aplica para la alimentación de la bomba de alta presión del sistema Common Rail en turismos, vehículos industriales y vehículos todo terreno. Esta bomba va integrada en la bomba de alta presión y presenta un accionamiento común con ella, o bien está fijada directamente al motor y tiene un accionamiento propio.

Las formas de accionamiento convencionales son acoplamiento, rueda dentada o correa dentada.

Los elementos constructivos esenciales son dos ruedas dentadas que giran en sentido opuesto y que engranan mutuamente, transportando el combustible en los huecos entre dientes, desde el lado de aspiración al lado de impulsión. La línea de contacto de las ruedas dentadas realiza el estanqueizado entre el lado de aspiración y el lado de impulsión, e impide que el combustible pueda fluir hacia atrás.

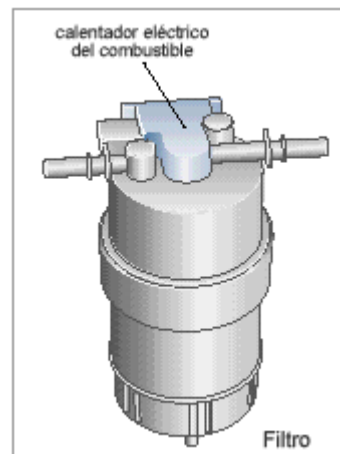
El caudal de suministro es aproximadamente proporcional al nº de revoluciones del motor. Por este motivo, la regulación del caudal, se realiza bien por regulación de estrangulación en el lado de aspiración, o bien por una válvula de descarga en el lado de impulsión.

La bomba de combustible de engranajes funciona exenta de mantenimiento. Para la purga de aire del sistema de combustible en el primer arranque o si se ha vaciado el depósito de combustible, puede estar montada una bomba manual bien directamente en la bomba de combustible de engranajes, o bien en la tubería de baja presión.



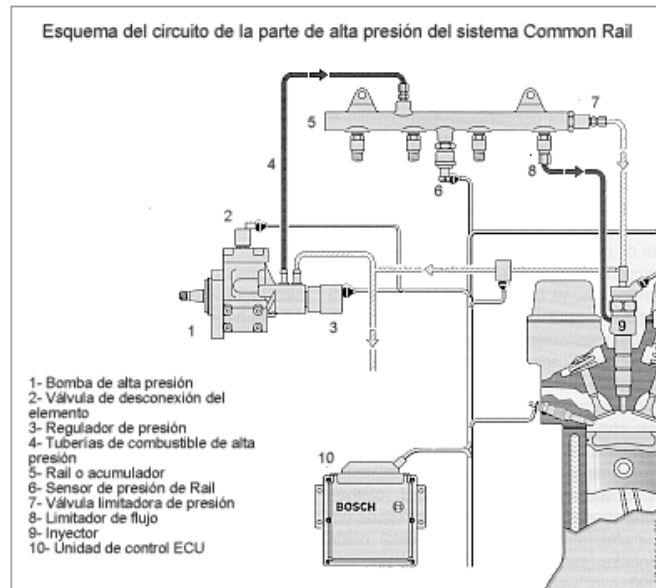
Filtro de combustible

Las impurezas del combustible pueden provocar daños en los componentes de la bomba e inyectores. La aplicación de un filtro de combustible adaptado especialmente a las exigencias de la instalación de inyección es, por lo tanto, condición previa para un servicio sin anomalías y una prolongada vida útil. El combustible puede contener agua en forma ligada (emulsión) o no ligada (por ejemplo: formación de agua de condensación debido a cambio de temperaturas). Si el agua entra dentro del sistema de inyección, pueden producirse daños de corrosión.



Parte de alta presión

En la parte de alta presión tiene lugar, además de la generación de alta presión, también la distribución y la dosificación de combustible.



Descripción de elementos

Bomba de alta presión

Funciones

La bomba de alta presión se encuentra en la intersección entre la parte de baja presión y la parte de alta presión. La bomba tiene la misión de poner siempre a disposición suficiente combustible comprimido, en todos los márgenes 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 Rail.

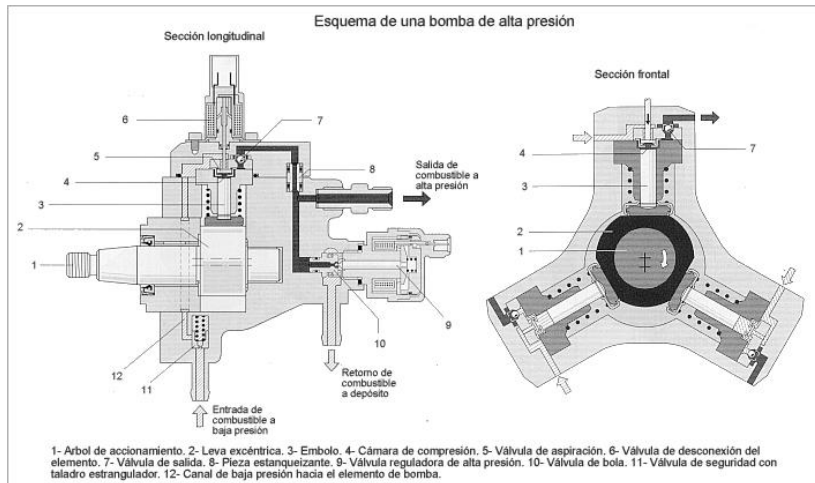
La bomba genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador alta presión (Rail). Por este motivo, en comparación con sistemas de inyección convencionales, ya no es necesario que el combustible tenga que ponerse a disposición "altamente comprimido" especialmente para cada proceso de inyección en particular.

Estructura

La bomba de alta presión está montada preferentemente en el mismo lugar del motor diésel que las bombas de inyección rotativas convencionales. La bomba es accionada por el motor, a través de acoplamiento, rueda dentada, cadena o correa dentada, con 3000 rpm como máximo. La bomba se lubrica con combustible.

Según el espacio de montaje, la válvula reguladora de presión esta adosada directamente a la bomba de alta presión o se instala por separado. El combustible se comprime dentro de la bomba con tres émbolos de bomba dispuestos radialmente. Estos émbolos están desfasados entre si 120°. Con tres carreras de suministro por cada vuelta resultan pares máximos de accionamiento reducidos y una solicitud uniforme del accionamiento de la bomba. El par de giro alcanza con 16 Nm (newton x metro) solo aproximadamente un 1/9 del par de accionamiento necesario para una bomba de inyección rotativa comparable. Por lo tanto, el Common Rail plantea exigencias menores al accionamiento de bomba que los sistemas de inyección convencionales. La potencia necesaria para el accionamiento de bomba aumenta proporcionalmente a la presión ajustada en el Rail y a la velocidad de rotación de la bomba (caudal de suministro).

En un motor de 2 litros, el régimen de revoluciones nominal y con una presión de 1350 bar en el Rail, la bomba de alta presión consume una potencia de 3.8 kW (con un grado de rendimiento mecánico de aprox. 90%). La mayor demanda de potencia tiene sus causas en los caudales de fugas y de control en el inyector y en el retorno de combustible a través de la válvula reguladora de presión. La relación de desmultiplicación de estas bombas con respecto al nº de revoluciones del cigüeñal suele ser de 1:2 o 2:3.



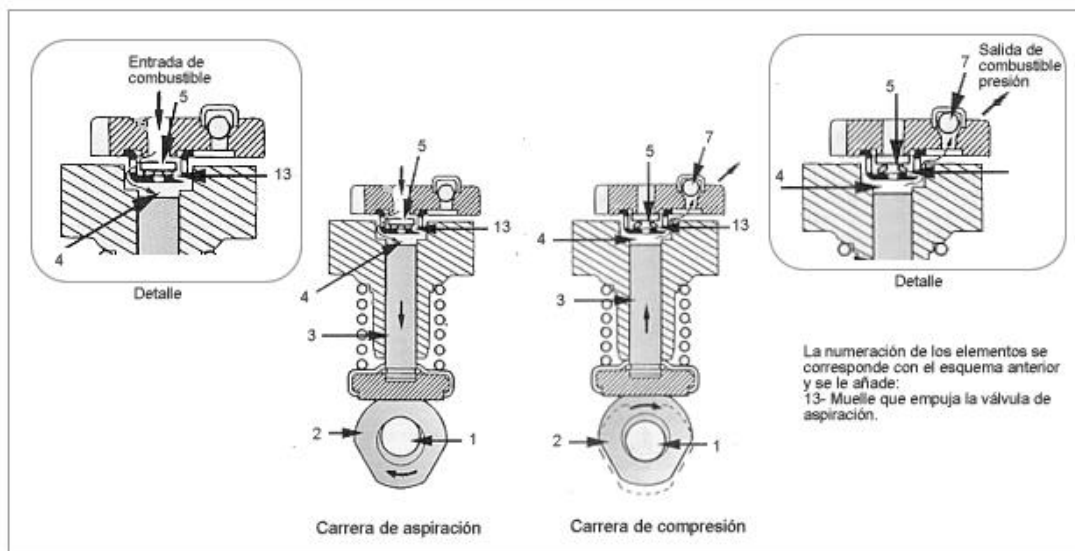
Funcionamiento

La bomba previa transporta el combustible a través de un filtro con separador de agua, hacia la válvula de seguridad. La bomba impulsa el combustible a través del taladro de estrangulación de la válvula de seguridad (11), hacia el circuito de lubricación y refrigeración de la bomba de alta presión. El eje de accionamiento (1) con la leva excéntrica (2) mueve los tres émbolos de bomba (3) hacia arriba y hacia abajo, en correspondencia con la forma de la leva.

Si la presión de suministro sobrepasa la presión de apertura de la válvula de seguridad (0,5... 1,5 bar), la bomba previa puede impulsar el combustible a través de la válvula de entrada de la bomba de alta presión, hacia el recinto del elemento en el que el elemento de la bomba se mueve hacia abajo (carrera de aspiración). Cuando se sobrepasa el punto muerto inferior, la válvula de entrada cierra, y el combustible en la cámara de aspiración o compresión (4) ya no puede salir. Solamente puede ser comprimido superando la presión de suministro de la bomba previa. La presión que se forma en la válvula de salida (7), en cuanto se alcanza la presión en el Rail, el combustible comprimido entra en el circuito de alta presión.

El émbolo de la bomba transporta continuamente combustible hasta que se alcanza el punto muerto superior (carrera de suministro). A continuación, disminuye la presión, de forma que cierra la válvula de salida. El combustible residual se descomprime; el émbolo de la bomba se mueve hacia abajo.

Cuando la presión en la cámara de aspiración o compresión es inferior a la presión de la bomba previa, abre otra vez la válvula de entrada y el proceso comienza nuevamente.



Potencia de suministro

Como la bomba de alta presión esta dimensionada para grandes caudales de suministro, al ralentí y en el margen de carga parcial, existe un exceso de combustible comprimido.

Este combustible transportado en exceso es conducido otra vez al depósito de combustible a través de la válvula reguladora de presión. Ya que el combustible comprimido se descomprime cuando llega de nuevo al depósito, se pierde la energía aportada para la compresión. Además de calentarse el combustible, disminuye con ello el grado de rendimiento total. Un remedio parcial es posible adaptando la potencia de suministro a la demanda de combustible, mediante la desconexión de un elemento bomba (émbolo).

Desconexión de elemento:

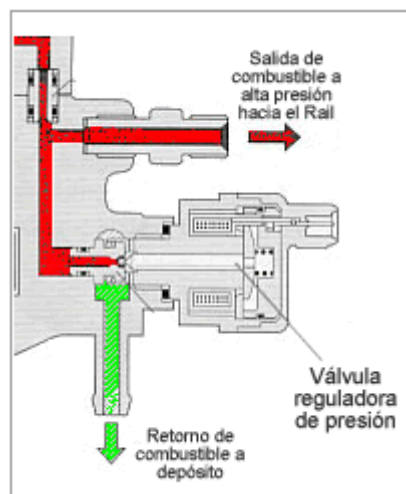
Al desconectar un elemento de bomba (émbolo) (3) se reduce el caudal de combustible transportado al acumulador de alta presión. Para ello se mantiene abiertamente la válvula de aspiración (5). Al activarse la electroválvula de desconexión del elemento, una espiga adosada a su inducido presiona continuamente la válvula de aspiración manteniéndola abierta. De esta forma, el combustible aspirado no puede ser comprimido en la carrera de suministro. Como consecuencia no se forma presión en el recinto del elemento, ya que el combustible aspirado retorna otra vez al canal de baja presión. Debido a la desconexión de un elemento de bomba en caso de una demanda de potencia disminuida, la bomba de alta presión ya no transporta continuamente el combustible, sino que lo hace con una pausa en el suministro.

Válvula reguladora de la presión

Función

Esta válvula tiene la misión de ajustar y mantener la presión en el "Rail", dependiendo del estado de carga del motor.

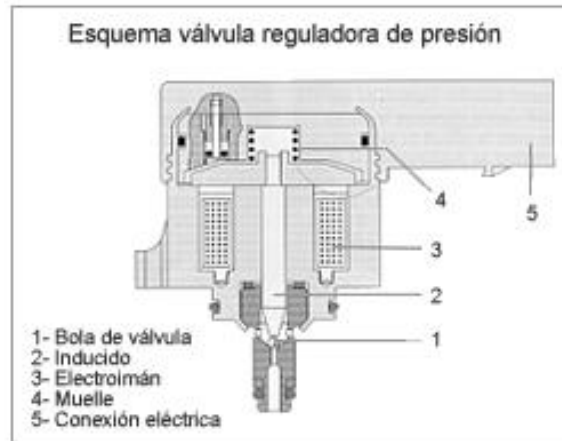
- En caso de una presión demasiado alta en el Rail, La válvula reguladora de la presión abre de forma que una parte del combustible retorna al depósito, desde el Rail a través de una tubería colectora.
- En el caso de una presión demasiado baja en el Rail, la válvula reguladora de presión cierra y estanqueiza así el lado de alta presión contra el lado de alta presión.



Estructura

La válvula reguladora de presión tiene una brida de sujeción para su fijación a la bomba de alta presión o al Rail según sea el caso.

El inducido (2) presiona una bola (1) contra el asiento estanco para eliminar la conexión entre el lado de alta presión y el de baja presión; para ello existe por una parte un muelle (4) que presiona el inducido hacia abajo, y, por otra parte, existe un electroimán que ejerce una fuerza sobre el inducido. Para la lubricación y la eliminación del calor se rodea con combustible el inducido completo.



Funcionamiento

La válvula reguladora de la presión tiene dos circuitos:

Un circuito regulador eléctrico más lento, para ajustar un valor de presión medio variable en el Rail.
Un circuito regulador mecánico-hidráulico más rápido, que compensa las oscilaciones de presión de alta frecuencia.

Válvula reguladora de presión no activada:

La alta presión existente en el Rail o en la salida de la bomba de alta presión, está presente también en la válvula reguladora de presión a través de la entrada de alta presión. Ya que el electroimán sin corriente no ejerce fuerza alguna, la fuerza de la alta presión es superior a la fuerza elástica, de forma tal que abre la válvula reguladora de presión y permanece más o menos abierta según el caudal de suministro. El muelle está dimensionado de tal modo que se establece una presión de aprox. 100 bar.

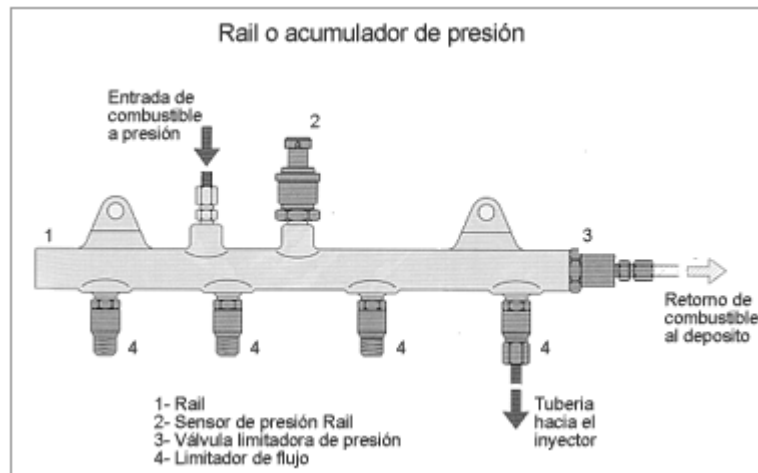
Válvula reguladora de presión activada:

Si debe aumentarse la presión en el circuito de alta presión, debe formarse fuerza magnética adicionalmente a la fuerza elástica. La válvula reguladora de presión es activada y, por tanto, cerrada, hasta que se establezca un equilibrio de fuerzas entre la fuerza de alta presión por una parte y las fuerzas magnéticas y elásticas por otra parte. La válvula queda entonces en una posición abierta y mantiene constante la presión. Mediante una abertura diferente compensa un caudal de suministro modificado de la bomba, así como la extracción de combustible de la parte de alta presión por los inyectores. La fuerza magnética del electroimán es proporcional a la corriente de activación, se realiza mediante intervalos (modulación de amplitud de impulsos). La frecuencia de impulsos de 1kHz es suficientemente alta para evitar movimientos perturbadores del inducido u oscilaciones de presión en el Rail.

Rail o acumulador de alta presión

El Rail tiene la misión de almacenar combustible a alta presión. Al hacerlo deben amortiguarse mediante el volumen acumulado, oscilaciones de presión producidas por el suministro de la bomba y la inyección.

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



Estructura

El Rail con limitadores de flujo (opcionales) y la posibilidad de montaje adosado para sensor de presión Rail, válvula reguladora de presión y válvula limitadora de presión, puede estar configurado distintamente, debido a las diferentes condiciones de montaje del motor.

Función

El volumen existente en el Rail está lleno continuamente con combustible sometido a presión. La capacidad de compresión de combustible conseguida con la elevada presión, se aprovecha para obtener un efecto de acumulador. Al extraer combustible del Rail para una inyección, se mantiene casi constante la presión en el acumulador. Igualmente se amortiguan, es decir, se compensan las oscilaciones de presión procedentes de la alimentación pulsatoria por la bomba de alta presión.

Sensor de presión de Rail

Este sensor debe medir la presión actual en el Rail

- Con suficiente exactitud
- En un tiempo que sea corto y suministrar una señal de tensión a la unidad de control, en función de la presión existente.

Estructura

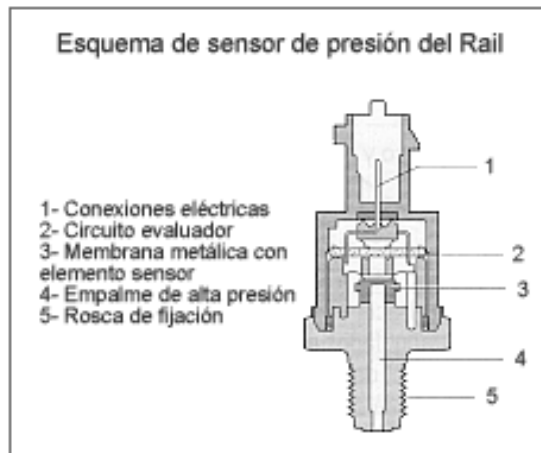
El sensor de presión del Rail consta de los siguientes elementos:

Un elemento sensor integrado, que está sobre soldado en el empalme de presión.

Una placa de circuito impreso con circuito de evaluación eléctrico.

Un cuerpo de sensor con conector de enchufe eléctrico.

El combustible fluye a través de un taladro en el Rail hacia el sensor de presión del Rail, cuya membrana de sensor cierra herméticamente el final del taladro. A través de un orificio en el taladro ciego llega a la membrana el combustible sometido a presión. Sobre esta membrana se encuentra el elemento sensor que sirve para transformar la presión en una señal eléctrica. A través de cables de unión se transmite la señal generada a un circuito evaluador que pone a disposición de la unidad de control la señal de medición amplificada.



Función

El sensor de presión Rail trabaja según el siguiente principio:

La resistencia eléctrica de las capas aplicadas sobre la membrana, varía si cambia su forma. Este cambio de forma (aprox. 1mm a 1500 bar) que se establece por la presión del sistema, origina una variación de la resistencia eléctrica y genera un cambio de tensión en el puente de resistencia abastecido con 5 V:

Esta tensión es del orden de 0... 70 mV (conforme a la presión existente) y es amplificada por el circuito evaluador hasta un margen de 0,5..... 4,5 V.

La medición exacta de la presión en el Rail es imprescindible para el funcionamiento del sistema. Por este motivo son también muy pequeñas las tolerancias admisibles para el sensor de presión en la medición de presión. La precisión de la medición en el margen de servicio principal es de aprox. $\pm 2\%$ del valor final. En caso de fallar el sensor de presión del Rail, se activa la válvula reguladora de presión con una función de emergencia "a ciegas" mediante valores preestablecidos.

Válvula limitadora de presión

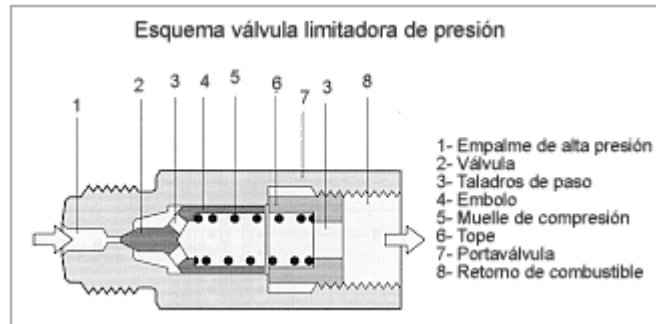
La misión de esta válvula corresponde a la de una válvula de sobrepresión. La válvula limitadora de presión limita la presión en el Rail dejando libre una abertura de salida en caso de un aumento demasiado grande. La válvula admite en el Rail una presión máxima de 1500 bar brevemente.

Estructura y función

Esta válvula trabaja mecánicamente y consta de las siguientes piezas:

- Un cuerpo con rosca exterior para enroscarla en el Rail.
- Un empalme a la tubería de retorno hacia el depósito.
- Un émbolo móvil.
- Un muelle.

El cuerpo presenta hacia el lado de conexión del Rail un taladro que se cierra por parte del extremo cónico del émbolo en el asiento estanco en el interior del cuerpo. Bajo una presión de servicio normal (hasta 1350 bar), un muelle presiona sobre el émbolo estancueizándolo en el asiento, de forma que se mantiene cerrado el Rail. Solamente cuando se sobrepasa la presión máxima del sistema, el émbolo se levanta por la presión en el Rail contra la fuerza del muelle, pudiendo escapar el combustible que se encuentra bajo presión. El combustible es conducido entonces por canales en un taladro céntrico del émbolo y retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectora. Al abrir la válvula, sale combustible del Rail, la consecuencia es una reducción de presión en el Rail.



Limitador de flujo

El limitador de flujo tiene la misión de evitar el caso poco probable de inyecciones permanentes en un inyector. Para cumplir esta misión, el limitador de flujo cierra la afluencia al inyector afectado, si se sobrepasa el caudal de extracción máximo.

Estructura

El limitador de flujo consta de un cuerpo máximo con una rosca exterior para enroscarlo al Rail y con una rosca exterior para enroscarlo en las tuberías de alimentación de los inyectores. El cuerpo lleva en sus extremos un taladro, que establece respectivamente una comunicación hidráulica hacia el Rail o hacia las tuberías de alimentación de los inyectores. En el interior del limitador de flujo se encuentra un émbolo presionado por un muelle en dirección al acumulador o Rail. Este émbolo cierra herméticamente contra la pared del cuerpo; el taladro longitudinal en el émbolo es la comunicación hidráulica entre la entrada y la salida.

El diámetro de este taladro longitudinal está reducido por su extremo. Esta reducción actúa como un estrangulador con un flujo de paso exactamente definido.



Función

Servicio normal

El émbolo se encuentra en su posición de reposo, es decir, contra el tope por el lado del Rail. Al producirse una inyección disminuye ligeramente la presión por el lado del inyector, con lo cual el émbolo se mueve en dirección al inyector. El limitador de flujo compensa la extracción de volumen por parte del inyector, mediante el volumen desalojado por el émbolo y no por el estrangulador, ya que este es demasiado pequeño para ello. Al final de la inyección se detiene el émbolo sin cerrar el asiento estanco. El muelle lo presiona devolviéndolo a su posición de reposo; a través del estrangulador se produce el paso sucesivo de combustible.

El muelle y el taladro estrangulador están dimensionados de tal forma que en caso de un caudal máximo (incluida una reserva de seguridad) pueda volver el émbolo otra vez hasta el tope por el lado del Rail. Esta posición de reposo se mantiene hasta que se produce la siguiente inyección.

Servicio con anomalía y gran caudal de fuga

Debido al gran caudal de extracción, el émbolo se aparta de su posición de reposo presionado hasta el asiento estanco en la salida. Se mantiene entonces hasta la parada del motor en su tope por el lado del inyector y cierra así la afluencia al inyector.

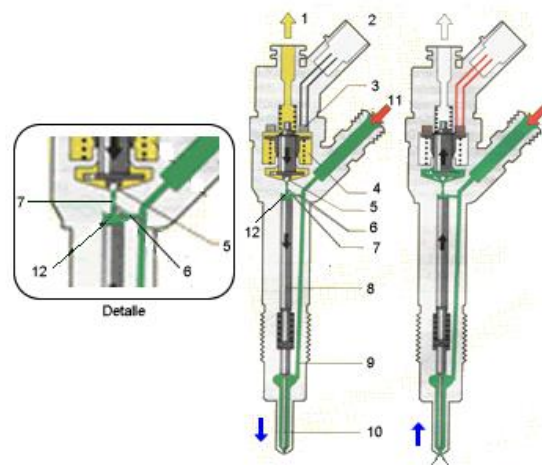
Servicio con anomalía y pequeño caudal de fuga

Debido al caudal de fuga, el émbolo ya no alcanza su posición de reposo. Después de algunas inyecciones, el émbolo se mueve hasta el asiento estanco en el taladro de salida.

También aquí permanece el émbolo hasta la parada del motor en su tope por el lado del inyector y cierra así la afluencia del inyector.

Inyectores

El inyector utilizado en los sistemas common-rail se activan de forma eléctrica a diferencia de los utilizados en sistemas que utilizan bomba rotativa que inyectan de forma mecánica. Con esto se consigue más precisión a la hora de inyectar el combustible y se simplifica el sistema de inyección.



Esquema de un inyector: 1.- retorno de combustible a depósito; 2.- conexión eléctrica 3.- electroválvula; 4.- muelle; 5.- bola de válvula; 6.- estrangulador de entrada; 7.- estrangulador de salida; 8.- émbolo de control de válvula; 9.- canal de afluencia; 10 aguja del inyector; 11.- Entrada de combustible a presión; 12.- cámara de control.

Estructura

La estructura del inyector se divide en tres bloques funcionales:

El inyector de orificios.

El servosistema hidráulico.

La electroválvula.

El combustible a alta presión procedente del rail entra por "11" al interior del inyector para seguir por el canal de afluencia "9" hacia la aguja del inyector "10", así como a través del estrangulador de entrada "6" hacia la cámara de control "12". La cámara de control "12" está unida con el retorno de combustible "1" a través del estrangulador de salida "7" y la electroválvula "3".

Cuando la electroválvula "3" no está activada el combustible que hay en la cámara de control "12" al no poder salir por el estrangulador de salida "7" presiona sobre el émbolo de control "8" que a su vez aprieta la aguja del inyector "10" contra su asiento por lo que no deja salir combustible y como consecuencia no se produce la inyección.

Cuando la electroválvula esta activada entonces se abre y deja paso libre al combustible que hay en la cámara de control. El combustible deja de presionar sobre el émbolo para irse por el estrangulador de salida hacia el retorno de combustible "1" a través de la electroválvula. La aguja del inyector al disminuir la fuerza del émbolo que la apretaba contra el asiento del inyector, es empujada hacia arriba por el combustible que la rodea por lo que se produce la inyección.

Como se ve la electroválvula no actúa directamente en la inyección, sino que se sirve de un servomecanismo hidráulico encargado de generar la suficiente fuerza para mantener cerrada la válvula del inyector mediante la presión que se ejerce sobre la aguja que la mantiene pegada a su asiento.

El caudal de combustible utilizado para las labores de control dentro del inyector retorna al depósito de combustible a través del estrangulador de salida, la electroválvula y el retorno de combustible "1". Además del caudal de control existen caudales de fuga en el alojamiento de la aguja del inyector y del embolo. Estos caudales de control y de fugas se conducen otra vez al depósito de combustible, a través del retorno de combustible "1" con una tubería colectiva a la que están acoplados todos los inyectores y también la válvula reguladora de presión.

Funcionamiento

La función del inyector puede dividirse en cuatro estados de servicio, con el motor en marcha y la bomba de alta presión funcionando.

Inyector cerrado (con alta presión presente).

El inyector abre (comienzo de inyección)

Inyector totalmente abierto.

El inyector cierra (final de inyección).

Si el motor no está en marcha la presión de un muelle mantiene el inyector cerrado.

Inyector cerrado (estado de reposo):

La electroválvula no está activada (estado de reposo) y por lo tanto se encuentra cerrado el estrangulamiento de salida que hace que la presión del combustible sea igual en la cámara de control que en el volumen de cámara de la tobera por lo que la aguja del inyector permanece apretado sobre su asiento en la tobera empujada (la aguja) por el muelle del inyector, pero sobre todo la aguja se mantiene cerrada porque la presión en la cámara de control y en el volumen de cámara de la tobera (que son iguales) actúan sobre áreas distintas. La primera actúa sobre el émbolo de control y la segunda sobre la diferencia de diámetros de la aguja, que es un área menor y por tanto la fuerza que empuja a la aguja contra el asiento es mayor que la fuerza en sentido contrario, que tendería a abrirla. El muelle, aunque ayuda, aporta una fuerza muy pequeña.

El inyector abre (comienzo de inyección):

El inyector se encuentra en posición de reposo. La electroválvula es activada con la llamada corriente de excitación que sirve para la apertura rápida de la electroválvula. La fuerza del electroimán activado ahora es superior a la fuerza del muelle de válvula, y el inducido abre el estrangulador de salida. En un tiempo mínimo se reduce la corriente de excitación aumentada a una corriente de retención del electroimán más baja. Con la apertura del estrangulador de salida puede fluir ahora combustible, saliendo del recinto de control de válvula hacia el recinto hueco situado por encima, y volver al depósito de combustible a través de las tuberías de retorno. El estrangulador de entrada impide una compensación completa de la presión, y disminuye la presión en la cámara de control de válvula. Esto conduce a que la presión en la cámara de control sea menor que la presión existente en la cámara de la tobera. La presión disminuida en la cámara de control de la válvula conduce a una disminución de la fuerza sobre el émbolo de mando y da lugar a la apertura de la aguja del inyector. Comienza ahora la inyección.

La velocidad de apertura de la aguja del inyector queda determinada por la diferencia de flujo entre el estrangulador de entrada y de salida.

Inyector totalmente abierto:

El émbolo de mando alcanza su tope superior y permanece allí sobre un volumen de combustible de efecto amortiguador. Este volumen se produce por el flujo de combustible que se establece entre el estrangulador de entrada y de salida. La tobera del inyector esta ahora totalmente abierta y el combustible es inyectado en la cámara de combustión con una presión que corresponde aproximadamente a la presión en el Rail. La distribución de fuerzas en el inyector es similar a la existente durante la fase de apertura.

El inyector cierra (final de inyección)

Cuando deja de activarse la electroválvula, el inducido es presionado hacia abajo por la fuerza del muelle de válvula y la bola cierra el estrangulador de salida. El inducido presenta una ejecución de dos piezas. Aunque el plato del inducido es conducido hacia abajo por un arrastrador, puede sin embargo moverse elásticamente hacia abajo con el muelle de reposición, sin ejercer así fuerza hacia abajo sobre el inducido y la bola.

Al cerrarse el estrangulador de salida se forma de nuevo en el recinto de control una presión como en el Rail, a través del estrangulador de entrada. Este aumento de presión supone un incremento de fuerza ejercido sobre el embolo de mando. Esta fuerza del recinto de control de válvula y la fuerza del muelle, superan ahora la fuerza del volumen de la cámara de tobera y se cierra sobre su asiento la aguja del inyector.

La velocidad de cierre de la aguja del inyector queda determinada por el flujo del estrangulador de entrada.

Inyectores de orificios

Funciones

Las toberas de inyección se montan en los inyectores Common Rail. De esta forma los inyectores Common Rail asumen la función de los porta inyectores.

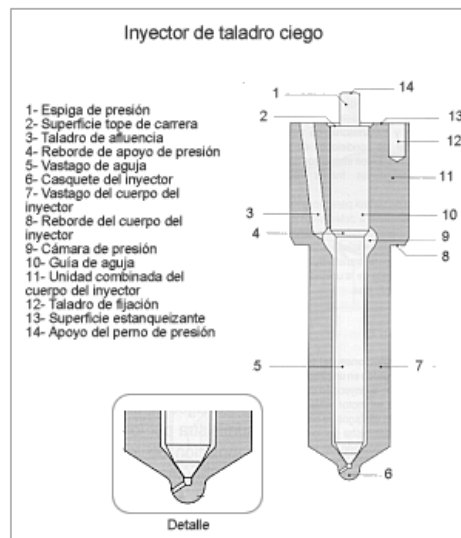
Aplicación

Para motores de inyección directa que utilizan el sistema Common Rail se emplean inyectores de orificios del tipo P con un diámetro de aguja de 4 mm.

Hay dos tipos de inyectores:

Inyectores de taladro ciego

Inyectores de taladro en asiento



Estructura

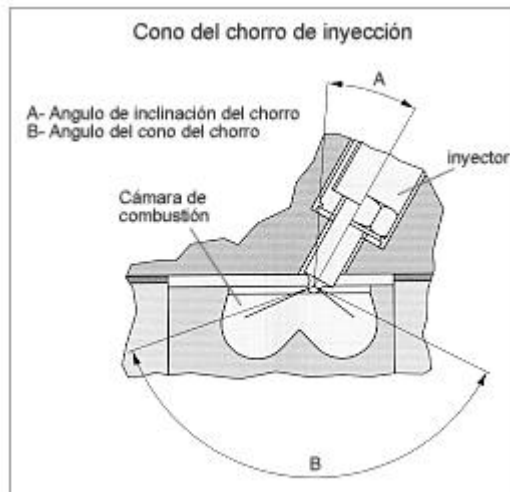
Los orificios de inyección se encuentran situados en el inyector de tal forma que, al inyectar el combustible, el chorro forme un cono en la cámara de combustión. El número y diámetro de los orificios de inyección dependen de:

El caudal de inyección

La forma de la cámara de combustión

La turbulencia del aire (rotación) aspirado en la cámara de combustión.

Para emisiones reducidas de hidrocarburos es importante mantener lo más reducido posible el volumen ocupado por el combustible (volumen residual) por debajo de la arista de asiento de la aguja del inyector. Esto se consigue de la mejor manera con inyectores de taladro en asiento.



Ejecuciones

Inyector de taladro ciego

Tiene los orificios de inyección dispuestos en el taladro ciego. Estos inyectores se ofrecen en diversas dimensiones con las siguientes formas de taladro ciego:

- taladro ciego cilíndrico.
- taladro ciego cónico.

1- Inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico y casquete redondo:

Por la forma del taladro ciego que consta de una parte cilíndrica y una parte semiesférica, existe una gran libertad de dimensionamiento en lo referente a:

- número de orificios.
- longitud de orificios.
- ángulo de inyección.

El casquete del inyector tiene forma semiesférica y garantiza así, junto con la forma del taladro ciego, una longitud uniforme de orificios.

2- Inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico y casquete cónico:

Este tipo de inyector solo se emplea para longitudes de orificio de 0,6 mm. La forma cónica del casquete aumenta la resistencia del casquete por un mayor espesor de pared entre curvatura de la garganta y el asiento del cuerpo del inyector.

3- Inyector de taladro ciego con taladro ciego cónico y casquete cónico:

El volumen del taladro ciego en el inyector del taladro ciego con taladro ciego cónico es, debido a su forma cónica, inferior al de un inyector con taladro ciego cilíndrico. En cuanto al volumen de taladro ciego, se encuentra entre el inyector de taladro en asiento y el inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico. Para obtener un espesor de pared uniforme del casquete, el casquete está ejecutado cónicamente en correspondencia con el taladro ciego

Inyector de taladro en asiento

para reducir al mínimo el volumen contaminante y con ello también la emisión de HC, el comienzo del orificio de inyección se encuentra en el cono del asiento del cuerpo del inyector y queda cubierto por la aguja cuando está cerrado el inyector. De esta forma no existe ninguna comunicación directa entre el taladro ciego y la cámara de combustión.

El volumen contaminante está muy reducido en comparación con el inyector de taladro ciego.

Los inyectores de taladro en asiento presentan un límite de sollicitación mucho menor que los inyectores de taladro ciego y, por lo tanto, solo pueden ser ejecutados en el tamaño P con una longitud de orificio de 1 mm.

La forma del casquete es cónica por motivos de resistencia. Los orificios de inyección están taladrados por regla general, de forma electro erosiva.



Control del sistema de alimentación Common Rail con EDC (Electronic Diesel Control) Bloques del sistema

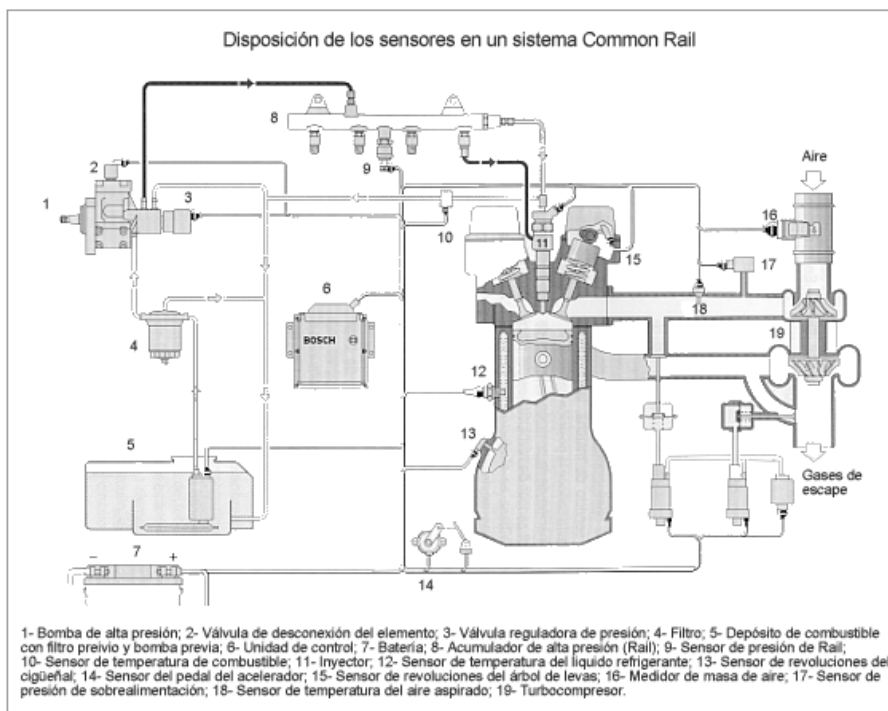
La regulación electrónica diésel EDC para Common Rail se divide en tres bloques de sistema:

Sensores y transmisores de valor teórico para registrar las condiciones de servicio y valores teóricos. Estos elementos transforman diversas magnitudes físicas en señales eléctricas.

La unidad de control para procesar las informaciones conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de cálculo), para formación de señales eléctricas de salida.

Actuadores para transformar las señales eléctricas de la salida de la unidad de control ECU, en magnitudes mecánicas.

Sensores



Sensor de revoluciones del cigüeñal

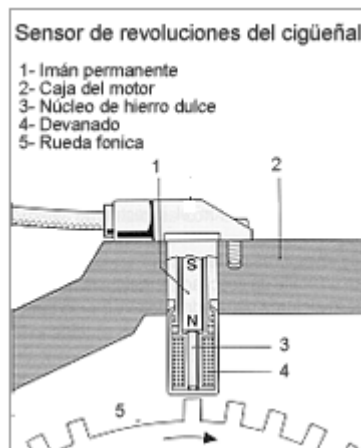
La posición del pistón de un cilindro es decisiva para el momento de inyección correcto. Todos los pistones de un motor están unidos al cigüeñal mediante bielas. Un sensor en el cigüeñal suministra por lo tanto información sobre la posición de los pistones de todos los cilindros. El número de revoluciones indica el número de vueltas del cigüeñal por minuto.

Esta magnitud de entrada importante se calcula en la unidad de control a partir de la señal del sensor inductivo de revoluciones del cigüeñal

Generación de señales

En el cigüeñal existe aplicada una rueda transmisora ferromagnética con 60 menos 2 dientes, habiéndose suprimido dos dientes. Este hueco entre dientes especialmente grande está en correspondencia con una posición definida del cigüeñal para el cilindro "1".

El sensor de revoluciones del cigüeñal explora la secesión de dientes en la rueda transmisora. El sensor consta de un imán permanente y de un núcleo de hierro dulce con un devanado de cobre. Ya que pasan alternativamente por el sensor dientes y huecos entre dientes, varía el flujo magnético y se induce una tensión alterna senoidal. La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones. Existe una amplitud suficiente a partir de un numero de revoluciones mínimo de 50 vueltas por minuto.



