Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica

Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz

Autor:

Diego Andrés Gómez Ullauri

Director:

Hernán Arturo Viteri Cerda

Cuenca - Ecuador

2012

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a todas las personas que hicieron posible que cumpla con un objetivo más en mi vida personal. A mi madre y a mi hermana por su amor y apoyo incondicional en todo momento. A mi novia Anita, en quién encontré un respaldo absoluto y que me ha alentado para salir adelante; a mi hijo Andrés Alejandro, por su amor que es la razón para sobresalir en la vida. Para ellos este trabajo les dedico con mucho cariño.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, a la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz y a los docentes; de manera especial al Ing. Hernán Viteri, por el apoyo en el transcurso de mi formación académica, por haber aceptado dirigir este trabajo de graduación y haberme orientado en el desarrollo del mismo, de igual manera a los distinguidos miembros del Tribunal de graduación, Ing. Francisco Torres e Ing. Robert Rockwood.

ABSTRACT

"Feasibility study for the construction of a test bank for the Common Rail Bosch injector system"

Gómez Ullauri Diego Andrés
Graduation project
Ing. Hernán Viteri Cerda

The following project analyzed the difficulties for the maintenance and repair of the Common Rail injection system due to lack of knowledge and information about its operation. For these reasons, during the development of the project, technical information regarding the system and the different types of injectors that apply high pressure principle was presented. In addition, the design of the test bank and the location of the components were included as well as the wiring diagrams as an implementation guide. Once the costs for the creation of the bank were analyzed, it was possible to conclude that the project was reliable, feasible and executable.

Key Words: diesel injection, piezoelectric element, injector verification, high pressure, electronic control.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
DPTO. IDIOMAS

AUTHOR

Translated by,
Diana Lee Rodas

DIRECTOR

MEMBERS OF THE BOARD

RESUMEN

"Estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch"

El sistema de inyección Common Rail presenta dificultades para su mantenimiento y reparación debido a la falta de conocimiento e información sobre su funcionamiento, por lo cual el trabajo desarrollado facilitó información técnica sobre este sistema y los diferentes tipos de inyectores que aplican el principio de alta presión, además, se incluyó el diseño del banco de pruebas con la ubicación de sus componentes y los esquemas de conexionado como una guía para su implementación. Una vez que se analizó los costos para la construcción del banco se encontró que el proyecto es confiable, factible y ejecutable.

Palabras claves: inyección electrónica, elemento piezoeléctrico, banco diesel, riel común, comprobación inyectores..

AUTOR
Andrés Gómez

DIRECTOR
Ing. Hernán Viteri

JUNTA ACADÉMICA
Ing. Mauricio Barros.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria ii
Agradecimiento iii
Resumen iv
Abstract v
Indice de Contenidos vi
Indice de Figuras viii
Indice de Anexos x

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I: SISTEMA DE INYECCION COMMON RAIL

1.1 Introducción 2
1.2 Sistema de baja presión 4
1.2.1 Tanque de combustible 4
1.2.2 Filtro de combustible 4
1.2.3 Bomba de alimentación 5
1.3 Sistema de alta presión 6
1.3.1 Bomba de alta presión 6
1.3.2 Riel 8
1.3.3 Válvula reguladora de presión 9
1.4 Control del sistema de alimentación common rail 10
1.4.1 Sensores del sistema common rail 10
1.4.1.1 Sensor de posición de revoluciones 10
1.4.1.2 Sensor de posición del árbol de levas 11
1.4.1.3 Sensor de flujo de la masa de aire (MAF) 11
1.4.1.4 Sensor de temperatura 12
1.4.1.5 Sensor de posición del acelerador (APS) 13
1.4.1.6 Sensor de presión del riel (ICP) 14
1.4.2 Modulo de control del motor (ECM) 15
1.4.3 Actuadores del sistema common rail 16
1.4.3.1 Válvula reguladora de presión de combustible (IPR) 16
1.4.3.2 Válvula de recirculación de gases de escape (EGR) 18
1.4.3.3 Inyectores 21

CAPITULO II: INYECTORES CRDI BOSCH

2.1 Introducción 23
2.2 Tipos de inyectores CRDI Bosch 23
2.2.1 Inyectores electromagnéticos 24
2.2.2 Inyectores piezoeléctricos 26

CAPITULO III: DISEÑO DEL ESQUEMA DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1 Introducción 29
3.2 Esquema del banco de pruebas 29
3.3 Características del banco 30
3.3.1 Motor eléctrico 30
3.3.2 Bomba de alta presión 31
3.3.3 Tubo patrón de rociado 32
3.3.4 Tubos volumétricos 32
3.3.5 Manguera de alimentación del fluido de alta presión 33
3.3.6 Manguera de retorno 33
3.3.7 Cables eléctricos de conexión 34
3.4 Control electrónico del inyector electromagnético 34
3.5 Control electrónico del inyector piezoeléctrico 35

CAPITULO IV: ANALISIS DE COSTOS DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1 Costos directos 37
4.2 Costos indirectos 38
4.3 Costo total 38
4.4 Cronograma de trabajo para la realización del banco 38
4.5 Análisis de alternativas 39
4.5.1 Banco comprobador de inyectores VNP MT-3000 39
4.5.2 Banco comprobador de inyectores BOSCH EPS-200 40
4.5.3 Banco comprobador de inyectores CARBON ZAPP CTU-1100 41

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43
BIBLIOGRAFÍA 44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Componentes sistema common rail 3
Figura 1.2. Tanque de combustible 4
Figura 1.3. Filtro de combustible 5
Figura 1.4. Bomba common rail Bosch 5
Figura 1.5. Bomba de alimentación 6
Figura 1.6. Bomba alta presión 7
Figura 1.7. Funcionamiento bomba de alta presión. 8
Figura 1.8. Riel 9
Figura 1.9. Válvula reguladora de presión 9
Figura 1. 10. Señal del sensor de revoluciones 10
Figura 1.11. Señal del sensor de posición del árbol de levas 11
Figura 1.12. Señal del sensor de flujo de la masa de aire 12
Figura 1.13. Señal del sensor de temperatura 13
Figura 1.14. Señal del sensor de posición del acelerador 14
Figura 1.15. Señal del sensor de presión del riel 15
Figura 1.16. Módulo de control del motor 16
Figura 1.17. Válvula reguladora de presión de combustible 17
Figura 1.18. Principio de funcionamiento de la válvula reguladora de presión 18
Figura 1.19. Esquema del sistema EGR 19
Figura 1.20. Funcionamiento válvula de control de vacío 20
Figura 1.21. Control de la mariposa de regulación 20
Figura 1.22. Curva de presión de inyección 22
Figura 2.1 Esquema del inyector electromagnético 25
Figura 2.2. Comando del inyector electromagnético 25
Figura 2.3 Estructura elemento piezoeléctrico 26
Figura 2.4 Principio de funcionamiento elemento piezoeléctrico 27
Figura 2.5 Relación corriente, voltaje y desplazamiento de la aguja del inyector. 28
Figura 3.1 Esquema de funcionamiento del banco de pruebas 30
Figura 3.2. Motor eléctrico trifásico 31
Figura 3.2. Bomba Bosch CP3 31
Figura 3.4 Tubo de rociado 32
Figura 3.5 Volumen de liquido en los tubos 32
Figura 3.6 Manguera de fluido de alta presión 33
Figura 3.7 Manguera de retorno 33
Figura 3.8 Cable eléctrico 34

Figura 3.9 Circuito control electrónico del inyector electromagnético..... 35
Figura 3.10 Circuito control electrónico del inyector piezoeléctrico..... 36
Figura 4.1. Banco VNP MT-3000..... 39
Figura 4.2. Banco Bosch EPS-200..... 40
Figura 4.3. Banco Carbon Zapp CTU-1100..... 41

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proforma banco VNP MT-3000 46
Anexo 2. Proforma banco BOSCH EPS-200 47
Anexo 3. Proforma banco CARBON ZAPP CTU-1100 48
Anexo 4. Proforma GARNER ESPINOSA C.A 49
Anexo 5. Proforma MEGAHIERRO 50
Anexo 6. Proforma IMPARTES S.A. 51

Gómez Ullauri Diego Andrés
Trabajo de graduación
Ing. Hernán Viteri Cerda
Octubre del 2012

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES DEL SISTEMA COMMON RAIL BOSCH

INTRODUCCIÓN

El sistema de inyección Common Rail es la innovación automotriz en los vehículos diesel modernos, aunque su aplicación inicialmente fue en los automóviles de gasolina con ciertas variaciones técnicas. Esta tecnología día a día ha cambiado, siendo Bosch su principal desarrollador, es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también se utiliza un riel común para todos los inyectores, con la única diferencia que en los motores a diesel se trabaja a una presión elevada.

En los últimos años, la tecnología diesel dio un gran salto con el sistema CRDI, en este caso la bomba alimenta combustible a los inyectores a alta presión (200 a 2000 bares) a través de una rampa o riel. El control del tiempo y la cantidad de diesel a inyectar depende de un módulo electrónico que comanda a los inyectores.

El trabajo que a continuación se expone consiste en un estudio de factibilidad para la construcción de un banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch, el cual permite a los usuarios efectuar comprobaciones y mediciones del caudal de ralentí, de retorno y de plena carga para dichos inyectores. Además se incluye una recopilación de los diferentes bancos presentes en el mercado, sus características principales, ventajas y desventajas.

CAPITULO I
SISTEMA DE INYECCION COMMON RAIL

1.1 Introducción

El sistema Common Rail es un sistema de inyección de combustible para motores diesel de inyección directa, para su funcionamiento, la bomba de alta presión aspira el combustible directamente del depósito y lo envía a un conducto común para distribuir a los diferentes inyectores con una elevada presión.

Este sistema es controlado electrónicamente por un módulo (ECM) el cual permite regular la presión y la cantidad de combustible en los inyectores de acuerdo a la carga del motor. La eficiente atomización del combustible, y la alta presión a la que trabaja el sistema permiten que se aumente el par y la potencia en todo rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de gases contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Este sistema al no tener un control mecánico que regule cuándo se debe inyectar el combustible, se puede controlar el momento de la inyección, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite una preinyección antes de la inyección principal, con lo cual aumenta la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los motores diesel convencionales.

En la Figura 1.1 se observa de forma esquemática los componentes principales del sistema Common Rail.

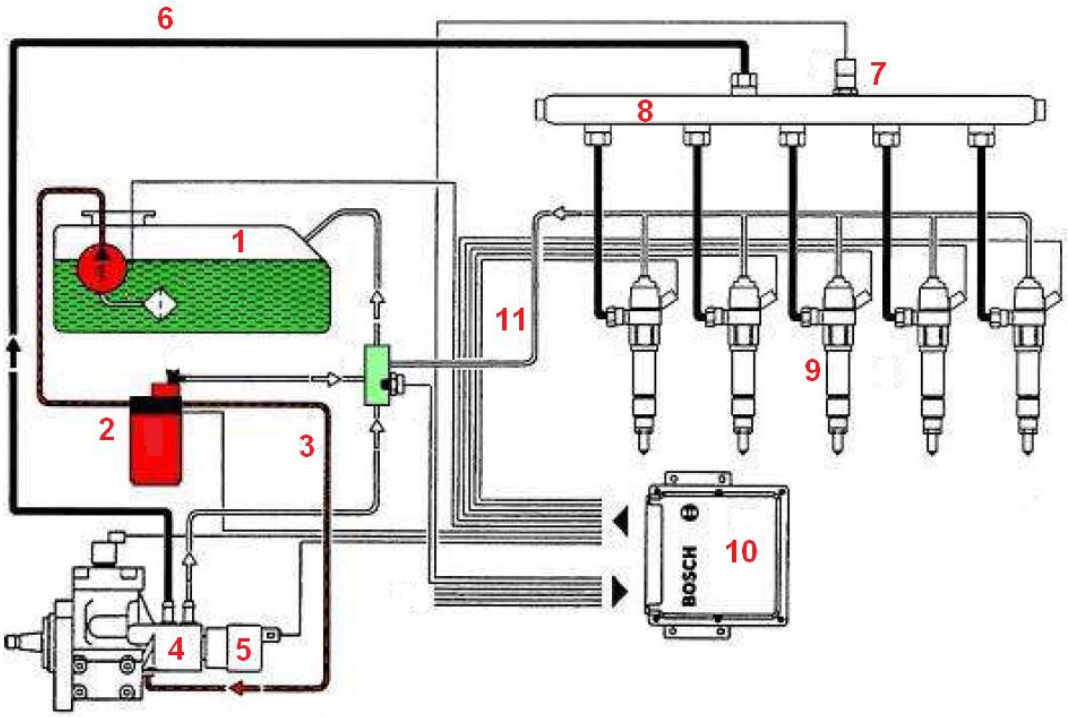


Figura 1.1. Componentes Sistema Common Rail

Fuente: ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL, Bosch, pp. 3

1. Tanque de combustible
2. Filtro de combustible
3. Cañerías de combustible de baja presión
4. Bomba de alta presión
5. Válvula reguladora de alta presión
6. Cañerías de combustible de alta presión
7. Sensor de presión del riel
8. Riel
9. Inyectores
10. ECM. Módulo de control del motor
11. Cañerías de retorno de combustible

A los componentes descritos anteriormente se los puede dividir en sistema de baja presión y sistema de alta presión cuyo detalle se describe a continuación.

1.2 Sistema de baja presión

1.2.1 Tanque de combustible

El tanque o depósito de combustible (Figura 1.2) está ubicado en la parte posterior del vehículo y lo más bajo posible para reducir el centro de gravedad. En su interior está provisto de placas para evitar se produzcan oleajes, y de un reóstato para mantener informado al conductor del nivel de combustible restante en el depósito. Posee tres cañerías: de ventilación, de retorno y de alimentación.

Figura 1.2. Tanque de Combustible
Fuente: SISTEMA COMMON RAIL, Cise Electronics, pp. 6

1.2.2 Filtro de Combustible

La principal función que tiene el filtro es la de proteger al sistema de inyección, separar y almacenar las impurezas del diesel para evitar cualquier contaminación, además actúa como sedimentador del agua que se encuentra naturalmente presente en el diesel.

Estos filtros están equipados con un precalentador de combustible (Figura 1.3) que se pone en funcionamiento cuando la temperatura ambiente es baja, con esto se evita la formación de cristales parafínicos.

Un bimetal acciona el precalentador de combustible, que funciona de forma independiente al ECM; dependiendo de la temperatura ambiente, el bimetal cierra el circuito y el elemento calefactor del precalentador de combustible se activa.

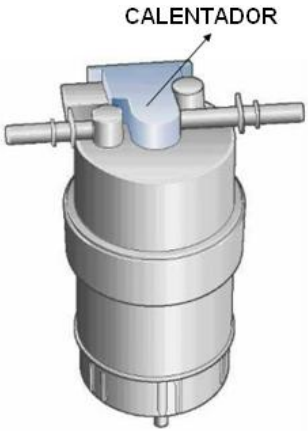


Figura 1.3. Filtro de Combustible

Fuente: ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL, Bosch, pp. 6

1.2.3 Bomba de alimentación

La bomba de alimentación o también llamada de transferencia (Figura 1.4), se encuentra montada en la misma bomba de alta presión y es la encargada de aspirar el combustible desde el depósito a través del filtro y enviarlo a la cámara de alta presión con un rango de aproximadamente 9 bares. Esta presión aumenta en función del régimen del motor ya que la bomba de transferencia es arrastrada por el eje de la bomba principal.

Los sistemas Bosch cuentan con una bomba de tipo engranajes, por lo cual su funcionamiento es puramente mecánico.

Figura 1.4. Bomba Common Rail Bosch

Fuente: http://almadeherrero.blogspot.com/2012/02/en-el-interior-de-un-motor-diesel.html.

Acceso 13 de Marzo del 2012

Funcionamiento

Cuando giran los engranajes (Figura 1.5), el combustible es succionado entre los dientes y conducido para el lado de generación de presión, donde ingresa a la bomba de alta presión. La construcción del perfil de los dientes de los engranajes evita el retorno del combustible.

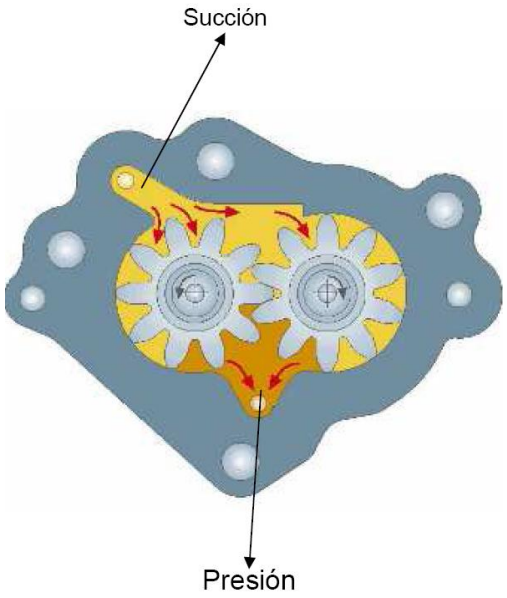


Figura 1.5. Bomba de alimentación
Fuente: ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL, Bosch, pp. 8

1.3 Sistema de alta presión

La presión del sistema varía entre 200 bares en ralentí hasta un máximo de 2000 bares a plena carga, debido a esto el sistema de alta presión es considerado la parte medular del sistema Common Rail y está compuesta por los siguientes elementos.

1.3.1 Bomba de alta presión

La bomba de alta presión constituye el punto de intersección entre los sistemas de baja y alta presión. En su interior, las cámaras de alta presión cuentan con tres elementos de bombeo (conjuntos de émbolo y cilindro) accionados por el movimiento giratorio del eje impulsor de la bomba y desalineados 120º entre ellos.

En el conducto de alta presión (Figura 1.6), se encuentra la válvula reguladora de presión del combustible (IPR), esta válvula electromagnética normalmente abierta y controlada por la ECM mediante señales moduladas por ancho de pulso (PWM), regula la presión del combustible que finalmente entra a la rampa o riel a través de la salida de alta presión, y conduce el combustible sobrante al retorno, es decir, al depósito.