Calculo del número de revoluciones

Los cilindros de un motor están desfasados entre sí. Después de 2 vueltas de cigüeñal (720 grados), el primer cilindro inicia otra vez un nuevo ciclo de trabajo. Para saber la separación de encendido en un motor de 4 cilindros y 4 tiempos, se divide 720 grados entre el número de cilindros; en este caso 4 cilindros y tenemos una separación de encendido de 180 grados, es decir, esto aplicado al sensor de revoluciones significa que debe detectar 30 dientes entre cada encendido.

Sensor de revoluciones del árbol de levas

El árbol de levas gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal Su posición determina si un pistón que se mueve hacia el PMS, se encuentra en la carrera de compresión con encendido sucesivo o en el tiempo de escape. Esta información no puede obtenerse durante el proceso de arranque a partir de la posición del cigüeñal, por el contrario, durante el servicio de marcha, la información generada por el sensor del cigüeñal es suficiente para determinar la posición del motor.

La determinación de la posición del árbol de levas con el sensor de revoluciones se basa en el efecto Hall. Sobre el árbol de levas existe aplicado un diente de material ferromagnético, que gira junto con el árbol de levas. Cuando este diente pasa por las plaquitas semiconductoras atravesadas por corriente del sensor de revoluciones del árbol de levas, su campo magnético orienta los electrones en las plaquitas semiconductoras, perpendicularmente a la dirección del paso de la corriente. Se forma así brevemente una señal de tensión (tensión Hall), que comunica a la unidad de control, que el cilindro 1 se encuentra en este momento en la carrera de compresión.

Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se aplican en varios lugares:

En el circuito del líquido refrigerante, para poder determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante.

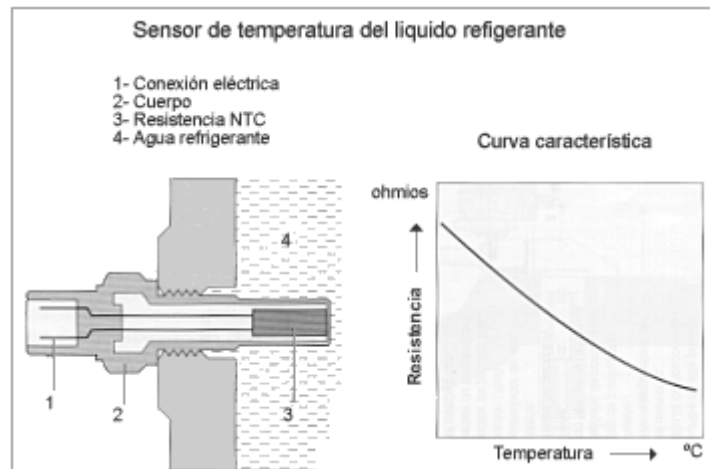
en el canal de admisión para medir la temperatura del aire aspirado.

en el aceite del motor para medir la temperatura del aceite (opcional).

en el retorno del combustible para medir la temperatura del combustible (opcional).

Los sensores tienen una resistencia dependiente de la temperatura (NTC: Coeficiente Negativo de Temperatura)

La resistencia presenta un coeficiente negativo de temperatura y forma parte de un circuito divisor de tensión que es alimentado con 5 V.



La tensión que disminuye a través de la resistencia, se inscribe en un convertidor analógico-digital y representa una medida de la temperatura. En el microprocesador de la unidad de control existe almacenada en memoria una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de tensión.

Medidor de masa de aire de película caliente

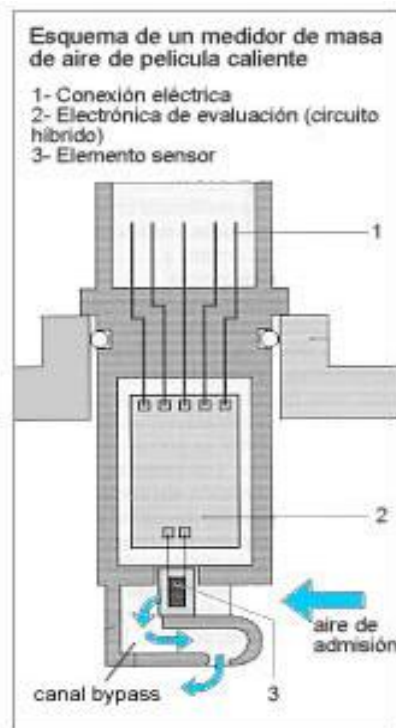
Para poder cumplir los valores de gases de escape establecidos y exigidos legalmente, es necesario, especialmente en el servicio dinámico del motor de combustión, un cumplimiento exacto de la relación pretendida de aire-combustible. Para ello se requieren sensores que registren con gran precisión el flujo de aire aspirado realmente. La exactitud de medición del sensor de carga no debe estar influida por pulsaciones, reflujos, retroalimentación de gases de escape y un control variable del árbol de levas, ni tampoco por modificaciones de la temperatura del aire aspirado.

Para este fin, en el medidor de masa de aire de película caliente, se extrae calor de un elemento sensor calefactado mediante transmisión de calor al flujo de masa de aire. El sistema de medición realizado con técnica micromecánica permite, en combinación con un circuito híbrido, el registro de flujo de masa de aire, incluida la dirección de flujo. Se reconocen los reflujos en caso de un flujo de masa de aire con fuertes pulsaciones.

El elemento sensor micro mecánico está dispuesto en el caudal de flujo del sensor insertable. El sensor insertable puede estar montado en el filtro de aire o en un tubo de medición dentro de la conducción de aire.

Según el caudal de aire máximo necesario del motor de combustión, existen diversos tamaños de tubo de medición. La evolución de la señal de tensión en función del flujo de masa de aire se divide en márgenes de señal para flujo hacia delante y hacia atrás. Para aumentar la precisión de medición, la señal de medición se refiere a una tensión de referencia emitida por el control del motor. La característica de la curva está realizada de tal forma que al efectuar el diagnóstico en el taller puede reconocerse por ejemplo una interrupción de cable con ayuda del control del motor.

Para la determinación de la temperatura del aire aspirado puede estar integrado un sensor de temperatura.



Sensor del pedal del acelerador

Contrariamente a las bombas convencionales de inyección rotativa o de inyección en línea, en el sistema EDC, el deseo del conductor ya no se transmite a la bomba de inyección mediante un cable de tracción o un varillaje, sino que se registra con un sensor de pedal acelerador y se transmite a la unidad de control (se denomina también como "Pedal acelerador electrónico"). En dependencia de la posición del pedal del acelerador surge en el sensor del pedal una tensión variable que se registra mediante un potenciómetro. Conforme a una línea característica programada se calcula la posición del pedal del acelerador a partir de la tensión.

Sensor de presión de sobrealimentación

Este sensor está unido neumáticamente al tubo de admisión y mide la presión absoluta del tubo de admisión de 0,3 a 0,5 bar. El sensor está dividido en una célula de presión con dos elementos sensores y un recinto para el circuito evaluador. Los elementos sensores y el circuito evaluador se encuentran sobre un sustrato cerámico común.

Un elemento sensor consta de una membrana de capa gruesa en forma de campana, que encierra un volumen de referencia con una presión interior determinada. Según cual sea la magnitud de la presión de sobrealimentación se deforma diferentemente la membrana.

Sobre la membrana hay dispuestas resistencias "piezorresistivas", cuya conductividad varía bajo tensión mecánica. Estas resistencias están conectadas en puente de tal forma que una desviación de la membrana conduce a una variación de la adaptación del puente. La tensión del puente es por tanto una medida de la presión de sobrealimentación.

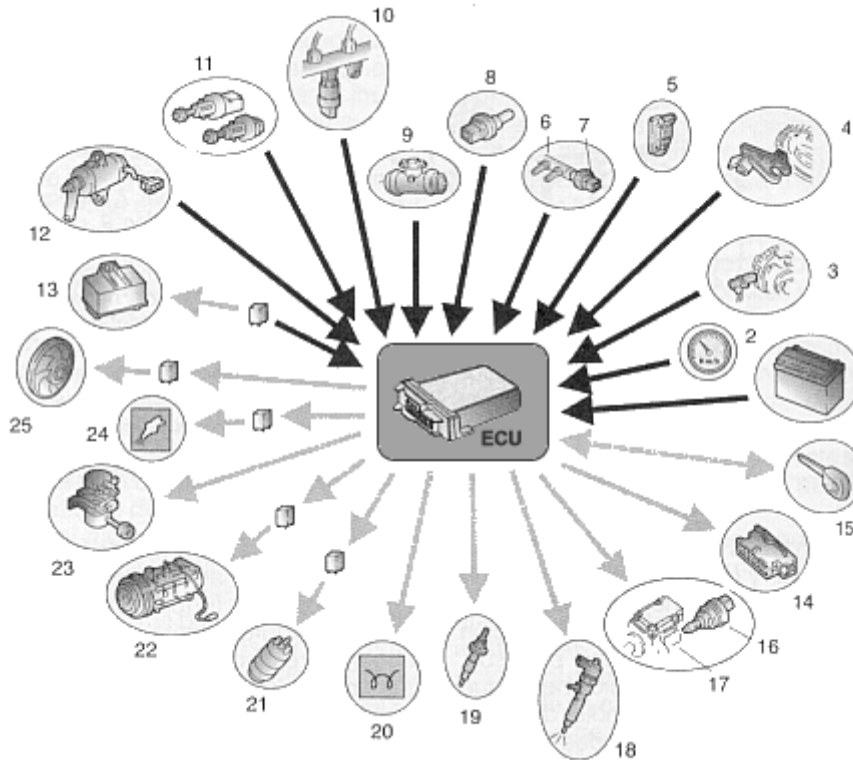
El circuito evaluador tiene la misión de amplificar la tensión de puente, de compensar influencias y de linealizar la curva característica de presión. La señal de salida del circuito evaluador se conduce a la unidad de control. Con ayuda de una curva característica programada se realiza el cálculo de la presión de sobrealimentación, a partir de la tensión medida.

Unidad de control (ECU)

Tarea y funcionamiento

La ECU evalúa las señales de los sensores externos y las limita al nivel de tensión admisible.

Los microprocesadores calculan a partir de estos datos de entrada y según campos característicos almacenados en memoria, los tiempos de inyección y momentos de inyección y transforman estos tiempos en desarrollos temporales de señal que están adaptados al movimiento del motor. Debido a la precisión requerida y al alto dinamismo del motor, es necesaria una gran capacidad de cálculo.



Esquema de entrada y salida de señales a la ECU: 1- Batería; 2- Velocímetro; 3- Sensor de rpm del cigüeñal; 4- Sensor de fase; 5- Sensor de sobrepresión; 6- Conducto de paso de combustible; 7- Sensor de control de la temperatura del gasóleo; 8- Sensor de la temperatura del líquido refrigerante; 9- Caudalímetro; 10- Rampa de inyección con sensor de presión del combustible; 11- Interruptores del pedal de freno y de embrague; 12- Potenciómetro del pedal del acelerador; 13- Cajetín electrónico de precalentamiento; 14- Toma de diagnóstico; 15- Equipo de cierre antirrobo; 16- Regulador de presión en la bomba; 17- Bomba de alta presión; 18- Inyectores; 19- Bujías de espiga incandescente (calentadores); 20- Luz testigo de aviso de calentadores funcionando; 21- Electrobomba de combustible de baja presión; 22- Compresor de AC; 23- Válvula EGR; 24- Luz testigo de funcionamiento del equipo electrónico; 25- Electroventilador.

Con las señales de salida se activan las etapas finales que suministran suficiente potencia para los actuadores de regulación de presión del Rail y para la desconexión del elemento, además se activan también actuadores para las funciones del motor (ejemplo: la retroalimentación de gases de escape, actuador de presión de sobrealimentación, relé para la electrobomba de combustible) y otras funciones auxiliares (ejemplo: relé del ventilador, relé de calefacción adicional, relé de incandescencia, acondicionador de aire). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos y destrucción debida a sobrecargas eléctricas. El microprocesador recibe retroinformación sobre anomalías de este tipo, así como sobre cables interrumpidos. Las funciones de diagnóstico de las etapas finales para los inyectores reconocen también desarrollos deficientes de señal. Adicionalmente se retransmiten algunas señales de salida, a través de interfaces, a otros sistemas del vehículo. Dentro del marco de un campo de seguridad, la unidad de control supervisa también el sistema de inyección completo.

La activación de los inyectores plantea exigencias especiales a las etapas finales. La corriente eléctrica genera en una bobina con núcleo magnético una fuerza magnética que actúa sobre el sistema

hidráulico de alta presión en el inyector. La activación eléctrica de esta bobina debe realizarse con flancos de corrientes muy pronunciados, para conseguir una tolerancia reducida y una elevada capacidad de reproducción del caudal de inyección. Condición previa para ello son tensiones elevadas que se almacenan en memoria de la unidad de control.

Una regulación de corriente divide la fase de actuación de corriente (tiempo de inyección) en una fase de corriente de excitación y una fase de retención. La regulación debe funcionar con tal precisión que el inyector funcione en cada margen de servicio inyectado de nuevo de forma reproducible y debe además reducir la potencia de pérdida en la unidad de control y en el inyector.

Condiciones de aplicación

A la unidad de control se le plantean altas exigencias en lo referente a:

- la temperatura del entorno (en servicio de marcha normal, -40...+85°C)
- la capacidad de resistencia contra productos de servicio (aceite, combustible, etc.)
- la humedad del entorno
- sollicitaciones mecánicas

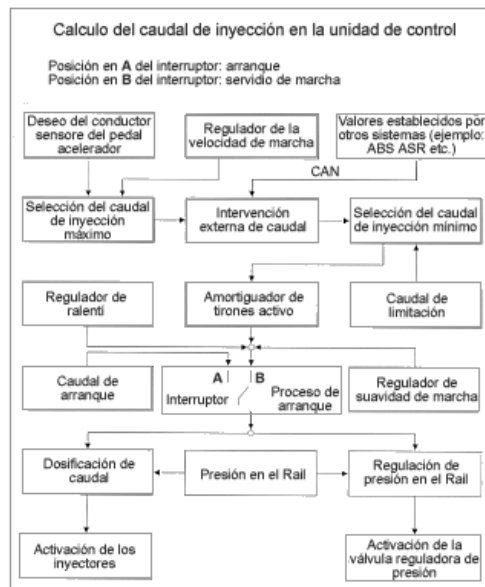
Igualmente son muy altas las exigencias a la compatibilidad electromagnética (CEM) y a la limitación de la irradiación de señales perturbadoras de alta frecuencia.

Estructura

La unidad de control se encuentra dentro de un cuerpo metálico. Los sensores, los actuadores y la alimentación de corriente, están conectados a la unidad de control a través de un conector multipolar. Los componentes de potencia para la activación directa de los actuadores están integrados en la caja de la unidad de control, de forma tal que se garantiza una buena disipación térmica hacia la caja. La unidad de control existe tanto con caja estanqueizada, como también con caja no estanqueizada.

Regulación de los estados de servicio

Para que el motor funcione en cualquier estado de servicio con una combustión óptima, se calcula en la unidad de control el caudal de inyección adecuado en cada caso (figura de abajo). Para ello deben considerarse diversas magnitudes.



Caudal de arranque

Al arrancar se calcula el caudal de inyección en función de la temperatura y del régimen. El caudal de arranque se establece desde la conexión del interruptor de marcha (en la figura, el interruptor pasa a la posición "A") hasta que se alcanza un régimen de revoluciones mínimo. El conductor no tiene ninguna influencia sobre el caudal de arranque.

Servicio de marcha

Bajo servicio de marcha normal, se calcula el caudal de inyección en función de la posición del pedal del acelerador (sensor del pedal del acelerador) y del número de revoluciones (en la figura, el interruptor pasa a la posición "B" del interruptor). esto se realiza mediante el campo característico del comportamiento de marcha. Quedan adaptados así de la mejor forma posible el deseo del conductor y la potencia del vehículo.

Regulación de ralentí

Al ralentí del motor son principalmente el grado de rendimiento y el régimen del ralentí los que determinan el consumo de combustible. Una gran parte del consumo de combustible de los vehículos motorizados en el denso tráfico rodado, recae sobre este estado de servicio. Por este motivo es ventajoso un régimen de ralentí lo más bajo posible. Sin embargo, el ralentí debe estar ajustado de tal forma que, al régimen de ralentí bajo todas las condiciones, como red del vehículo cargada, acondicionador del aire conectado, marcha acoplada en vehículos con cambio automático, servodirección activada, etc., no descienda demasiado y el motor funcione irregularmente o incluso llegue a pararse. Para ajustar el régimen teórico de ralentí, el regulador de ralentí modifica continuamente el caudal de inyección hasta que el número de revoluciones real medido es igual al número de revoluciones teórico preestablecido. El número de revoluciones teórico y la característica de regulación están influidos aquí por la marcha acoplada y por la temperatura del motor (sensor de temperatura del líquido refrigerante). Los momentos de carga externos están acompañados por los momentos de fricción internos que deben ser acompasados por la regulación de ralentí. Estos momentos varían ligeramente pero continuamente durante toda la vida útil del motor y dependen además considerablemente de la temperatura.

Regulación de la suavidad de marcha

Debido a tolerancias mecánicas y a envejecimiento, no todos los cilindros del motor generan el mismo par motor. Esto tiene como consecuencia un funcionamiento "no redondo" del motor, especialmente al ralentí. El regulador de la suavidad de marcha determina ahora las variaciones del régimen después de cada combustión y las compara entre sí. El caudal de inyección para cada cilindro se ajusta entonces en base a las diferencias de revoluciones, de forma tal que todos los cilindros contribuyen por igual a la generación del par motor. El regulador de suavidad de marcha actúa únicamente en el margen inferior de revoluciones.

Regulación de la velocidad de marcha

La regulación de la velocidad de marcha (Temporal) se ocupa de la circulación a una velocidad constante. El regulador ajusta la velocidad del vehículo a un valor deseado. Este valor puede ajustarse mediante una unidad de operación en el tablero de instrumentos.

El caudal de inyección se aumenta o se disminuye continuamente hasta que la velocidad real corresponde a la velocidad teórica ajustada. Si estando conectado el regulador de la velocidad de marcha, pisa el conductor sobre el pedal de embrague o de freno, se desconecta el proceso de regulación. Accionando el pedal del acelerador es posible acelerar superando la velocidad teórica momentánea. Al soltar de nuevo el pedal del acelerador, el regulador de la velocidad de marcha ajusta de nuevo la velocidad teórica vigente. Igualmente es posible, si esta desconectado el regulador de la velocidad de marcha, ajustar de nuevo la última velocidad teórica seleccionada, con la ayuda de la tecla de recuperación.

Regulación del caudal de referencia

No siempre debe inyectarse el caudal de combustible deseado por el conductor o físicamente posible.

Esto puede tener las siguientes razones:

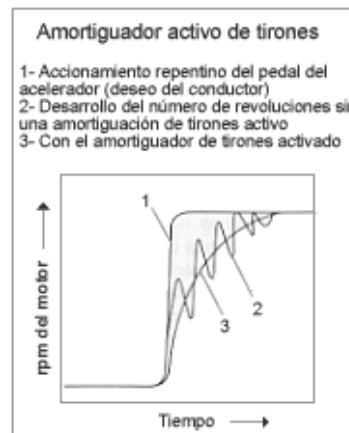
- emisión excesiva de contaminantes,
- expulsión excesiva de hollín,
- sobrecarga mecánica debido a un par motor excesivo o exceso de revoluciones,
- sobrecarga térmica debido a temperatura excesiva del líquido refrigerante, del aceite o del turbocompresor.

El caudal de limitación se forma debido a distintas magnitudes de entrada, por ejemplo, masa: de aire aspirada, número de revoluciones y temperatura del líquido refrigerante.

Amortiguación activa de tirones

Al accionar o soltar repentinamente el pedal acelerador, resulta una velocidad de variación elevada del caudal de inyección y, por tanto, también, del par motor entregado. La fijación elástica del motor y la cadena cinemática originan por este cambio de carga abrupto, oscilaciones en forma de tirones que se manifiestan como fluctuación del régimen del motor.

El amortiguador activo de tirones reduce estas oscilaciones periódicas del régimen, variando el caudal de inyección con el mismo periodo de oscilación; al aumentar el número de revoluciones, se inyecta menos caudal; al disminuir el número de revoluciones, se inyecta más caudal. El movimiento de tirones queda así fuertemente amortiguado.

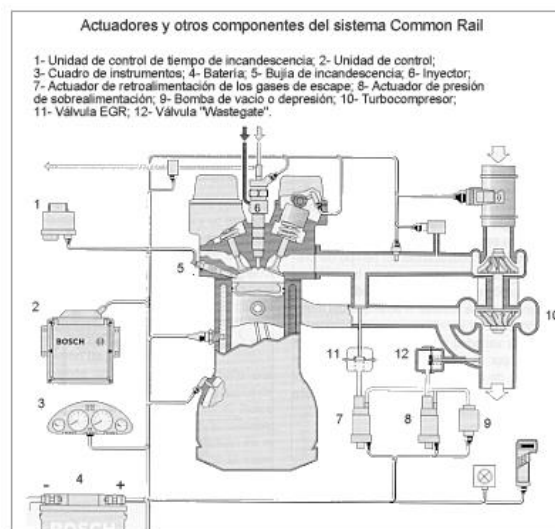


Parada del motor

El principio de trabajo de "autoencendido" tiene como consecuencia que el motor Diésel solo pueda pararse interrumpiendo la entrega de combustible al sistema de inyección.

En el caso de la regulación electrónica diésel, el motor se para mediante la orden de la unidad de control "caudal de inyección cero".

Actuadores



Inyector

Para conseguir un buen comienzo de inyección y un caudal de inyección exacto, en el sistema "Common Rail" se aplican inyectores especiales con un servosistema hidráulico y una unidad de

activación eléctrica (electroválvula). Al comienzo de un proceso de inyección, el inyector es activado con una corriente de excitación aumentada, para que la electroválvula abra rápidamente. En cuanto la aguja del inyector ha alcanzado su carrera máxima y está abierta totalmente la tobera, se reduce la corriente de activación a un valor de retención más bajo. El caudal de inyección queda determinado ahora por el tiempo de apertura y la presión en el "Rail". El proceso de inyección concluye cuando la electroválvula ya no es activada, cerrándose, por tanto.

Válvula reguladora de presión

La unidad de control controla la presión en el "Rail" a través de la válvula reguladora. Cuando se activa la válvula reguladora de presión, el electroimán presiona el inducido contra el asiento estanco y la válvula cierra. El lado de alta presión queda estanqueizado contra el lado de baja presión y aumenta la presión en el "Rail".

En estado sin corriente, el electroimán no ejerce fuerza sobre el inducido. La válvula reguladora de presión abre, de forma que una parte del combustible del "Rail" retorna al depósito de combustible a través de una tubería colectiva. La presión en el "Rail" disminuye.

Mediante la activación a intervalos de la "corriente de activación" (modulación de amplitud de impulsos) puede ajustarse variablemente la presión.

Unidad de control del tiempo de incandescencia

Para un buen arranque en frío y para mejorar la fase de calentamiento del motor que incide directamente en la reducción de los gases de escape, es responsable el control de tiempo de incandescencia. El tiempo de preincandescencia depende de la temperatura del líquido refrigerante. Las demás fases de incandescencia durante el arranque del motor o con el motor en marcha, son determinadas por una variedad de parámetros, entre otras cosas, por el caudal de inyección y por el número de revoluciones del motor.

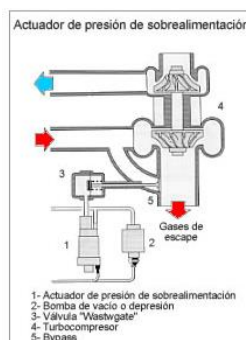
Convertidor electroneumático

Las válvulas de los actuadores de presión de sobrealimentación, de rotación y de retroalimentación de gases de escape (EGR), son accionadas mecánicamente con ayuda de depresión (vacío) o sobrepresión. Para ello, la unidad de control del motor genera una señal eléctrica que es transformada por un convertidor electroneumático en una sobrepresión o depresión.

Actuador de presión de sobrealimentación

Los motores de turismos con turbo compresión por gases de escape tienen que alcanzar un elevado par motor incluso a número de revoluciones bajos.

Por este motivo, el cuerpo de la turbina está dimensionado para un flujo pequeño de masas de gases de escape. Para que la presión de sobrealimentación no aumente excesivamente en caso de flujos de masas mayores de gases de escape, en este margen de funcionamiento debe conducirse una parte de los gases de escape sin pasar por la turbina del turbo al colector de los gases de escape por medio de una válvula by-pass ("Wastegate"). El actuador de la presión de sobrealimentación modifica para ello la apertura mayor o menor de la válvula "Wastegate" dependiendo del número de revoluciones del motor, del caudal de inyección, etc. En lugar de la válvula "Wastegate" puede aplicarse también una geometría variable de la turbina (VTG). Esta modifica el ángulo de incidencia de la turbina de gases de escape e influye así la presión de sobrealimentación.



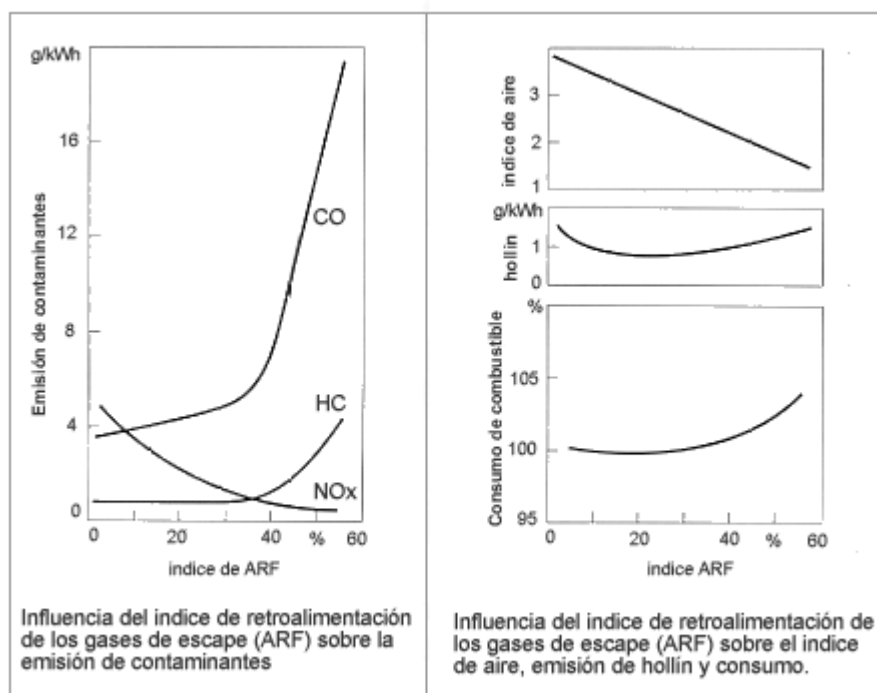
Actuador de rotación

El control de rotación sirve para influir el movimiento de giro del aire aspirado. La rotación del aire se genera casi siempre mediante canales de entrada de forma espiral. La rotación del aire determina el mezclado del combustible y el aire en la cámara de combustión y tiene por tanto gran influencia sobre la calidad de la combustión. Por regla general se genera una fuerte rotación a un número de revoluciones bajo y una débil rotación a un número de revoluciones alto. La rotación puede regularse con la ayuda de un actuador de rotación (mueve una corredera) en el área de la válvula de actuación.

Actuador de retroalimentación de los gases de escape

En la retroalimentación de los gases de escape se conduce una parte de los gases de escape a la admisión del motor. Hasta un cierto grado, una parte de los gases residuales creciente puede repercutir positivamente sobre la transformación de energía, reduciendo con ello la emisión de contaminantes. Dependiendo del punto de servicio, la masa aspirada de aire/gas se compone de gases de escape hasta un 40%.

Para la regulación en la unidad de control se mide la masa real de aire fresco y se compara con un valor teórico de masa de aire en cada punto de servicio. Con ayuda de la señal generada por la regulación, abre el actuador de retroalimentación de gases de escape, de forma que pasa gases de escape a través de la válvula EGR del colector de escape a la admisión del motor.



Regulación de la mariposa

La mariposa en el motor diésel tiene una función totalmente distinta que en el motor de gasolina. Sirve esta para aumentar el índice de retroalimentación de gases de escape, mediante la reducción de la sobrepresión en el tubo de admisión. La regulación de la mariposa solamente actúa en el margen de revoluciones inferior.

Intercambio de informaciones

Comunicación de las unidades de control

La comunicación entre la unidad de control del sistema Common Rail y otras unidades de control, se realiza a través del bus CAN (Controller Area Network). Para ello se transmite los valores teóricos, estados de servicio e informaciones de estado, necesarios para el servicio y para la supervisión de averías.

Intervención externa del caudal

El caudal de inyección es influido por otra unidad de control (ejemplo: ABS, ASR, cambio automático)). Esta unidad comunica a la unidad de control del Common Rail que tiene que modificar el par motor y por tanto los valores de inyección.

Bloqueo electrónico de arranque

Para la protección antirrobo del vehículo puede impedirse un arranque del motor con la ayuda de una unidad de control adicional para el bloqueo de arranque.

El conductor puede señalar a esta unidad de control, por ejemplo, mediante un mando a distancia, que está autorizado a utilizar el vehículo. La unidad habilita entonces en la unidad de control Common Rail, el caudal de inyección de forma que es posible el arranque del motor y el servicio de marcha.

Acondicionador de aire

Para conseguir una temperatura agradable en el interior del vehículo, se utiliza el aire acondicionado. Este sistema demanda una potencia del motor que puede alcanzar dependiendo del motor y la situación de marcha de 1% a un 30% de la potencia del motor. El objetivo no es por lo tanto la regulación de temperatura, sino el aprovechamiento óptimo del par motor. En cuanto el conductor acciona rápidamente el pedal del acelerador (deseando un par motor máximo) o también cuando el motor está funcionando a una temperatura excesiva. El EDC desconecta brevemente el compresor del sistema del aire acondicionado en el primer caso y en el segundo caso lo desconecta hasta que la temperatura del motor baje a valores de temperatura que no pongan en peligro el funcionamiento del motor.

Diagnóstico integrado

Supervisión de sensores

En la supervisión de sensores se comprueba con la ayuda del diagnóstico integrado, si estos son abastecidos suficientemente y si su señal está dentro del margen admisible (ejemplo: temperatura entre -40 y 150 °C). Las señales importantes se ejecutan por duplicado siempre que sea posible; es decir, existe la posibilidad de conmutar a otra señal similar en un caso de avería.

Módulo de supervisión

La unidad de control dispone de un módulo de supervisión además del microprocesador. La unidad de control y el módulo de supervisión se supervisan recíprocamente. Al reconocerse una avería pueden interrumpir ambos la inyección independientemente entre sí.

Reconocimiento de averías

El reconocimiento de averías solo es posible dentro del margen de supervisión de un sensor. Una vía de señal se considera defectuosa si una avería está presente durante un tiempo definido previamente. La avería se almacena entonces en la memoria de averías de la unidad de control, junto con las condiciones ambientales correspondientes, bajo las cuales ha aparecido (ejemplo: temperatura del líquido refrigerante, nº de revoluciones, etc.).

Para muchas averías es posible un "reconocimiento de rehabilitación". Para ello debe reconocerse como intacta la vía de señal, durante un tiempo definido.

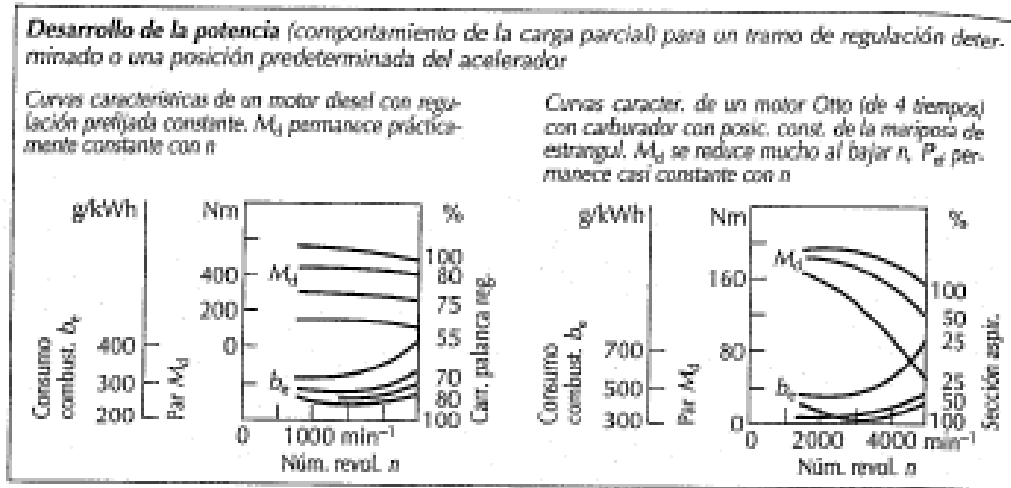
Tratamiento de averías

Al infringirse el margen admisible de señal de un sensor, se conmuta a un valor preestablecido. Este procedimiento se aplica a las siguientes señales de entrada:

- Tensión de batería.
- Temperatura del líquido refrigerante, del aire y del aceite.
- Presión de sobrealimentación.
- Presión atmosférica y caudal de aire.

Adicionalmente, si se tienen señales anómalas del sensor del pedal acelerador y del freno, se emplea un valor sustitutivo para el sensor del pedal acelerador.

11.2.3 PÉRDIDA DE POTENCIA



Posición de par

Posición del par máximo dentro del margen de revoluciones con relación al nominal, en % ($N_{M_{dmax}}/n_{nom} \cdot 100$)

Margen de revoluciones útiles

(número inferior a plena carga/nominales)

Tipo de motor	Intervalo útil de revoluciones Δn_d	Posición de par %
Motor diesel para turismos	3,5...5	15...40
	para camiones	1,8...3,2
Motor Otto	4...7	25...35

Potencia del motor, estado del aire

Tipo de motor	Elevac. par M_d en %	
Motor diesel para turismos	Motores aspiración	15...20
	con sobrealim.	20...30
Motor diesel para camiones	Motores aspiración	10...15
	con sobrealim.	15...30
	con LLK	25...40
Motor Otto	Motor aspiración	25...30
	con sobrealim.	30...35

Potencia del motor, estado del aire

La contención de calor de la carga de un cilindro determina esencialmente el par de un motor de combustión y con ello también su potencia. Una medida directa de la

contención de calor es la cantidad de aire de la carga de un cilindro (más exactamente la cantidad de oxígeno). La variación de la potencia máxima de un motor se puede calcular por el cambio de estado del aire ambiente (temperatura, presión, humedad), permaneciendo constantes, además del número de revoluciones del motor, la relación aire-combustible, el grado de llenado del cilindro, el rendimiento de la combustión y la potencia de pérdida del motor. La mezcla aire-combustible se hará más rica a medida que disminuya la densidad del aire. El grado de llenado del cilindro (presión en el cilindro en la aspiración con respecto a la presión atmosférica) sólo permanece constante cuando los órganos de regulación están completamente abiertos (plena potencia) para cada estado del aire. El rendimiento de la combustión desciende con el aire frío y enrarecido a causa de la menor evaporación y turbulencia y la combustión más lenta. La potencia de pérdida del motor (pérdidas por rozamiento + trabajo de intercambio de gases + potencia de alimentación) disminuye la potencia indicada.

Influencia del estado del aire

Cuanto más pesado (más denso y más frío) es el aire que rodea al motor, más aire será aspirado o comprimido, y mayor será por ello la potencia del motor. Regla empírica: Por cada 100 m de altura disminuye la potencia del motor aproximadamente un 1%. Según el tipo de motor, el aire frío se calienta previamente más o menos en las conducciones de la aspiración y así se enrarece. El

precalentamiento del aire disminuye la potencia del motor. El aire húmedo contiene menos oxígeno que el aire seco y da por ello una potencia menor del motor. La disminución es por lo general pequeña y no se tiene en cuenta, pero el aire húmedo y caliente de los trópicos, puede reducir sensiblemente la potencia del motor.

Definición de potencia

Potencia útil es la potencia de un motor obtenida a un número correspondiente de revoluciones en el cigüeñal o en un dispositivo auxiliar (p.ej. la caja de cambios). Al tomar la potencia en la caja de cambios, hay que agregarle la potencia de pérdida

de ésta. **Potencia nominal** es la máxima de un motor a plena carga. **Potencia neta** corresponde a potencia útil.

Para poder comparar indicaciones comparables sobre la potencia, independientemente de las condiciones atmosféricas a lo largo del día o del año y de los diferentes fabricantes, los **valores de potencia son transformados en valores de referencia**, calculándose la masa de aire reinante "bajo condiciones normales" basadas en la densidad de aire medida y con ello se calcula la masa de aire de trabajo en el motor.

El cuadro comparativo que se muestra a continuación contiene las normas más importantes de estas correcciones de potencia.

Normas de corrección de potencia (comparación)

Norma (fecha publicación)	EWG 80/1269 (4/81)	ISO 1585 (5/82)	JIS D 1001 (10/82)	SAE J 1349 (5/85)	DIN 70020 (11/76)
Presión barométrica durante el ensayo (* presión de vapor restada)					
seco p_{vT} kPa	99	99	99	99	-
húmedo p_{vT} kPa	-	-	-	-	101,3
Temperatura absoluta T_p en el ensayo					
K	298	298	298	298	293
Motores Otto de aspiración y de sobrealimentación					
Factor de corrección α_2	$\alpha_2 = A^{1,2} \cdot B^{0,8}$ $A = 99/p_{vT}$ $B = T_p/298$				$\alpha_2 = A \cdot B^{0,7}$ $A = 101,3/p_{vT}$ $B = T_p/293$
Potencia corregida: $P_0 = \alpha_2 \cdot P$ (kW) (P potencia medida)					
Motores diesel de aspiración y de sobrealimentación					
Factor de corrección atmosférica ξ_a	$\xi_a = A \cdot B^{0,7}$ (A = 99/ p_{vT} ; B = $T_p/293$) (Motores de aspiración y de sobrealimentación mecánica)				como en α_2 en motores Otto
	$\xi_a = A^{0,7} \cdot B^{1,5}$ (A = 99/ p_{vT} ; B = $T_p/293$) (Motores de sobrealimentación turbo con/ sin refrigeración de aire)				
Factor de corrección de motor ξ_m	$40 \leq q/r \leq 65$ $q/r < 40$ $q/r > 65$	$\xi_m = 0,036 \cdot (q/r - 1,14)$ $\xi_m = 0,3$ $\xi_m = 1,2$		$\xi_m = 1$	
$r = p_1/p_2$ Comportamiento de la presión de la alimentación, con p_1 presión absoluta de carga, p_2 presión absoluta antes del compresor, q consumo específico de combustible (SAE J 1349), motores de cuatro tiempos: $q = 120000$ F/DN, motores de dos tiempos: $q = 60000$ F/DN con F caudal de combustible (mg/s), D volumen de carrera (l), N número de revoluciones del motor (min^{-1})					
Potencia corregida: $P_0 = P \cdot \xi_a^{\xi_m}$ (kW) (P potencia medida)					
Dispositivos auxiliares prescritos					
Ventilador	Sí, en ventiladores eléctricos o visco a máximo resbalamiento				No definido
Purificador gases escape	Sí				No definido
Alternador	Sí, cargado con desprendimiento de corriente del motor				Sí
Servobombas	No				No
Equipo de climatización	No				No

11.2.4 DATOS Y ESPECIFICACIONES, SISTEMA DE COMBUSTIBLE MOTOR 4JH1 ISUZU

SISTEMA DE COMBUSTIBLE 6C – 3

DATOS Y ESPECIFICACIONES PRINCIPALES

Elemento	Descripción			
	4JA1T (L)	4JA1TC	4JH1TC	
Tipo de bomba de inyección	Distribuidor Bosch tipo VE	Distribuidor Bosch tipo VP44		
Tipo de regulador	Variable mecánica (Presión de aceite a media velocidad)	Control eléctrico		
Tipo de temporizador	Presión de aceite	Control eléctrico		
Tipo de bomba de alimentación de combustible	Aleta con eje de entrada			
Tipo de boquilla de inyección	Tipo de agujero			
El número de orificios de boquilla de inyección	5			
Orificios de boquilla de inyección				
Díámetro Interior mm (pulg.)	0,19 (0,0075)	0,17 (0,0067)	0,21 (0,0083)	
Presión de operación diseñada para la boquilla de inyección: MPa (kg/cm ²)	1ra	19,1 (195)	19,0 (194)	19,5 (199)
	2da	25,0 (255)	33,5 (328)	33,8 (331)
Tipo de filtro de combustible principal	Elemento de papel de cartucho de usar y tirar			

Precauciones

Cuando trabaje en el sistema de combustible, hay varios puntos a tener en cuenta.

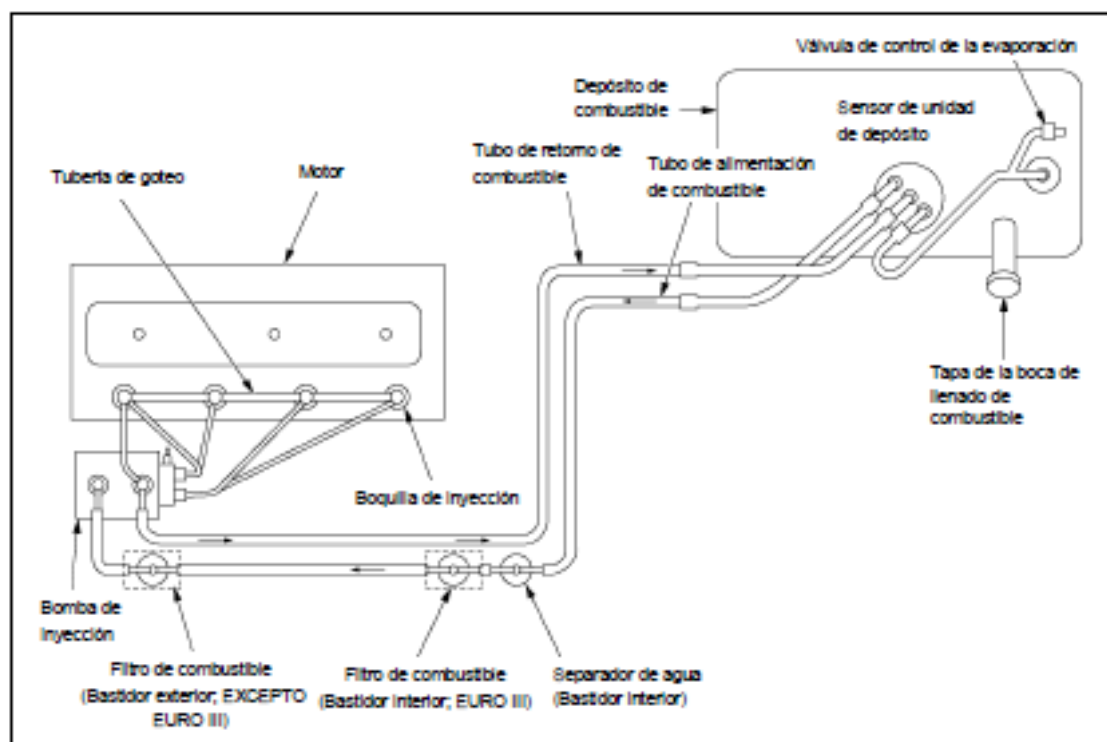
- Cada vez que trabaje en el sistema de combustible, desconecte el cable negativo de la batería excepto para aquellas pruebas en que se necesite la tensión de la misma.
- Tenga siempre a mano en el área de trabajo un extintor de incendios con producto químico en polvo (clase B).
- Vuelva a poner todos los mismos tubos y accesorios que quitó.
- Limpie e inspeccione las juntas tóricas. Reemplace si es necesario.
- Elimine siempre la presión de los tubos antes de trabajar en cualquier componente del sistema de combustible.
- No intente hacer reparaciones en el sistema de combustible hasta después de haber leído las instrucciones y verificado las ilustraciones relacionadas con la reparación.
- Siga todos los avisos y precauciones.

NOTA:

El ajuste de la boquilla de inyección sólo es posible en el motor 4JA1L.

DESCRIPCIÓN GENERAL

FLUJO DE COMBUSTIBLE



RTWV00P00201

El sistema de combustible consiste en un depósito de combustible, filtro de combustible, separador de agua, bomba de inyección y boquilla de inyección.

El combustible del depósito de combustible pasa a través del separador de agua y el filtro de combustible, donde las partículas de agua y otras materias extrañas son eliminadas del combustible.

El combustible, alimentado por el émbolo de la bomba de inyección, se envía a la boquilla de inyección con el volumen medido y con la distribución óptima para que el motor funcione eficientemente.

NOTA:

- 1 Si se encuentra una condición anormal en el inyector de combustible, consulte la sección 6E FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR Y EMISIONES.
- 2 No contiene "Aditivo para el vacío del agua" con el combustible.

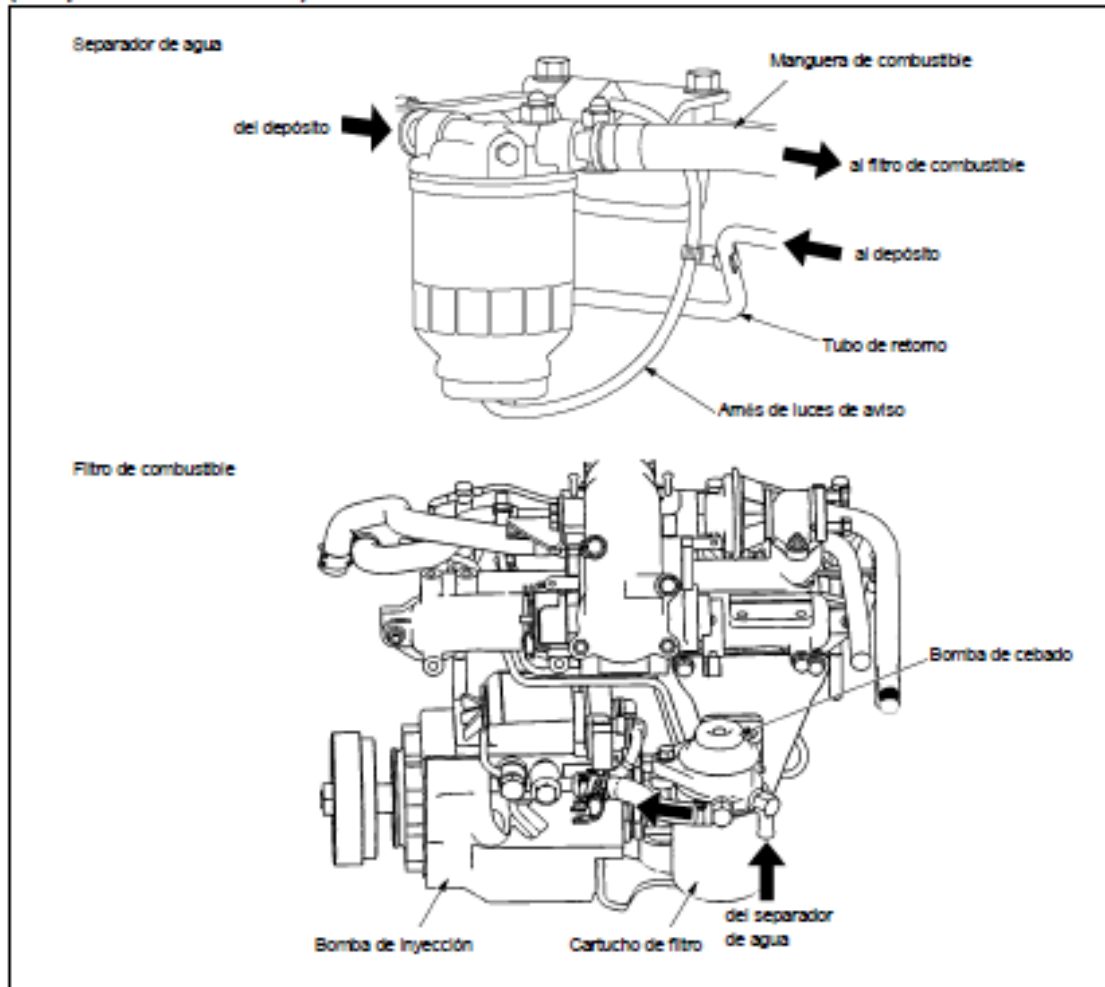
FILTRO DE COMBUSTIBLE Y SEPARADOR DE AGUA

Como el interior de la bomba de inyección está lubricado con el combustible que bombea, el combustible deberá estar perfectamente limpio. El filtro de combustible y el separador de agua eliminan las partículas de agua y otros materiales extraños del combustible antes de que éste llegue a la bomba de inyección.

El separador de agua tiene un flotador interno. Cuando el flotador alcanza el nivel especificado, se enciende una luz de aviso para recordarle que debe vaciar el agua del separador de agua.

En la parte superior del filtro de combustible se encuentra una bomba de cebado tipo diafragma. Se utiliza durante los procedimientos de purga de aire.

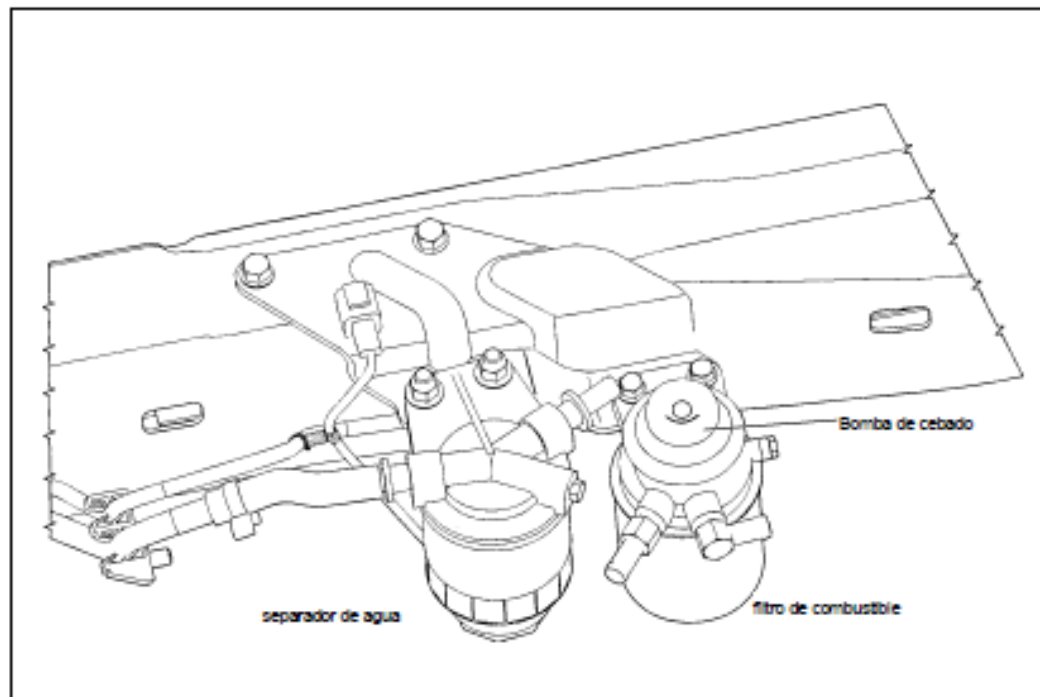
(Excepto el modelo EURO III)



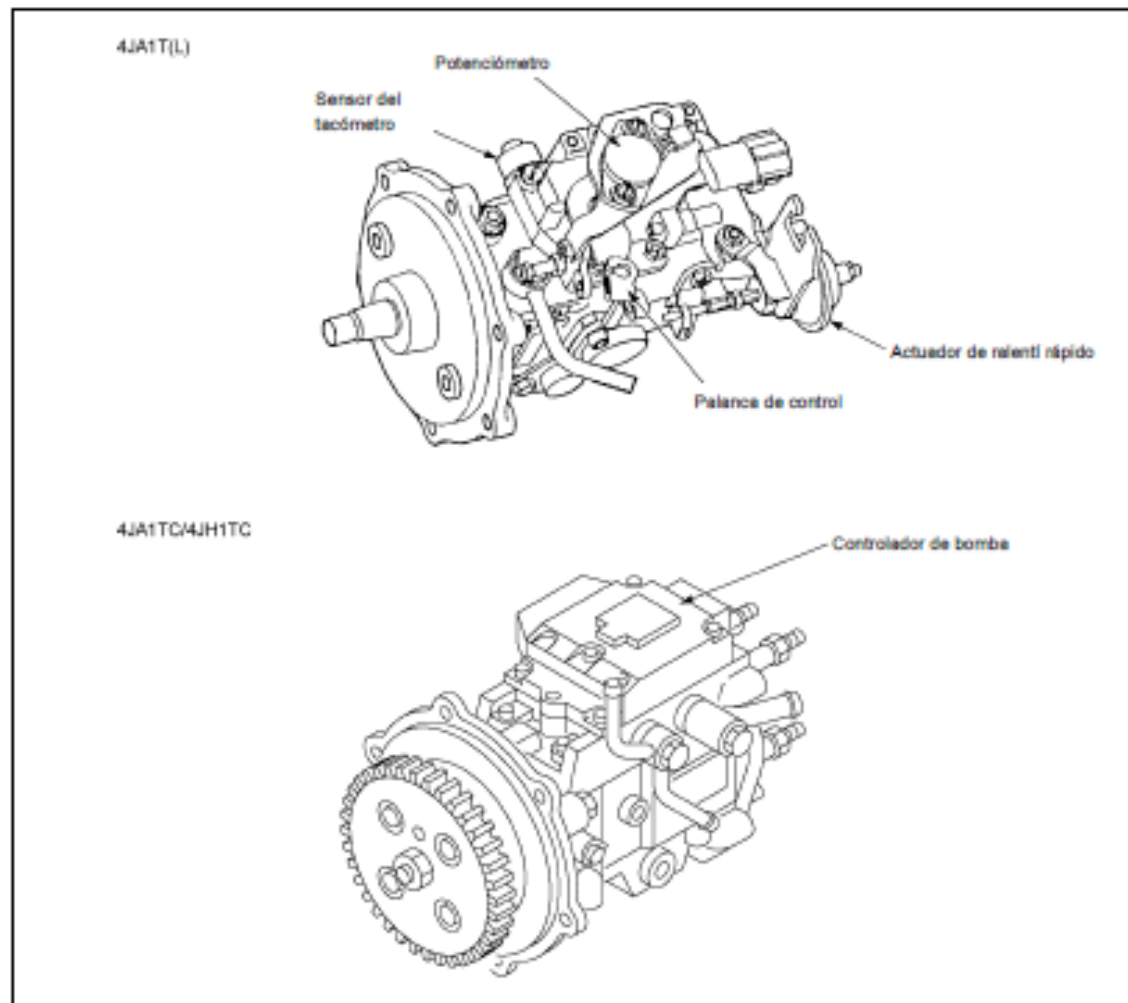
RTW00CL000701

6C - 6 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Para el modelo EURO III



BOMBA DE INYECCIÓN

**4JA1T(L):**

Se utiliza una bomba de inyección tipo distribuidor Bosch. Un sólo émbolo alternativo/rotatorio envía combustible uniformemente a las boquillas de inyección, independientemente del número de cilindros.

El regulador, el temporizador de inyección y la bomba de alimentación se encuentran todos en la caja de la bomba de inyección. La bomba de inyección es compacta y de peso ligero, y proporciona un fiable funcionamiento a alta velocidad.

El accionador de ralentí de marcha rápida tipo vacío aumenta el ralentí del motor para proporcionar la potencia adicional requerida para utilizar el acondicionador de aire.

El movimiento del diafragma de ralentí de marcha rápida se debe a los cambios en la presión negativa creada por la bomba de vacío del motor.

El movimiento del diafragma se transfiere a la palanca de control de la bomba de inyección para aumentar o disminuir el ralentí.

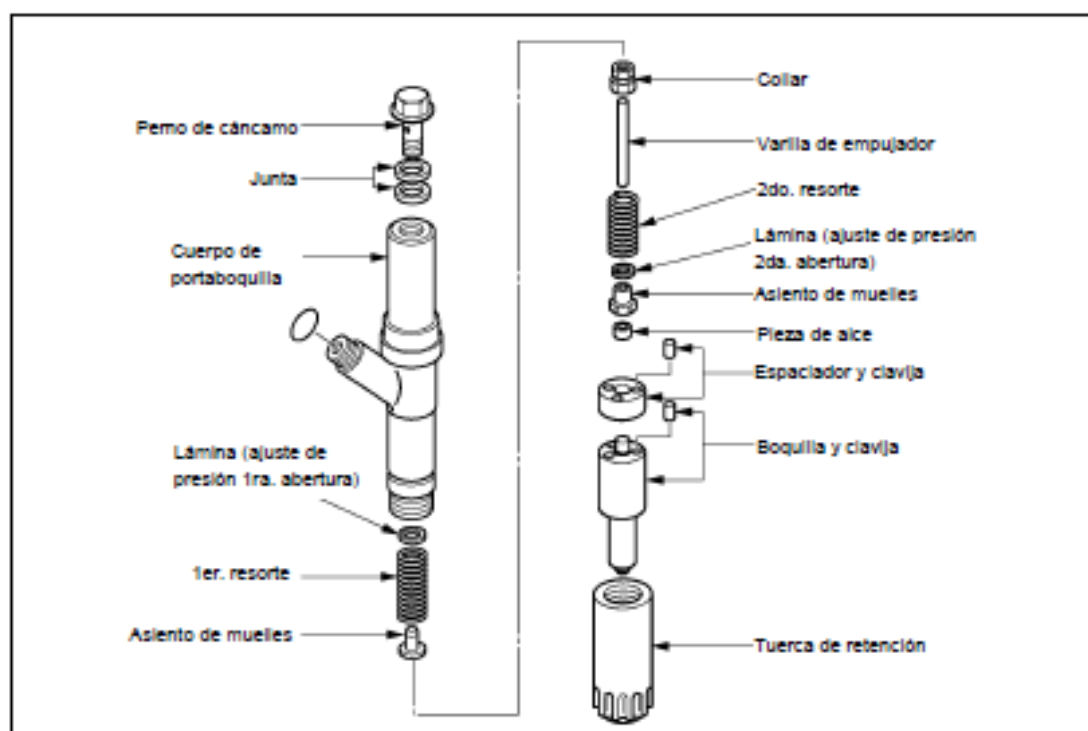
4JA1TC/4JH1TC:

La bomba de inyección Bosch VP44 está controlada electrónicamente. El controlador de bomba se combina con la bomba de inyección.

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

6C – 8 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

BOQUILLA DE INYECCIÓN (4JA1L)



NOTA:

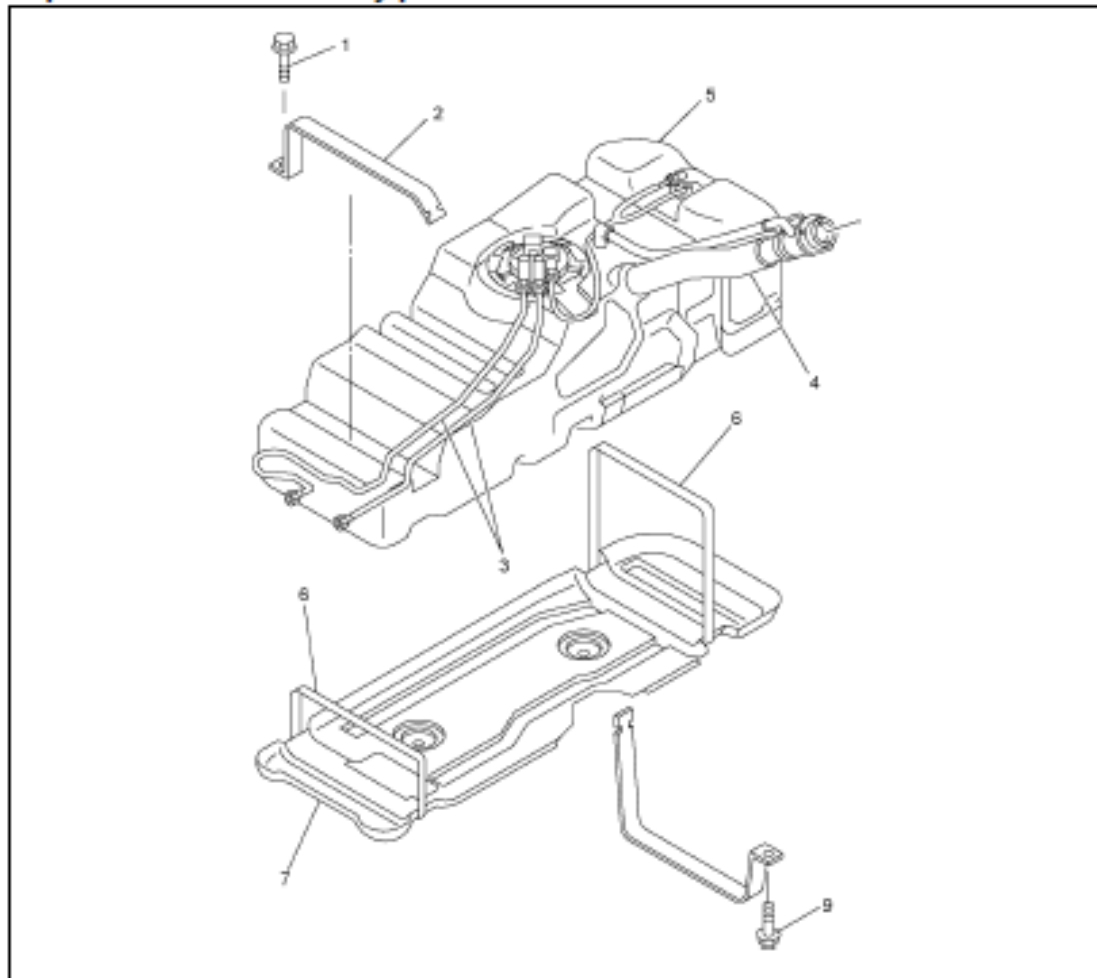
- El ajuste de la boquilla de inyección sólo es posible en el motor 4JA1L.

Una boquilla de inyección del tipo de agujeros (con 5 orificios). Consiste en el cuerpo de la boquilla y en el conjunto de la válvula de agujas.

El conjunto de la boquilla de inyección rocía combustible presionizado desde la bomba de inyección a la cámara de combustión a través del orificio de inyección del cuerpo de la boquilla.

DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

Depósito de combustible y piezas relacionadas



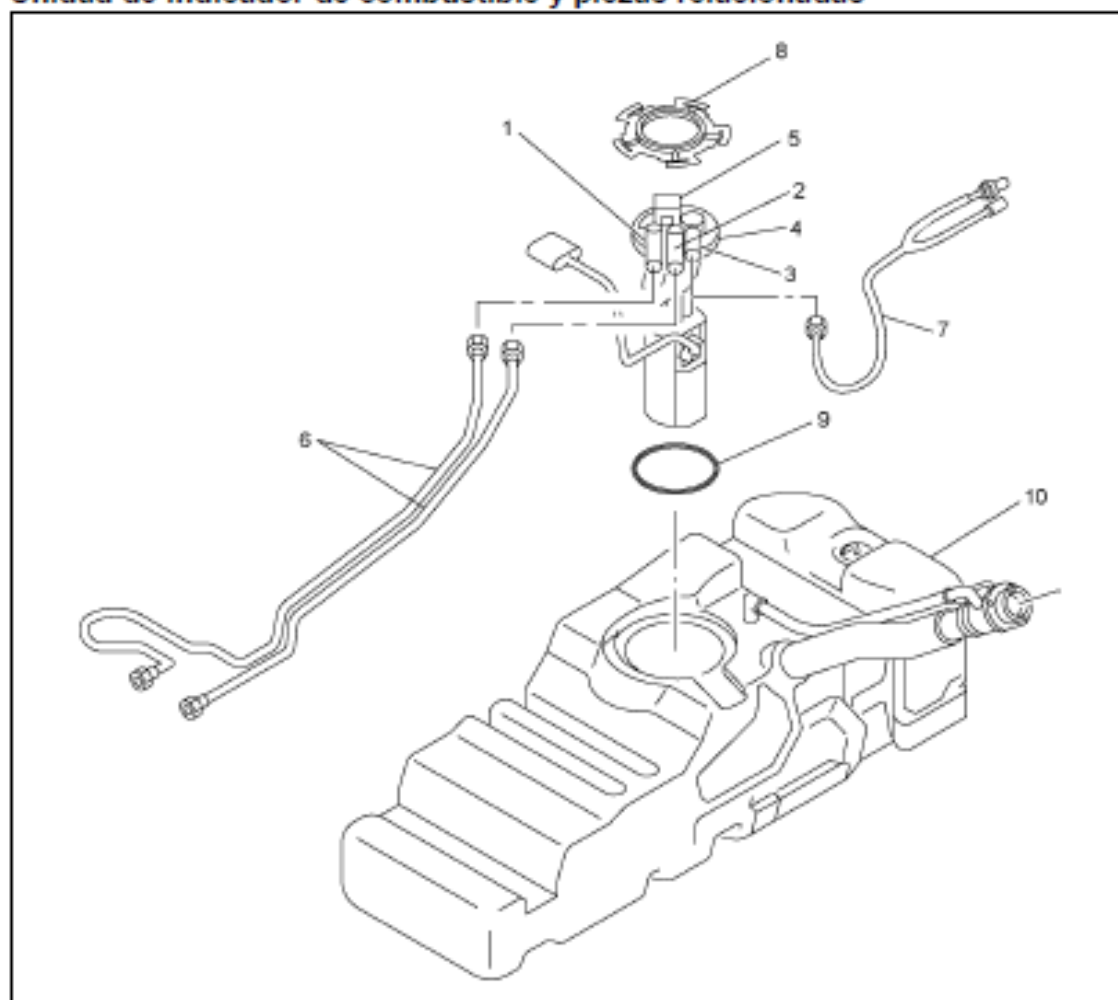
R7044CJ00001

Leyenda

1. Perno; depósito de combustible
2. Banda del depósito de combustible
3. Tubo de combustible/Conector rápido
4. Manguera de la boca de llenado de combustible
5. Depósito de combustible
6. Banda de protección inferior
7. Protección inferior (sólo en el modelo especificado)
8. Tubo de evaporación (sólo en el modelo especificado)

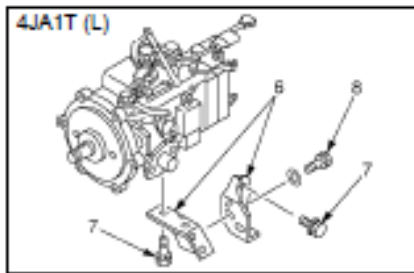
UNIDAD DE INDICADOR DE COMBUSTIBLE

Unidad de indicador de combustible y piezas relacionadas

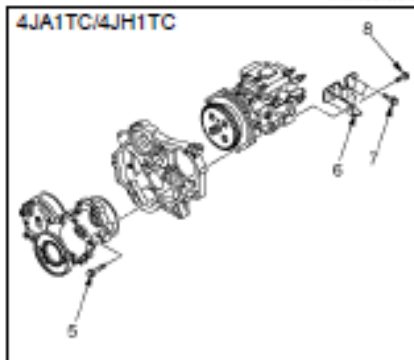


Leyenda

- | | |
|--|---|
| 1. Orificio de alimentación de combustible | 6. Tubo de combustible/Conector rápido |
| 2. Orificio de retorno de combustible | 7. Anillo retenedor (Cierre de la unidad de indicador de combustible) |
| 3. Orificio de emisión de combustible | 8. Sello; unidad de indicador de combustible |
| 4. Conjunto de unidad de indicador de combustible y emisor | 9. Conjunto del depósito de combustible |
| 5. Conector; unidad de indicador de combustible | 10. Tubo de evaporación/conector rápido |



RTW6AC2H002/01



RTW6AM2H002/01

2. Ménsula de la bomba de inyección

- 1) Instale la ménsula de la bomba de inyección (6) y los pernos de ménsula (7) y (8) en el cuerpo del cilindro. Apriete temporalmente los pernos de ménsula.
- 2) Apriete el perno de ménsula (7) al par especificado.
- 3) Apriete el perno de ménsula (8) al par especificado.

Nota:

Apriete primero el perno de ménsula (8).



Par de la ménsula de la bomba de inyección

N-m (kg-m/lb pie)

(8) 19 (1.9 / 14)

(7) 40 (4.1 / 30)

3. Cubierta del agujero de verificación de distribución

Instale la cubierta del agujero de verificación de distribución y apriete los pernos al par especificado.

Pernos de la cubierta del agujero de verificación de distribución



Par de torsión

N-m (kg-m/lb pie)

8 (0.8 / 69)

4. **Cubierta de la bomba de inyección (4JA1TC/4JH1TC solamente)**5. **Colector de admisión**

1) Instale el colector de admisión con junta.

Pernos del colector de admisión

Par de torsión N-m (kg-m/lb pie)

19 (1.9 / 14)

Par de la tuercas del colector de admisión

N-m (kg-m/lb pie)

24 (2.4 / 17)

2) Instale temporalmente la válvula EGR en el colector de admisión y en el tubo EGR.

3) Apriete las tuercas y los pernos al par especificado.

Par de torsión N-m (kg-m/lb pie)

Tuercas 24 (2.4/17)

Pernos 27 (2.8/20)

6. **Tubo de inyección**

Instale el tubo de inyección.



Par del tubo de inyección N-m (kg-m/lb pie)

29 (3.0 / 22)

Lado de la boquilla (4JA1TC/4JH1TC) N-m (kg-m/lb pie)

29 (3.0 / 22)

Lado de la bomba (4JA1TC/4JH1TC) N-m (kg-m/lb pie)

40 (4.1 / 30)

7. **Presilla del tubo de inyección**

Instale la presilla del tubo de inyección.



Nota:

Asegúrese absolutamente de que la presilla está posicionada correctamente.

Par de la presilla del tubo de inyección N-m (kg-m/lb pie)

8 (0.8 / 69)

8. **Tubo de fuga y manguera de fuga**

Instale el tubo de fuga en la boquilla de inyección y conecte la manguera de fuga en la bomba de inyección.

9. **Ménsula del filtro de combustible (Excepto el modelo EURO III)**

Instale la ménsula del filtro de combustible y apriete los pernos al par especificado.



Par de los pernos de la ménsula del filtro de combustible N-m (kg-m/lb pie)

21 (2.1 / 15)

10. Conjunto del filtro de combustible (Excepto el modelo EURO III)

Instale la ménsula del filtro de combustible y apriete los pernos al par especificado.

Par de los pernos de la ménsula del filtro de combustible
N-m (kg-m/lb pie)

21 (2.1 / 15)

11. Tubo de combustible

1) Conecte las mangueras de combustible en el filtro de combustible o en la bomba de cebado.

2) Conecte las mangueras de combustible en la bomba de inyección.

12. Indicador de nivel de aceite

Instale el Indicador del nivel de aceite y apriete los pernos al par especificado.

Pernos del Indicador de nivel de aceite

Par de torsión N-m (kg-m/lb pie)



M8: 19 (1.9 / 14)

M6: 8 (0.8/6 lb pulg.)

13. Conector del mazo del sensor de posición de la mariposa (4JA1TC/4JH1TC solamente)

Reconecte el conector del mazo en el sensor de posición de la mariposa.

14. Ménsula de la bomba de la dirección asistida

15. Ventilador

16. Manguera de vacío

Conecte la manguera de vacío en la válvula EGR y en la mariposa de admisión.

	Euro bajo	Euro I	Euro II	Euro III
4JA1L	sin	con	con	No se utiliza
4JA1TC	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	Con refrigerador (Refrigerador EGR)
4JH1TC	sin	con	con	Con refrigerador (Refrigerador EGR)

17. Cable de control del acelerador

1) Conecte el cable del acelerador en la bomba de inyección (4JA1L) y en la mariposa de admisión. (4JA1TC/4JH1TC solamente)

18. Conjunto de la bomba de la dirección asistida

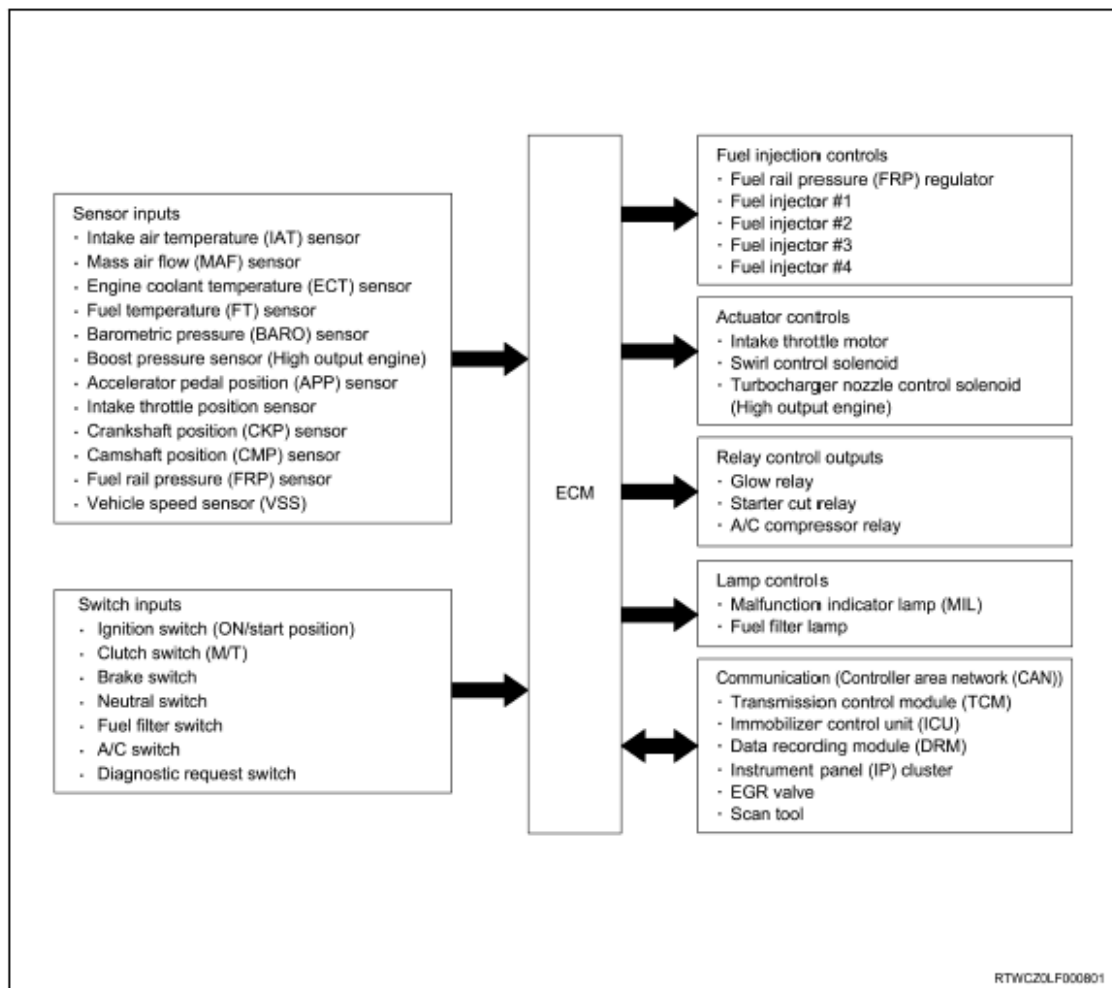
19. Correa Impulsora

Instale la correa impulsora y ajuste su tensión.

20. Batería

11.2.5 FUEL INJECTION ENGINE 4JK1 (COMMON RAIL)

Maintenance Information (4JK1) 15B-5



ECM voltage description

The ECM applies the buffer voltage to various switches and sensors. The ECM can do this because resistance in the ECM is so high in value that a test light may not illuminate when connected to the circuit. An ordinary shop voltmeter may not give an accurate reading because the voltmeter input impedance is too low. Use a 10-megaohm input impedance DMM to ensure accurate voltage readings. The input and/or output devices in the ECM include analog-to-digital converters, signal buffers, counters, and special drivers. The ECM controls most components with electronic switches which complete a ground circuit when turned ON.

MIL operation

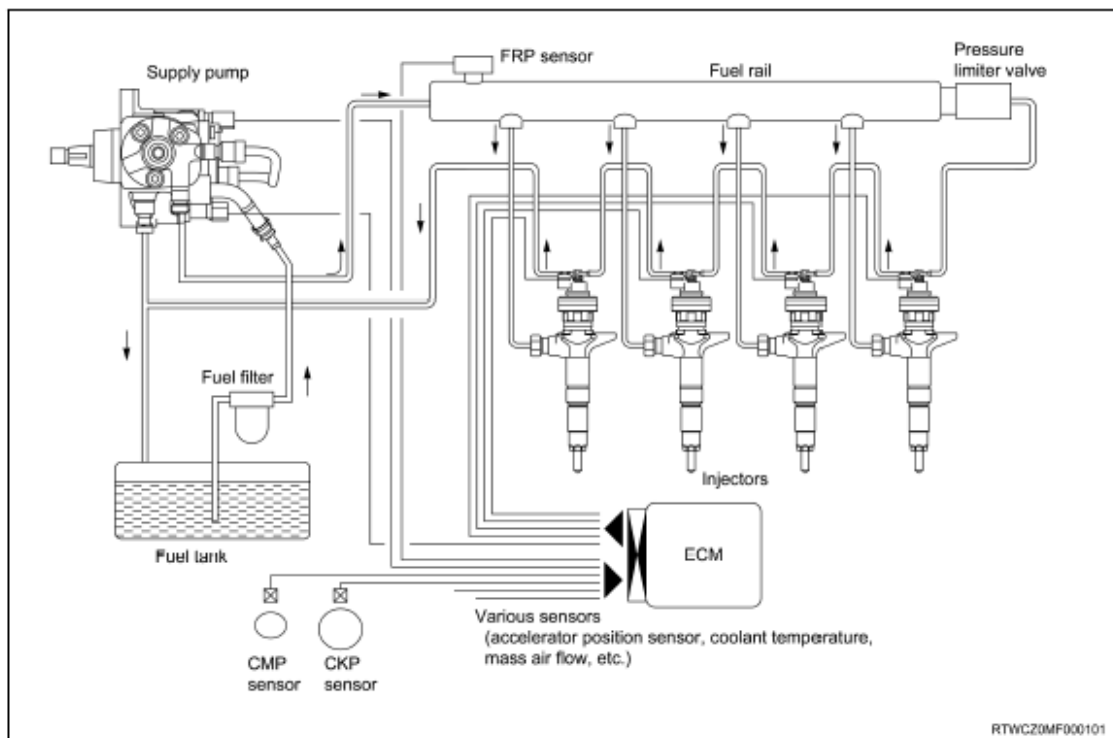
The MIL is located in the instrument panel cluster. The MIL displays the engine symbol when "ON" is commanded.

The MIL indicates that an engine performance related fault has occurred and vehicle service is required. The following is a list of operation modes for the MIL.

The MIL illuminates when the ignition switch is turned ON and the engine is turned OFF. This is a light test to confirm that the MIL is able to illuminate.

The MIL turns OFF after the engine is started if a diagnostic fault is not present.

The MIL remains illuminated after the engine is started if the ECM detects a fault. A DTC is stored any time the ECM illuminates the MIL due to an engine performance related fault.

**High pressure control**

Enables high pressure injection from low engine speed range.

Optimizes control to minimize particulate matter and NO_x emissions.

Injection timing control

Enables finely tuned optimized control in accordance with running conditions.

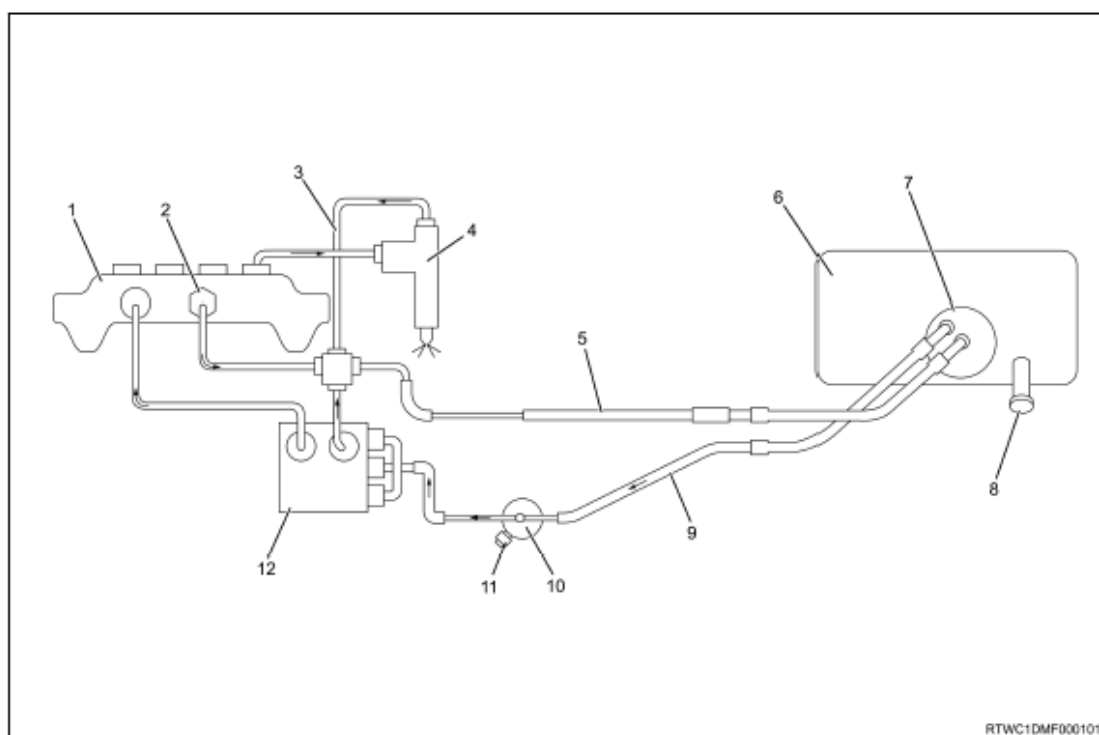
Injection rate control

Pre injection control that performs a small amount of injection before main injection.