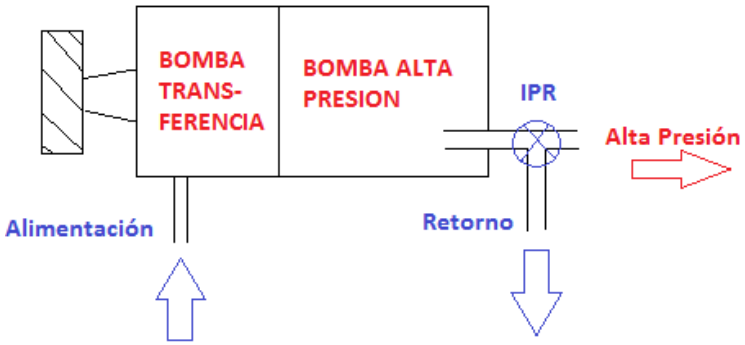


Figura 1.6. Bomba alta presión

Funcionamiento

Según la Figura 1.7, el combustible ingresa por el conducto sombreado en azul proveniente de la bomba de transferencia y se ubica en el conducto de baja presión, una vez que el eje de la bomba esta en movimiento el eje impulsor 5 el cual esta agarrado a la leva excéntrica 6 permite que en cada una de las cámaras se genere un efecto de compresión de combustible, para esto hay que vencer la tensión del resorte 3 es así como cuando el émbolo de bombeo 8 cumple su carrera descendente succiona al interior de la cámara 7 el combustible de baja presión permitiendo la apertura de la válvula de entrada 9, una vez que la excéntrica vuelve a permitir el ascenso del émbolo se comprime el combustible hasta el nivel de vencer la válvula de salida 2 y llevando el combustible presurizado hacia la rampa de inyección.

Es así que gracias a la alta presión permanente del sistema se optimiza la calidad de la inyección para todos los regímenes.

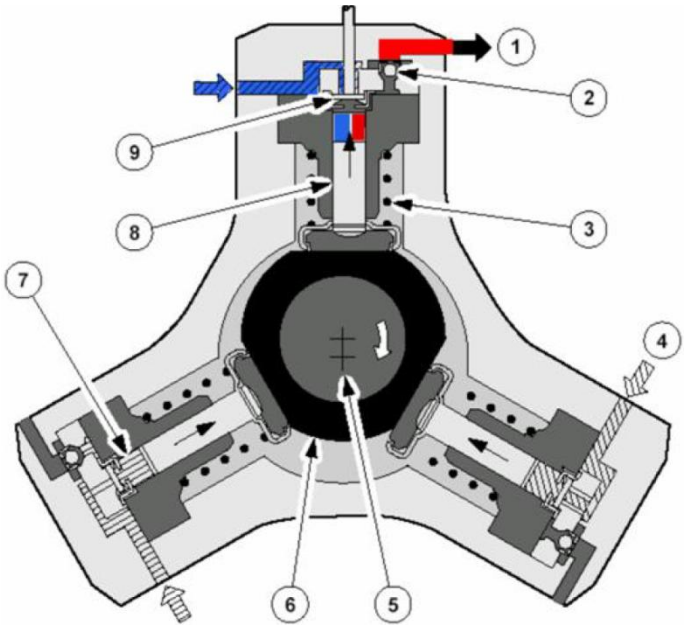


Figura 1.7. Funcionamiento bomba de alta presión.
Fuente: SISTEMA COMMON RAIL, Cise Electronics, pp. 16

1.3.2 Riel

El riel o también conocido como tubo acumulador de presión es construido de acero forjado y realiza dos funciones fundamentales:

- Acumular el combustible a alta presión.
- Reducir las oscilaciones de presión.

En el sistema de alta presión se originan oscilaciones de presión debido a los movimientos de los émbolos dentro de la cámara de alta presión y a la apertura y el cierre de los inyectores.

Por esa razón, el tubo acumulador se ha diseñado de modo que, por una parte, disponga de un volumen suficiente a fin de reducir a un mínimo las oscilaciones de presión, y por otra parte, este volumen debe ser lo suficientemente pequeño como para poder generar en el menor tiempo posible la presión de combustible necesaria para un arranque rápido.

El combustible impulsado por la bomba de alta presión llega al riel (Figura 1.8) a través de una tubería de alta presión y luego es enviado a los diferentes inyectores a través de las tuberías de inyección, las cuales deben tener la misma longitud.

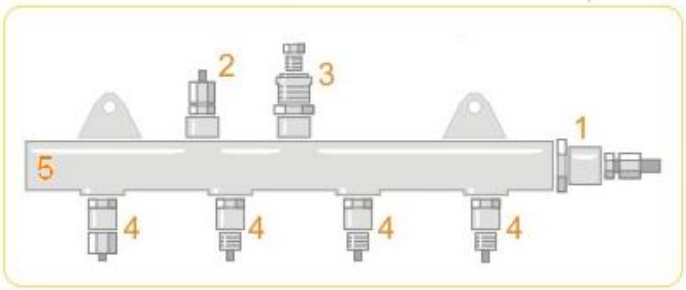


Figura 1.8. Riel

Fuente: http://forum.wordreference.com/showthread.php?t=2147841.

Acceso 13 de Marzo del 2012

1. Válvula limitadora de presión
2. Entrada de alta presión
3. Sensor de presión de combustible
4. Salida hacia los inyectores
5. Cuerpo del Riel

1.3.3 Válvula reguladora de presión

La válvula reguladora de presión es un componente que tiene un funcionamiento mecánico y se encuentra montada directamente en el tubo acumulador de presión.

Cuando la presión de combustible excede un valor máximo establecido, la válvula reguladora de presión se abre y el combustible retorna del riel de combustible al depósito, con lo cual la presión baja.

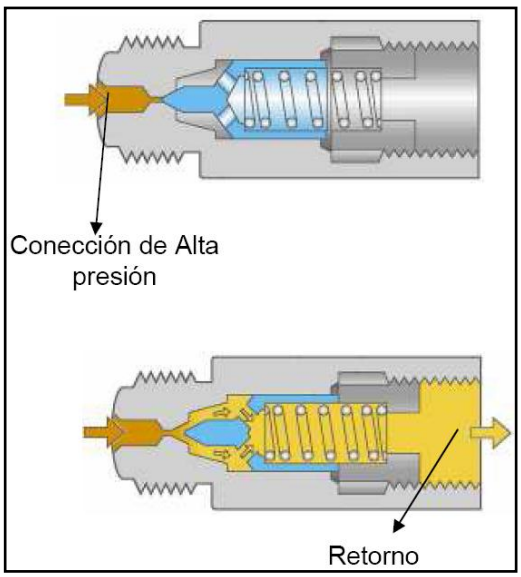


Figura 1.9. Válvula reguladora de presión

Fuente: ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL, Bosch, pp. 19

1.4 Control del sistema de alimentación Common Rail

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

1. Los sensores y transmisores de datos, transforman diversas magnitudes físicas en señales eléctricas.
2. La unidad de control procesa las señales eléctricas de entrada conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de cálculo) y envía distintas señales eléctricas de salida.
3. Los actuadores transforman las señales eléctricas de salida de la unidad de control ECM, en magnitudes mecánicas.

1.4.1 Sensores del Sistema Common Rail

1.4.1.1 Sensor de posición de revoluciones (CKP)

La posición de los pistones en los cilindros es decisiva para el momento correcto de inyección. El sensor de revoluciones informa el número de vueltas del cigüeñal por minuto a la ECM, para que la misma evalúe y haga las correcciones necesarias para el funcionamiento armónico del motor.

El sensor de revoluciones del cigüeñal consta de un imán permanente y un núcleo de hierro dulce con bobina de cobre, trabaja con la secuencia de los dientes del volante motor. Como estos dientes y el espacio libre entre ellos pasan alternadamente por el sensor, el flujo magnético cambia, e induce a una tensión alterna (Figura 1.10). La amplitud de la tensión alterna crece intensamente con el aumento de las rotaciones del cigüeñal.

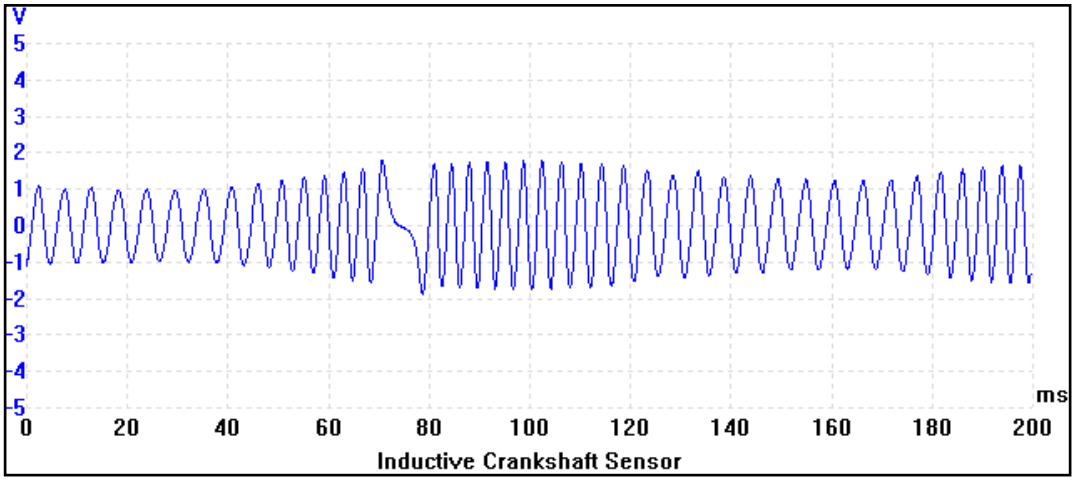


Figura 1. 10. Señal del sensor de revoluciones

Fuente: http:/picoauto.com/waveforms/Sensors/Crankshaft/wave101.html

Acceso 16 de Marzo del 2012

1.4.1.2 Sensor de posición del árbol de levas (CMP)

El sensor de posición del árbol de levas se encuentra por lo general en la parte posterior del motor a la altura del cabezote y sirve como referencia para que la ECM, localice el 1º cilindro que será inyectado para la combustión. Este sensor trabaja según el principio Hall, mediante la rotación de la corona dentada se modifica la tensión del circuito, esta tensión cambiante es transmitida a la ECM (Figura 1.11), donde se evalúa para determinar los datos necesarios, por ejemplo, para distinguir la posición en la que se encuentra el cilindro 1 del cilindro 4, comparando la señal de este sensor y el de revoluciones del cigüeñal, sincronizando así mejor la inyección.