The common rail system consists primarily of a fuel supply pump, fuel rail, injectors, and ECM.

Note :

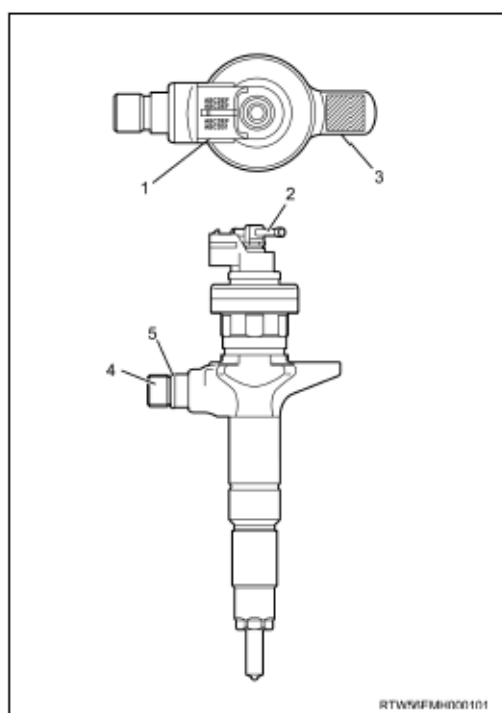
- Fuel system diagram



- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1. Fuel rail | 8. Fuel filler cap |
| 2. Pressure limiter | 9. Fuel feed pipe |
| 3. Fuel leak-off pipe | 10. Fuel filter with sedimenter |
| 4. Injector | 11. Clogging switch |
| 5. Fuel return pipe | 12. Fuel supply pump |
| 6. Fuel tank | |
| 7. Fuel tank unit | |

Injector

Electronic control type injectors controlled by the ECM are used. Compared with conventional injection nozzles, a command piston, solenoid valve, etc. are added. ID codes displaying various injector characteristic are laser marked in the connector housing. This system uses injector flow rate information indicated by the ID codes to optimize the injection quantity control. When an injector is newly installed in a vehicle, it is necessary to input the ID codes in the ECM. QR codes or injector flow rate information are used to enhance the injection quantity precision of the injectors. The use of codes enables injection quantity dispersion control throughout all pressure ranges, contributing to improvement in combustion efficiency and reduction in exhaust gas emissions.



1. Injector ID code
2. Fuel leak-off pipe
3. 2D barcode

4. Fuel inlet port
5. O-ring

Non-injection state

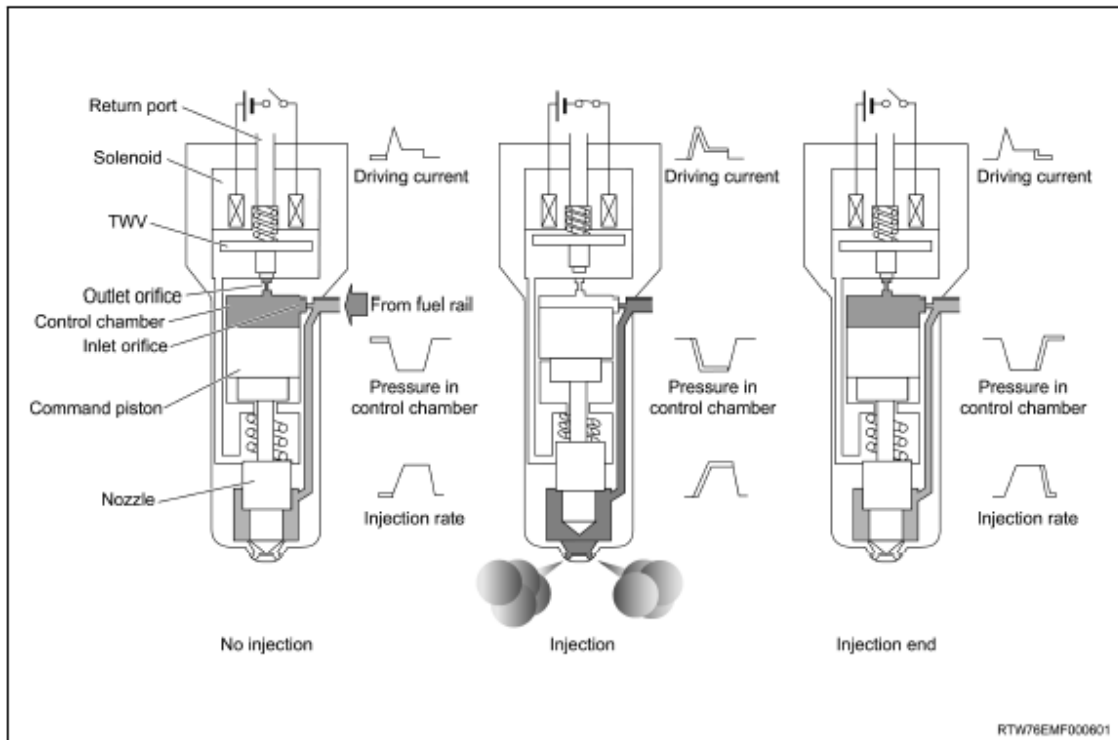
The TWV closes the outlet orifice by means of a spring force, when no current is supplied from the ECM to the solenoid. At this point, the fuel pressure applied to the nozzle leading end is equivalent to the fuel pressure applied through the inlet orifice to the control chamber. As for the force competition in this state, the sum of pressure on the command piston upper surface and nozzle spring force is greater than the pressure applied to the nozzle leading end, and therefore the nozzle is pressed down and the injection hole is closed.

Injection start

When current is supplied from the ECM to the solenoid, the TWV is raised to open the outlet orifice and the fuel flows into the return port. As a result, the nozzle is pressed up along with the command piston by the fuel pressure applied to the nozzle leading end and then the nozzle injection hole opens to inject the fuel.

Injection end

When the ECM finishes supplying power to the solenoid, the TWV comes down and the outlet orifice is closed. As a result, the fuel stops flowing into the return port from the control chamber and the fuel pressure within the control chamber sharply rises. Then, the nozzle is pressed down by the command piston and the nozzle injection hole is closed to stop fuel injection.



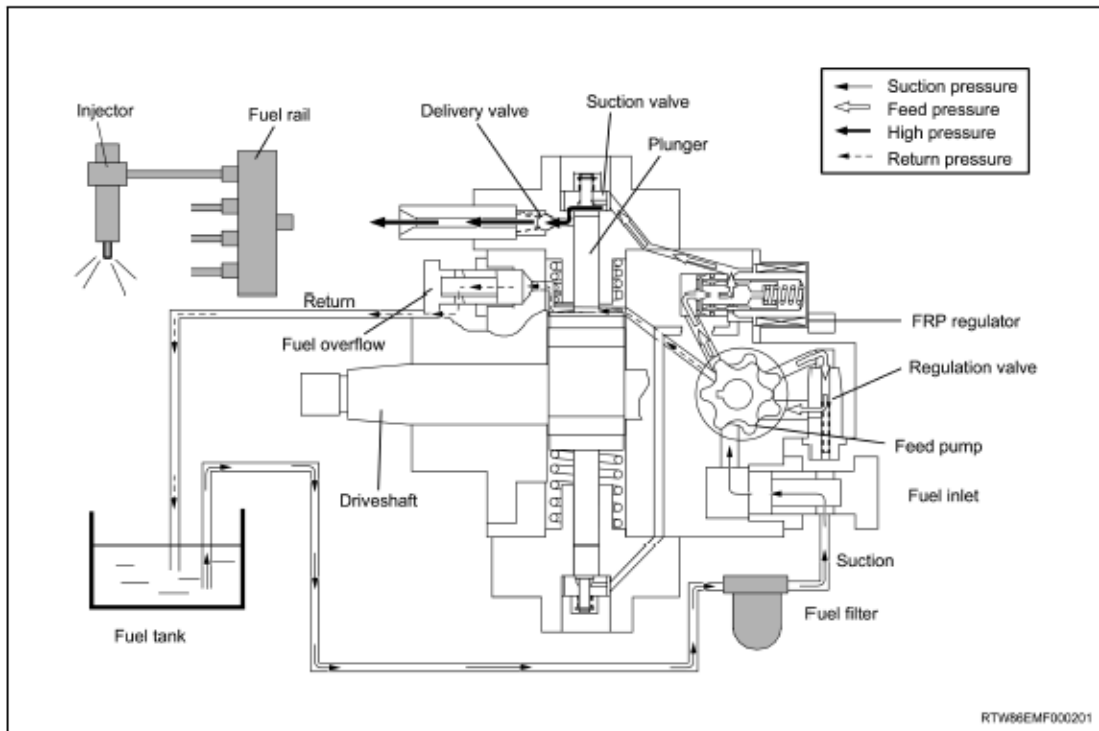
RTW76EMF000601

Fuel supply pump

The fuel supply pump is the heart of the common rail type electronic fuel injection system. The fuel supply pump is installed at the same location as the conventional injection type pump, which rotates at a 1 to 1 ratio of fuel supply pump to crankshaft speed. The FRP regulator and fuel temperature sensor are part of the fuel supply pump assembly.

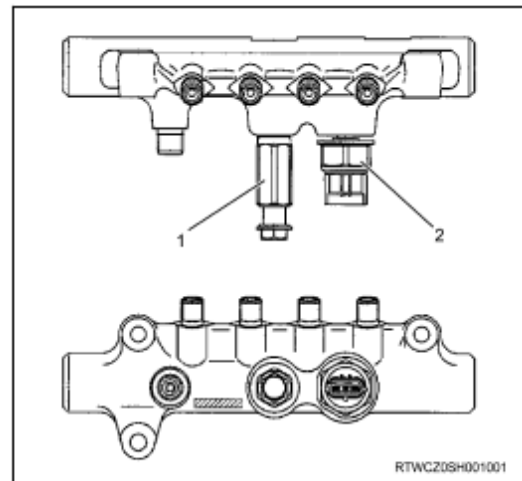
Fuel is drawn from the fuel tank via the fuel supply pump by the use of a trochoid type internal feed pump. This feed pump feeds fuel into 2 plunger chambers within the fuel supply pump. Fuel into this plunger chamber is

regulated by the FRP regulator which is solely controlled by current supplied from the ECM. No current to the solenoid results in maximum fuel flow whereas full current to the solenoid produces no fuel flow. As the engine rotates, these two plungers produce high pressure in the fuel rail. Since the ECM controls the flow of fuel into the 2 plunger chambers, it therefore controls the quantity and pressure of the fuel supply to the fuel rail. This optimizes performance, improves fuel economy and reduces NOx emissions.



Fuel rail

Along with the employment of a common rail type electronic control fuel injection system, the fuel rail is provided to store high pressure fuel between the fuel supply pump and injectors. The FRP sensor and pressure limiter are installed on the fuel rail. The FRP sensor detects the fuel pressure inside the fuel rail and sends signals to the ECM. Based on these signals, the ECM controls the fuel pressure inside the fuel rail via the FRP regulator of the fuel supply pump. The pressure limiter opens the valve mechanically to relieve the pressure when the fuel pressure inside the fuel rail is excessive.



1. Pressure limiter valve
2. FRP sensor

FRP sensor

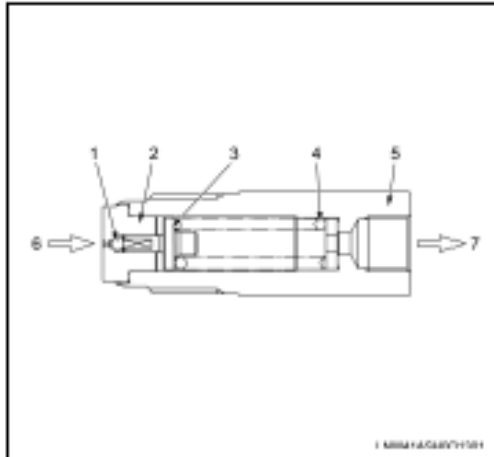
The FRP sensor is installed onto the fuel rail and it detects the fuel pressure in the fuel rail, converts the pressure into a voltage signal, and sends the signal to the ECM. The ECM monitors the FRP sensor signal voltage. Higher fuel rail pressure provides higher signal voltage while lower pressure provides lower signal voltage. The ECM calculates actual fuel pressure from the voltage

15B-14 Maintenance Information (4JK1)

signal and uses the result in fuel injection control and other control tasks.

Pressure limiter valve

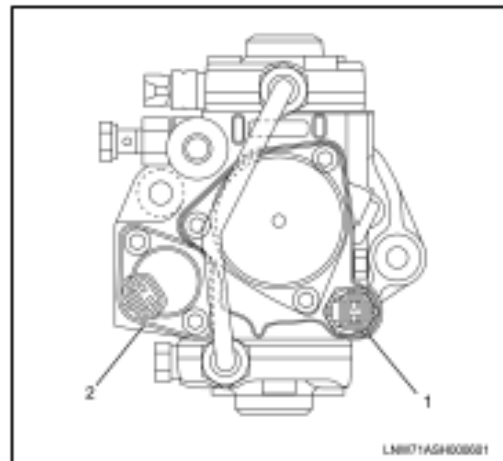
The pressure limiter relieves pressure by opening the valve if abnormally high pressure is generated. The valve opens when pressure in fuel rail reaches approximately 220 MPa (32000 psi), and closes when pressure falls to approximately 50 MPa (7250 psi). Fuel relieved from the pressure limiter returns to the fuel tank.



1. Valve
2. Valve body
3. Valve guide
4. Spring
5. Housing
6. Fuel inlet
7. Fuel outlet

FRP regulator

The FRP regulator is installed on the fuel supply pump. The ECM controls the duty ratio of the FRP regulator in order to control the quantity of fuel supplied to the high-pressure plungers. Since only the quantity of fuel that is required for achieving the target fuel rail pressure is drawn in, the drive load of the fuel supply pump is decreased. When current flows to the FRP regulator, variable electromotive force is created in accordance with the duty ratio, moving the solenoid plunger to the right side and changing the opening of the fuel passage and thus regulating the fuel quantity. With the FRP regulator is off, the return spring stretches, completely opening the fuel passage and supplying fuel to the plungers. When the FRP regulator is on, the fuel path is closed by the return spring force. By turning the FRP regulator on and off, the fuel is supplied in an amount corresponding to the actuation duty ratio, and the fuel is discharged by the plungers.



1. Fuel temperature sensor
2. FRP regulator

Fuel injection quantity control

This control determines the fuel injection quantity by adding coolant temperature, fuel temperature, intake air temperature, barometric pressure and some switch input information corrections to the basic injection quantity calculated by the ECM based on the engine operating conditions. More fuel rate indicates that the engine load is increased as the accelerator pedal is stepped on at constant engine speed.

Combined with high pressure injection of atomized fuel, this control improves exhaust gas and ensures proper fuel consumption. Compared with conventional mechanical governors, an electronic control system provides higher degree of freedom of fuel injection quantity control, thereby presenting high accelerator response.

Starting injection quantity control

At the engine starting, optimum fuel injection quantity is controlled based on the information on the engine speed and coolant temperature. At low temperature, the fuel injection quantity increases. When the engine started completely, this boosted quantity mode at the starting is cancelled and normal running mode is restored.

Idle speed control

A control is made so as to achieve stable idling speed at all time regardless of changes to the engine overtime or engine condition variations. The ECM sets target idling speed and controls the fuel injection quantity according to the engine conditions so that the actual engine speed follows the target idling speed ensuring a stable idling speed.

Idle vibration control

Controls are performed to reduce the engine vibration caused by torque variations between cylinders due to variations in fuel injection quantity of each cylinder or injector performance. The ECM corrects the injection

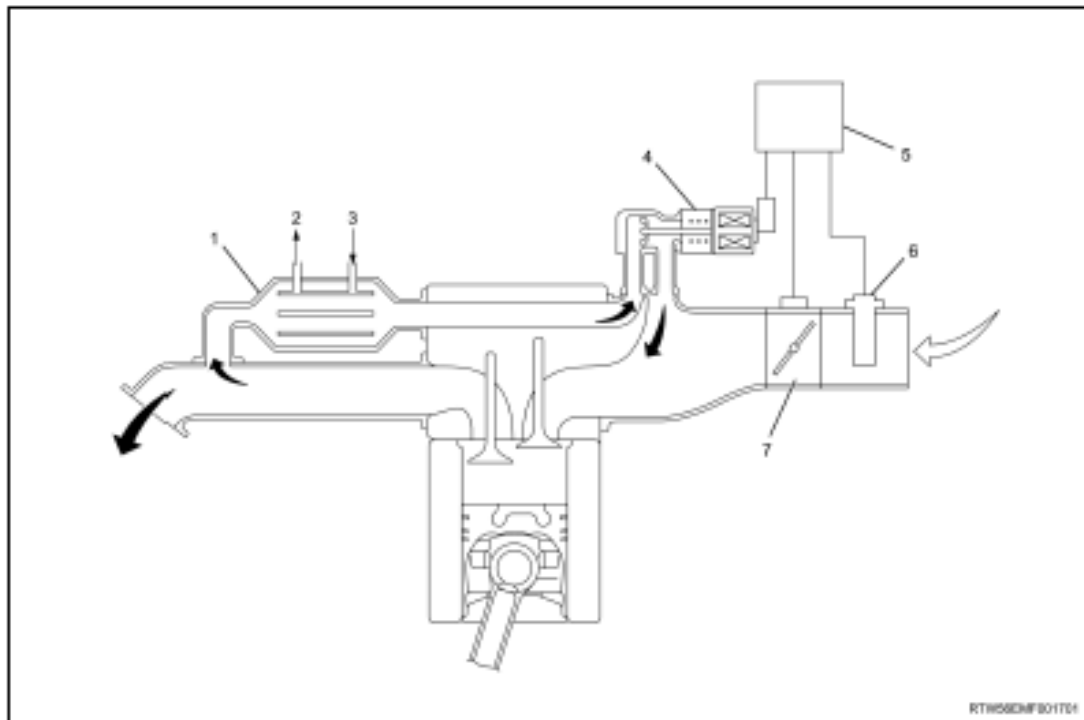
quantity between cylinders based on the rotation signals from the CKP sensor. Normal range of correction quantity between cylinders is within (-5) - 5 mm³.

EGR system

The EGR system re-circulates a part of the exhaust gas to the intake manifold, and by mixing in inert gas to the intake air, the combustion temperature is lowered and the generation of NO_x is suppressed. The EGR control system uses an electronic control system to ensure both drivability and low emission. A control current from the

ECM operates a motor to control the lift amount of EGR valve. Also, the actual valve lift amount is fed back to the ECM for more precise control of the EGR amount.

The EGR control starts when the conditions for engine speed, coolant temperature, intake air temperature and barometric pressure are satisfied. Then, the valve opening is calculated according to the engine speed, and the target fuel injection quantity is determined. Based on this valve opening, the drive duty of the motor is provided and the valve is driven accordingly.



1. EGR cooler
2. Coolant outlet
3. Coolant inlet
4. EGR valve

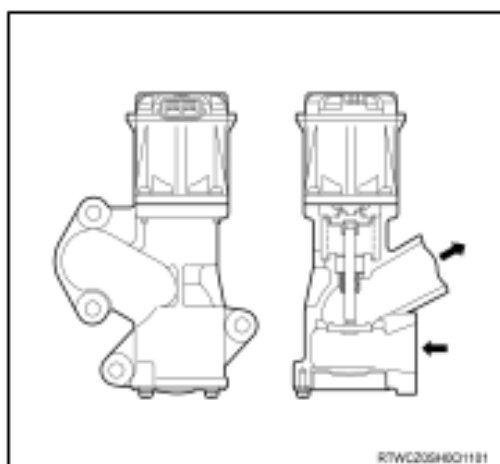
5. ECM
6. MAF sensor
7. Intake throttle valve

EGR valve

The EGR valve is mounted on the inlet manifold. The ECM controls the EGR valve opening based on the engine running condition. The ECM controls the EGR valve by controlling the motor. The motor is controlled based on pulse width modulation signal sent from the ECM via CAN. The EGR valve control is performed by changing the duty ratio from 0 % to an appropriate percentage. When the duty ratio increases, the valve opens. When the duty ratio decreases, the valve closes. The EGR valve position is detected by the controller installed inside the EGR valve body, and signals are sent to the ECM via CAN. The ECM should detect a low

signal voltage at a small lift amount or closed position.

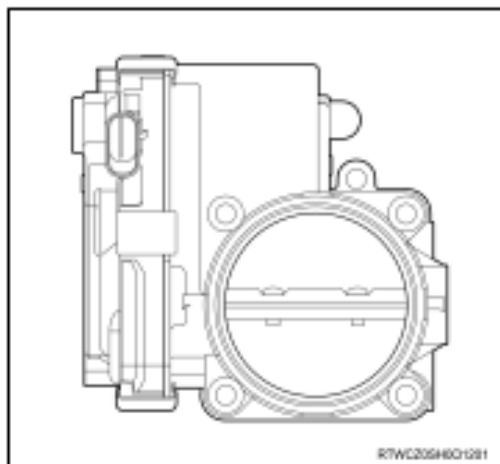
The ECM should detect high signal voltage at a large lift amount.



Intake throttle valve

The intake throttle valve is located on the inlet manifold. The ECM controls the intake throttle valve opening based on the engine running condition. The ECM controls the intake throttle valve by controlling the motor. The motor is controlled based on pulse width modulation signal sent from the ECM. The intake throttle valve opening angle is controlled by changing the duty ratio from 0 % to the appropriate percentage. When the duty ratio increases, the valve closes. When the duty ratio decreases, the valve opens.

The intake throttle valve position is detected by the position sensor, and relayed to the ECM. The position sensor provides a signal to the ECM on the signal circuit, which is relative to the position changes of the intake throttle valve. The ECM should detect a low signal voltage at a small opening amount or closed position. The ECM should detect high signal voltage at a large opening amount.

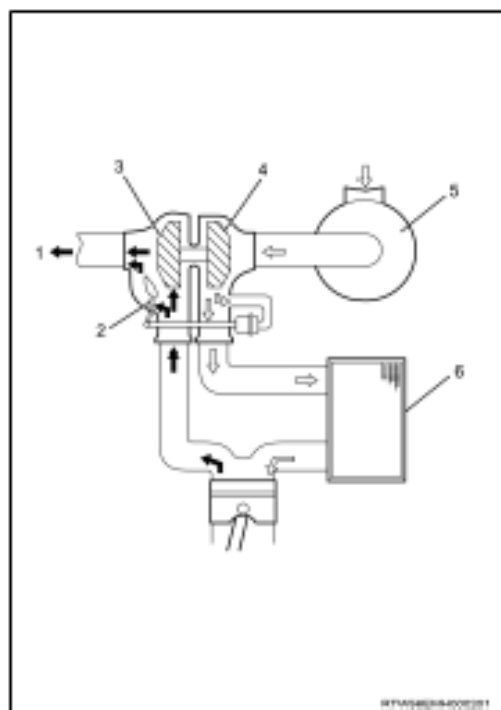


Turbocharger

The turbocharger is used to increase the amount of air that enters the engine cylinders. This allows a proportional increase of fuel to be injected into the cylinders, resulting in increased power output, more complete combustion of fuel, and increased cooling of the cylinder heads, pistons, valves, and exhaust gas. This cooling effect helps extend engine life.

Heat energy and pressures in the engine exhaust gas are utilized to drive the turbine. Exhaust gas is directed to the turbine housing. The turbine housing acts as a nozzle to direct the shaft wheel assembly.

Since the compressor wheel is attached directly to the shaft, the compressor wheel rotates at the same speed as the turbine wheel. Clean air from the air cleaner is drawn into the compressor housing and wheel. The air is compressed and delivered through a crossover pipe to the engine air intake manifold, then into the cylinders.



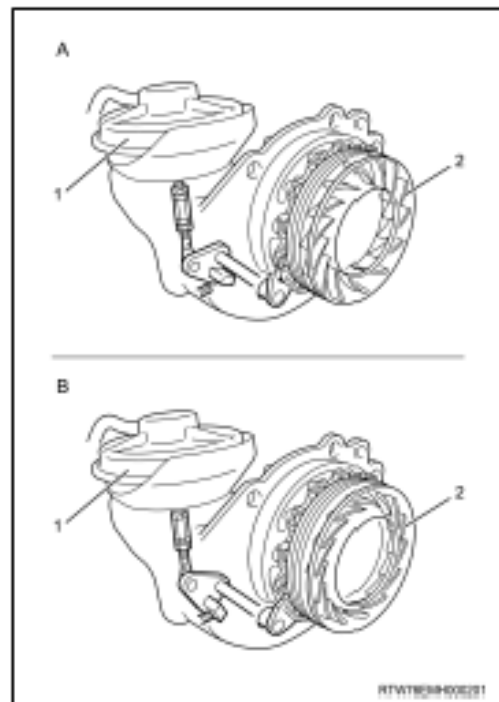
1. Exhaust gas
2. Wastegate valve
3. Turbine wheel
4. Compressor wheel
5. Air cleaner
6. Intercooler

The amount of air pressure rise and air volume delivered to the engine from the compressor outlet is regulated by the wastegate in the exhaust housing. The wastegate valve position is controlled by the pressure amount accumulated at the intake side of the turbocharger. The

diaphragm inside the wastegate is sensitive to pressure. It controls the valve position inside the turbocharger. The valve position increases or decreases boost amount to the turbocharger. (Standard output engine)

The amount of air pressure rise and air volume delivered to the engine from compressor outlet is regulated by a turbocharger nozzle control actuator indirectly. The position of the turbocharger nozzle is controlled by the ECM. The ECM utilizes a turbocharger nozzle control solenoid valve and a boost pressure sensor to control the turbocharger nozzles. When the engine is not under load, the turbocharger nozzles are in open position A, or no boost condition. When the engine is under load, the ECM commands the control solenoid valve to close the turbocharger nozzles as B, thus increasing the boost. The ECM varies the boost dependent upon the load requirements of the engine. The ECM uses a pulse width modulation on the control circuit to open and control the solenoid valve. (High-output engine)

The intercooler also helps the performance of the diesel. Intake air is drawn through the air cleaner and into the turbocharger compressor housing. Pressurized air from the turbocharger then flows forward through the intercooler located in the front of the radiator. The air from the intercooler flows back into the intake manifold. The intercooler is a heat exchanger that uses air flow to dissipate heat from the intake air. As the turbocharger increases air pressure, the air temperature increases. Lowering the intake air temperature increases the engine efficiency and power by packing more air molecules into the same space.



1. Turbocharger nozzle control actuator
2. Nozzle

Cylinder block

The cylinder block is cast iron, and has a highly rigid structure with appropriate rib placement.

Piston

The pistons are thermal flow pistons made of an aluminum alloy and cast struts, and the combustion chamber is a spherical re-entrant type.

Cylinder heads

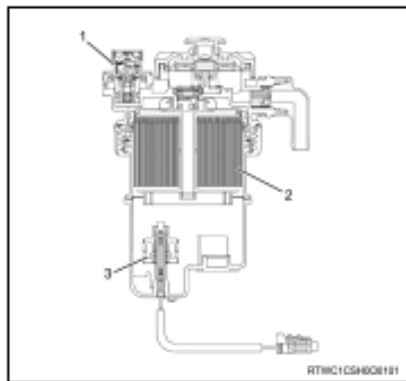
The heads are aluminum alloy. They have four valves per cylinder. Tighten the head bolts using the plastic region rotational angle tightening method. The plastic region rotational angle tightening method further improves reliability and durability.

Connecting rod cap bolt

Tighten the mounting bolt of the connecting rod cap using the plastic region rotational angle tightening method.

Fuel filter with sedimenter

This is a fuel filter that has a sedimenter to remove moisture content by using the difference of the relative density of light diesel oil and water, and has an indicator which shows water accumulation.



1. Clogging switch
2. Fuel filter element

3. Sediment switch

Cooling system

The cooling system is a force-circulation system, and its main components are a water pump, thermostat, cooling fan and radiator.

For the engine to run smoothly, the coolant circulates through the bypass pipe by the water pump and thermostat to return to the cylinder body, in order to raise the temperature of the engine coolant quickly. At this time, the coolant does not circulate through the radiator. When the coolant temperature reaches the specified value, the thermostat begins to open to gradually increase the amount of coolant circulating through the radiator. When the coolant temperature reaches the specified value, the thermostat is fully opened. Then all of the coolant circulates through the radiator to cool the engine effectively.

The diagram shows the high-output specifications.

1C-2 Fuel System (4JK1)

Fuel

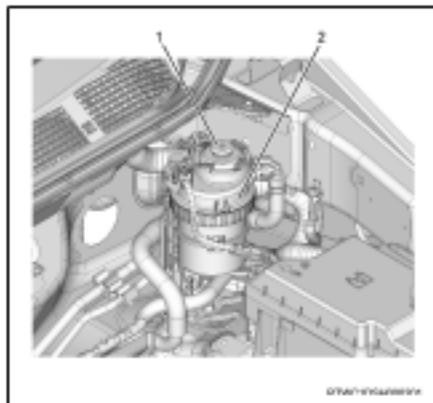
inspection

1. Fuel air bleed

1. Press the priming pump.

Note :

- Press the priming pump until it gets stiff.



1. Priming pump
2. Fuel filter with sediment switch

Caution :

- Insufficient air removal work may lead to malfunction of the engine.

2. Fuel drain water

Note :

- If the fuel filter drain warning light turns on, follow the procedure described below in order to drain.

1. Install the hose to the drain plug.

Note :

- Install it on the tip of the drain plug.

2. Prepare a container.

Note :

- Place the container at the end of the hose attached to the drain plug.

3. Drain water from the sediment.

Note :

- Loosen the drain plug, and drain the water.

Caution :

- Confirm that no flammable substances exist under the drain hose.

Note :

- Press the priming pump several times to completely drain water.

4. Tighten the drain plug using a wrench.

Tightening torque : 3 N · m (0.3 kgf · m / 27 lb · in)

5. Turn ON the ignition switch.

Note :

- Turn ON the ignition switch for 15 seconds and check for fuel leakage.
- Confirm that the fuel filter drain warning light is turned off.

Caution :

- If the fuel filter drain warning light frequently turns on, have the fuel in the fuel tank drained at the nearest ISUZU dealer.
- When draining fuel from the fuel tank, make sure to stop the engine.
- When draining fuel from the fuel tank, confirm that no flammable substance exists under the drain hose.

Injector

removal

1. Injector safety information

Caution :

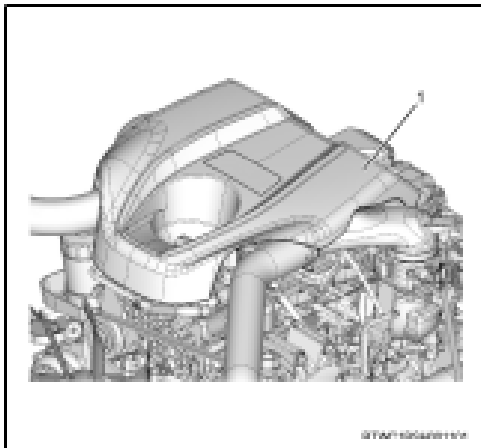
- The holes and gaps constituting the fuel paths for the fuel system, including the inside of the injector, have an extremely precise finish. Therefore, entry of any foreign material may cause trouble.
- Be very careful to prevent entry of foreign material after removing parts, etc.

2. Battery ground cable disconnect

1. Open the engine hood assembly.
2. Disconnect the battery ground cable from the battery.

3. Engine cover removal

1. Remove the engine cover from the engine.



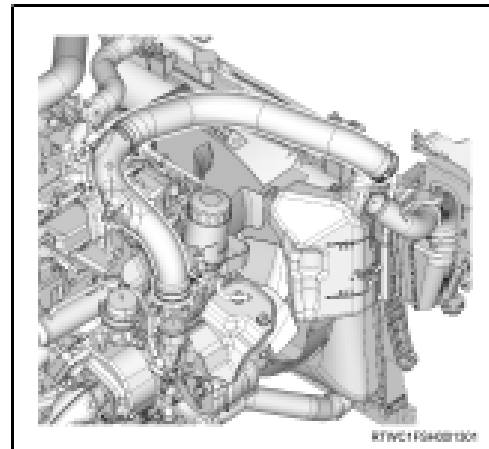
1. Engine cover

4. Intake air duct removal

1. Remove the intake air duct from the turbocharger and the intercooler.

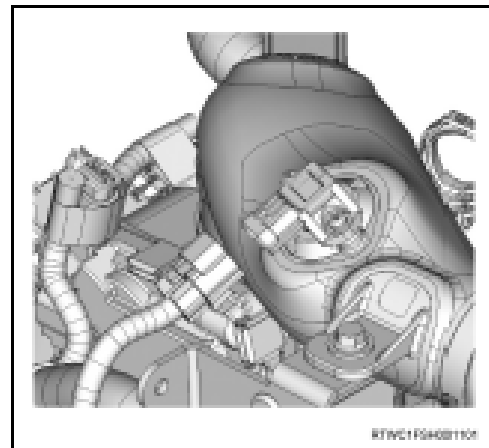
Note :

- Remove the part together with the intake hose.



5. Boost sensor disconnect

1. Disconnect the connector from the boost sensor.



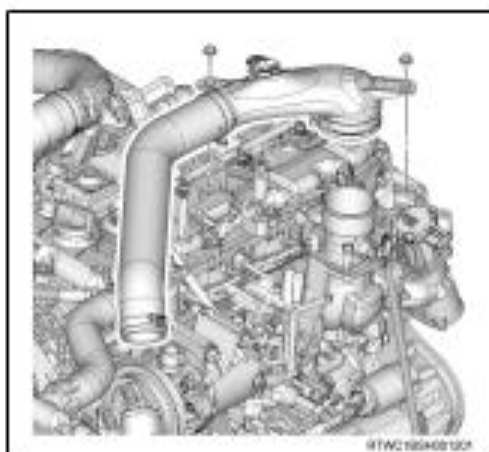
6. Intake air duct removal

1. Remove the intake air duct from the intake throttle valve and the intercooler.

Note :

- Remove the part together with the intake hose.

1C-4 Fuel System (4JK1)



7. Bracket removal

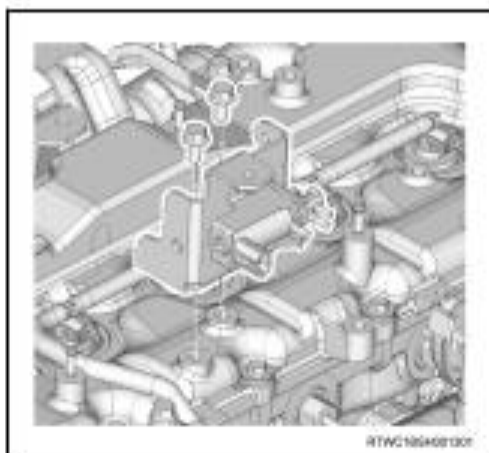
Note :

- The following applies to high-output specifications.

1. Disconnect the vacuum hose from the turbocharger control solenoid.
2. Disconnect the connector from the turbocharger control solenoid.
3. Remove the bracket from the cylinder head cover.

Note :

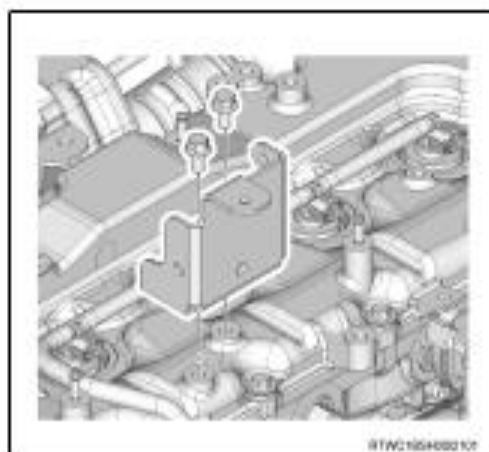
- Remove it together with the turbocharger control solenoid.



Note :

- The following applies to standard-output specifications

4. Remove the bracket from the cylinder head cover.

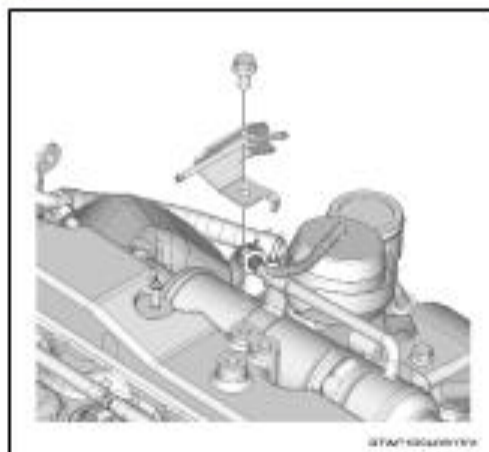


8. Vacuum pipe removal

Note :

- The following applies to high-output specifications.

1. Remove the vacuum pipe from the cylinder head cover.

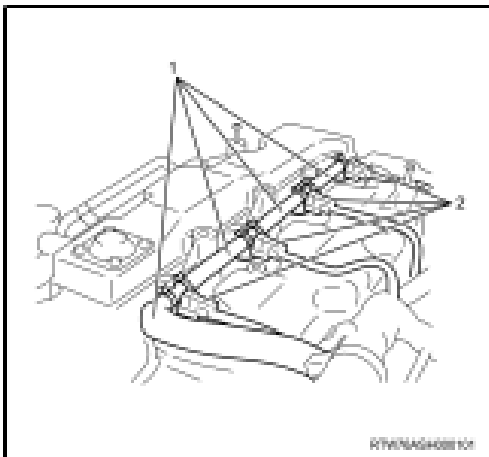


9. Injector disconnect

1. Disconnect the connector from the injector.

10. Fuel leak-off hose removal

1. Remove the fuel leak-off hose from the leak-off pipe.

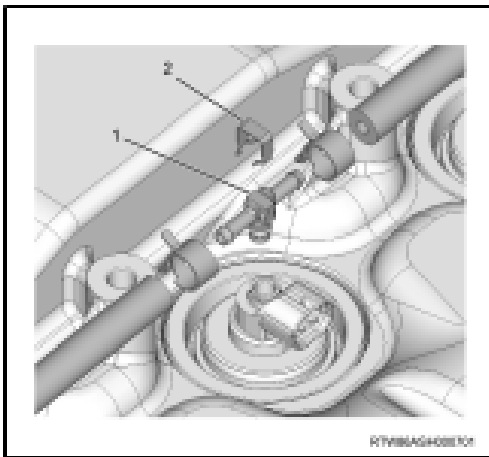


1. Fuel leak-off hose
2. Injector connector

Caution :

- Do not reuse the clip of the fuel leak-off hose.

2. Remove the leak-off pipe from the injector.



1. Injector leak-off pipe
2. Clip

Caution :

- Do not reuse the leak-off pipe and the clip.

11. Blow-by hose disconnect

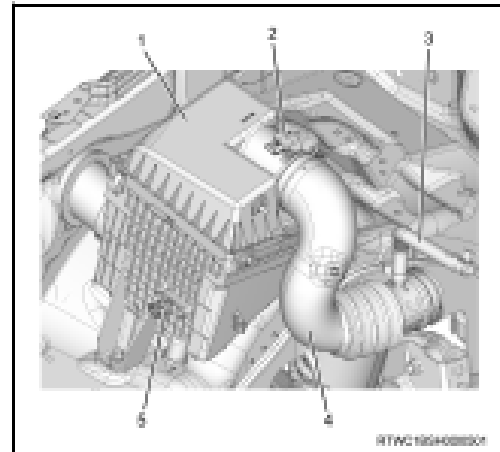
1. Disconnect the blow-by hose from the cylinder head cover.

12. EGR pipe removal

Note :

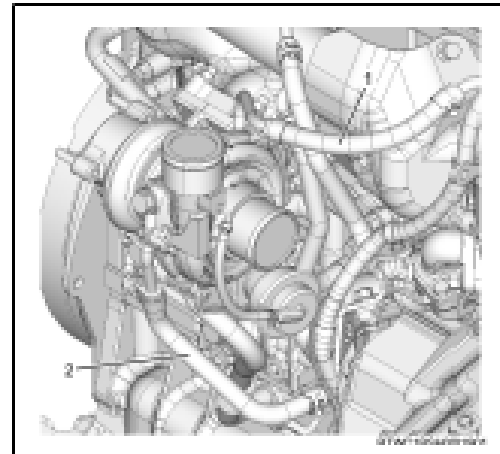
- The following applies to the EGR pipe specifications.

1. Disconnect the harness connector from the MAF sensor.
2. Disconnect the harness connector from the barometric pressure sensor.
3. Disconnect the intake pipe from the turbocharger assembly.
4. Remove the air cleaner assembly from vehicle.



1. Air cleaner assembly
2. MAF sensor
3. Blow-by hose
4. Intake pipe
5. Barometric pressure sensor

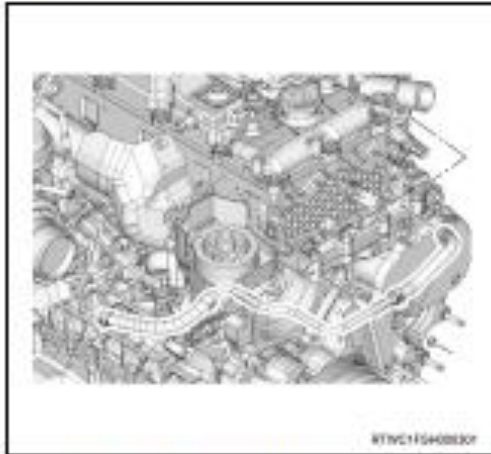
5. Disconnect the turbocharger water feed hose from the water feed and return pipes.



1. Turbocharger water feed hose
2. Turbocharger water return hose

1C-6 Fuel System (4JK1)

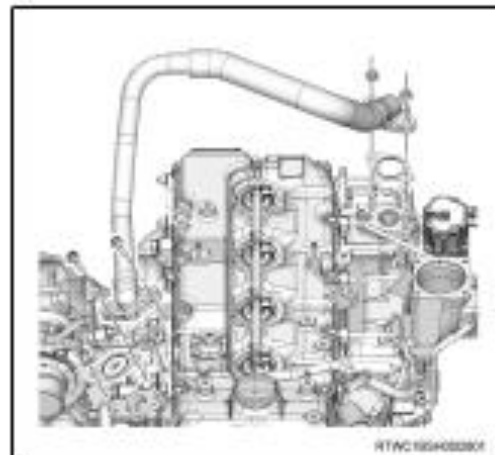
6. Disconnect the turbocharger water feed hose from the outlet pipe.
7. Remove the water pipe from the cylinder head assembly.



8. Remove the exhaust manifold heat protector from the exhaust manifold.

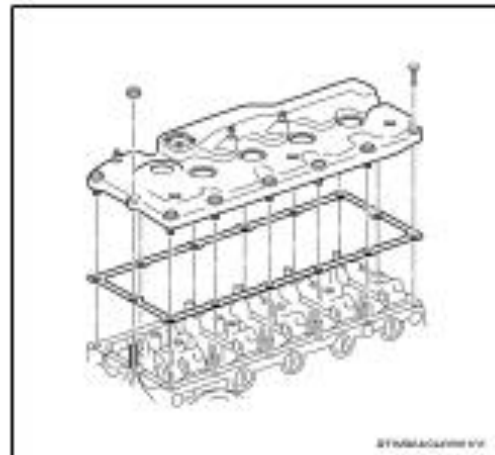


9. Remove the EGR pipe from the inlet manifold and the exhaust manifold.



13. Cylinder head cover removal

1. Remove the cylinder head cover from the cylinder head.

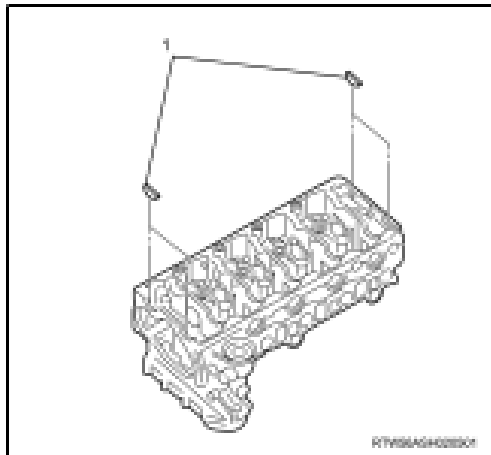


14. Cam end gasket removal

1. Remove the cam end gasket from the cylinder head.

Note :

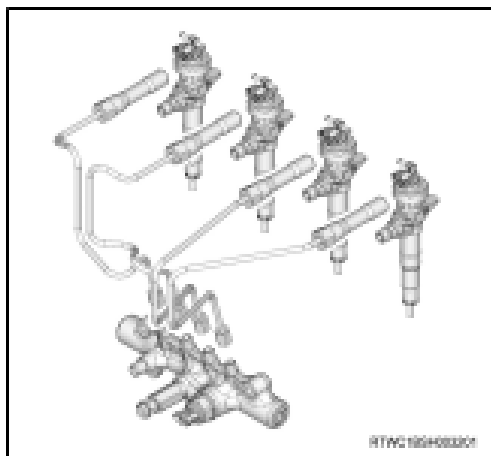
- Remove the liquid gasket sticking to the cylinder head.



1. Cam end gasket

15. Injection pipe removal

1. Remove the clip from the injection pipe.
2. Remove the injection pipe from the injector and the common rail assembly.



16. Injector removal

1. Remove the injector from the cylinder head.

Note :

- Loosen the injector clamp fixing bolt to remove the injector clamp.
- If it is difficult to remove the injector, use a remover.

2. Remove the injector clamp from the injector.

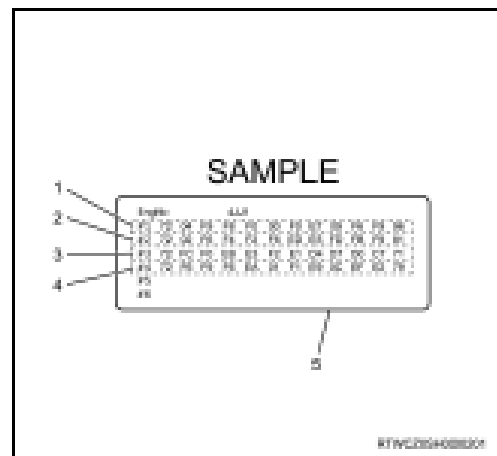
Caution :

- Cover the exposed portion to prevent foreign material from getting into the fuel system.

- With the cylinder number on it, store the removed injector.
- Take sufficient care not to hit the injector hole.
- Absolutely never touch the injector solenoids because that can hinder their performance or cause damage.

Note :

- When replacing all injectors, remove the injector ID code label on the cylinder head cover.
- When replacing some of the injectors, erase the injector ID code label on the cylinder head cover by using a pen, etc.



1. Cylinder #1 injector ID code
2. Cylinder #2 injector ID code
3. Cylinder #3 injector ID code
4. Cylinder #4 injector ID code
5. Injector ID code label

3. Remove the gasket from the injector.
4. Remove the O-ring from the injector.

1C-8 Fuel System (4JK1)

installation

1. Injector installation

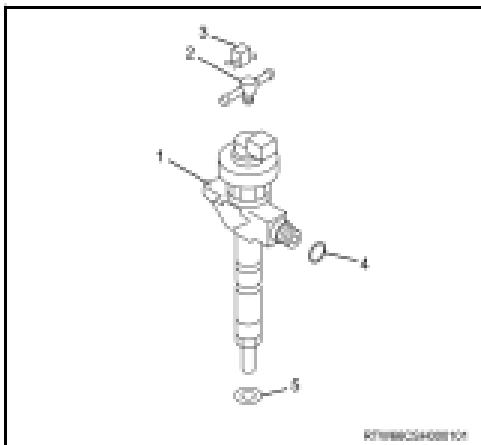
1. Install the O-ring to the injector.
2. Install the gasket to the injector.

Note :

- Push the part in by hand until it stops.
- When the clamp is tightened, the gasket is pushed in until it hits the end. Therefore, do not push in the gasket by force.

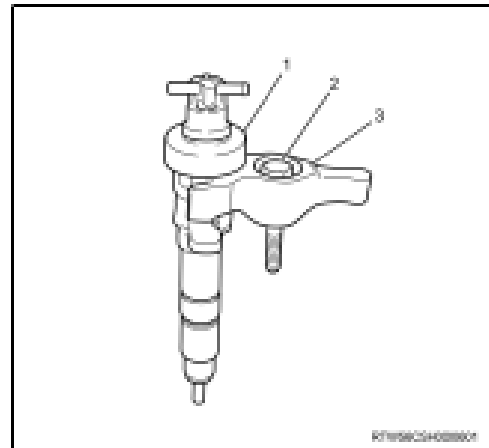
Caution :

- Do not reuse the leak-off pipe and the clip.



1. Injector
2. Leak-off pipe
3. Clip
4. O-ring
5. Gasket

3. Install the injector clamp to the injector.



1. Injector
2. Bolt
3. Injector clamp

4. Apply the engine oil to the bolt.

Note :

- Apply it to the threaded portion and the seat surface.

5. Install the injector to the cylinder head.

Note :

- Confirm that the gasket has been attached to the injector.

6. Temporarily tighten the injector clamp to the cylinder head.

2. Injection pipe installation

1. Apply the engine oil to the injection pipe.

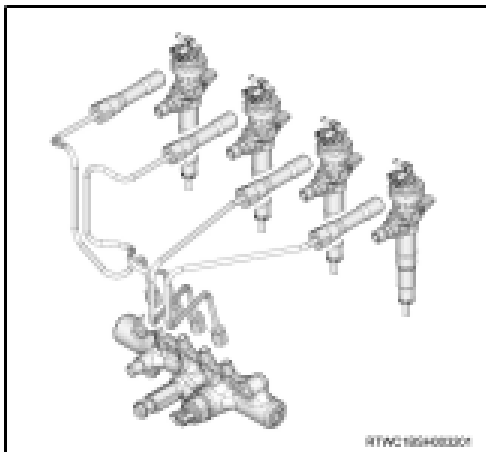
Note :

- Apply engine oil to the injector-side sleeve nut threaded portion and the O-ring of the injector.

2. Temporarily tighten the injection pipe to the injector and the common rail assembly.

Note :

- Temporarily tighten the sleeve nut by hand until the nut does not turn further.



3. Temporarily tighten the clip to the injection pipe.
4. Securely tighten the injector clamp to the cylinder head.

Tightening torque : 26 N · m { 2.7 kgf · m / 19 lb · ft }

5. Securely tighten the injection pipe to the injector and the common rail assembly.

Tightening torque : 29.5 N · m { 3.0 kgf · m / 22 lb · ft }

6. Securely tighten the clip to the injection pipe.

Tightening torque : 7.8 N · m { 0.8 kgf · m / 69 lb · in }

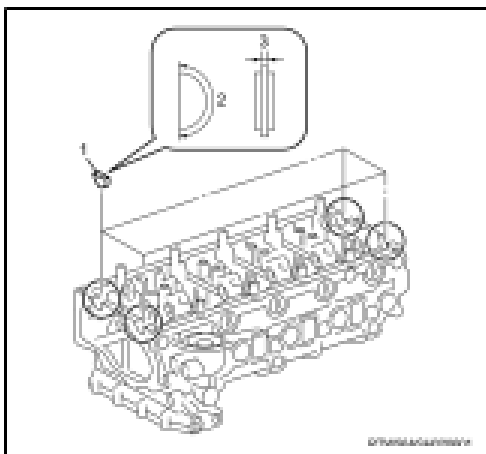
3. Cam end gasket installation

1. Apply liquid gasket to the cam end gasket.

Note :

- Apply ThreeBond 1207B to the area indicated in the diagram.

Bead width : 2.0 to 3.0 mm { 0.079 to 0.118 in }



1. Cam end gasket
2. Application area
3. Bead width

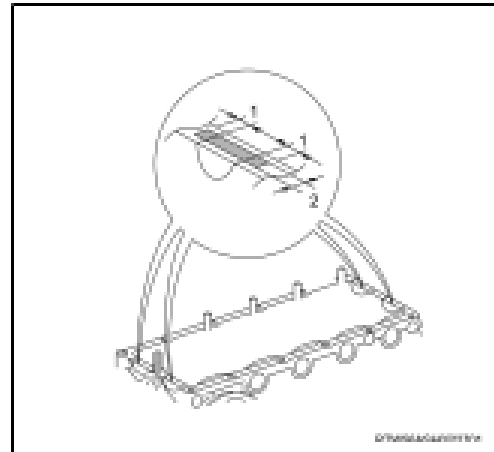
2. Install the cam end gasket to the cylinder head.

4. Cylinder head cover installation

1. Apply liquid gasket to the cylinder head.

Note :

- Apply ThreeBond 1207B to the area indicated in the diagram.



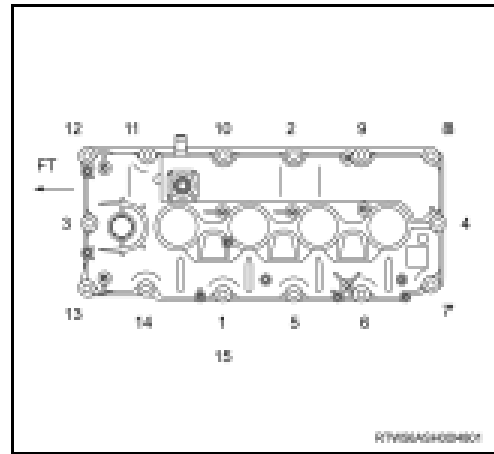
1. 3.0 - 5.0 mm { 0.118 - 0.197 in }
2. 3.0 - 5.0 mm { 0.118 - 0.197 in }

2. Install the cylinder head cover to the cylinder head.

Note :

- Tighten the nuts in the order shown in the diagram.

Tightening torque : 10 N · m { 1.0 kgf · m / 89 lb · in }



1C-10 Fuel System (4JK1)

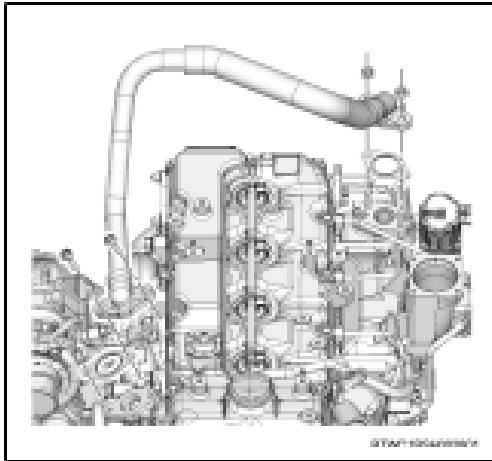
5. EGR pipe installation

Note :

- The following applies to the EGR pipe specifications.

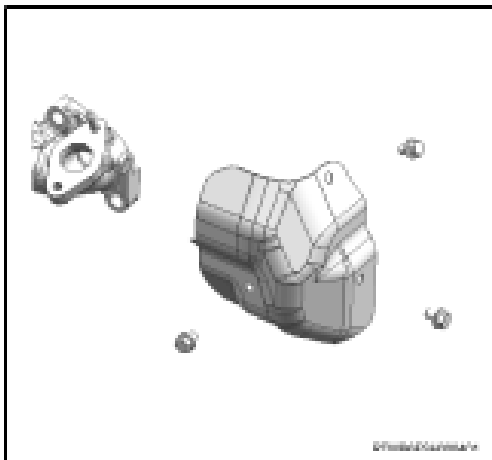
1. Install the EGR pipe to the inlet manifold and the exhaust manifold.

Tightening torque : 27 N · m { 2.8 kgf · m / 20 lb · ft }
Bolt, nut



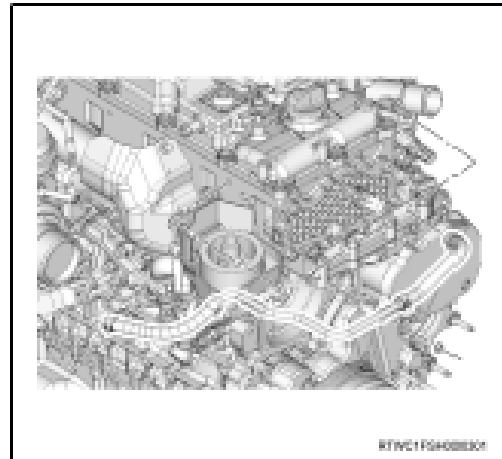
2. Install the exhaust manifold heat protector to the exhaust manifold.

Tightening torque : 25 N · m { 2.5 kgf · m / 18 lb · ft }

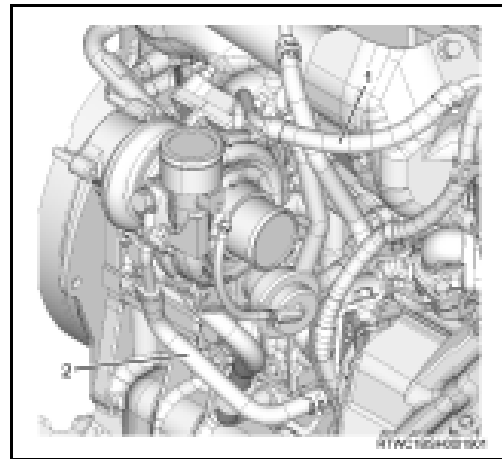


3. Install the turbocharger water feed hose to the cylinder head assembly.

Tightening torque : 10 N · m { 1.0 kgf · m / 89 lb · in }
Bolt, nut

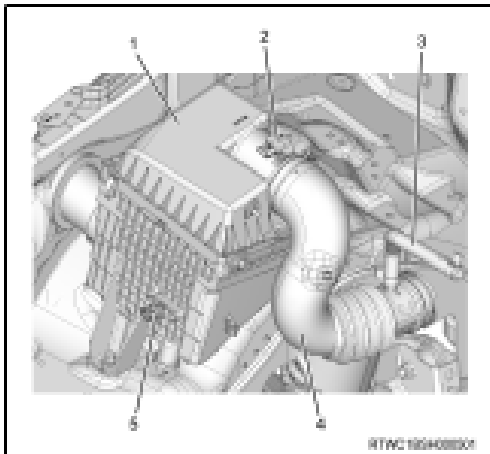


4. Connect the turbocharger water feed hose to the outlet pipe.
5. Connect the turbocharger water feed hose to the water feed and return pipes.



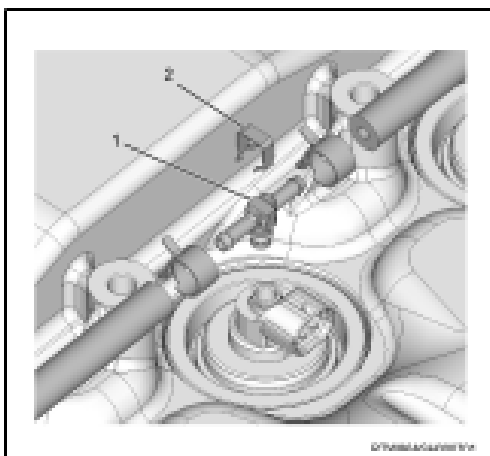
1. Turbocharger water feed hose
2. Turbocharger water return hose

6. Install the air cleaner assembly to vehicle.



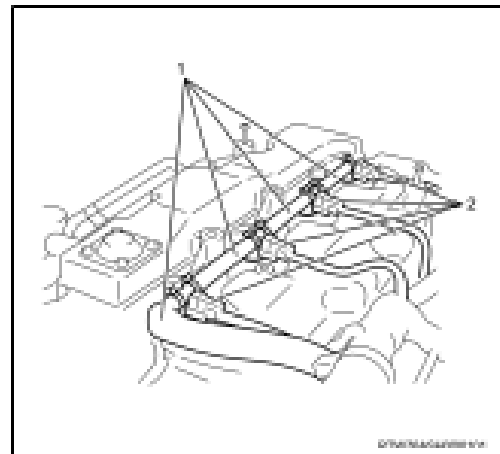
1. Air cleaner assembly
2. MAF sensor
3. Blow-by hose
4. Intake pipe
5. Barometric pressure sensor

7. Connect the intake pipe to the turbocharger assembly.
8. Connect the harness connector to the barometric pressure sensor.
9. Connect the harness connector to the MAF sensor.
6. Blow-by hose connect
 1. Connect the blow-by hose to the cylinder head cover.
7. Fuel leak-off hose installation
 1. Install the leak-off pipe to the injector.



1. Leak-off pipe
2. Clip

2. Install the fuel leak-off hose to the leak-off pipe.



1. Leak-off pipe
2. Clip

Caution :

- Do not reuse the leak-off pipe and the clip.

8. Injector connect

Note :

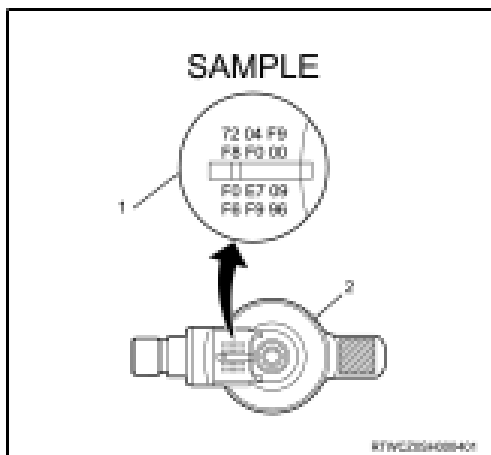
- When replacing the injectors, record the injector ID code data from each of the injector harness connector housings.

1. Disconnect the harness connector from the injector.

Note :

- Record all of the harness connector housing numbers.
- The diagram below shows the correct order for the injector ID codes.
- 72 04 F9 F8 F0 00 F0 E7 09 F6 F9 96

1C-12 Fuel System (4JK1)



1. Injector ID code
2. Injector

2. Connect the harness connector to the injector.

9. Vacuum pipe installation

Note :

- The following applies to high-output specifications.

1. Install the vacuum pipe to the cylinder head cover.

Tightening torque : 25 N · m { 2.5 kgf · m / 18 lb · ft }

10. Bracket installation

Note :

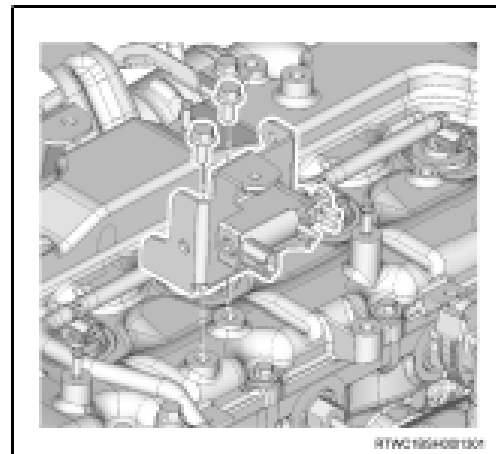
- The following applies to high-output specifications.

1. Install the bracket to the cylinder head cover.

Note :

- Install the part together with the turbocharger control solenoid.

Tightening torque : 25 N · m { 2.5 kgf · m / 18 lb · ft }



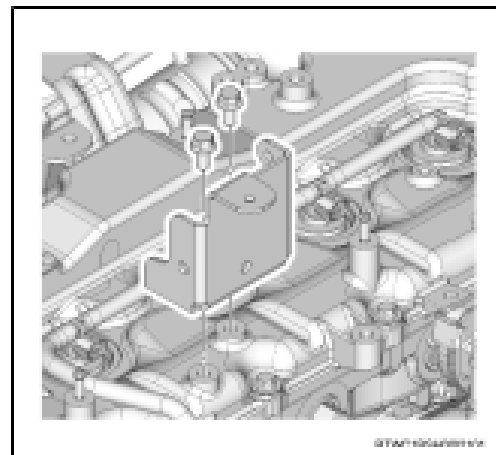
2. Connect the connector to the turbocharger control solenoid.

3. Connect the vacuum hose to the turbocharger control solenoid.

Note :

- The following applies to standard-output specifications

4. Install the bracket to the cylinder head cover.

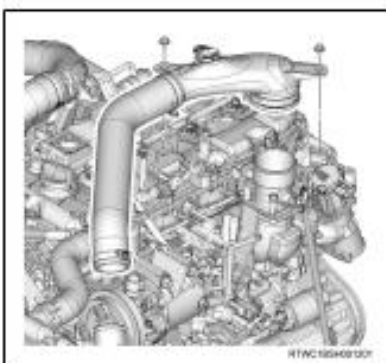


11. Intake air duct installation

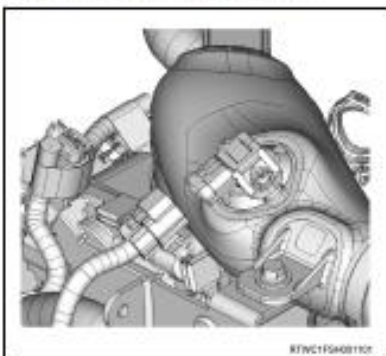
1. Install the intake air duct to the intake throttle valve and the intake hose.

Tightening torque : 10 N · m { 1.0 kgf · m / 89 lb · in }
Bolt

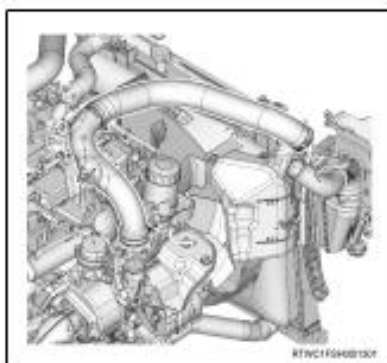
Tightening torque : 4 N · m { 0.4 kgf · m / 35 lb · in }
Clip



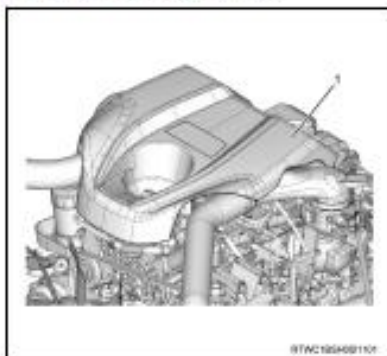
12. Boost sensor connect
1. Connect the connector to the boost sensor.



13. Intake air duct installation
1. Install the intake air duct to the turbocharger and the intake hose.
- Tightening torque : 25 N · m (2.5 kgf · m / 18 lb · ft)
Bolt
- Tightening torque : 4 N · m (0.4 kgf · m / 35 lb · in)
Clip



14. Engine cover installation
1. Install the engine cover to the engine.



1. Engine cover

15. Battery ground cable connect
1. Connect the battery ground cable to the battery.
 2. Close the engine hood assembly.
16. ECM setting
- Note :
- When the injectors have been replaced, this procedure is required.
1. Connect a scan tool to the DLC.
 2. Turn ON the ignition switch.
 3. Select the Diagnostics.
 4. Select the Engine.
 5. Select the engine model.

1C-14 Fuel System (4JK1)

6. Select Programming.
 7. Select the Injector ID Code.
 8. Select the Injector Flow.
- Note :
- Follow the directions on the screen and write the injector ID codes into the ECM.
9. Turn OFF the ignition switch.
- Note :
- After the programming is complete, turn the ignition switch to OFF for 30 seconds.
10. Start the engine.
 11. Check the DTC of a scan tool.
- Note :
- Confirm that a scan tool does not detect a DTC.

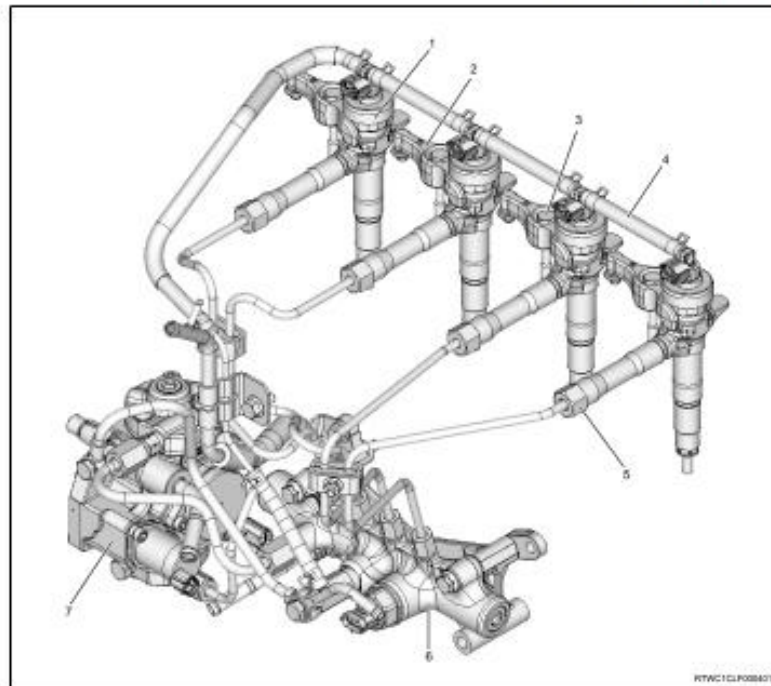
1C-36 Fuel System (4JK1)

inspection

1. Fuel temperature sensor inspection
1. Measure a resistance using tester.
- Note :
- The fuel temperature sensor is a thermistor type with electrical resistance reducing properties in accordance with rises in temperature.

Temperature	Resistance
: 110 °C (230 °F)	: 140 Ω
: 100 °C (212 °F)	: 180 Ω
: 90 °C (194 °F)	: 240 Ω
: 80 °C (176 °F)	: 310 Ω
: 70 °C (158 °F)	: 420 Ω
: 60 °C (140 °F)	: 580 Ω
: 50 °C (122 °F)	: 810 Ω
: 40 °C (104 °F)	: 1150 Ω
: 30 °C (86 °F)	: 1660 Ω
: 20 °C (68 °F)	: 2450 Ω
: 10 °C (50 °F)	: 3700 Ω
: 0 °C (32 °F)	: 5740 Ω
: -10 °C (14 °F)	: 9160 Ω
: -20 °C (-4 °F)	: 15000 Ω
: -30 °C (-22 °F)	: 25400 Ω

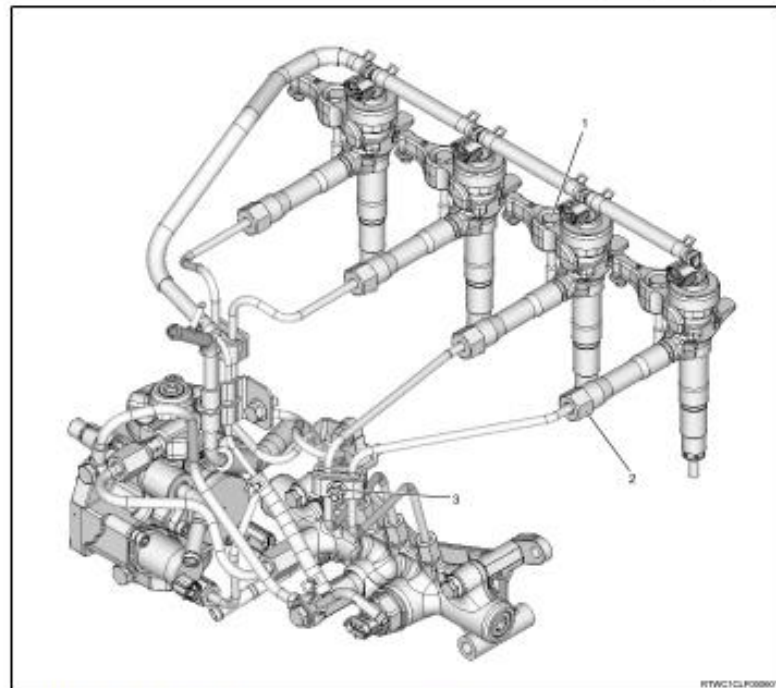
- Note :
- Replace if there are any abnormalities in the inspection results.



- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Injector | 5. Injection pipe |
| 2. Injector clamp | 6. Common rail assembly |
| 3. Injector clamp bolt | 7. Fuel supply pump |
| 4. Injector leak-off hose | |

Note :

- Common rail assembly



- | |
|---|
| 1 : 25 N · m (2.5 kgf · m / 18 lb · ft) |
| 2 : 29.5 N · m (3.0 kgf · m / 22 lb · ft) |
| 3 : 7.8 N · m (0.8 kgf · m / 69 lb · in) |

Note :

- Common rail assembly

1. GENERAL DESCRIPTION

1.1 Changes In Environment Surrounding The Diesel Engine

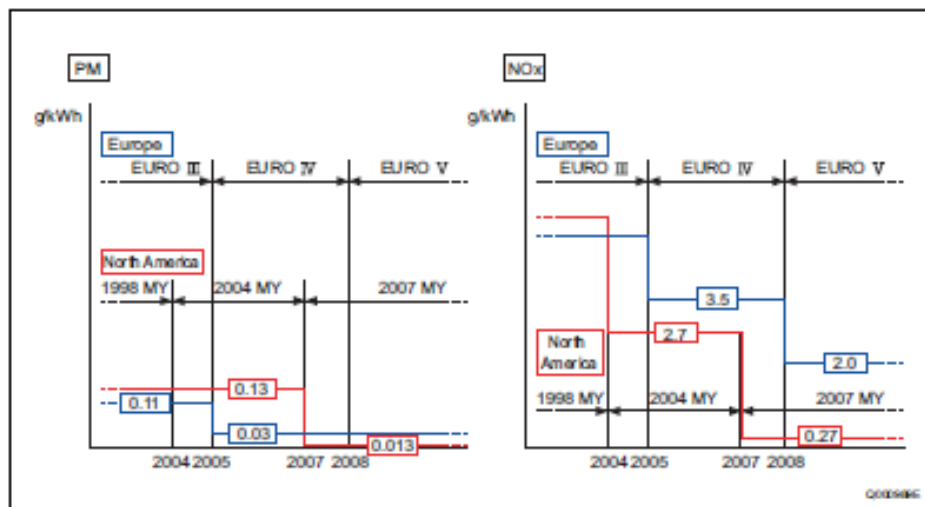
- Throughout the world, there is a desperate need to improve vehicle fuel economy for the purposes of preventing global warming and reducing exhaust gas emissions that affect human health. Diesel engine vehicles are highly acclaimed in Europe, due to the good fuel economy that diesel fuel offers. On the other hand, the "nitrogen oxides (NOx)" and "particulate matter (PM)" contained in the exhaust gas must be greatly reduced to meet exhaust gas regulations, and technology is being actively developed for the sake of improved fuel economy and reduced exhaust gases.

(1) Demands on Diesel Vehicles

- Reduce exhaust gases (NOx, PM, carbon monoxide (CO), hydrocarbon (HC) and smoke).
- Improve fuel economy.
- Reduce noise.
- Improve power output and driving performance.

(2) Transition of Exhaust Gas Regulations (Example of Large Vehicle Diesel Regulations)

- The EURO IV regulations take effect in Europe from 2005, and the 2004 MY regulations take effect in North America from 2004. Furthermore, the EURO V regulations will take effect in Europe from 2008, and the 2007 MY regulations will take effect in North America from 2007. Through these measures, PM and NOx emissions are being reduced in stages.



1.2 Demands On Fuel Injection System

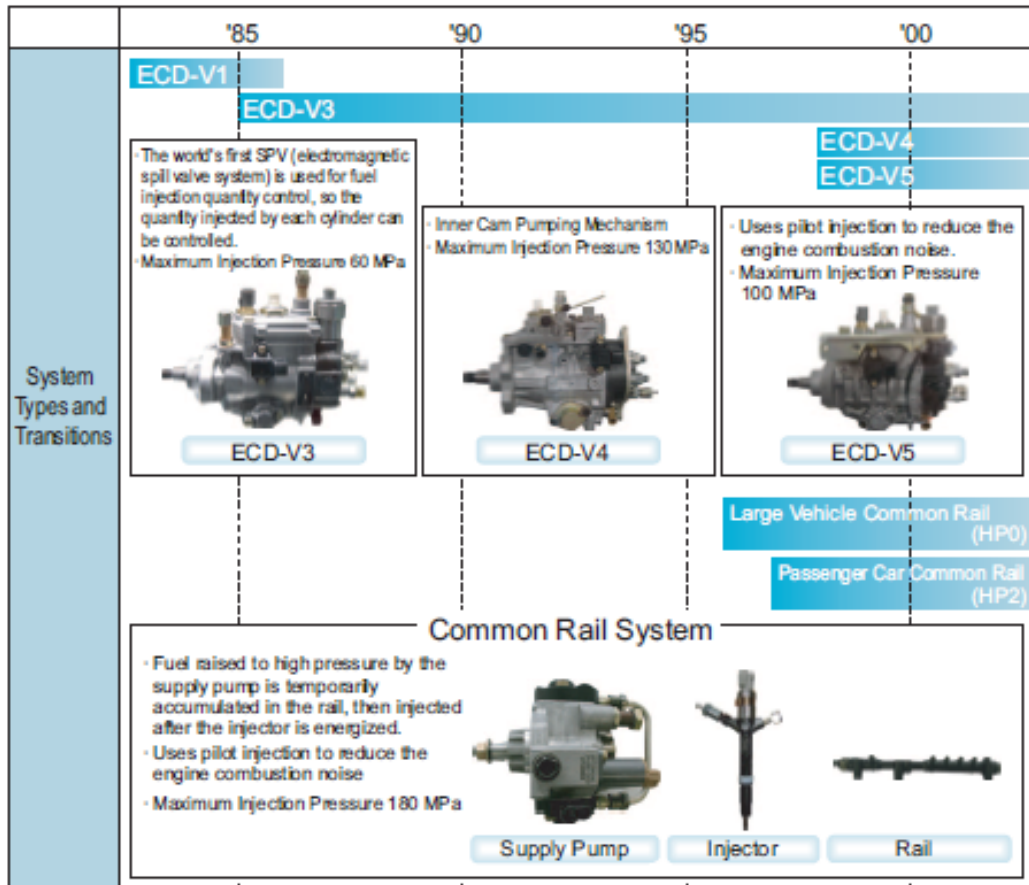
- In order to address the various demands that are imposed on diesel vehicles, the fuel injection system (including the injection pump and nozzles) plays a significant role because it directly affects the performance of the engine and the vehicle. Some of the demands are: higher injection pressure, optimized injection rate, higher precision of injection timing control, and higher precision of injection quantity control.

< NOTE >

- For further information on higher injection pressure, optimized injection rate, higher precision of injection timing control, and higher precision of injection quantity control, see the material at the end of this document.

1.3 Types Of And Transitions In ECD (ELECTRONICALLY CONTROLLED DIESEL) Systems

- ECD systems include the ECD-V series (V3, V4, and V5) which implements electronic control through distributed pumps (VE type pumps), and common rail systems made up of a supply pump, rail, and injectors. Types are the ECD-V3 and V5 for passenger cars and RVs, the ECD-V4 that can also support small trucks, common rail systems for trucks, and common rail systems for passenger cars and RVs. In addition, there are 2nd-generation common rail systems that support both large vehicle and passenger car applications. The chart below shows the characteristics of these systems.



Q0007502

1.4 Common Rail System Characteristics

- The common rail system uses a type of accumulation chamber called a rail to store pressurized fuel, and injectors that contain electronically controlled solenoid valves to inject the pressurized fuel into the cylinders.
- Because the engine ECU controls the injection system (including the injection pressure, injection rate, and injection timing), the injection system is independent and thus unaffected by the engine speed or load.
- Because the engine ECU can control injection quantity and timing to a high level of precision, even multi-injection (multiple fuel injections in one injection stroke) is possible.
- This ensures a stable injection pressure at all times, even in the low engine speed range, and dramatically decreases the amount of black smoke ordinarily emitted by a diesel engine during start-up and acceleration. As a result, exhaust gas emissions are cleaner and reduced, and higher power output is achieved.

(1) Features of Injection Control

Injection Pressure Control

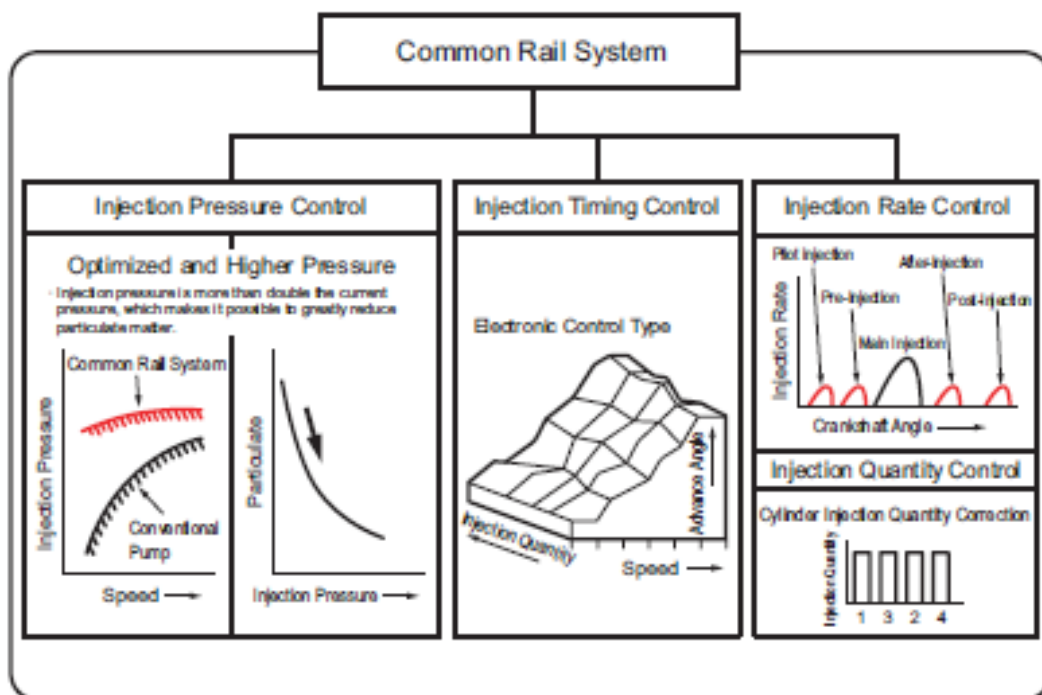
- Enables high-pressure injection even at low engine speeds.
- Optimizes control to minimize particulate matter and NOx emissions.

Injection Timing Control

- Enables finely tuned optimized control in accordance with driving conditions.