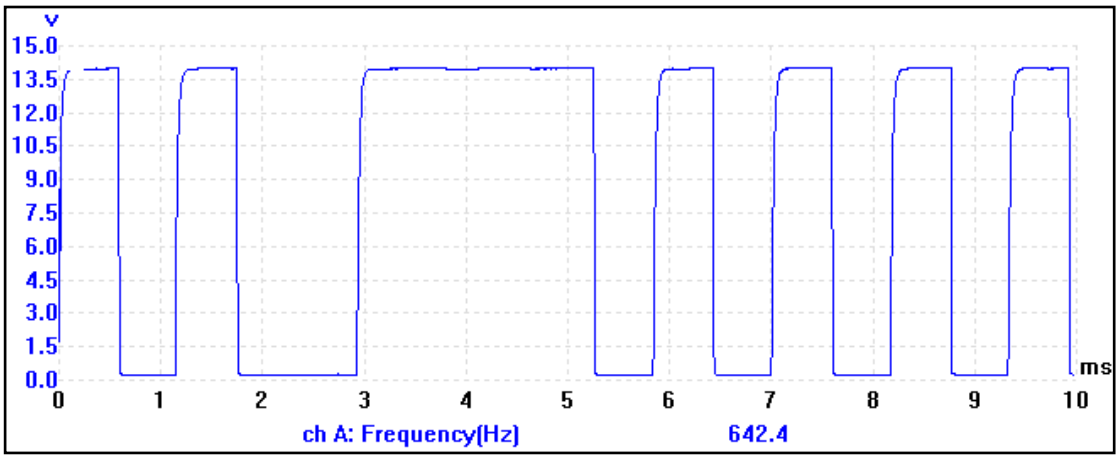


Figura 1.11. Señal del sensor de posición del árbol de levas
Fuente: http://www.picoauto.com/waveforms/Sensors/Crankshaft/wave100.html
Acceso 16 de Marzo del 2012

1.4.1.3 Sensor de Flujo de la Masa de Aire (MAF)

El sensor MAF se encuentra ubicado en el tubo de admisión de aire, directamente detrás del filtro y es el encargado de medir el flujo de aire aspirado por el motor.

Su funcionamiento se basa en una resistencia conocida como hilo caliente, la cual recibe un voltaje constante que lo calienta, alcanzando una temperatura aproximada de 200°C con el motor en funcionamiento. La resistencia del hilo varía al producirse un enfriamiento provocado por la circulación de la masa de aire aspirada.

Mediante la información que este sensor envía a la ECM (Figura 1.12), y tomándose en cuenta además otros factores como la temperatura del aire aspirado, se puede determinar la cantidad de combustible necesaria para los diferentes regímenes de

funcionamiento del motor. Así, si el aire aspirado es de un volumen reducido la ECM reducirá el volumen de combustible inyectado.

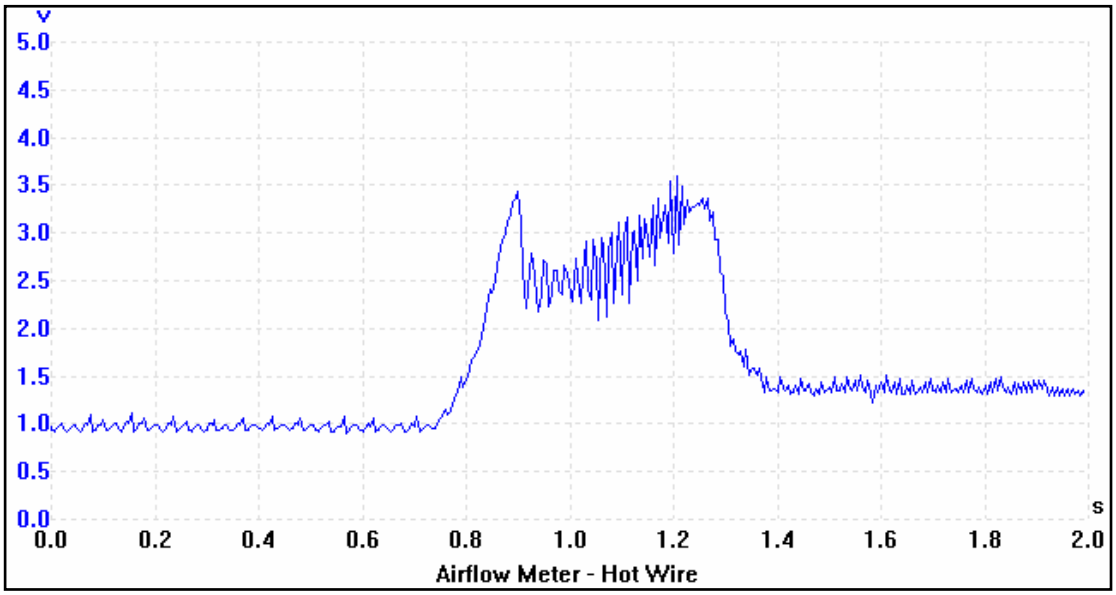


Figura 1.12. Señal del sensor de flujo de la masa de aire
Fuente: http://www.picoauto.com/waveforms/Sensors/AirFlowMeter/wave91.html
Acceso 17 de Marzo del 2012

1.4.1.4 Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura se aplican en varios lugares:

- En el circuito del sistema de refrigeración, para poder determinar la temperatura del motor a partir del líquido refrigerante.
- En el conducto de admisión para medir la temperatura del aire aspirado.
- En el aceite del motor para medir la temperatura del aceite.
- En el retorno del combustible para medir la temperatura del combustible.

La resistencia presenta un coeficiente negativo de temperatura (NTC) y forma parte de un circuito divisor de tensión que es alimentado con 5 V por la ECM.

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 una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de tensión (Figura 1.13).

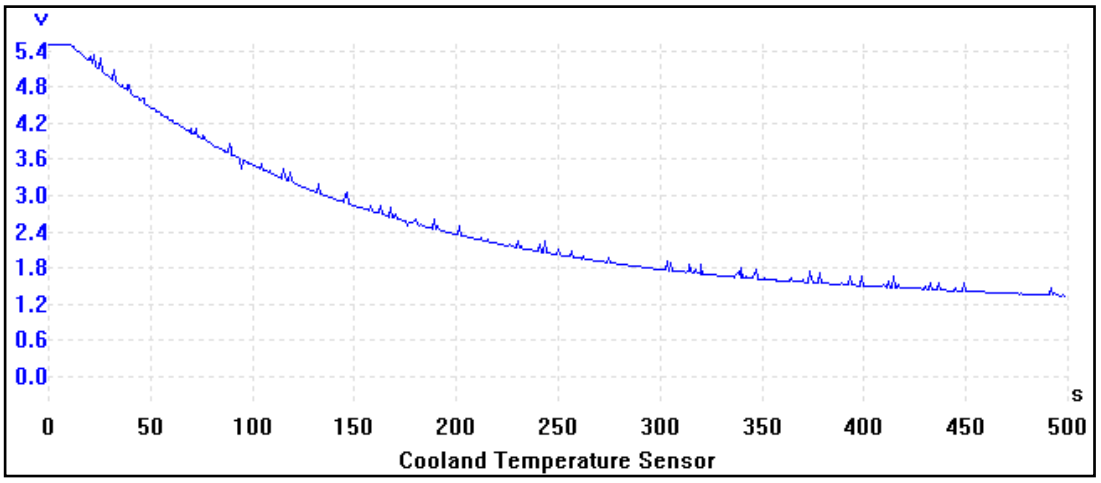


Figura 1.13. Señal del sensor de temperatura

Fuente: http://www.picoauto.com/waveforms/Sensors/CoolantTemperature/wave98.html

Acceso 17 de Marzo del 2012

1.4.1.5 Sensor de posición del acelerador (APS)

El sensor de posición del acelerador no es más que dos potenciómetros que trabajan de manera inversa, cuya finalidad es conocer la ubicación exacta (ralentí, media carga y plena carga) del pedal en todo momento, esta información es enviada a la ECM. El primer potenciómetro varía de 0V a 5V y el otro de 5V a 0V, con el fin de tener mayor precisión y seguridad, pues si en todo momento la suma de ambas señales no es de 5 voltios se ha presentado un daño en alguno de ellos.

Por medio de la señal del sensor (Figura 1.14) la ECM controla la dosificación de combustible electrónicamente de acuerdo a las condiciones de carga del motor, con el objetivo de evitar la sobrecarga térmica y la emisión de gases contaminantes debido al exceso de combustible.

Si no hay señal en el sensor de posición, la ECM no reconoce la posición del acelerador y el motor continúa en marcha con la aceleración controlada, y podrá por lo tanto, continuar el viaje hasta el concesionario más cercano.