Injection Rate Control

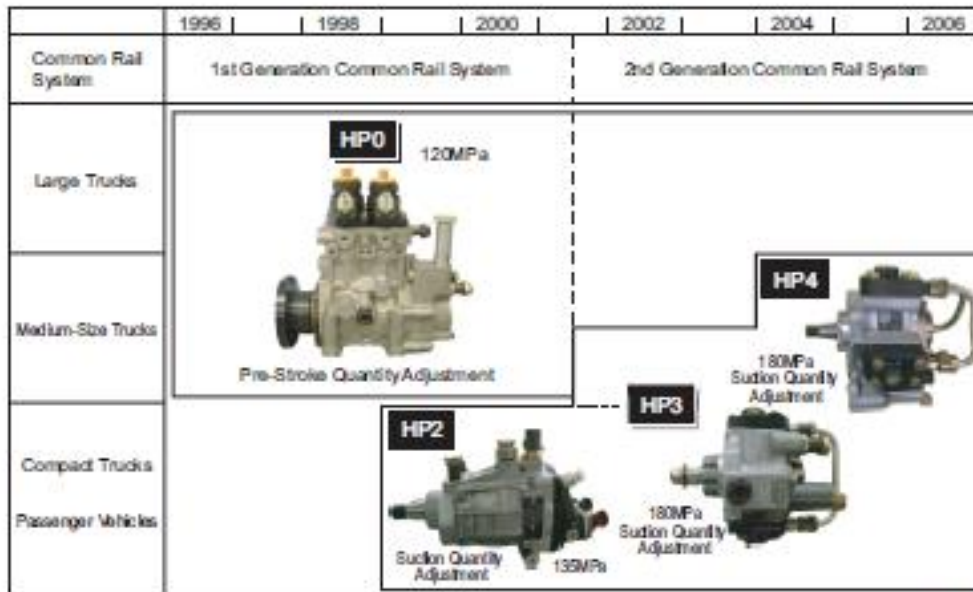
- Pilot injection control injects a small amount of fuel before the main injection.



Q002516

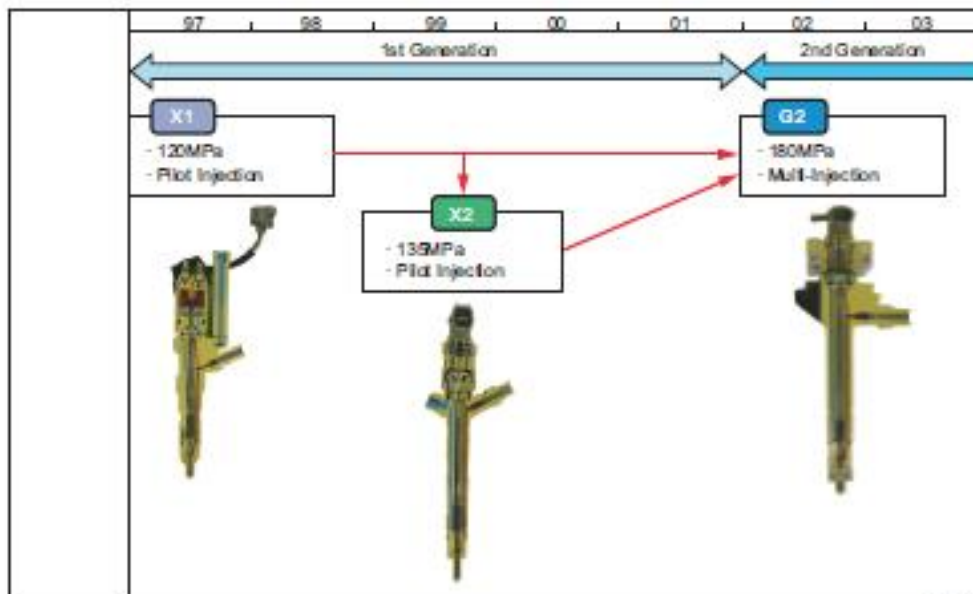
1.5 Common Rail System And Supply Pump Transitions

- The world's first common rail system for trucks was introduced in 1995. In 1999, the common rail system for passenger cars (the HP2 supply pump) was introduced, and then in 2001 a common rail system using the HP3 pump (a lighter and more compact supply pump) was introduced. In 2004, the three-cylinder HP4 based on the HP3 was introduced.



catia/1.5

1.6 Injector Transitions



catia/1.6

1.7 Common Rail System Configuration

- The common rail control system can be broadly divided into the following four areas: sensors, engine ECU, EDU, and actuators.

Sensors

- Detect the condition of the engine and the pump.

Engine ECU

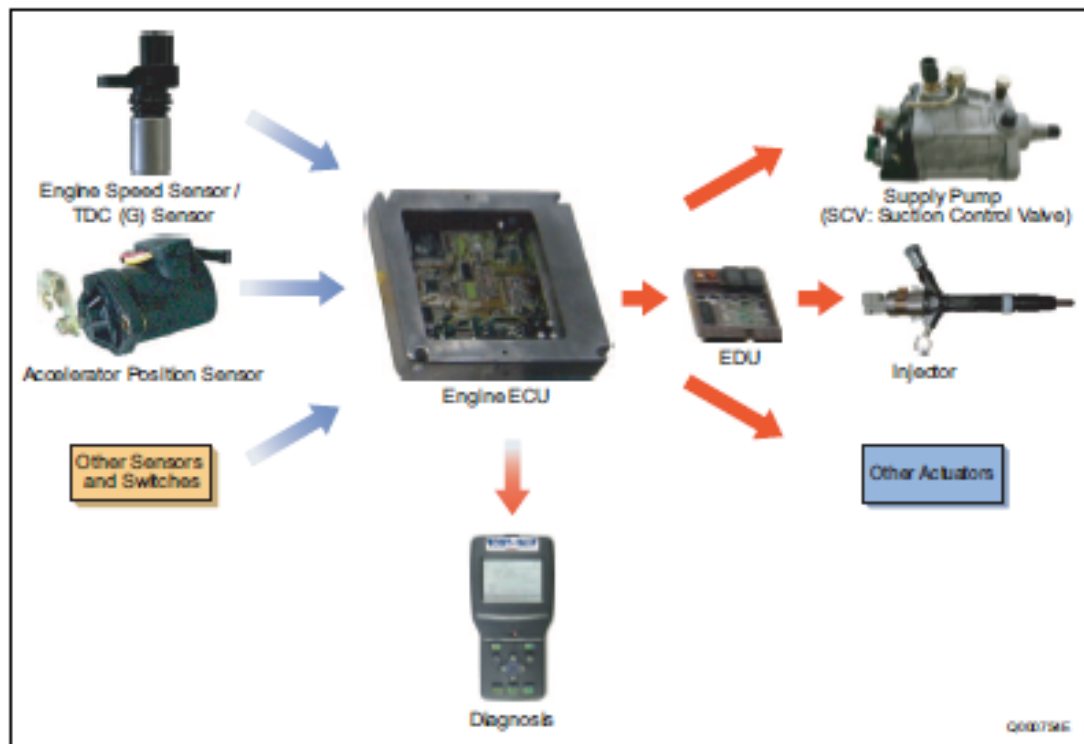
- Receives signals from the sensors, calculates the proper injection quantity and injection timing for optimal engine operation, and sends the appropriate signals to the actuators.

EDU

- Enables the injectors to be actuated at high speeds. There are also types with charge circuits within the ECU that serve the same role as the EDU. In this case, there is no EDU.

Actuators

- Operate to provide optimal injection quantity and injection timing in accordance with the signals received from the engine ECU.



2. COMMON RAIL SYSTEM OUTLINE

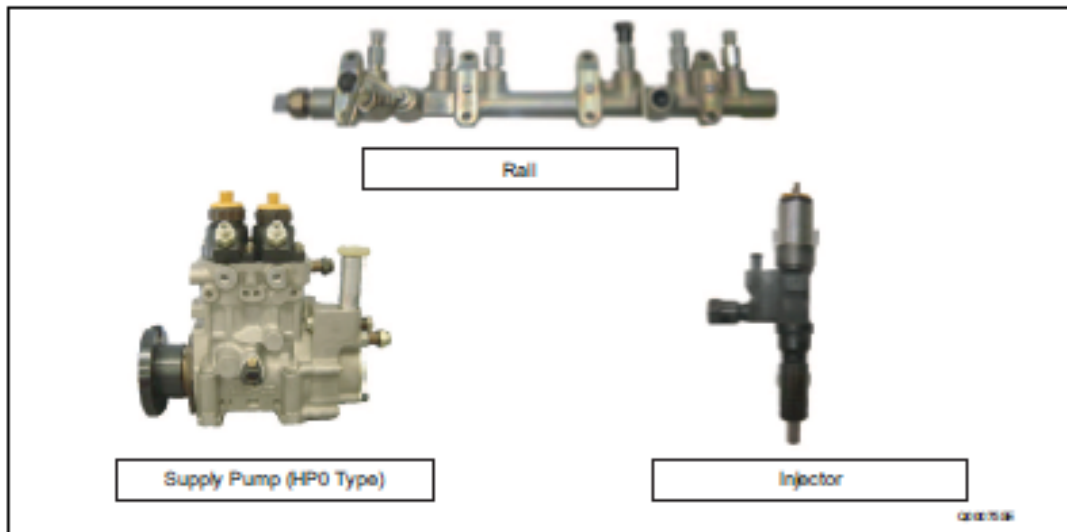
2.1 Layout of Main Components

- Common rail systems are mainly made up of the supply pump, rail, and injectors. There are the following types according to the supply pump used.

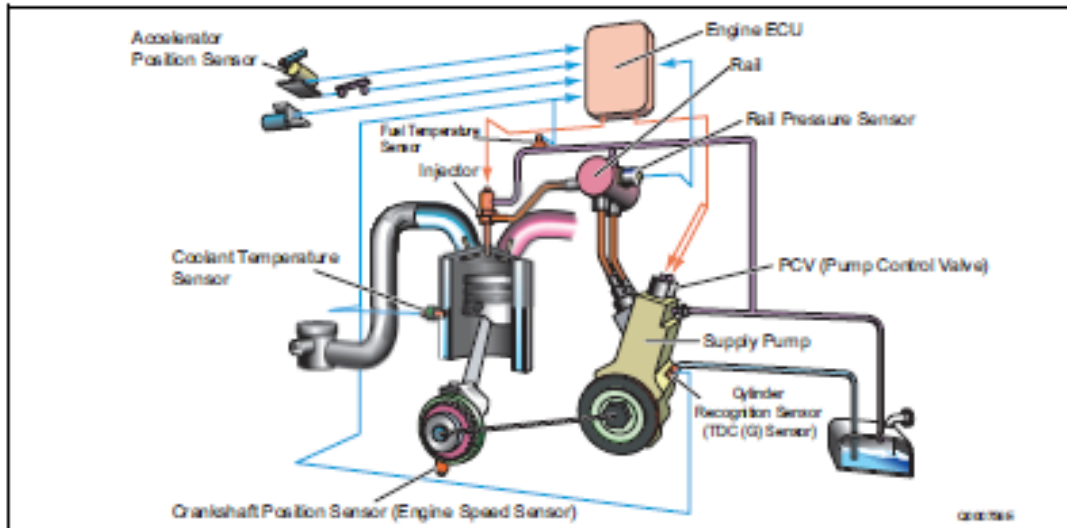
(1) HP0 Type

- This system is the first common rail system that DENSO commercialized. It uses an HP0 type supply pump and is mounted in large trucks and large buses.

Exterior View of Main System Components

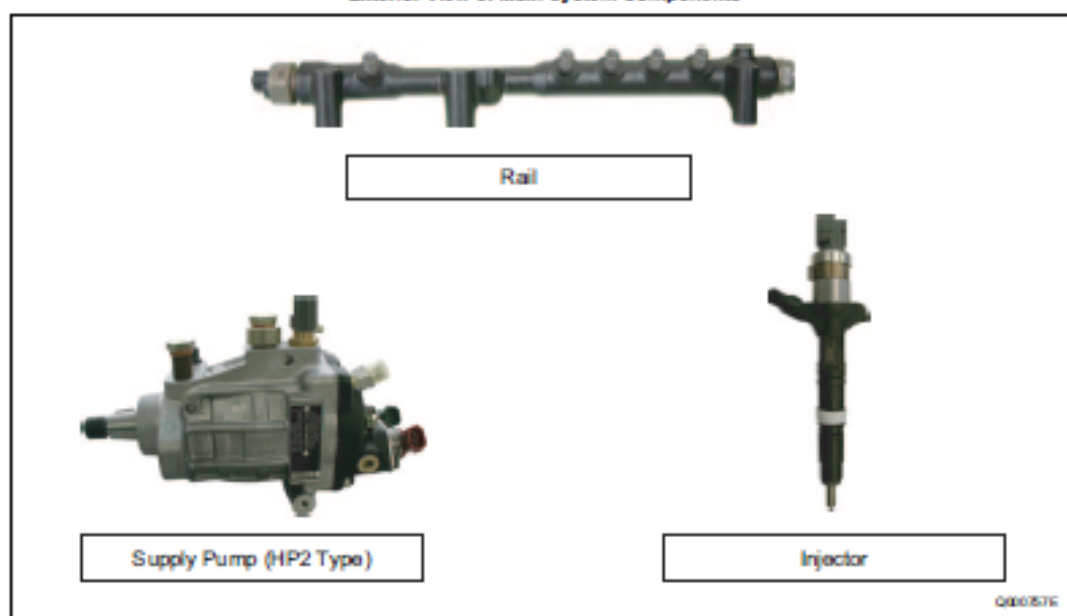
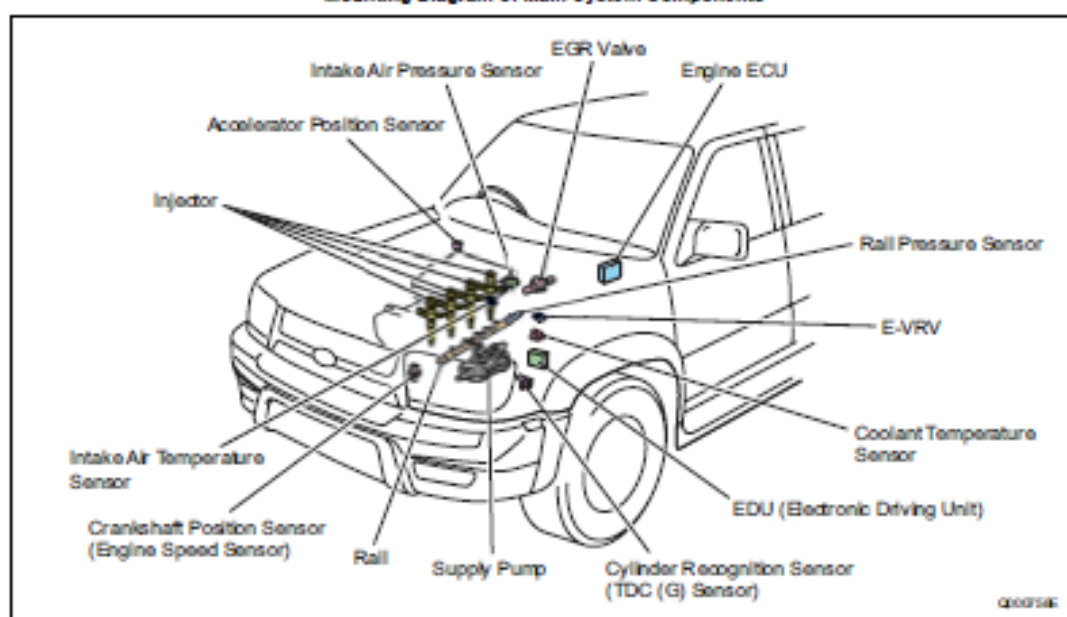


Configuration of Main System Components (Example of HP0)

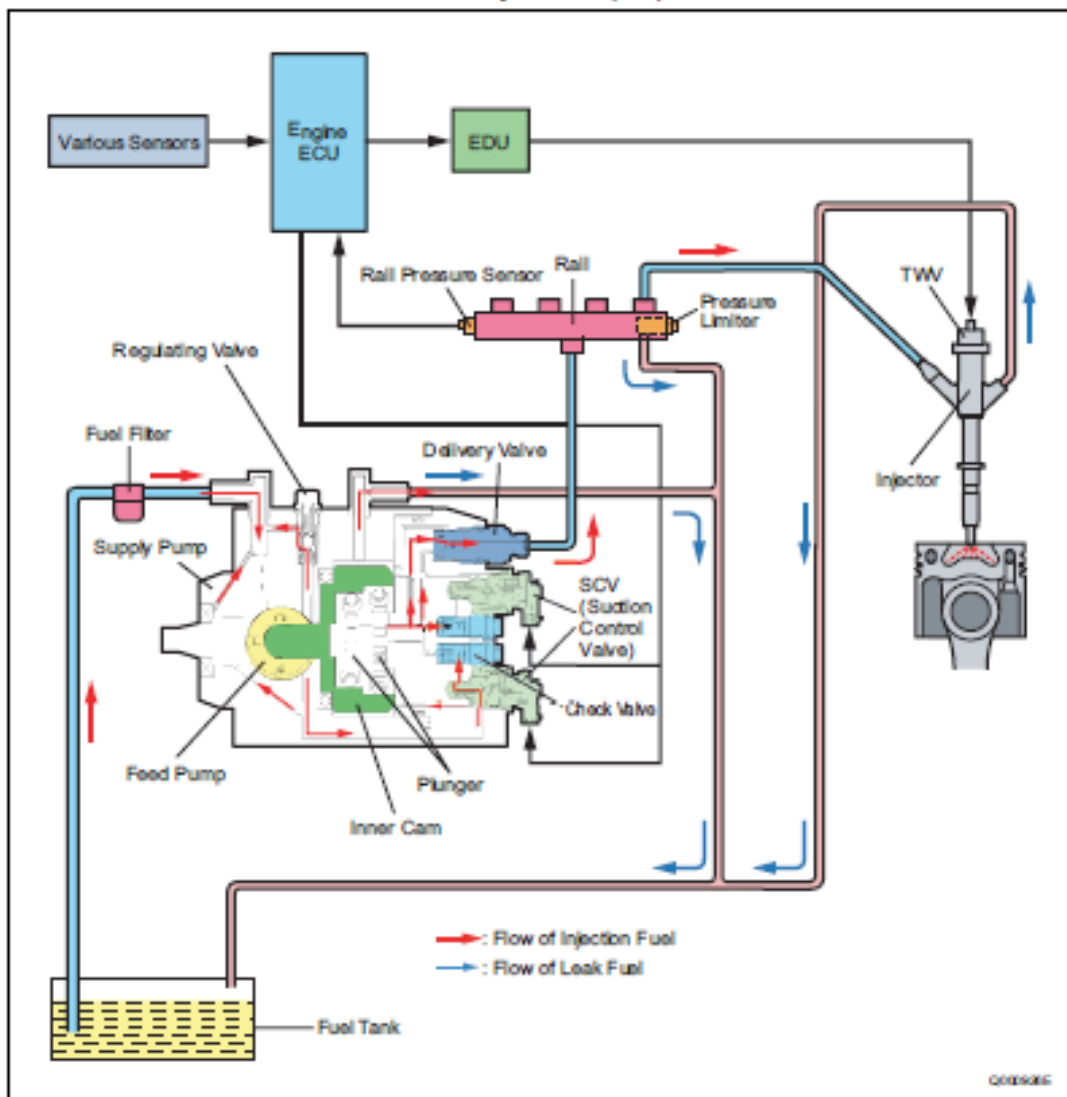


(2) HP2 Type

- This system uses a type of HP2 supply pump that has been made lighter and more compact, and is the common rail system for passenger cars and RVs instead of the ECD-V3.

Exterior View of Main System Components**Mounting Diagram of Main System Components**

Overall System Flow (Fuel)



(3) HP3 Type, HP4 Type

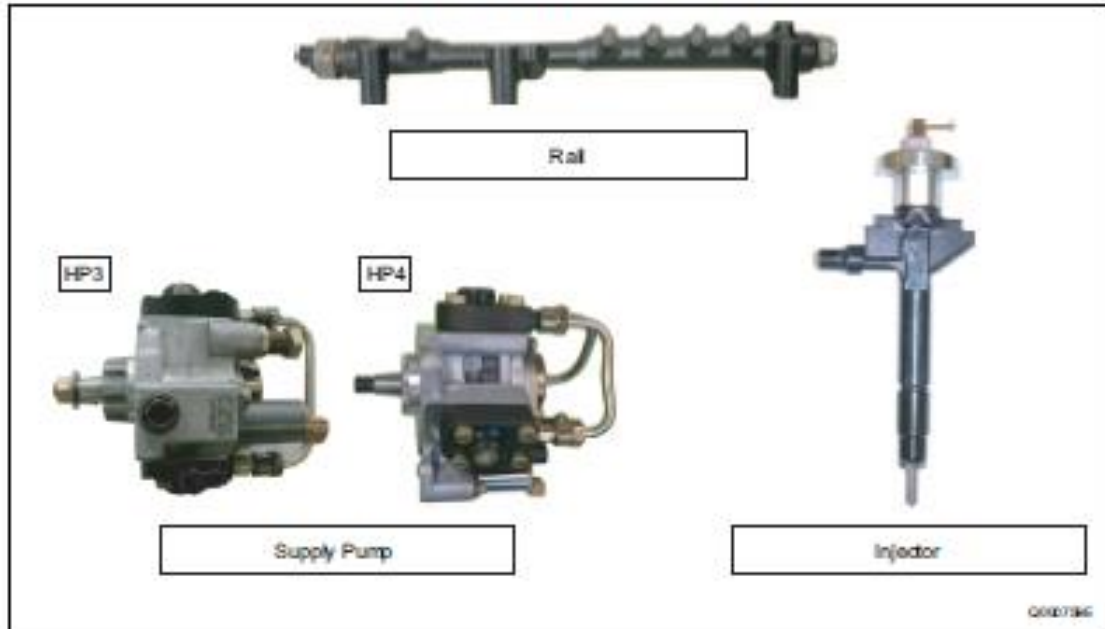
HP3 Type

- This system uses an HP3 type supply pump that is compact, lightweight and provides higher pressure. It is mostly mounted in passenger cars and small trucks.

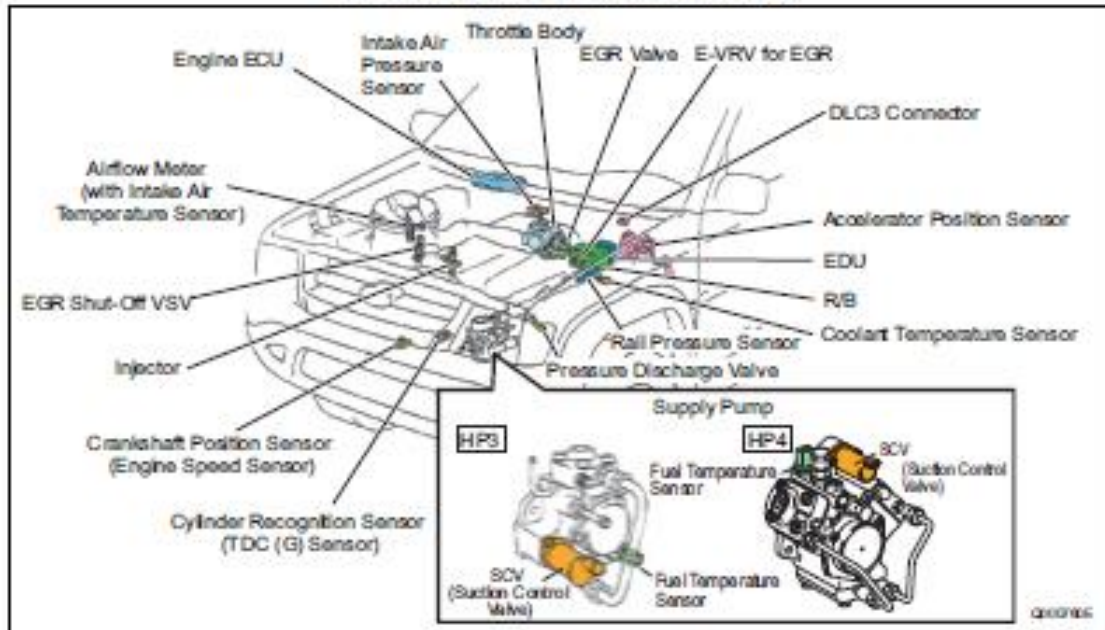
HP4 Type

- This system is basically the same as the HP3 type, however it uses the HP4 type supply pump, which has an increased pumping quantity to handle larger engines. This system is mostly mounted in medium-size trucks.

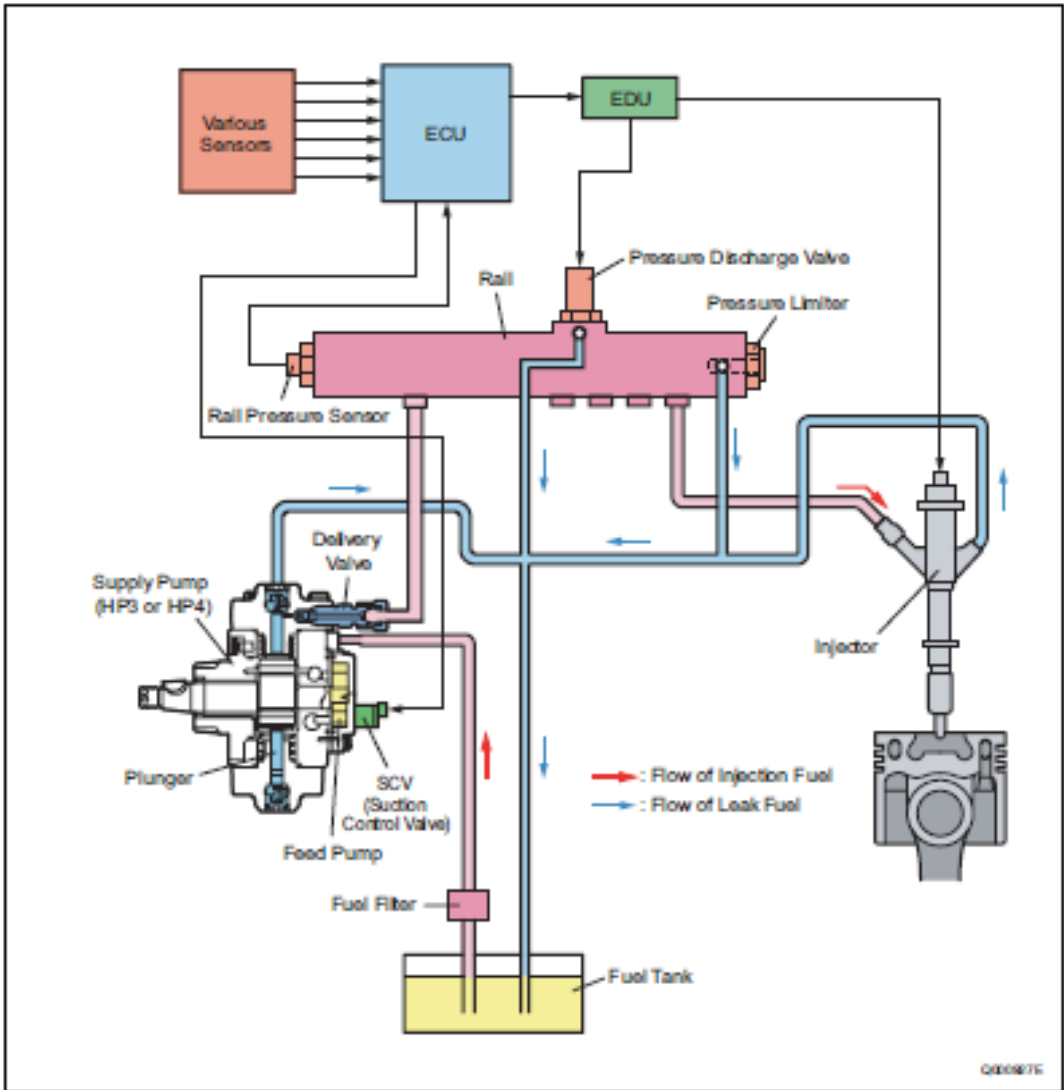
Exterior View of Main System Components



Mounting Diagram for Main System Components



Overall System Flow (Fuel)



3. SUPPLY PUMP DESCRIPTION

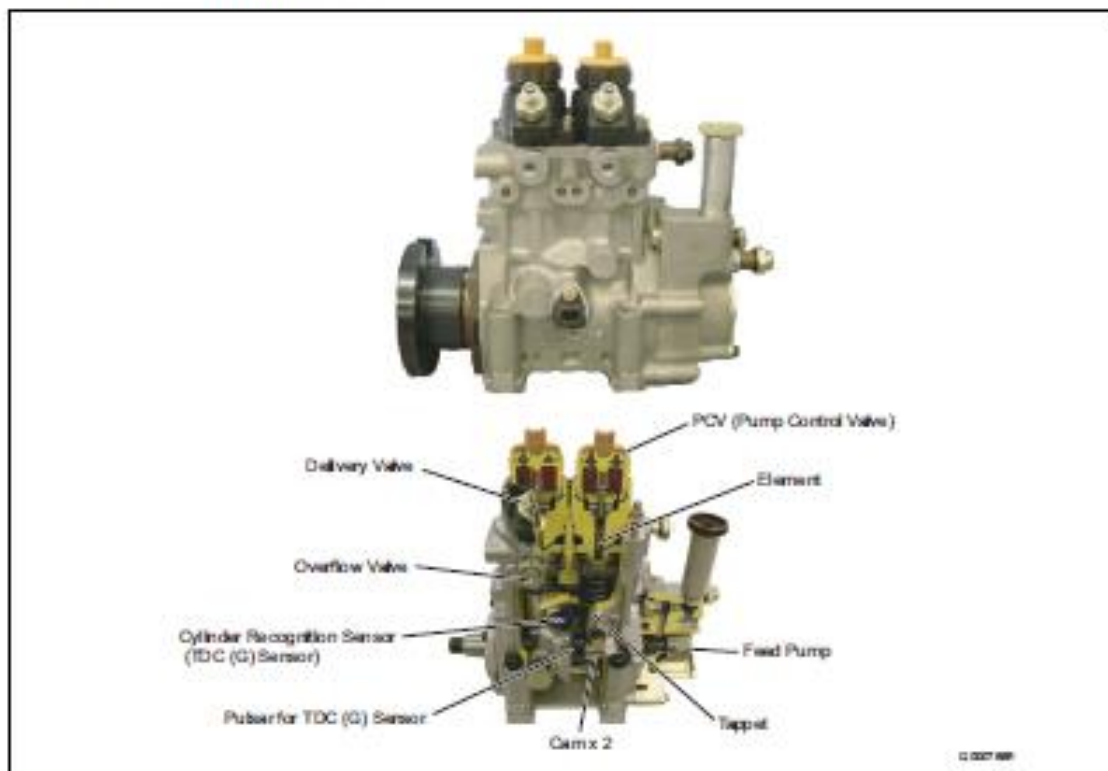
3.1 HP0 Type

(1) Construction and Characteristics

- The HP0 supply pump is mainly made up of a pumping system as in conventional in-line pumps (two cylinders), the PCV (Pump Control Valve) for controlling the fuel discharge quantity, the cylinder recognition sensor (TDC (G) sensor), and the feed pump.
- It supports the number of engine cylinders by changing the number of peaks on the cam. The supply pump rotates at half the speed of the engine. The relationship between the number of engine cylinders and the supply pump pumping is as shown in the table below.

Number of Engine Cylinders	Speed Ratio (Pump: Engine)	Supply Pump		Number of Pumping Rotations for 1 Cycle of the Engine (2 Rotations)
		Number of Cylinders	Cam Peaks	
4 Cylinders	1 : 2	2	2	4
6 Cylinders			3	6
8 Cylinders			4	8

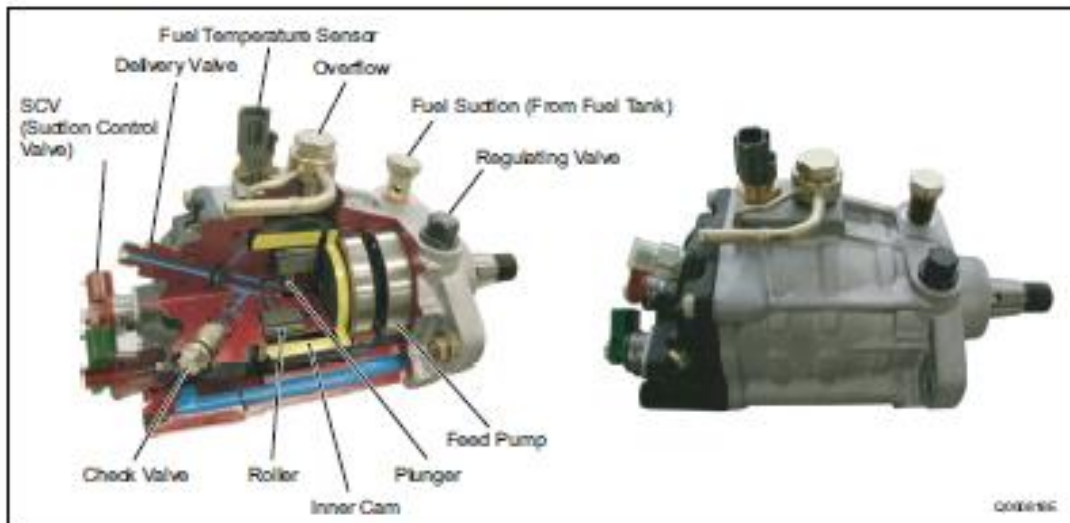
- By increasing the number of cam peaks to handle the number of engine cylinders, a compact, two-cylinder pump unit is achieved. Furthermore, because this pump has the same number of pumping strokes as injections, it maintains a smooth and stable rail pressure.



3.2 HP2 Type

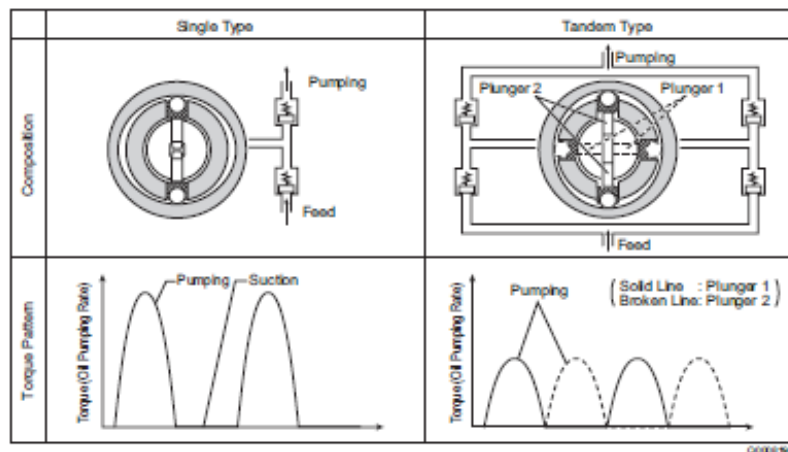
(1) Construction and Characteristics

- The supply pump is primarily composed of the two pumping mechanism (inner cam, roller, two plungers) systems, the SCV (Suction Control Valve), the fuel temperature sensor, and the feed pump (vane type), and is actuated with half the engine rotation.
- The pumping mechanism consists of an inner cam and a plunger, and forms a tandem configuration in which two systems are arranged axially. This makes the supply pump compact and reduces the peak torque.
- The quantity of fuel discharged to the rail is controlled by the fuel suction quantity using SCV (Suction Control Valve) control. In order to control the discharge quantity with the suction quantity, excess pumping operations are eliminated, reducing the actuation load and suppressing the rise in fuel temperature.



(2) Supply Pump Actuating Torque

- Because the pumping mechanism is a tandem configuration, its peak actuating torque is one-half that of a single pump with the same discharge capacity.

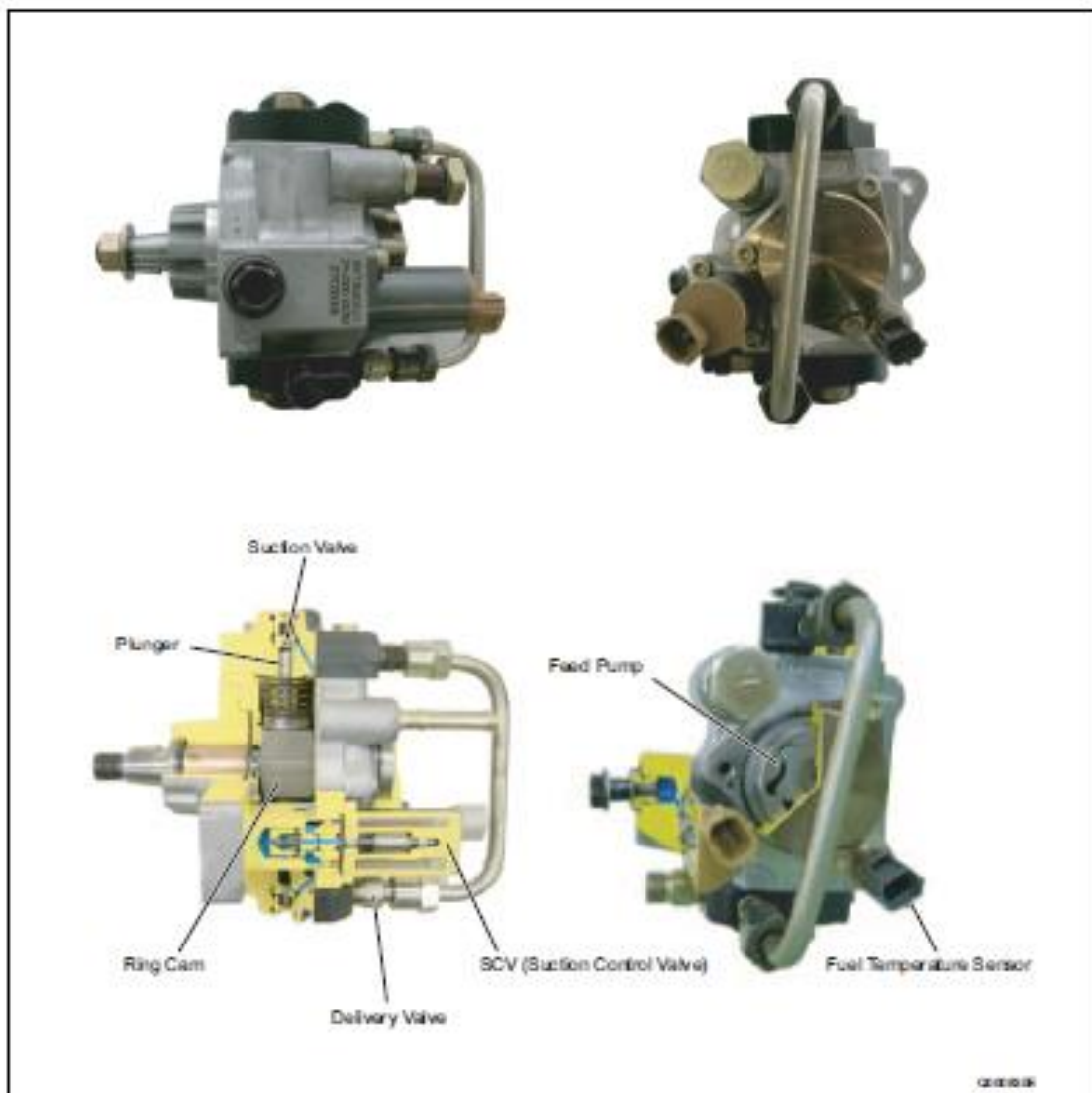


cotec

3.3 HP3 Type

(1) Construction and Characteristics

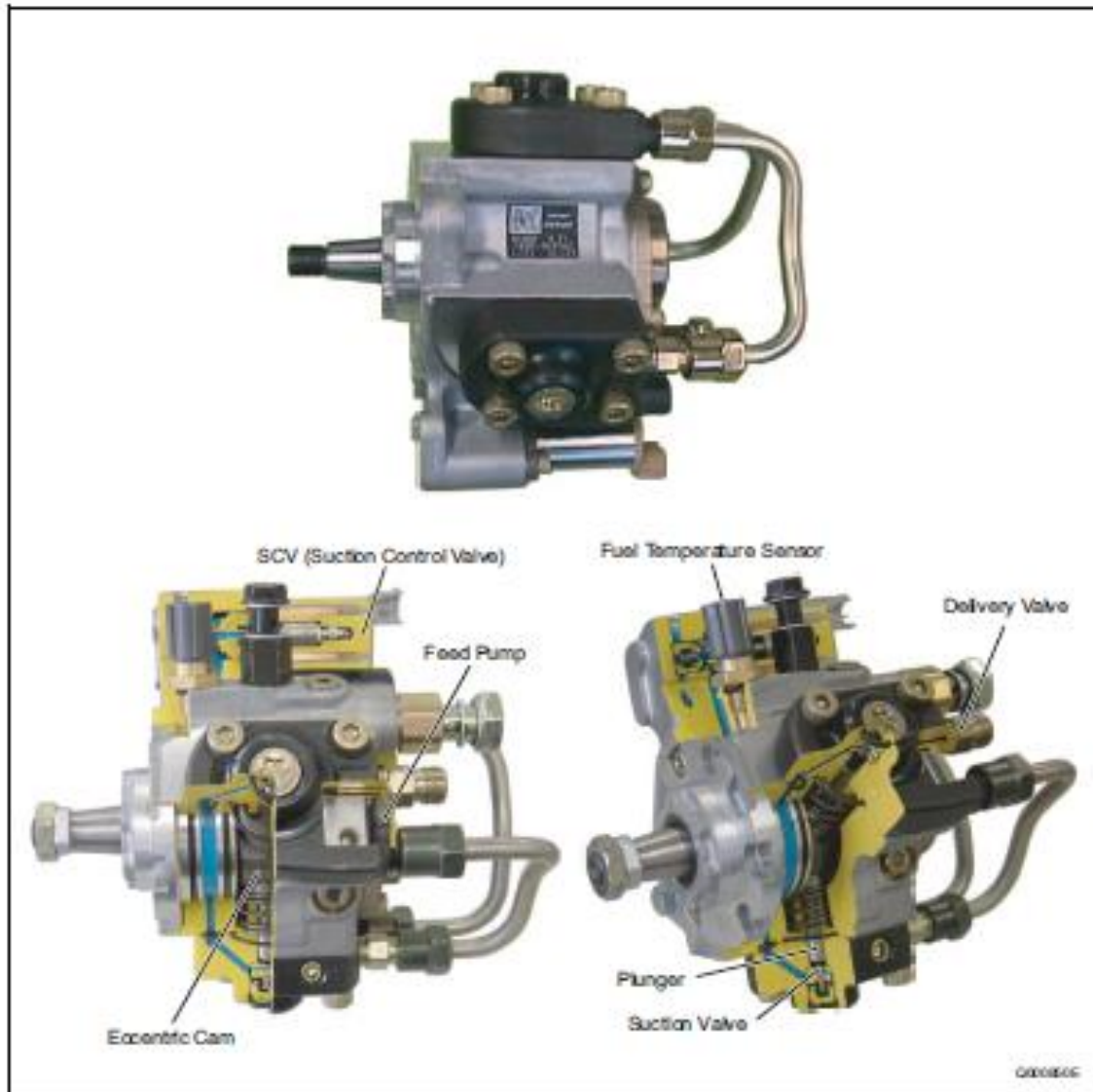
- The supply pump is primarily composed of the pump unit (eccentric cam, ring cam, two plungers), the SCV (suction control valve), the fuel temperature sensor and the feed pump (trochoid type), and is actuated at 1/1 or 1/2 the engine rotation.
- The two compact pump unit plungers are positioned symmetrically above and below on the outside of the ring cam.
- The fuel discharge quantity is controlled by the SCV, the same as for the HP2, in order to reduce the actuating load and suppress the rise in fuel temperature. In addition, there are two types of HP3 SCV: the normally open type (the suction valve opens when not energized) and the normally closed type (the suction valve is closed when not energized).
- With a DPNR system (Diesel Particulate NOx Reduction) system, there is also a flow damper. The purpose of this flow damper is to automatically shut off the fuel if a leak occurs in the fuel addition valve passage within the DPNR.