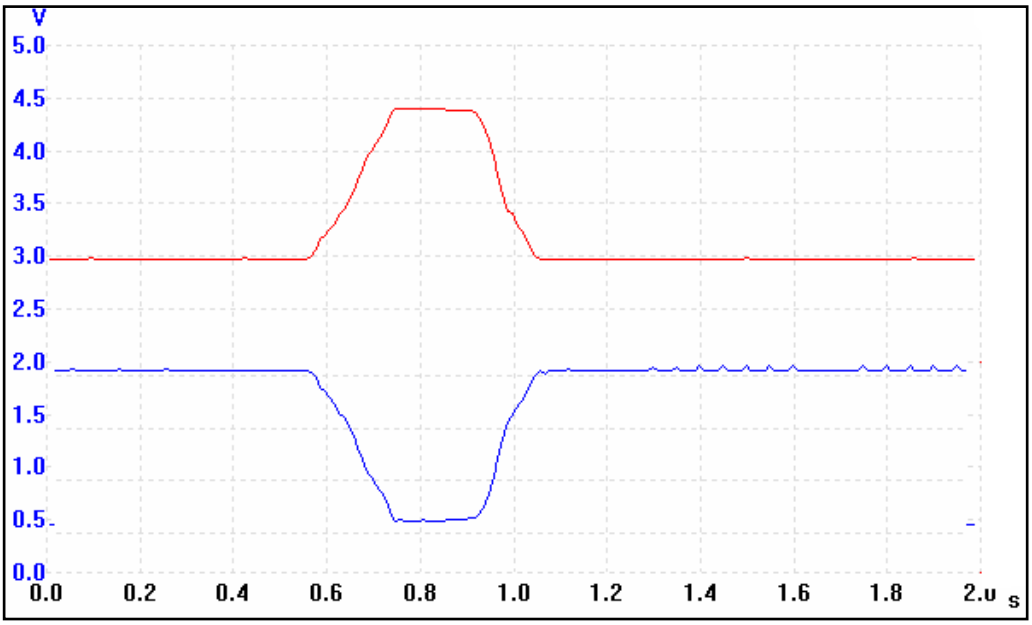


Figura 1.14. Señal del sensor de posición del acelerador

Fuente: http://www.picoauto.com/waveforms/Sensors/AcceleratorPedalPosition/wave90.html

Acceso 17 de Marzo del 2012

1.4.1.6 Sensor de presión del riel

El sensor de presión del combustible mide con exactitud y en menor tiempo la presión del combustible momentánea en el interior de la rampa de combustible, enviando una señal de tensión (0.5 – 4.5 V) al ECM en función de la presión existente, Figura 1.15.

Está constituido por una membrana metálica que se deforma por el efecto de la presión del combustible, adjunto a esta membrana se encuentra un elemento piezoresistivo, cuya resistencia varía en función de la deformación de dicha membrana. El cambio de la forma de la membrana es de aproximadamente 1mm a 1500 bar la cual origina una variación de la resistencia eléctrica. La exactitud en la medición de la presión en la riel (±2% del valor censado) es indispensable para el buen funcionamiento del sistema, ya que este sensor funciona junto con la válvula reguladora de presión del combustible de la bomba de alta presión en bucle cerrado.

En resumen, la señal del sensor de presión del combustible se utiliza para:

- Determinar la cantidad de inyección.
- Determinar el inicio de la inyección.

- Controlar la válvula reguladora de presión de combustible de la bomba de alta presión.

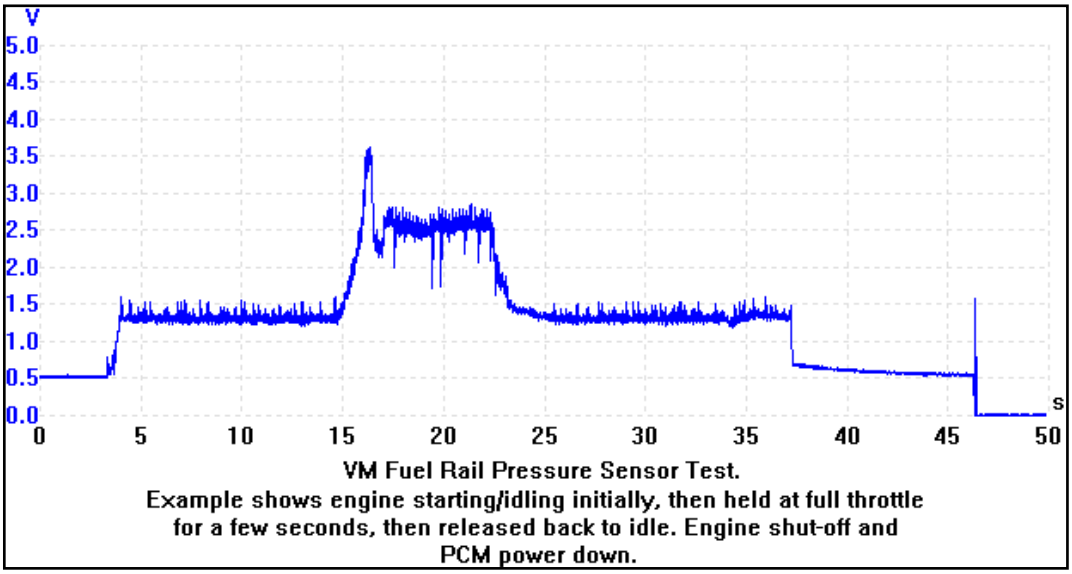


Figura 1.15. Señal del sensor de presión del riel

Fuente: http://www.picoauto.com/waveforms/Sensors/FuelPressureSensor/wave120.html

Acceso 17 de Marzo del 2012

1.4.2 Modulo de control del motor (ECM)

La ECM constituye el componente central del sistema de control del motor. Recibe las señales eléctricas de los sensores y transmisores de valores nominales, las procesa y calcula las señales de activación para los actuadores (p. ej., inyectores, válvula reguladora de presión, válvula EGR, etc.).

El programa de control (software) está almacenado en una memoria y de su ejecución se encarga el microprocesador, el cual debe calcular el tiempo y momento de inyección obedeciendo los requerimientos del motor en ese instante.

El diseño de la ECM debe tomar en cuenta las condiciones y el medio en el cual va a funcionar, es por eso que se debe tomar en consideración aspectos como:

- La temperatura del entorno en condiciones de funcionamiento y marcha normal del vehículo de -10C hasta +45ºC.
- La debida resistencia a sustancias como aceite, combustibles etc.

- Esfuerzos mecánicos, principalmente los producidos por el motor como las vibraciones.
- En lo que se refiere a perturbaciones electromagnéticas e irradiación de señales parasitas de alta frecuencia las exigencias son muy altas ya que la ECM debe presentar insensibilidad a las mismas.

Figura 1.16. Módulo de Control del Motor
Fuente: http://www.automotriz.net/cms/tecnica/tecnologia-para-el-control-de-motores/, Acceso 21 de Marzo del 2012.

1.4.3 Actuadores del Sistema Common Rail

1.4.3.1 Válvula reguladora de presión de combustible (IPR)

La válvula reguladora de presión de combustible está localizada junto a la bomba de alta presión (Figura 1.17); su función es regular la presión del diesel a la salida de la bomba de alta presión, con lo cual se regula la presión en la rampa o riel de combustible. Además, con la válvula reguladora de presión se consigue amortiguar las variaciones de presión, producto de la alimentación de combustible y de la inyección del mismo.

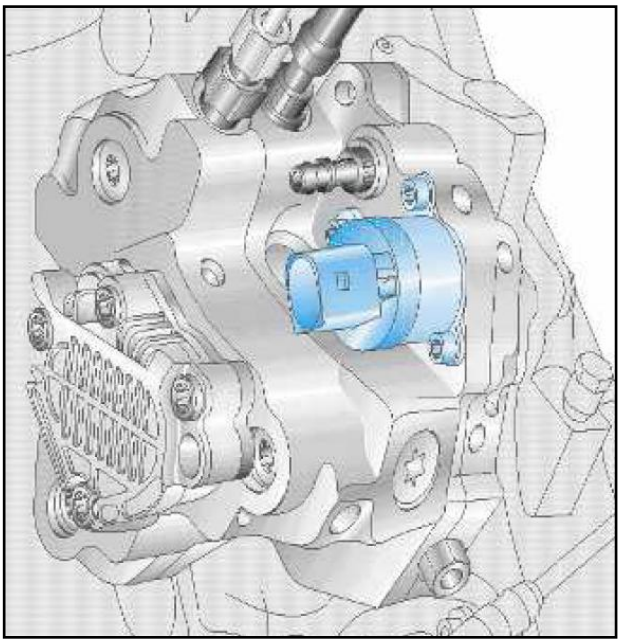


Figura 1.17. Válvula reguladora de presión de combustible
Fuente: ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA COMMON RAIL, Bosch, pp. 37

La ECM controla la válvula reguladora de presión del combustible de forma que la presión en la rampa o riel siempre sea la óptima para cada estado de funcionamiento del motor.

La válvula se acciona de forma electromagnética y se abre y cierra mediante señales PWM procedentes de la ECM. El control variable de la válvula es una función compuesta por la orden del conductor, la solicitud de presión del combustible y el régimen del motor.

Funcionamiento

La válvula reguladora de presión es **normalmente abierta,** por lo tanto para que esta se cierre y acumule presión en el riel de combustible, es necesario que el ECM comande el transistor y cierre el circuito (Figura 1.18). Es decir, para que exista aumento de presión en el riel de combustible, el ciclo activo negativo *b* controlado por el ECM debe aumentar; caso contrario, para que la presión en el riel disminuya, y la válvula se abra, el ciclo activo negativo *b* debe disminuir.