3.4 HP4 Type

(1) Construction and Characteristics

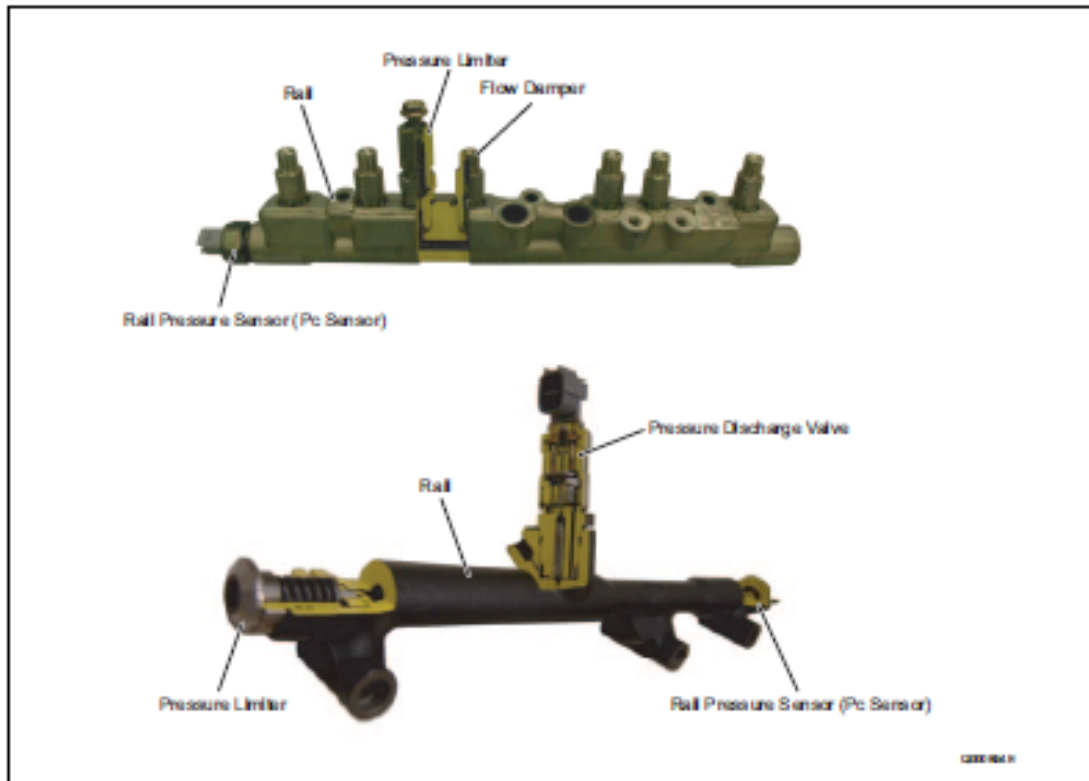
- The HP4 basic supply pump construction is the same as for the HP3. The composition is also the same as the HP3, being made up of the pump unit (eccentric cam, ring cam, plunger), the SCV (suction control valve), the fuel temperature sensor, and the feed pump. The main difference is that there are three plungers.
- Because there are three plungers, they are positioned at intervals of 120° around the outside of the ring cam. In addition, the fuel delivery capacity is 1.5 times that of the HP3.
- The fuel discharge quantity is controlled by the SCV, the same as for the HP3.



4. RAIL DESCRIPTION

4.1 Rail Functions and Composition

- The function of the rail is to distribute fuel pressurized by the supply pump to each cylinder injector.
- The shape of the rail depends on the model and the component parts vary accordingly.
- The component parts are the rail pressure sensor (Pc sensor), pressure limiter, and for some models a flow damper and pressure discharge valve.



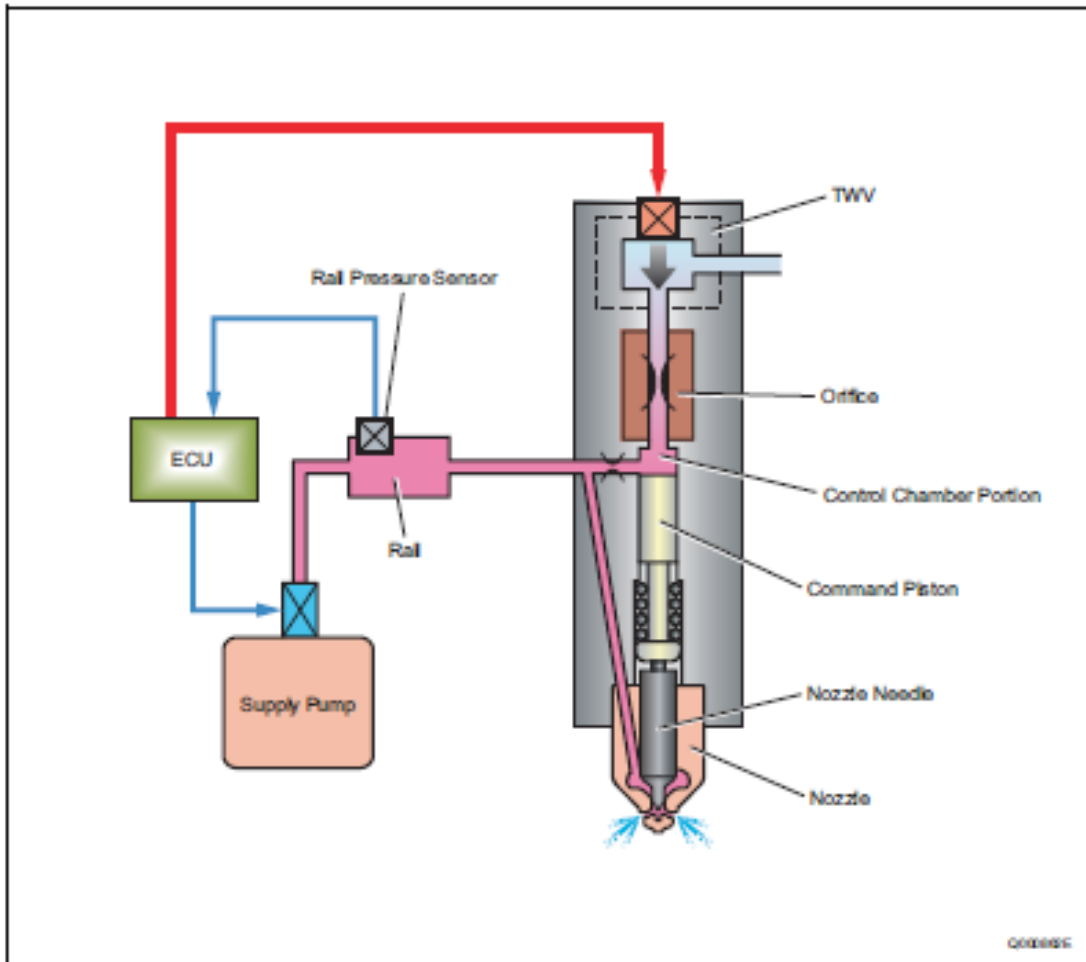
4.2 Component Part Construction and Operation

Component Parts	Functions
Rail	Stores pressurized fuel that has been pumped from the supply pump and distributes the fuel to each cylinder injector.
Pressure Limiter	Opens the valve to release pressure if the pressure in the rail becomes abnormally high.
Rail Pressure Sensor (Pc Sensor)	Detects the fuel pressure in the rail.
Flow Damper	Reduces the pressure pulsations of fuel in the rail. If fuel flows out excessively, the damper closes the fuel passage to prevent further flow of fuel. Mostly used with engines for large vehicles.
Pressure Discharge Valve	Controls the fuel pressure in the rail. Mostly used with engines for passenger cars.

5. INJECTOR DESCRIPTION

5.1 General Description

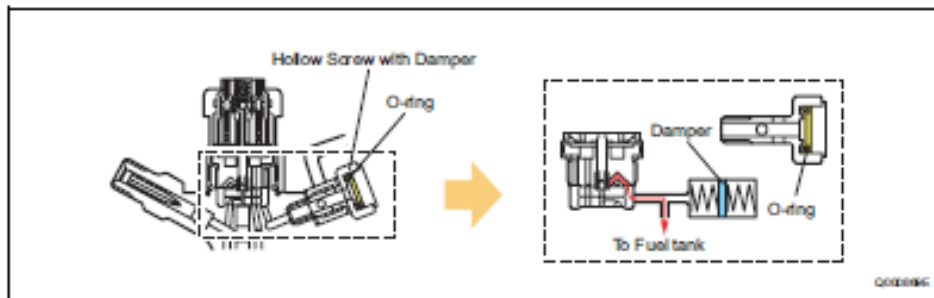
- The injector injects the pressurized fuel in the rail into the engine combustion chamber at the optimal injection timing, injection quantity, injection rate, and injection pattern, in accordance with signals from the ECU.
- Injection is controlled using a TWV (Two-Way Valve) and orifice. The TWV controls the pressure in the control chamber to control the start and end of injection. The orifice controls the injection rate by restraining the speed at which the nozzle opens.
- The command piston opens and closes the valve by transmitting the control chamber pressure to the nozzle needle.
- When the nozzle needle valve is open, the nozzle atomizes the fuel and injects it.
- There are three types of injectors: the X1, X2, and G2.



5.5 Other Injector Component Parts

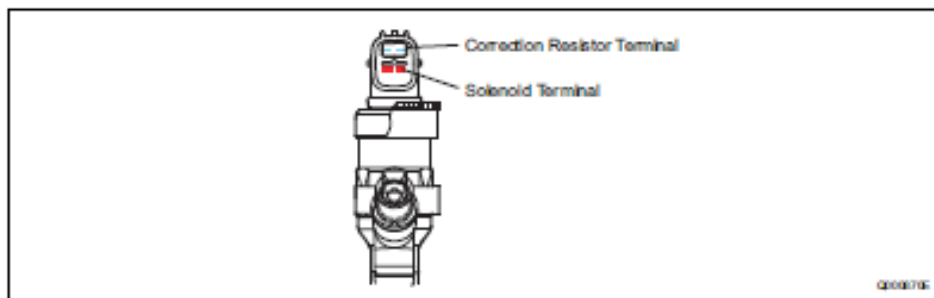
(1) Hollow Screw with Damper

- The hollow screw with damper enhances injection quantity accuracy, by reducing the back-pressure pulsations (pressure fluctuations) of the leak fuel. In addition, it minimizes the back-pressure dependence (the effect of the pressure in the leak pipe changing the injection quantity even though the injection command is the same) of the fuel in the leak pipe.



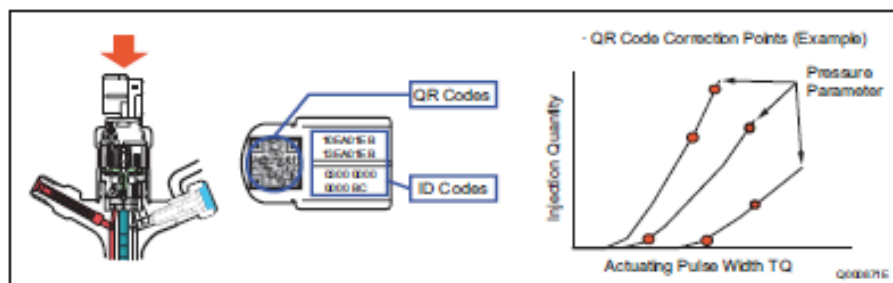
(2) Connector with Correction Resistor

- The connector with correction resistor has a built-in correction resistor in the connector section to minimize injection quantity variation among the cylinders.



(3) Injector with QR Codes

- QR (Quick Response) codes have been adopted to enhance correction precision. The QR code, which contains the correction data of the injector, is written to the engine ECU. QR codes have resulted in a substantial increase in the number of fuel injection quantity correction points, greatly improving injection quantity precision.



< NOTE >

QR codes are a new two-dimensional code that was developed by DENSO. In addition to injection quantity correction data, the code contains the part number and the product number, which can be read at extremely high speeds.

11.3 MATERIALES Y MÉTODOS

11.3.1 REGLAMENTO (CE) No 715/2007 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

REGLAMENTO (CE) No 715/2007 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de junio de 2007 sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6) y sobre el acceso a la información relativa a la reparación y el mantenimiento de los vehículos

(13) Para garantizar el control de las emisiones de masa de partículas ultra finas (PM 0,1 μm o inferior), la Comisión debe adoptar lo antes posible e introducir a más tardar una vez entrada en vigor la fase Euro 6 un planteamiento de las emisiones de masa de partículas basado en el número, además del planteamiento basado en la masa actualmente en uso. El planteamiento basado en el número de emisiones de PM debe aprovecharse de los resultados del programa ONU/CEPE sobre medición de partículas (Particulate Measurement Programme —PMP) y ser coherente con los objetivos ambiciosos existentes para el medio ambiente. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2007, L 171/2)

Artículo 2

Ámbito de aplicación

1. El presente Reglamento se aplicará a los vehículos de las categorías M1, M2, N1 y N2 como se definen en el anexo II de la Directiva 70/156/CEE con una masa de referencia no superior a 2 610 kg. (Diario Oficial de la Unión Europea, 2007, L 171/4)

ANEXO I

LÍMITES DE EMISIONES

Cuadro 1

Límites de emisiones Euro 5

Categoría	Clase	Masa de referencia (MR) (kg)	Valores límite													
			Masa de monóxido de carbono (CO)		Masa total de hidrocarburos (HCT)		Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM)		Masa de óxidos de nitrógeno (NO _x)		Masa combinada total de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NO _x)		Masa de partículas (MP)		Número de partículas (P)	
			I ₁ (mg/km)	I ₂ (mg/km)	I ₃ (mg/km)	I ₄ (mg/km)	I ₅ + I ₆ (mg/km)	I ₇ (mg/km)	I ₈ (mg/km)	P ^(*) (P/km)	P ^(*) (P/km)					
M	—	Todos	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0		
N ₁	I	MR ≤ 1 305	1 000	500	100	—	68	—	60	180	—	230	5,0	5,0		
		1 305 < MR ≤ 1 760	1 810	630	130	—	90	—	75	235	—	295	5,0	5,0		
		1 760 < MR	2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0		
N ₂			2 270	740	160	—	108	—	82	280	—	350	5,0	5,0		

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión.

(*) Se establecerá una norma relativa al número lo antes posible y, a más tardar, tras la entrada en vigor de Euro 6.

(†) Las normas sobre masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

Cuadro 1 Límites de emisiones Euro 5
Fuente: Diario Oficial de la Unión Europea, 2007

Cuadro 2
Límites de emisiones Euro 6

Categoría	Clase	Masa de referencia (MR) (kg)	Valores límite													
			Masa de monóxido de carbono (CO)		Masa total de hidrocarburos (HCT)		Masa de hidrocarburos no metanos (HCNM)		Masa de óxidos de nitrógeno (NO _x)		Masa combinada de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno totales (HCT + NO _x)		Masa de partículas (PM)		Número de partículas (*) (P)	
			L ₁ (ug/km)	CI	L ₂ (ug/km)	CI	L ₁ (ug/km)	CI	L ₄ (ug/km)	CI	L ₂ + L ₄ (ug/km)	CI	L ₃ (ug/km)	CI	L ₆ (P/km)	CI
M	—	Todos	1 000	500	100	—	68	—	60	80	—	170	5,0	5,0		
N ₁	I	MR ≤ 1 305	1 000	500	100	—	68	—	60	80	—	170	5,0	5,0		
	II	1 305 < MR ≤ 1 760	1 810	630	130	—	90	—	75	105	—	195	5,0	5,0		
	III	1 760 < MR	2 270	740	160	—	108	—	82	125	—	215	5,0	5,0		
N ₂			2 270	740	160	—	108	—	82	125	—	215	5,0	5,0		

Clave: PI = encendido por chispa, CI = encendido por compresión.
 (*) Se establecerá una norma relativa al número para esta etapa.
 (†) Las normas sobre masa de partículas de los vehículos de encendido por chispa se aplican únicamente a los vehículos con motores de inyección directa.

Diario Oficial de la Unión Europea

Cuadro 2 Límites de emisiones Euro 2
Fuente: Diario Oficial de la Unión Europea, 2007

- Requisitos del Carburante para Sistemas de Inyección Diesel Comunicado Conjunto 2009 de los Fabricantes de Equipos de Inyección Diesel

Antecedentes

La continua tendencia a nivel mundial de aumento del rendimiento de los motores y de reducción de las emisiones ha precisado el desarrollo de nuevas generaciones de equipos de inyección diésel mejorados, que respalden la consecución de unos objetivos legislativos cada vez más restrictivos. El aumento en las presiones de inyección y la inyección múltiple han tenido como resultado unas temperaturas de funcionamiento más elevadas, unas mayores presiones de contacto y unas tolerancias menores. Resulta esencial disponer de unos estándares mínimos de calidad del carburante para mantener la durabilidad y cumplir los niveles de emisiones a lo largo de períodos prolongados. Se han establecido unas normas a nivel internacional, que definen la calidad del carburante y que continúan sometiéndose a revisiones a medida que es necesario.

Las alteraciones de la calidad del carburante, por ejemplo, mediante la introducción de unas técnicas de hidro procesamiento en refinería cada vez más restrictivas para eliminar el azufre también reducen el contenido de hidrocarburos aromáticos y destruyen los compuestos y antioxidantes superficiales activos. La eliminación de estos compuestos tan beneficiosos influye en la lubricación en la capa límite, lo que normalmente se conoce como lubricidad, y en la estabilidad inherente a la oxidación, lo cual debe compensarse. Los parámetros del carburante, como el número de cetano, la viscosidad, la lubricidad, la estabilidad a la oxidación, y los contenidos de azufre e hidrocarburos aromáticos, unido a la ausencia de agua libre y a la contaminación por suciedad constituyen los parámetros clave necesarios para garantizar el rendimiento in situ del equipo.

Los usuarios finales disponen de una oferta cada vez más amplia de biocombustibles. En Europa (UE) y en los Estados Unidos de América (EE.UU.), así como en otros países, las fuentes de combustible como el éster metílico de semilla de colza (RME), el éster metílico de semilla de soja (SME), el éster metílico de aceite de palma (PME) y otros, conocidos colectivamente como ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME), están utilizándose como alternativas y complementos de los combustibles derivados de aceites minerales. Además, la Directiva de la UE 2003/30/CE relativa al uso de los biocarburantes exige a los Estados miembro que garanticen el lanzamiento al mercado de una proporción mínima de biocombustibles. Es preciso reconocer que las características físicas y químicas de los biocomponentes son significativamente diferentes de las de los combustibles convencionales, debiendo adoptarse precauciones en relación con su especificación y utilización.

Los fabricantes de Equipos de Inyección Diesel (FIE) apoyan sin fisuras el desarrollo de fuentes alternativas de combustible. Siempre que ha sido posible, se han facilitado y validado componentes compatibles. No obstante, hay muchos vehículos, motores y equipos que no están diseñados para funcionar con ellos. Recomendamos que se consulten las directrices del fabricante del vehículo y del motor sobre las “Limitaciones Requisitos del Carburante para Sistemas de Inyección Diesel –

Comunicado Conjunto de los Fabricantes de Equipos de Inyección Diesel, septiembre de 2009 de uso”. Antes de utilizarlo, los usuarios también han de comprobar si se garantiza una calidad apropiada del biocombustible.

Calidad general del combustible diésel

Normas:

La norma europea en materia de carburante EN 590:2009 incorpora los requisitos más recientes en materia de calidad del combustible. Los productos de los fabricantes de equipos de inyección diésel podrían no cumplir los objetivos de emisiones y rendimiento a lo largo de su vida útil si no se utilizan combustibles acordes con EN 590:2009 o combustibles con unas propiedades similares a las especificadas en 590:2009. Por lo tanto, la responsabilidad de asegurarse de que los combustibles utilizados son compatibles con el sistema de combustible y con los objetivos de la legislación en materia de emisiones recae sobre el usuario del equipo y/o el proveedor de combustible.

Debe recordarse a los usuarios de motores diésel que las normas en materia de carburantes se aplican exclusivamente al punto de entrega de la red de distribución, por lo general, la manguera de la gasolinera. Desde este punto en adelante, el usuario será el responsable de proteger el combustible de contaminación por agua y suciedad, a fin de permitir que los motores cumplan los objetivos previstos de rendimiento, emisiones y durabilidad. Los fabricantes de motores/vehículos deberían proporcionar un adecuado acondicionamiento del combustible, en función de la aplicación, el ciclo de trabajo, el territorio y el clima.

Aditivos:

Las normas en materia de carburantes se basan en el rendimiento. Uno de los requisitos mínimos es el cumplimiento de las especificaciones de la norma. Para mejorar aún más la calidad del carburante, resulta útil utilizar una cantidad apropiada de aditivos, siempre que puedan excluirse efectos secundarios peligrosos (por ejemplo, depósitos en el interior del inyector). No deben utilizarse aquellos aditivos que presenten propiedades peligrosas que deriven en problemas in situ, aun cuando la mezcla de combustible satisfaga la norma de rendimiento. El proveedor del combustible será responsable de excluir los efectos secundarios peligrosos.

Lubricidad:

Es esencial que la lubricidad del carburante, medida de acuerdo con el ensayo HUR que se especifica en ISO 12156-1, satisfaga el requisito de un diámetro de la marca de desgaste no superior a 460 micras. Además, los fabricantes de Equipos de Inyección Diesel recomiendan que el “primer llenado” del depósito de combustible se efectúe con un carburante que presente unas buenas características de lubricidad ($HUR < 400 \mu m$) a fin de garantizar un adecuado “rodaje” de los componentes del sistema de inyección. La especificación diésel de los EE.UU. (ASTM D 975-09) incluye un valor máximo de lubricidad de 520 μm (de acuerdo con ASTM D 6079). Se supone que la vida útil de cualquier componente mecánico se verá afectada por el uso de un combustible cuya lubricidad exceda de 460 micras.

Limpieza:

Las reducidas tolerancias necesarias para la generación de unas elevadas presiones de inyección exigen una buena limpieza del combustible, dándose cada vez mayor importancia a los tamaños de pequeñas partículas. Los fabricantes de equipos de inyección de combustible animan a los Organismos normalizadores de la UE y de los EE.UU. a elaborar un método de ensayo preciso para la determinación de la contaminación total y el recuento de partículas necesario para garantizar el cumplimiento de la exigencia de una mayor limpieza de los futuros sistemas de inyección.

Requisitos del Carburante para Sistemas de Inyección Diesel – Comunicado Conjunto de los Fabricantes de Equipos de Inyección Diesel, septiembre de 2009

Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME)

Normas:

La Norma Europea FAME EN 14214:2009 establece unos requisitos mínimos de calidad y de límites en relación con los productos residuales obtenidos a partir del procesamiento de los FAME. Para reducir el riesgo de un fallo prematuro del sistema de combustible, el FAME debe cumplir los requisitos de EN 14214:2009, independientemente de que se utilice al 100% como combustible (B100) o como componente de la mezcla.

La Norma europea en materia de combustibles diésel EN 590:2009 incluye mezclas hasta con un 7% de FAME (VA). La postura acordada por todos los fabricantes de equipos de inyección que suscriben este documento consiste en limitar la producción de equipos de inyección para mezclas con un máximo de hasta un 7% de FAME (de acuerdo con EN 14214:2009), con lo que la mezcla resultante cumplirá los requisitos de la norma EN 590:2009.

Será necesaria una revisión más amplia de las normas EN 14214 y EN 590 para facilitar mezclas de hasta un 10% de FAME (B10). Para las futuras revisiones, los fabricantes de equipos de inyección respaldan el desarrollo de normas CEN, en lugar de las de los Estados miembros individuales, y no aprueban los decretos nacionales. Es necesario normalizar el B30 para flotas cautivas en Francia (dando una especial importancia a la estabilidad frente a la oxidación). La aprobación del uso de cualquier mezcla con un elevado contenido de FAME o de B100 exige una validación personalizada de las aplicaciones deseadas.

En los EE.UU., la calidad de los ésteres de ácidos grasos se define en la norma ASTM D 6751-09, relativa a los diferentes ésteres alquílicos de ácidos grasos FFAE previstos para su utilización en mezclas con unas concentraciones de hasta un 20%. Se han desarrollado dos normas adicionales para describir la calidad de los combustibles mezclados hasta B5 (ASTM D 975-09) y desde B6 a B20 (ASTM D 7467-09), respectivamente.

La utilización del B5 de acuerdo con ASTM D 975-09 está tolerada por los fabricantes de equipos de inyección, aunque la ausencia de un requisito de estabilidad se considera como un gran riesgo que habría de reducirse lo antes posible. Las mezclas que contienen más de un 5% (V/V) de FFAE (ASTM D 6751-09) requieren la validación positiva de aspectos específicos asociados a elevadas concentraciones de FAME con una baja estabilidad (así como en vista del hecho de que ASTM D6751-09 permite la utilización de ésteres alquílicos de ácidos grasos [distintos de los ésteres metílicos] que aún no se hayan evaluado satisfactoriamente).

Estabilidad FAME: la reducida estabilidad de los FAME tiene especial importancia. Los FAME antiguos o de baja calidad contienen ácidos orgánicos, como ácido fórmico y productos de polimerización. Los ácidos atacan a muchos componentes, y los polímeros pueden provocar atascos en los filtros, sedimentos y componentes móviles pegajosos, lo que reduce drásticamente la vida útil del equipo de inyección. Los prolongados períodos de inactividad conllevan el riesgo de llegar a un punto en que se agote la reserva de combustible del interior del depósito y del equipo de inyección. Se recomienda la adopción de medidas adicionales, como una oportuna supervisión de la estabilidad del carburante o el cambio de carburante como medida de precaución, seguido de un período de

funcionamiento al ralentí, cuando se prevean dichos períodos de inactividad prolongados. Esto también afecta a los equipos que se utilizan periódicamente, como las cosechadoras o los generadores de emergencia, así como a Requisitos del Carburante para Sistemas de Inyección Diesel – Comunicado Conjunto de los Fabricantes de Equipos de Inyección Diesel, septiembre de 2009 los vehículos que van a exportarse al extranjero. Por este motivo, se recomienda encarecidamente la utilización de combustible libre de FAME EN 590 para el “primer llenado” o durante los períodos prolongados de inactividad. La estabilidad del carburante se define mejor mediante el parámetro “reserva de envejecimiento”, determinada como un período de inducción (IP) de acuerdo con el método de ensayo EN 15751:2009. Se ha demostrado que el B5 con un IP de ≥ 20 h resulta lo suficientemente estable para las condiciones estándar de utilización en el mercado europeo. Los integrantes de CEN/TC19/WG24 consideraron esencial mantener también este nivel de estabilidad del combustible de EU-B5 para B7 y acordaron adaptar en consecuencia EN 590:2009.

En los EE.UU., la norma ASTM D 975-09 para combustibles diésel (B0 a B5) no incluye ningún requisito obligatorio de estabilidad; las normas correspondientes a las mezclas B6 a B20 (ASTM D 7467-09) y a los FAME puros (ASTM D 6751-09) no incluyen suficientes precauciones de estabilidad ya presentes en las normas EN 590:2009 y EN 14214:2009. La norma ASTM D 6751-09 para FAME exige un IP mínimo de 3 hrs, que es la mitad del exigido por EN 14214:2009, y para las mezclas B6 a B20 se ha fijado un período de inducción de 6 hrs en ASTM D 7467-09, comparado con las 20 hrs de EN 590:2009. Se prevé que el rendimiento operativo y la vida útil de los sistemas de inyección de carburante se verán adversamente afectados por el uso de carburantes con una reducida estabilidad. Para garantizar un grado suficiente de estabilidad de las mezclas diésel/FAME a nivel mundial, los fabricantes de equipos de inyección solicitan reglamentos comparables para todas las especificaciones de carburantes diésel que permitan las mezclas de FAME. Los fabricantes de equipos de inyección no aceptan la responsabilidad por los problemas causados por una estabilidad insuficiente del FAME y por el envejecimiento del combustible.

Impurezas del FAME:

Dado que el FAME se elabora a partir de un número creciente de nuevas materias primas, existen incertidumbres asociadas a las impurezas adicionales que pueden no ser evidentes hasta que el vehículo esté en funcionamiento. Otros focos de preocupación son los componentes menores del FAME con un elevado peso molecular, como los glucósidos estériles, que provocan el atasco del filtro, y el uso de aditivos diésel o FAME con químicas interactivas. También existen diversos posibles riesgos asociados a la entrega y la cadena de suministro del combustible, como la acumulación de impurezas formadas por iones metálicos que afectan a la calidad de la mezcla final en el punto de venta.

Compatibilidad FAME:

Pueden aparecer importantes problemas en vehículos antiguos, diseñados antes de que se estudiase la utilización del FAME. A medida que aumentan las concentraciones de FAME, los problemas de compatibilidad resultan cada vez más probables, siendo los filtros, manguitos y juntas los componentes con una mayor probabilidad de verse afectados.

Otros biocombustibles:

Los fabricantes de equipos de inyección respaldan la utilización de bioparafinas obtenidas a través de hidrotratamiento o co-procesamiento de aceites vegetales. Debido a su naturaleza parafínica y a la elevada compatibilidad del combustible y del sistema de transporte, las bioparafinas resultan también adecuadas para las mezclas con unas porciones biogénicas superiores al 7%. Requisitos del Carburante para Sistemas de Inyección Diesel – Comunicado Conjunto de los Fabricantes de Equipos de Inyección Diesel, septiembre de 2009

Los fabricantes de equipos de inyección no se muestran de acuerdo con el uso de aceites vegetales no esterificados, aun cuando dicho combustible satisface las normas nacionales existentes, como DIN V 51605.

11.3.1 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1489:2012 (Séptima revisión) PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. DIÉSEL. REQUISITOS.

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el diésel que se comercializa en el país.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al diésel que se comercializan en el país, sean de producción nacional o importada.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2341.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 El combustible diésel que se comercializa en el país se clasifica en:

4.1.1 Diésel No. 1. Combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos.

4.1.2 Diésel No. 2. Combustible que se utiliza en los siguientes sectores: industrial, pesquero, eléctrico, naviero, etc., excepto para uso automotriz.

4.1.3 Diésel Premium. Es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 El producto observado a simple vista debe ser límpido, exento de agua y de materiales en suspensión.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 En la tabla 1, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel No. 1.

TABLA 1. Requisitos del diésel No. 1

TABLA 1. Requisitos del diésel No. 1

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	40	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Φ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	288	NTE INEN 928
Viscosidad cinemática a 37,8°C	cSt	1,3	3,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,3	ASTM 4294
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No. 2	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	40	--	NTE INEN 1495

6.1.2 En la tabla 2, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel No. 2.

TABLA 2. Requisitos del diésel No. 2.

TABLA 2. Requisitos del diésel No. 2.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Φ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,7	ASTM D4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, Φ _{Biodiésel}	%	---	5	EN 14078
NOTA: De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo.				

6.1.3 En la tabla 3, se indican los requisitos que debe cumplir el diésel Premium

TABLA 3. Requisitos del diésel Premium

TABLA 3. Requisitos del diésel Premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
Φ Contenido de agua y sedimento	%	-	0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	-	0,15	NTE INEN 1491
W contenido de cenizas	%	-	0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm ² /s	2,0	5,0	NTE INEN 810
W contenido de azufre	%	-	0,05	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano calculado	-	45	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, Φ _{Biodiésel}	%	---	5	EN 14078
NOTA: De no contener biodiesel, no es necesario la realización de este ensayo.				

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo de los derivados de hidrocarburos deben realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2266, el reglamento de seguridad y operación para el transporte de combustibles en el Ecuador, el Reglamento para autorización de actividades de comercialización de combustibles líquidos derivados de petróleo y el Reglamento para ejecutar las actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta al público de los derivados del petróleo.

6.2.2 La comercialización debe realizarse en m³, sus múltiplos y submúltiplos (litros), de acuerdo a lo dispuesto en la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

6.2.3 Tanto el productor como el comercializador deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE,

Decreto Ejecutivo 1215), lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), la Ley de Hidrocarburos y la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo. El muestreo, inspección y recepción deben realizarse de acuerdo a las NTE INEN 930 y 2336.

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 En la muestra extraída debe efectuarse los ensayos indicados en el numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 6.1 de esta norma, debe rechazarse el lote correspondiente.

13:22:07.851	1102	0	0	30,29	31	31	22,6	0	3	0	26 ^{3ª}	74	33	0
13:22:08.311	1069	0	0	30,18	30	31	21,9	0	3	0	25 ^{3ª}	74	33	0
13:22:08.801	1096	0	25	32,73	29	31	23,4	10	3	848	24 ^{3ª}	74	33	0
13:22:09.297	1151	49	41	55,71	52	31	26,5	44	5	1248	25 ^{3ª}	74	33	0
13:22:09.795	1220	74	24	60,62	63	31	27,4	32	3	969	27 ^{3ª}	74	33	0
13:22:10.294	1277	45	26	54,18	53	31	28,9	29	3	970	29 ^{3ª}	74	33	0
13:22:10.792	1322	51	24	57,79	58	30	29,5	27	4	923	30 ^{3ª}	74	33	0
13:22:11.293	1334	29	15	47,87	48	30	28,6	11	4	717	31 ^{3ª}	74	33	0
13:22:11.796	1346	14	22	41,53	40	30	29,4	12	4	738	31 ^{3ª}	74	33	0
13:22:12.289	1372	41	21	53,09	55	30	30,8	21	4	803	31 ^{3ª}	74	33	0
13:22:12.785	1379	43	12	53,17	56	30	29,7	10	4	655	32 ^{3ª}	74	33	0
13:22:13.283	1415	33	33	53,14	51	30	32,6	27	4	928	32 ^{3ª}	74	33	0
13:22:13.793	1487	67	35	70,42	71	30	35,8	40	4	989	33 ^{3ª}	74	33	0
13:21:38.401	2000	0	12	41,9	53	29	43,9	0	5	276	90 ^{5ª}	74	33	0
13:22:14.795	1589	55	32	69,51	69	30	39,7	33	4	892	36 ^{3ª}	74	33	0
13:22:15.297	1624	51	27	68,95	69	30	38,6	25	4	812	37 ^{3ª}	74	33	0
13:22:15.804	1658	32	25	59,84	59	30	40,2	19	4	746	38 ^{3ª}	74	33	0
13:22:16.307	1697	53	35	71,81	71	30	42,5	33	4	883	39 ^{3ª}	74	33	0
13:22:16.809	1738	43	26	69,67	70	30	42,2	22	5	756	40 ^{3ª}	74	33	0
13:22:17.315	1746	38	24	66,92	67	30	41,7	19	5	723	40 ^{3ª}	74	33	0
13:22:17.823	1770	29	23	61,56	61	30	41,8	17	5	680	41 ^{3ª}	74	33	0
13:22:18.330	1816	40	29	68,37	68	30	44,8	24	5	770	41 ^{3ª}	74	33	0
13:22:18.837	1845	45	29	73,7	74	30	45,5	25	5	766	42 ^{3ª}	74	33	0
13:22:19.355	1896	41	27	72,54	73	30	46,8	23	5	735	43 ^{3ª}	74	33	0
13:22:19.856	1927	29	21	67,68	68	30	45,3	14	5	634	44 ^{3ª}	74	33	0
13:22:20.363	1945	22	19	64,01	64	30	44,2	10	5	587	45 ^{3ª}	74	33	0
13:22:20.868	1969	17	17	59,5	60	30	43,2	8	5	549	45 ^{3ª}	74	33	0
13:22:21.351	1938	16	0	48,92	53	30	40,1	0	5	379	46 ^{3ª}	74	33	0
13:22:21.799	1912	1	0	38,48	41	30	39,1	0	5	0	45 ^{3ª}	74	33	0
13:22:22.246	1868	0	0	37,73	38	30	37,6	0	5	0	44 ^{3ª}	74	33	0
13:22:22.698	1728	0	0	36,07	36	30	34,8	0	5	0	43 ^{3ª}	74	33	0
13:22:23.149	1575	0	0	33,35	33	30	32,3	0	4	0	39 ^{3ª}	74	33	0
13:22:23.594	1429	0	0	31,65	31	30	28,5	0	4	0	36 ^{3ª}	74	33	0
13:22:24.036	1243	0	0	30,89	31	30	24,6	0	4	0	32 ^{3ª}	74	33	0
13:22:24.494	919	0	0	30,53	30	30	17,3	0	3	348	29 ^{4ª}	74	33	0
13:22:24.973	723	2	0	30	29	30	14	2	3	480	25 ^{4ª}	74	33	0
13:22:25.467	697	7	0	30	27	30	14,9	2	3	606	21 No detectad	74	33	0
13:22:25.958	697	9	0	30	30	30	14,3	3	3	581	16 No detectad	74	33	0
13:22:26.445	694	9	0	30	30	30	14,2	3	3	535	13 No detectad	74	33	0
13:22:26.943	699	9	0	30	29	30	13,8	3	3	550	9 No detectad	74	33	0
13:22:27.433	687	10	0	30	33	30	13,5	3	3	580	7 No detectad	74	33	0
13:22:27.926	719	12	0	30	26	30	14,9	3	3	652	5 No detectad	74	33	0
13:22:28.412	702	9	0	30	30	30	13,7	2	3	558	0 No detectad	74	33	0
13:21:10.424	2490	100	98	102,4	103	30	91,9	66	11	1225	82 ^{4ª}	75	33	0
13:20:50.061	3002	49	26	115,12	117	31	71,3	13	9	555	25 ^{1ª}	75	33	0
13:20:54.541	3318	79	62	124,37	126	32	98,2	57	11	923	46 ^{2ª}	75	33	0
13:22:30.389	702	9	0	30	29	30	13,8	3	3	548	0 No detectad	74	33	0
13:22:30.878	701	10	0	30	30	30	14,6	3	3	569	0 No detectad	74	33	0
13:22:31.364	694	9	0	30	31	30	13,5	2	3	553	0 No detectad	74	33	0