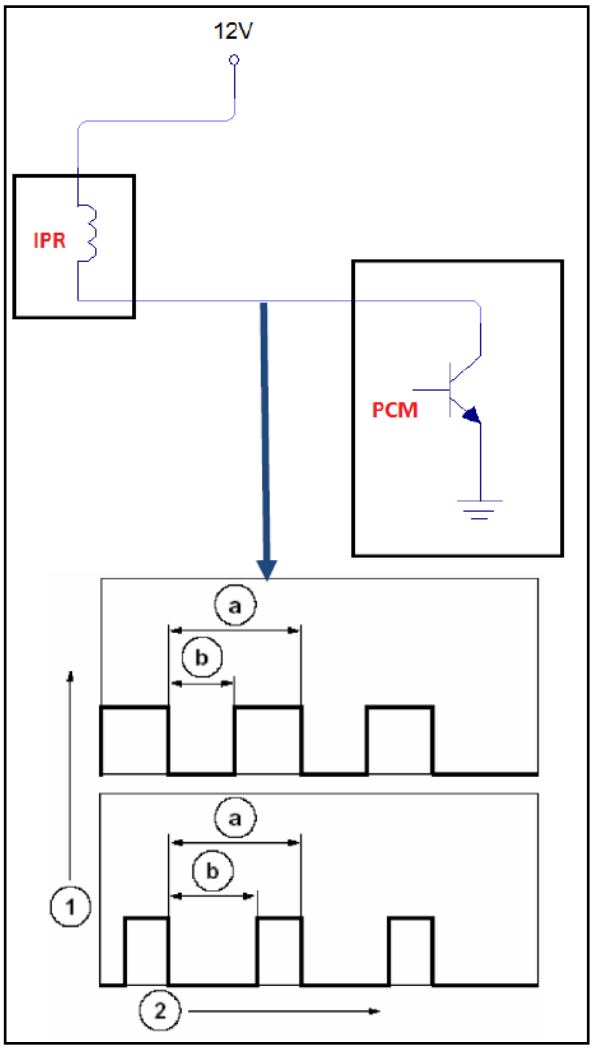


Figura 1.18. Principio de funcionamiento de la válvula reguladora de presión

1.4.3.2 Válvula de recirculación de gases de escape (EGR)

La válvula EGR, consiste en un mecanismo que ayuda a reducir las emisiones contaminantes al permitir de forma parcial el paso de los gases de escape de nuevo al circuito de admisión, con el objeto de que se mezclen los gases quemados con aire fresco y vuelvan a formar parte de la combustión. La EGR es comandada por una electroválvula controlada por la ECM (Figura 1.19), esta electroválvula permite que el diafragma obture o libere los gases de escape hacia la admisión mediante vacio, la señal que recibe la electroválvula de la ECM depende de otros parámetros como: la posición del acelerador, revoluciones del motor y temperatura del refrigerante.

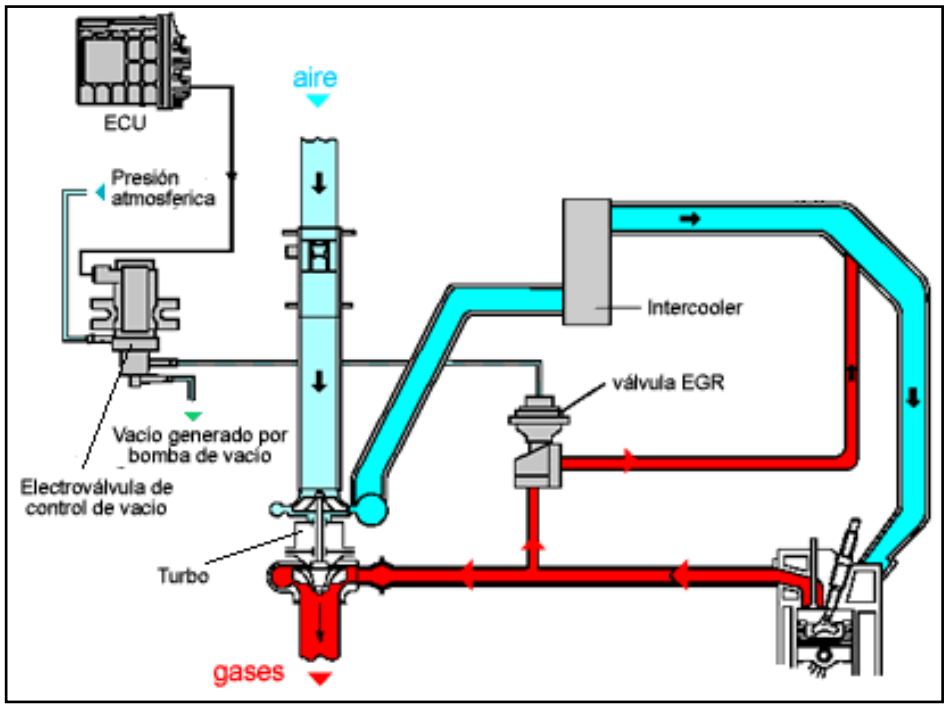


Figura 1.19. Esquema del sistema EGR

Fuente: http://www.paginasvirtuales.net/CURSOS/motores_turbo/turboVTG.htm

Acceso 19 de Marzo del 2012

Por el contrario de los motores a gasolina, en lo motores Diesel la válvula EGR funciona en bajas rpm (650-3000 rpm), con el objetivo de disminuir la temperatura del motor y la formación de Óxidos de Nitrógeno. Para que la electroválvula de control de vacío se active, es necesario que la ECM comande el transistor y cierre el circuito, es decir, para que el vacio actué sobre la válvula EGR el ciclo activo (-) debe aumentar (Figura 1.20A); caso contrario, para que la electroválvula de control de vacío se desactive, y la válvula EGR se cierre, el ciclo activo (-) debe disminuir (Figura 1.20B).

Figura 1.20. Funcionamiento válvula de control de vacío

Fuente: CURSO SISTEMAS COMMON RAIL, Cise Electronics, 2011.

El mecanismo encargado de crear el vació en el múltiple de admisión es controlado también por la ECM, su función es permitir un nivel de succión para que sea posible el paso de los gases de escape, puesto que de otra manera, la alta presión no lo permitiría.

En la Figura 1.21 se observa que la ECM (C) comanda al solenoide (B), el cual por un lado se conecta a la bomba de vació y por el otro a la capsula (A) la cual por medio de un diafragma hala la mariposa creando una restricción al flujo, por lo tanto genera vacío sobre los gases de escape.

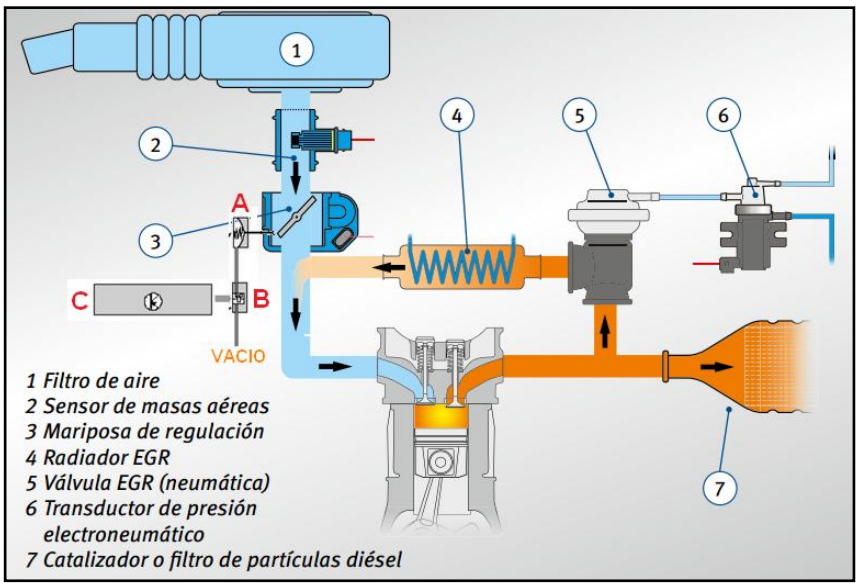


Figura 1.21. Control de la mariposa de regulación

Fuente: http://www.ms-motor-service.es/ximages/pg_50003956-04_web.pdf

Acceso 20 de Marzo del 2012

1.4.3.3 Inyectores

El inyector utilizado en los sistemas Common Rail se activa de forma eléctrica a diferencia de los utilizados en sistemas que utilizan bomba rotativa que inyectan de forma mecánica. Con esto se consigue mayor precisión al momento de inyectar el combustible y se simplifica el sistema de inyección. Par ello debe:

- Permitir inyecciones múltiples.
- Permitir inyectar cantidades cada vez más pequeñas.
- Inyectar a presiones elevadas.
- Distribuir de manera homogénea la cantidad inyectada.

Para conseguir una combustión lo más eficaz posible se ha dividido la inyección en un ciclo de preinyección y un ciclo de inyección principal.

Preinyección

Antes de que el pistón alcance el punto muerto superior se inyecta primeramente una pequeña cantidad de combustible en la cámara de combustión que corresponde. Esto provoca un aumento de temperatura y presión en la cámara.
Debido a ello se reduce el período de retraso de la autoignición para el ciclo de inyección principal, atenuándose a su vez el incremento de la presión y de los picos que se producen, consiguiéndose así:

- Menor sonoridad de la combustión.
- Menores emisiones de escape.

Para este efecto, la ECM procede a excitar a los inyectores una vez para el ciclo de preinyección y otra para la inyección principal.

Inyección Principal

Después de la precombustión se intercala un breve intervalo de reposo de la inyección, tras el cual se inyecta la cantidad principal hacia la cámara de combustión.

La intensidad de la presión de inyección se mantiene casi invariable durante todo el ciclo de la inyección (Figura 1.22).

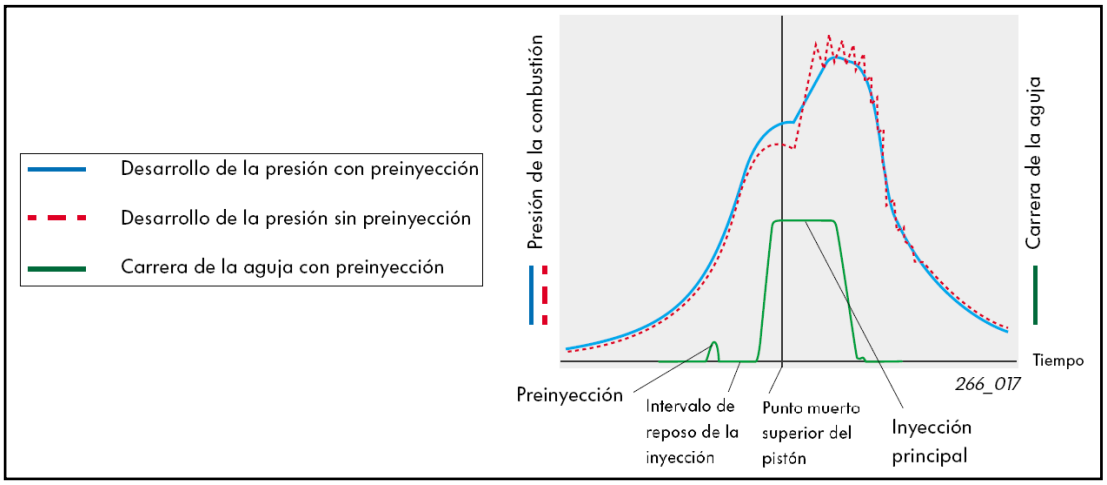


Figura 1.22. Curva de presión de inyección

Fuente: MOTOR TDI 2,8L SISTEMA DE INYECCIÓN COMMON RAIL, Volkswagen, pp. 28

CAPITULO II

INYECTORES CRDI BOSCH

2.1 Introducción

Los inyectores del sistema Common Rail se montan directamente en la culata del motor y se fijan mediante una brida, están equipados de un sistema servo-hidráulico y un elemento de activación eléctrica. Tienen la misión de inyectar el combustible a la cámara de combustión en la cantidad y al momento correcto.

La cantidad de carburante inyectada depende de los siguientes parámetros:

- Duración del mando eléctrico (ECM).
- Velocidad de apertura del inyector.
- Caudal hidráulico del inyector (cantidad y diámetro de los taladros).
- Presión del diesel en la rampa de inyección de alta presión.

Todo esto es posible gracias a las siguientes factores:

- Mejora en el diseño hidráulico.
    - Modificación del diámetro de estanqueidad del inyector.
    - Modificación de los orificios.
- Modificaciones aportadas al inyector.
    - Aumento del número de agujeros.
    - Agujeros cónicos.
- Desarrollo de nuevas válvulas, especialmente en la evolución de los materiales y tratamientos térmicos.

2.2 Tipos de Inyectores CRDI Bosch

Bosch ha desarrollado dos tipos de inyectores para el sistema Common Rail, los de tipo electromagnético y los de tipo piezoeléctrico, a continuación se describe su funcionamiento.

2.2.1 Inyectores Electromagnéticos

Las presiones de inyección máxima están en el orden de 2000 bar, los esfuerzos que hay que vencer para levantar la aguja del inyector son muy importantes. Por ello es imposible pilotar directamente la aguja del inyector, con ayuda de un actuador electromagnético, a menos que se empleen corrientes muy importantes cuyos tiempos de establecimiento serian incompatibles con los tiempos de reacción requeridos para inyecciones múltiples. Por otra parte, la utilización de corrientes fuertes requiere una electrónica de potencia voluminosa lo que genera un calentamiento del actuador y del ECM.

Funcionamiento

En el inyector existen las cámaras 2 y 3 mostradas en la Figura 2.1. El combustible proveniente del sistema de alta presión ingresa por 1 y toma dos caminos, uno hacia la cámara inferior 2 y otro hacia la cámara superior 3.

Como las presiones son iguales sobre el vástago que tapa la tobera, existe la presión del resorte 4, con lo cual para abrir el inyector hay que permitir una caída de presión en la cámara superior 3. Esta caída de presión se logra accionando un solenoide que retrae el resorte mostrado en el detalle 3 y así el balín o esfera permite el paso del combustible que se encuentra en esa cámara hacia el retorno, es decir hacia el depósito.

Con esto la alta presión que se ejerce sobre el vástago en la cámara 2, vence la presión que ejerce el resorte 4, desplazando la tobera y permitiendo el paso del combustible al interior a la cámara de combustión.

En resumen:

- Cuando la aguja debe levantarse al principio de la inyección, la válvula se abre de manera que descarga la cámara de control en el circuito de retorno.
- Cuando la aguja debe volver a cerrase al final de la inyección, la válvula se vuelve a cerrar de tal forma que la presión se establece nuevamente en la cámara de control.

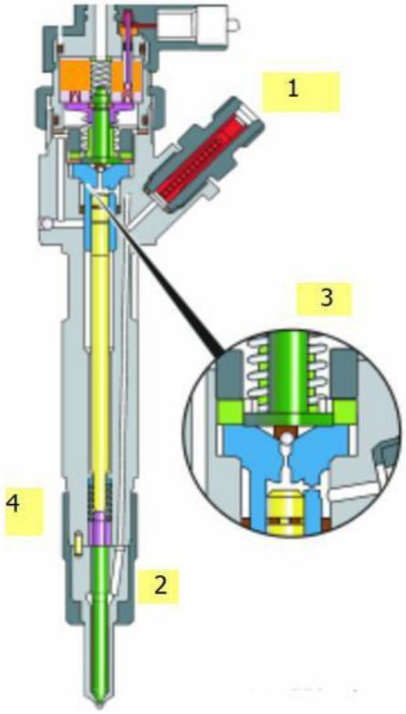


Figura 2.1 Esquema del inyector electromagnético

Fuente:http://www.equipoautomotrizjavaz.com/datos_tecnicos/funciónamiento_inyectores_diesel.pdf. Acceso 8 de Abril del 2012

En la Figura 1.2 se observa en **A** la curva característica de corriente del inyector, en **B** se aprecia la carrera de la aguja y en la **C** la cantidad de combustible. Es interesante analizar que aunque se realicen todos los ajustes de corriente y voltaje, la cantidad de combustible entregado conserva una curva muy estable.

Para el diagnostico la ECM utiliza un análisis de la corriente y la compara con un tiempo lógico así puede diagnosticar los inyectores con tolerancias variables.

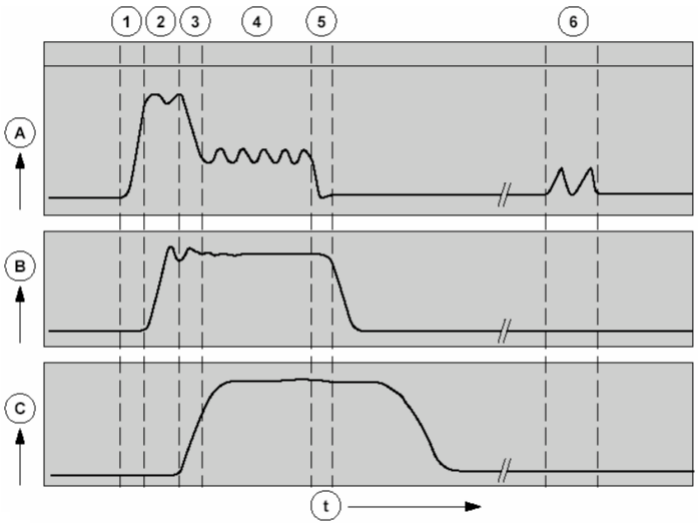


Figura 2.2. Comando del inyector electromagnético

Fuente: SISTEMA COMMON RAIL, Cise Electronics, pp. 22

2.2.2 Inyectores Piezoeléctricos

Los inyectores de control piezoeléctrico tienen una velocidad de conmutación hasta cinco veces superior a los inyectores de control electromagnético, por lo tanto, se puede dosificar con precisión la cantidad de inyección, produciéndose menos contaminantes en la combustión.

Estos inyectores trabajan con un elemento piezoeléctrico, el cual está formado por unas placas metálicas separadas por un dieléctrico de cuarzo, semejante a la construcción de un condensador de placas planas. (Figura 2.3)

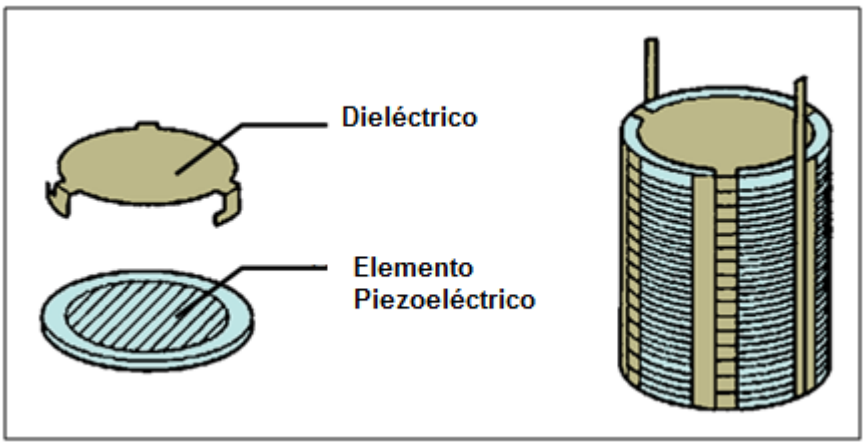


Figura 2.3 Estructura elemento piezoeléctrico
Fuente: INYECTOR COMMON RAIL, Bosch, pp. 13

Características eléctricas[1]

- Resistencia = 200 000 Ohmios
- Capacidad = 0,003 a 0,0038 Faradios

Funcionamiento

Al elemento piezoeléctrico cuando se le aplica un impulso eléctrico se dilata hasta 0.03mm, inversamente si se le aplica una deformación mecánica este es capaz de generar una tensión eléctrica (Figura 2.4).