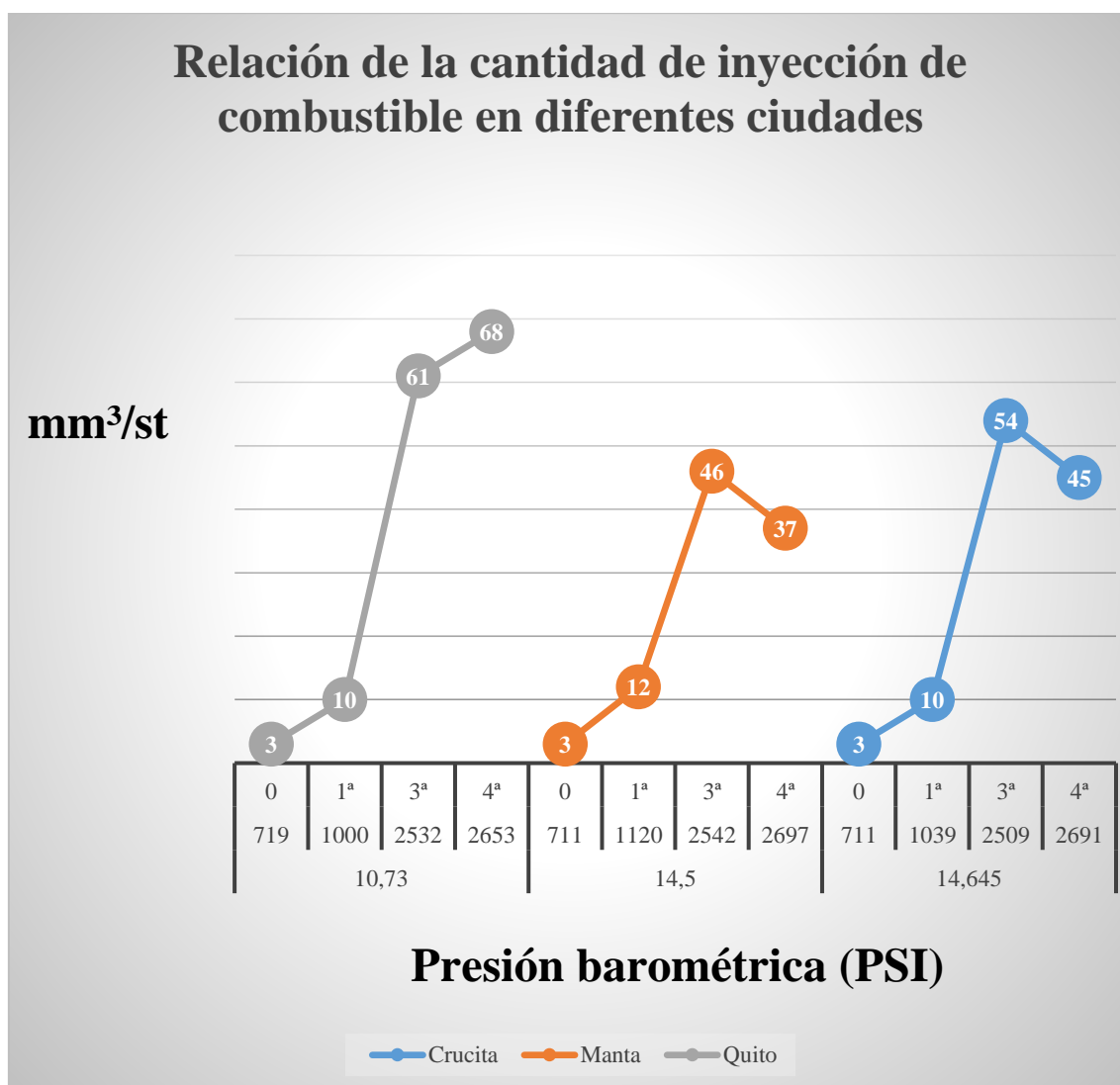
08:47:26.813	1259	0	0	30,64	30	29	23,2	0	-1	0	56 5ª	100	33	101
08:47:27.276	1259	0	5	30,62	31	29	20,9	0	-1	0	56 5ª	100	33	100
08:47:27.755	1222	10	7	35,67	33	29	21,9	1	0	529	56 5ª	99	33	83
08:47:28.215	1264	0	0	30,71	31	29	21,7	0	0	0	56 5ª	100	33	100
08:47:28.663	1230	0	0	30,6	31	29	21,6	0	-1	0	56 5ª	100	33	101
08:47:29.100	1213	0	0	30,56	31	29	22	0	-1	0	55 5ª	100	33	101
08:47:29.548	1205	0	0	30,5	31	29	20,8	0	-1	0	54 5ª	99	33	101
08:47:30.029	1240	0	20	33,18	30	29	32,7	9	0	753	54 5ª	100	33	70
08:47:30.544	1223	33	21	53,35	52	29	23,8	23	1	915	55 5ª	100	33	38
08:47:31.050	1246	28	25	44,79	43	29	36,4	19	1	857	55 5ª	100	33	30
08:47:31.547	1270	45	43	61,93	61	29	32,4	47	5	1124	56 5ª	100	33	0
08:47:32.035	1301	50	3	40,03	55	29	27,4	0	0	352	57 5ª	100	33	93
08:47:32.529	1288	2	23	32,85	41	29	37,7	6	0	536	58 5ª	100	33	31
08:47:33.037	1320	43	26	58,37	58	29	29,1	29	2	957	58 5ª	100	33	32
08:47:33.529	1211	31	0	47	50	29	26,5	1	0	482	59 5ª	100	33	81
08:47:34.008	977	0	0	30,23	39	29	41,4	0	-4	218	59 5ª	100	33	101
08:47:34.504	1794	24	61	64,95	64	29	53,4	36	3	959	59 4ª	100	33	0
08:47:35.006	1846	58	31	80,7	79	29	46,6	29	3	799	61 4ª	100	33	51
08:47:35.514	1862	44	30	76,39	76	29	35,1	26	2	781	62 4ª	100	33	58
08:47:36.024	1875	11	12	51,42	52	29	37,3	1	0	403	62 4ª	100	33	92
08:47:36.523	1868	0	11	37,17	38	29	33,5	0	0	243	62 4ª	100	33	100
08:47:36.997	1858	1	9	37,85	39	29	34,3	0	0	0	62 4ª	100	33	101
08:47:37.465	1849	0	8	36,65	37	29	32,9	0	0	0	62 4ª	100	33	101
08:47:37.956	1852	1	22	46,54	43	29	25,1	7	0	569	62 4ª	100	33	80
08:47:38.445	1857	12	9	43,1	46	29	32,3	0	0	283	62 4ª	100	33	95
08:47:38.897	1843	0	0	36,73	39	29	33,6	0	0	0	62 4ª	100	33	98
08:47:39.349	1841	0	0	36,43	36	29	32,2	0	0	0	61 4ª	100	33	101
08:47:39.800	1839	0	0	36,29	36	29	33,3	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:40.245	1831	0	0	36,2	36	29	32,9	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:40.686	1833	0	0	36,18	36	29	32,6	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:41.132	1829	0	0	36,1	36	29	33,3	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:41.585	1821	0	0	36,01	36	29	33	0	0	0	61 4ª	100	33	101
08:47:42.032	1813	0	5	35,9	36	29	32	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:42.490	1801	0	5	35,75	36	29	31,6	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:42.982	1825	2	19	40,95	38	29	32,5	4	0	482	60 4ª	100	33	83
08:47:43.497	1806	22	14	57,15	58	29	24,5	5	0	519	60 4ª	100	33	78
08:47:44.007	1822	11	21	51,45	50	29	38,8	8	1	577	60 4ª	100	33	52
08:47:44.516	1834	28	21	64,64	65	29	37,4	15	1	661	61 4ª	100	33	51
08:47:45.018	1848	26	28	64,6	64	29	37,7	18	2	696	61 4ª	100	33	46
08:47:45.496	1854	5	3	41,6	50	29	34,1	0	0	0	62 4ª	100	33	84
08:47:45.955	1832	0	0	36,43	42	29	34,9	0	0	0	61 4ª	100	33	91
08:47:46.402	1828	0	0	36,17	36	29	32,8	0	0	0	61 4ª	100	33	97
08:47:46.848	1822	0	0	36,04	36	29	32,4	0	0	0	61 4ª	100	33	100
08:47:47.297	1812	0	0	35,84	36	29	32,3	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:47.742	1813	0	0	35,68	36	29	32,3	0	0	0	60 4ª	100	33	101
08:47:48.198	1810	0	0	35,7	36	29	31,9	0	0	0	60 4ª	100	33	101
08:47:48.658	1810	0	0	35,7	36	29	32,2	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:49.105	1810	0	0	35,7	36	29	32,6	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:49.553	1816	0	0	35,64	36	29	32,8	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:49.998	1809	0	0	35,64	36	29	32,8	0	0	0	60 4ª	100	33	101
08:47:50.443	1807	0	0	35,67	36	29	32,7	0	0	0	60 4ª	100	33	101
08:47:50.895	1799	0	0	35,62	36	29	32,3	0	0	0	60 4ª	100	33	100
08:47:51.348	1772	0	0	35,21	36	29	31,6	0	0	0	59 4ª	100	33	101
08:47:51.798	1741	0	0	34,65	35	29	31,2	0	0	0	58 4ª	100	33	101
08:47:52.237	1723	0	0	34,35	34	29	31,5	0	0	0	58 4ª	100	33	100
08:47:52.685	1701	0	0	33,96	34	29	30,6	0	0	0	57 4ª	100	33	100
08:47:53.132	1689	0	0	33,75	33	29	31,1	0	0	0	56 4ª	100	33	101
08:47:53.582	1680	0	0	33,45	34	29	30,9	0	0	0	56 4ª	100	33	101
08:47:54.018	1657	0	0	33,2	34	29	30,8	0	0	0	55 4ª	100	33	100
08:47:54.461	1614	0	0	32,75	33	29	29,4	0	0	0	55 4ª	100	33	100
08:47:54.910	1559	0	0	32,04	32	29	28,1	0	0	0	53 4ª	100	33	101
08:47:55.356	1490	0	0	31,68	31	29	27,2	0	0	0	51 4ª	100	33	101
08:47:55.799	1425	0	0	31,29	31	29	26,1	0	0	0	49 4ª	100	33	101
08:47:56.244	1339	0	0	30,95	31	29	24,8	0	0	0	46 4ª	100	33	100
08:47:56.689	1244	0	0	30,73	31	29	23,6	0	0	0	44 4ª	100	33	100
08:47:57.141	1138	0	0	30,5	31	29	21,6	0	-1	0	40 4ª	100	33	100
08:47:57.597	1047	0	0	30,21	30	29	19,4	0	-3	0	37 4ª	100	33	101
08:47:58.054	959	0	0	30,01	29	29	18,4	0	-4	0	34 4ª	100	33	100
08:47:58.509	888	0	0	30	30	29	17,4	0	-5	0	31 4ª	100	33	100
08:47:58.985	691	0	0	30	30	29	10,2	0	-5	0	29 5ª	100	33	100
08:47:59.472	699	11	0	30	29	29	10,3	4	-5	642	27 5ª	100	33	83
08:47:59.967	711	11	0	30	29	29	9,9	3	-5	597	25 No detectad	100	33	73
08:48:00.470	687	9	0	30	30	29	11	3	-5	537	23 No detectad	100	33	62
08:48:00.968	707	11	0	30	29	29	11,1	3	-5	628	19 No detectad	100	33	51
08:48:01.459	709	10	0	30	30	29	11,3	2	-5	566	15 No detectad	100	33	47
08:48:01.957	686	9	0	30	31	29	12,2	3	-5	572	11 No detectad	100	33	43
08:48:02.452	706	10	0	30	30	29	11,5	3	-5	613	8 No detectad	100	33	45
08:48:02.949	707	9	0	30	29	29	12	2	-5	587	6 No detectad	100	33	45
08:48:03.447	694	9	0	30	31	29	11,7	4	-5	608	1 No detectad	100	33	42
08:45:43.036	3008	56	46	117,82	118	31	133,3	40	8	780	100 4ª	100	33	3
08:48:04.439	702	9	0	30	30	29	12,1	3	-5	547	0 No detectad	100	33	45
08:48:04.936	697	10	0	30	29	29	11,5	3	-5	595	0 No detectad	100	33	41
08:48:05.431	704	10	0	30	31	29	12,6	3	-5	585	0 No detectad	100	33	43
08:48:05.925	698	8	0	30	30	29	11,7	2	-5	552	0 No detectad	100	33	45
08:48:06.417	697	9	0	30	29	29	12,3	3	-5	592	0 No detectad	100	33	43
08:48:06.913	705	11	0	30	30	29	11,6	3	-5	624	0 No detectad	100	33	41
08:45:34.962	3550	100	91	131,5	132	31	163,9	67	17	1073	81 3ª	100	33	0

09:06:35.316	2202	15	32	64,76	63	29	67,6	20	2	634	99 ^{5ª}	101	33	57
09:06:35.813	2225	69	51	94,06	95	29	77,3	47	5	885	100 ^{5ª}	101	33	2
09:06:36.300	2228	27	14	79,79	80	29	65,7	2	0	437	100 ^{5ª}	101	33	91
09:06:36.758	2186	0	10	44,9	57	29	62,1	0	0	0	99 ^{5ª}	101	33	0
09:06:37.230	2233	0	13	44,03	48	29	54	1	0	275	98 ^{5ª}	101	33	0
09:06:37.732	2180	35	45	87,59	87	29	68	38	4	819	97 ^{5ª}	101	33	20
09:06:38.244	2166	54	23	83,75	84	29	53,8	15	1	615	98 ^{5ª}	101	33	55
09:06:38.759	2142	22	17	65,79	67	29	46,2	6	0	496	97 ^{5ª}	101	33	80
09:06:39.258	2156	15	36	70,7	70	29	75,6	23	2	691	97 ^{5ª}	101	33	36
09:06:39.765	2174	69	56	92,93	94	29	81,8	53	6	1019	97 ^{5ª}	101	33	0
09:06:40.277	2176	78	35	93,31	92	29	62,5	30	3	788	98 ^{5ª}	101	33	57
09:06:40.762	2148	23	12	64,37	67	29	62,7	0	0	369	97 ^{5ª}	101	33	68
09:06:41.206	2149	0	8	43,46	52	29	60,3	0	0	0	96 ^{5ª}	101	33	0
09:06:41.648	2109	0	1	43,14	44	29	58,8	0	0	0	96 ^{5ª}	101	33	0
09:06:42.086	2096	0	0	42,46	43	29	57,8	0	0	0	94 ^{5ª}	101	33	0
09:06:42.526	2072	0	0	41,85	42	29	56,9	0	0	0	94 ^{5ª}	101	33	0
09:06:42.968	2059	0	0	41,39	41	29	56,7	0	0	0	93 ^{5ª}	101	33	0
09:06:43.412	2040	0	0	40,95	41	29	56,1	0	0	0	92 ^{5ª}	101	33	0
09:06:43.856	2018	0	0	40,51	40	29	56,3	0	0	0	91 ^{5ª}	101	33	0
09:06:44.303	1999	0	0	40,14	40	29	55,7	0	0	0	90 ^{5ª}	101	33	0
09:06:44.752	1930	0	0	39,31	40	29	53,9	0	0	0	89 ^{5ª}	101	33	0
09:06:45.196	1846	0	0	37,9	38	29	52,1	0	0	0	85 ^{5ª}	101	33	0
09:06:45.639	1769	0	0	35,95	36	29	49,3	0	0	0	82 ^{5ª}	101	33	0
09:06:46.084	1688	0	0	34,29	34	29	47,3	0	0	0	78 ^{5ª}	101	33	0
09:06:46.526	1589	0	0	32,89	33	29	35,3	0	0	0	74 ^{5ª}	101	33	0
09:05:20.565	3516	44	43	117,57	118	31	127,4	29	10	653	28 ^{1ª}	101	33	0
09:06:47.429	1419	0	0	31,39	32	29	26,8	0	0	0	66 ^{5ª}	101	33	101
09:06:47.887	1353	0	0	30,93	31	29	24,9	0	0	0	62 ^{5ª}	101	33	100
09:06:48.341	1308	0	0	30,79	31	29	24,4	0	0	0	60 ^{5ª}	101	33	100
09:06:48.788	1231	0	0	30,67	30	29	23,6	0	-1	0	57 ^{5ª}	101	33	100
09:06:49.237	1165	0	0	30,5	31	29	21,7	0	-1	0	54 ^{5ª}	101	33	101
09:06:49.691	1105	0	0	30,34	31	29	21,3	0	-2	0	51 ^{5ª}	101	33	101
09:06:50.149	1036	0	0	30,17	30	29	19,5	0	-3	0	48 ^{5ª}	101	33	100
09:06:50.600	986	0	0	30,01	31	29	18,8	0	-4	0	46 ^{5ª}	101	33	100
09:06:51.045	928	0	0	30	29	30	18,3	0	-5	0	43 ^{5ª}	101	33	100
09:06:51.489	867	0	0	30	29	30	16,7	0	-5	0	41 ^{5ª}	101	33	100
09:06:51.945	800	0	0	30	31	30	15,1	0	-5	0	38 ^{5ª}	101	33	101
09:06:52.420	746	0	0	30	28	30	14,3	0	-5	372	35 ^{5ª}	101	33	100
09:06:52.907	691	2	0	30	29	30	9,6	1	-5	448	32 ^{5ª}	101	33	100
09:06:53.396	659	7	0	30	31	30	10,1	4	-5	593	30 ^{5ª}	101	33	83
09:06:53.888	713	13	0	30	28	30	9,9	4	-5	652	27 ^{No detectad}	101	33	71
09:06:54.377	709	9	0	30	30	30	10,7	2	-5	536	25 ^{4ª}	101	33	64
09:06:54.862	695	9	0	30	31	30	11,2	3	-5	597	24 ^{4ª}	101	33	50
09:06:55.346	723	9	0	30	30	30	12	2	-5	562	22 ^{4ª}	101	33	47
09:06:55.816	789	2	0	30	30	30	15,6	0	-5	0	20 ^{4ª}	101	33	60
09:06:56.270	1079	0	0	30	31	30	19,1	0	-5	0	18 ^{3ª}	101	33	68
09:06:56.740	888	0	0	30,84	32	30	16,1	1	-4	455	15 ^{2ª}	101	33	75
09:06:57.216	764	1	0	30	29	30	14,3	0	-5	0	13 ^{2ª}	101	33	78
09:06:57.697	698	1	0	30	29	30	9,4	1	-5	551	11 ^{2ª}	101	33	80
09:06:58.183	683	6	0	30	31	30	10,3	1	-5	499	10 ^{2ª}	101	33	65
09:06:58.676	647	10	0	30	29	30	11,4	4	-5	648	9 ^{2ª}	101	33	52
09:06:59.166	644	20	0	30	29	30	11	10	-5	874	9 ^{2ª}	101	33	44
09:06:59.657	650	29	0	30,2	30	30	12,3	16	-5	1004	9 ^{2ª}	101	33	41
09:07:00.141	761	35	8	30,6	30	30	17,9	20	-5	1180	9 ^{2ª}	101	33	31
09:07:00.641	851	36	8	32,93	33	30	19,6	17	-5	999	10 ^{2ª}	101	33	47
09:07:01.149	966	34	18	35,67	34	30	19,1	21	-4	1061	12 ^{2ª}	101	33	36
09:07:01.656	1068	31	14	38,95	40	30	21,2	17	-3	911	13 ^{2ª}	101	33	62
09:07:02.155	1192	36	24	44,03	44	30	30,1	24	0	951	15 ^{2ª}	101	33	38
09:07:02.663	1347	48	25	54,32	54	30	30,5	30	2	971	17 ^{2ª}	101	33	38
09:07:03.166	1473	44	24	58,32	59	30	31,6	24	2	847	19 ^{2ª}	101	33	53
09:07:03.669	1573	40	20	56,46	57	30	31,1	17	2	730	21 ^{2ª}	101	33	68
09:07:04.174	1644	29	20	56,03	56	30	29,4	15	1	712	23 ^{2ª}	101	33	74
09:07:04.675	1609	26	13	53,12	54	30	30,8	5	0	569	24 ^{2ª}	101	33	86
09:07:05.156	1588	4	0	33,42	39	30	29,3	0	0	0	23 ^{2ª}	101	33	100
09:07:05.606	1529	0	0	31,82	32	30	28,3	0	0	0	23 ^{2ª}	101	33	101
09:07:06.053	1385	0	0	31,35	30	30	24,4	0	0	0	21 ^{2ª}	101	33	101
09:07:06.501	1054	0	0	30,65	30	30	20,4	0	-1	0	20 ^{2ª}	101	33	101
09:07:06.966	767	0	0	30	30	30	11,8	0	-5	0	17 ^{No detectad}	101	33	100
09:07:07.460	706	7	0	30	28	30	10,1	1	-5	558	14 ^{No detectad}	101	33	90
09:07:07.970	687	9	0	30	29	30	10,3	4	-5	630	11 ^{No detectad}	101	33	72
09:07:08.470	713	11	0	30	30	30	10,6	3	-5	628	8 ^{No detectad}	101	33	65
09:07:08.963	697	8	0	30	30	30	10,7	2	-5	584	6 ^{No detectad}	101	33	56
09:07:09.463	698	9	0	30	30	30	11,6	3	-5	628	0 ^{No detectad}	101	33	47
09:07:09.956	709	10	0	30	31	30	11,4	4	-5	612	2 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:10.439	702	7	0	30	30	30	11,4	3	-5	568	0 ^{No detectad}	101	33	47
09:07:10.920	703	9	0	30	29	30	11,8	2	-5	545	0 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:11.413	699	9	0	30	30	30	11,7	3	-5	589	0 ^{No detectad}	101	33	41
09:07:11.905	703	9	0	30	31	30	12,2	2	-5	563	0 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:12.388	699	8	0	30	30	30	11,4	2	-5	575	0 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:12.882	703	9	0	30	29	30	11,8	3	-5	623	0 ^{No detectad}	101	33	40
09:07:13.383	711	9	0	30	30	30	11,8	3	-5	586	0 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:13.883	689	7	0	30	31	30	12,3	3	-5	546	0 ^{No detectad}	101	33	44
09:07:14.377	698	10	0	30	29	30	11,6	3	-5	598	0 ^{No detectad}	101	33	42
09:07:14.874	714	10	0	30	30	30	11,4	3	-5	583	0 ^{No detectad}	101	33	43
09:07:15.368	692	8	0	30	31	30	12,3	3	-5	548	0 ^{No detectad}	101	33	44

11.4.4 ANÁLISIS DE DATOS

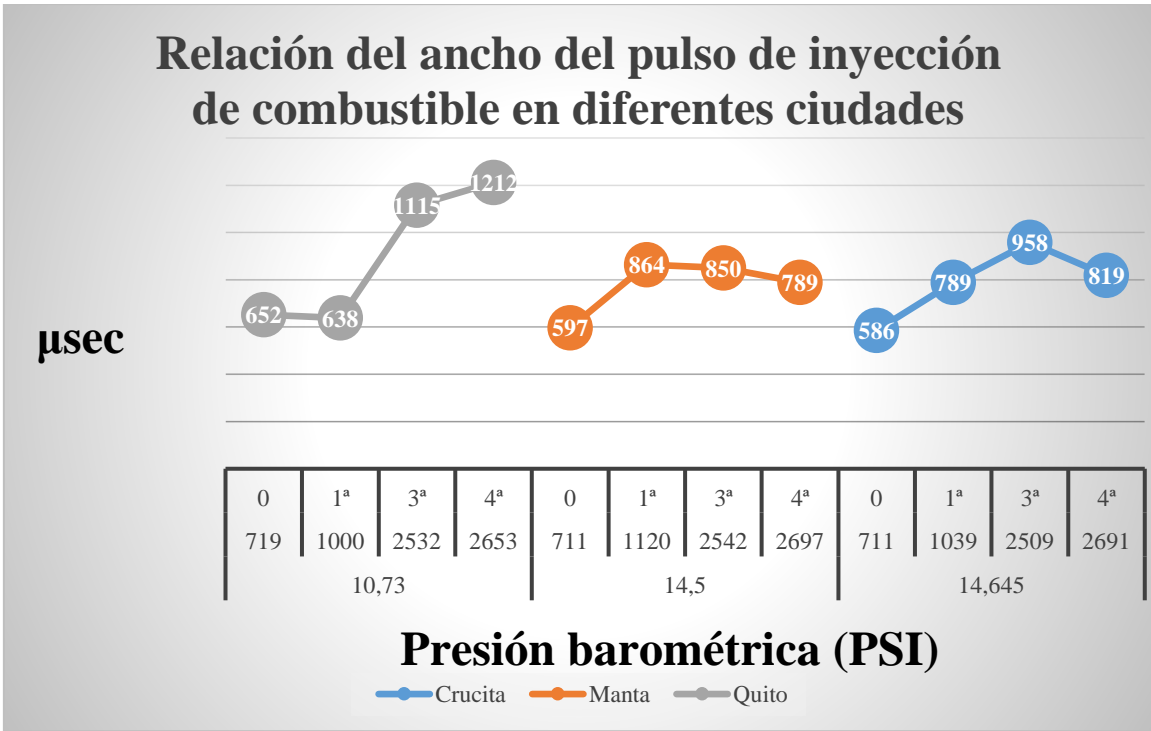
Una vez realizadas las pruebas en las tres ciudades antes mencionadas (Quito, Manta y Crucita), se elaboran las evaluaciones de los resultados obtenidos, con el fin de determinar los componentes que intervienen en el sistema de inyección de combustible, para evitar la pérdida de potencia que se genera por el cambio de altura geográfica.

Para el análisis de estos datos se procede a tomar en cuenta tres características que deben ser en lo posible constantes en las tres ciudades, como lo muestra la Gráfica 3, para poder realizar un análisis adecuado; siendo estas: régimen del motor (R.P.M.), presión barométrica (PSI), marcha de la caja de cambios. A estas características se las comparó con la cantidad de combustible inyectado (mm^3/st), medido en caudal volumétrico (mm^3) en condiciones estándar (st). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



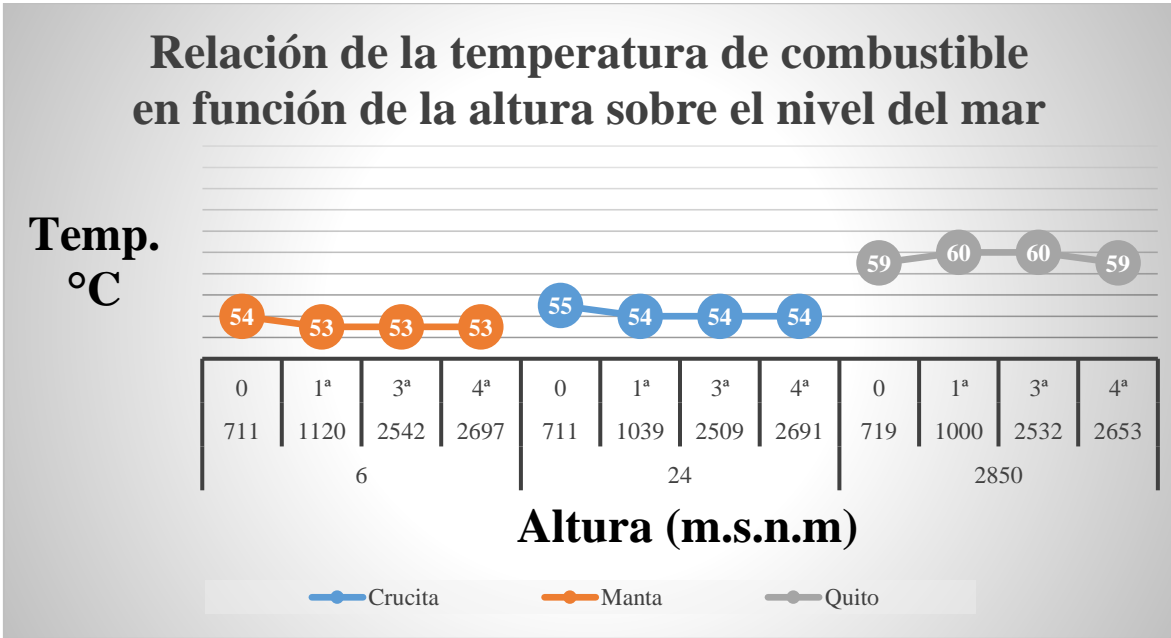
Gráfica 9 Relación de la cantidad de inyección de combustible en diferentes ciudades
Fuente: Autores

Otra comparación válida es contraponer las mismas características ya mencionadas, con relación al ancho del pulso del inyector (μsec), las cuales se muestran en la Gráfica 4, ya que el desempeño del vehículo depende de la cantidad de combustible que se inyecta a cada uno de los cilindros:



Gráfica 10 Relación del ancho del pulso de inyección de combustible en diferentes ciudades
Fuente: Autores

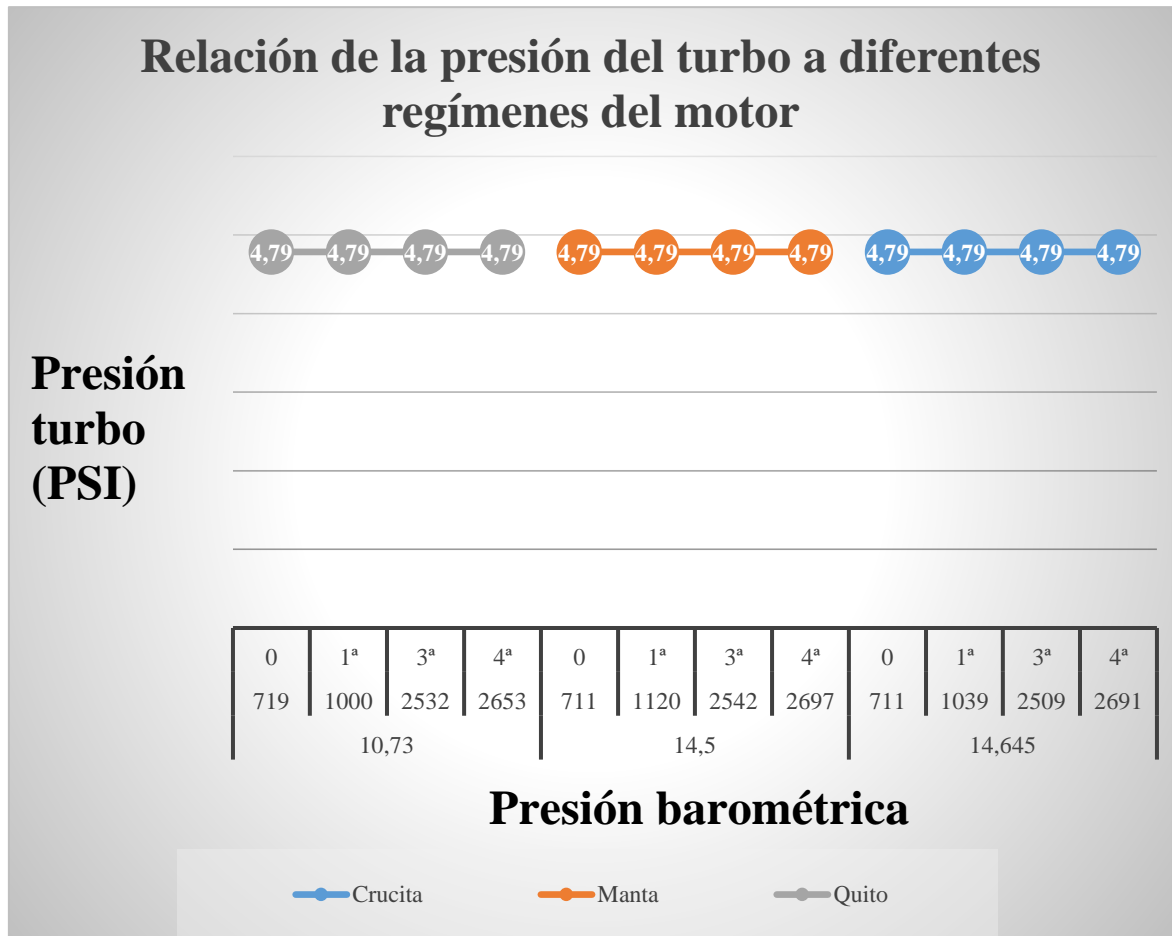
Un dato muy interesante encontrado en el análisis, es la temperatura de trabajo del combustible, como se puede observar en la Gráfica 5, en la ciudad de Quito la temperatura del combustible es aproximadamente 6 °C mayor al de las ciudades de Manta o Crucita, sin embargo, esta temperatura no afecta en la potencia, ni tampoco en el consumo de combustible.



Gráfica 11 Relación de la temperatura de combustible en función de la altura sobre el nivel del mar
Fuente: Autores

La presión de carga del turbocompresor (PSI) en el colector de admisión es controlada electrónicamente por la ECU por medio del sensor de sobrepresión, la misma que compensa la presión de carga actuando sobre la electroválvula de control de presión del turbo cuando la camioneta

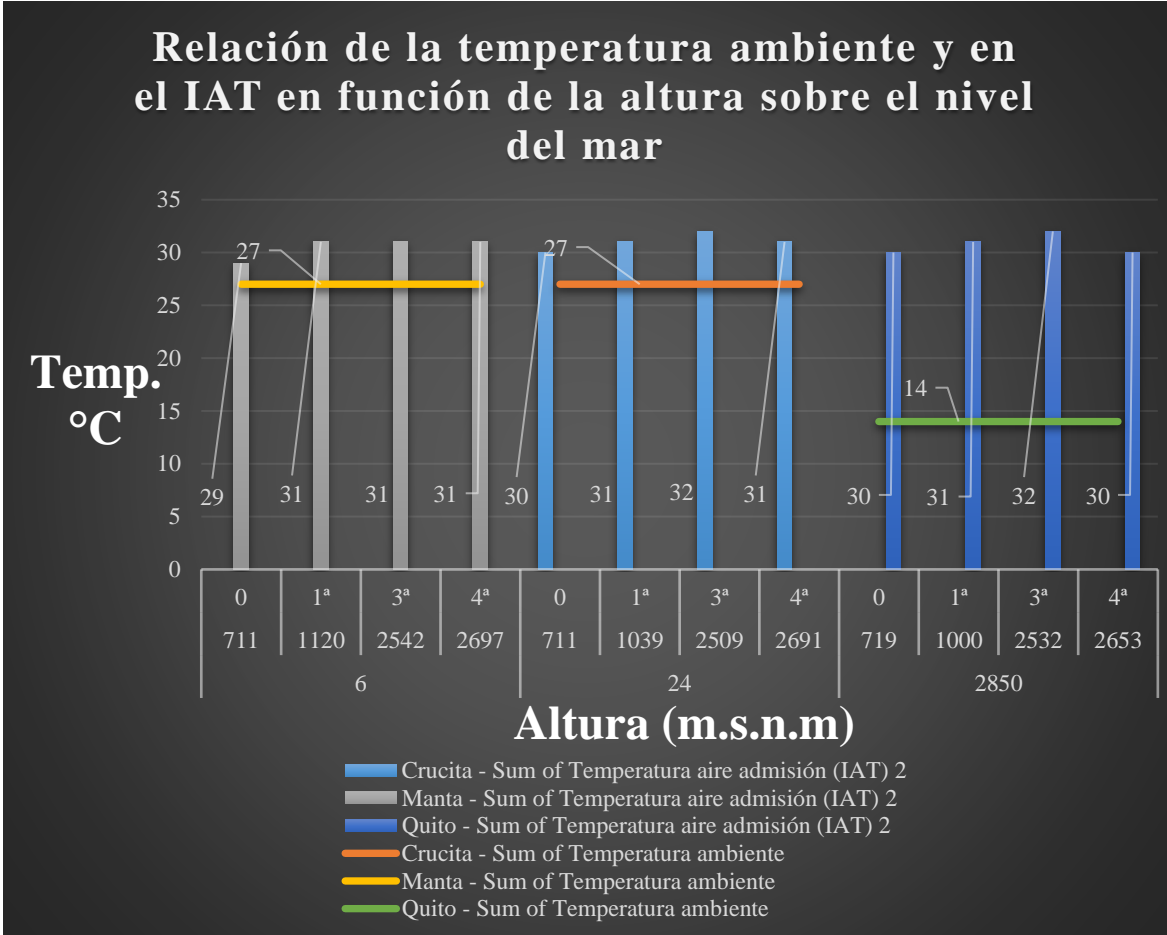
circula por altitudes elevadas o con diferentes temperaturas climáticas. De esta manera la potencia no disminuye, aunque varíe la presión atmosférica o la temperatura externa al vehículo, como se evidencia en la Gráfica 6.



Gráfica 12 Relación de la presión del turbo a diferentes regímenes del motor

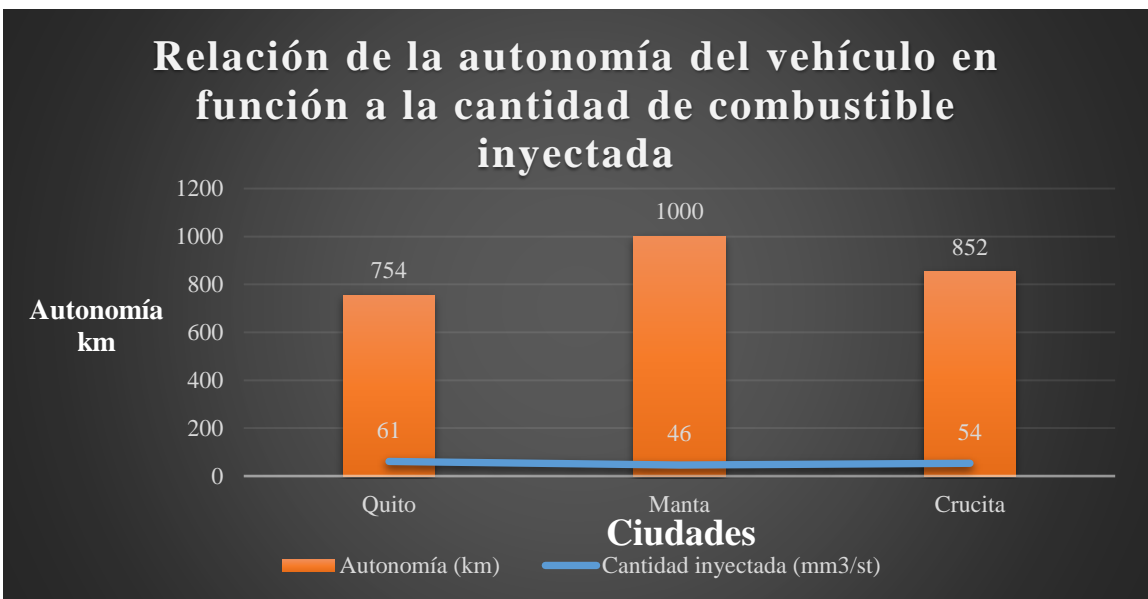
Fuente: Autores

El intercooler también realiza una función de suma importancia en el vehículo, ya que este se encarga de mantener al aire a una temperatura constante, sin importar la temperatura ambiente y la temperatura del aire que ingresa después del turbo al múltiple de admisión, de esta manera se puede ver que la temperatura del aire registrada en el sensor IAT (Intake Air Temperature) se mantiene constante sin variación, como se ve en la Gráfica 7.



Gráfica 13 Relación de la temperatura ambiente y en el IAT en función de la altura sobre el nivel del mar
Fuente: Autores

Con todos los datos obtenidos también se puede estimar el consumo de combustible que tendría la camioneta considerando las tres ciudades ya mencionadas, como se puede observar en la Gráfica 8, a mayor altura, mayor consumo de combustible.



Gráfica 14 Relación de la presión del turbo a diferentes regímenes del motor
Fuente: Autores

11.4.5 CONCLUSIONES

- Gracias al avance tecnológico en los sistemas de inyección, la pérdida de potencia de un motor moderno es realmente imperceptible y no se deben hacer cambios mecánicos en el sistema para poder alcanzar el máximo desempeño de un vehículo, ya que la gestión electrónica se encarga de realizar estas correcciones evitando dichas pérdidas que son compensadas por un consumo de combustible mayor en las ciudades de altura, y menor consumo en las ciudades al nivel del mar.
- Las compensaciones con consumo de combustible no afectan de ninguna manera a la emisión de gases contaminantes, ya que se busca alcanzar motores más eficientes que cumplan las regulaciones ambientales europeas, por tal razón cuentan con sistemas de recirculación de gases, para disminuir los efectos contaminantes de la combustión.
- La temperatura del combustible no interviene en la compensación de la potencia en diferentes alturas.
- La presión atmosférica existente en las diferentes ciudades del Ecuador donde se realizaron las pruebas influye sobre el rendimiento de los vehículos, no obstante, el control electrónico ayuda a estabilizar esas diferencias de altura sobre el nivel del mar, obteniendo una diferencia del 26% aproximadamente en consumo de combustible entre las ciudades de la región sierra y costa, dándole una autonomía propia a los sistemas electrónicos de inyección.
- El turbocompresor cumple la función de sobrealimentar al motor para que sea más eficiente, pero se comprueba que influye indirectamente sobre la cantidad de combustible inyectado, ya que la presión de aire que ingresa a los cilindros es constante a cualquier régimen y condición que el vehículo se encuentre, gracias a las diferentes válvulas reguladoras de presión.
- El intercooler cumple una función importantísima en este tipo de vehículos ya que se encarga de mantener al aire ingresado a la cámara de combustión a una temperatura constante, independientemente de la temperatura ambiente y de la temperatura de los gases del turbocompresor.
- Los motores que utilizan estos sistemas presentan autonomías de hasta 1000 km por tanqueada, pero la altura sobre el nivel del mar si interviene, mientras más elevada sea la ciudad en donde se encuentra este vehículo, menor será esta autonomía.
- Ha sido posible evidenciar la evolución de estos sistemas con una respuesta más precisa a los requerimientos que conllevan a una mejora en la combustión y por ende a las prestaciones del motor, tanto en potencia, consumo y ruido.