[1] SISTEMA DE INYECCION HDI SIEMENS SID 802 PARA MOTOR DV4TD.pdf, pp. 39

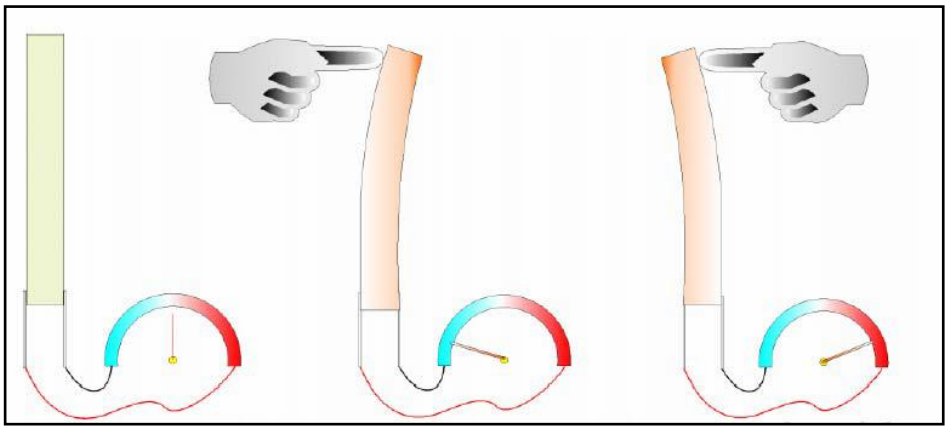


Figura 2.4 Principio de funcionamiento elemento piezoeléctrico
Fuente: INYECTORES DIESEL PIEZOELECTRICOS, Cise Electronics, pp. 1

El control de los inyectores para la dosificación de combustible (comienzo de la inyección y cantidad inyectada) es realizado directamente por la ECM y depende del estado de funcionamiento del motor.

Para la apertura de los inyectores, el ECM aplica una tensión de carga inicial de aproximadamente unos 70 Vsobre las placas del elemento piezoeléctrico, con lo cual las mismas se dilatan, dado que el cuarzo que está actuando como dieléctrico tiene esta particular propiedad.
La tensión de carga es subida en 0,2 milisegundos a 140 V por el elemento piezoeléctrico, y es mantenida por un condensador dentro de la ECM. El aumento de esta tensión se produce gracias al contacto entre los distintos elementos piezoeléctricos, esto provoca que el piezoeléctrico se dilate y abra la aguja del inyector.
La corriente que actúa sobre el material piezoeléctrico se llama **corriente de carga** y es de 7A aproximadamente.

Para invertir la dilatación del actuador piezoeléctrico y terminar la inyección es necesario generar un impulso de corriente en sentido contrario llamado **corriente de descarga**. La corriente de descarga provoca que el actuador piezoeléctrico vuelva a su posición original y cierre la aguja del inyector.

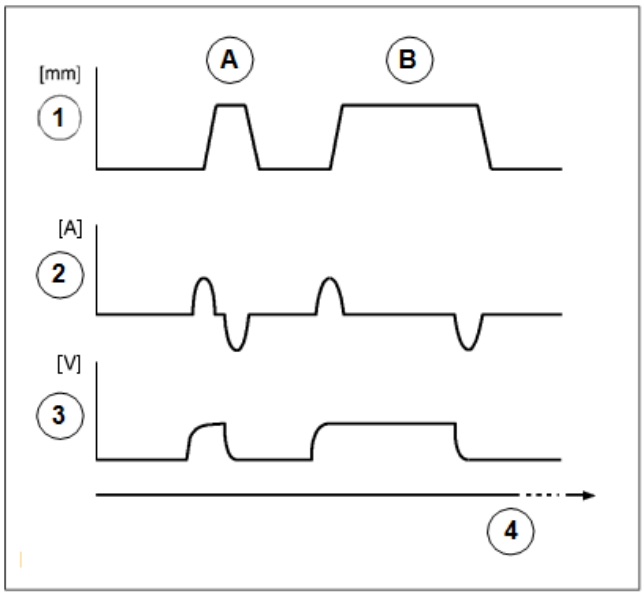


Figura 2.5 Relación corriente, voltaje y desplazamiento de la aguja del inyector.
Fuente: INYECTORES DIESEL PIEZOELECTRICOS, Cise Electronics, pp. 2

A. Cantidad de preinyección
B. Cantidad de inyección principal
1. Carrera de la aguja del inyector (mm)
2. Corriente de activación (amperios)
3. Tensión (voltios)
4. Ángulo del cigüeñal (grados del cigüeñal)

¡Advertencia![2]**:** Como la inyección es finalizada por la corriente de descarga, no se puede en ningún caso desconectar el conector del mazo de cables de un inyector piezoeléctrico con el motor en marcha, ya que si se desconecta los cables en el momento de la inyección, provocaría una inyección permanente y daños en el motor.

[2] INYECTORES DIESEL PIEZOELECTRICOS, Cise Electronics, pp. 2

CAPITULO III

DISEÑO DEL ESQUEMA DEL BANCO DE PRUEBAS

3.1 Introducción

Los sistemas de inyección diesel de alta presión son la fuerza motriz para el constante incremento de vehículos diesel modernos, actualmente, uno de cada dos vehículos que se venden mundialmente por primera vez es un vehículo diesel; esta gran expansión da lugar a que la comprobación y el mantenimiento especializado de las toberas e inyectores sea un mercado en rápido crecimiento. El banco de pruebas para inyectores Common Rail Bosch permite que la comprobación de aquellos componentes sea cómoda y rentable, permitiendo efectuar mediciones del caudal de ralentí, del caudal de retorno y del caudal de plena carga. A más de esto, con la implementación del banco se puede realizar una valoración de la garantía del inyector mediante el control de la estanqueidad de asientos y la medición de las presiones de apertura de los inyectores.

3.2 Esquema del banco de pruebas

El esquema que se presenta en la Figura 3.1, cuenta con un motor eléctrico el cual mediante un acople mecánico se conecta a una bomba de alta presión Bosch CP3, la cual genera la presión necesaria para simular cualquier estado del motor, esta bomba cuenta con una válvula reguladora de presión (IPR), la cual es controlada por medio de la placa electrónica de acuerdo a la señal eléctrica del sensor de presión del riel de combustible. El banco cuenta con un tubo de patrón de rociado que permite observar el estado de pulverización del inyector, y mediante probetas, medir el volumen de combustible rociado y el volumen retornado desde la válvula de alivio o descarga de presión del inyector.

El panel de control permite al usuario la maniobrabilidad del banco de pruebas, por medio del panel se selecciona el tipo de inyector, electromagnético o piezoeléctrico; y el tipo de prueba a simular, ya sea ralentí, media carga o plena carga. La placa

electrónica de control se encarga de generar los pulsos adecuados para los inyectores y controlar la presión en el sistema en las diferentes pruebas que se realizan.

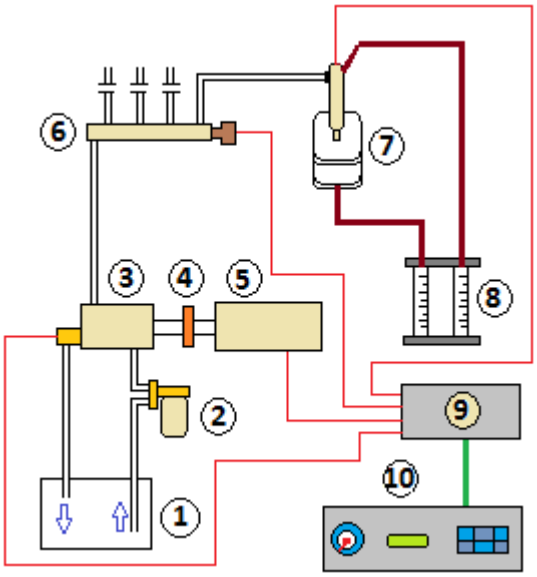


Figura 3.1 Esquema de funcionamiento del banco de pruebas

1. Depósito
2. Filtro de combustible
3. Bomba Bosch CP3
4. Acople Mecánico
5. Motor eléctrico
6. Rampa de inyectores (Sensor de presión)
7. Tubo patrón de rociado
8. Tubos volumétricos (Volumen de entrega y retorno)
9. Placa electrónica de control
10. Panel de control

3.3 Características del banco

3.3.1 Motor eléctrico

Es el encargado de generar por medio de un acople mecánico el movimiento de la bomba Common Rail, consiguiéndose así, la presión necesaria para las diferentes pruebas del sistema.

El banco de pruebas Hartridge CRp-PC para bombas de alta presión Common Rail, cuenta con un motor eléctrico trifásico de 3000 rpm / 15 KW para comprobar el buen funcionamiento de las diferentes bombas existentes en el mercado.

Figura 3.2. Motor eléctrico trifásico

Fuente: http://www.motores-electricos.es/FichaArticulo.aspx?IDArticulo=111. Acceso 29 de Abril del 2012.

3.3.2 Bomba de alta presión

La bomba de alta presión empleada en el banco es de tipo Bosch de tercera generación (CP3), la cual por su sencillez y bajo costo es esencial para generar la presión requerida en el sistema en las diferentes pruebas.

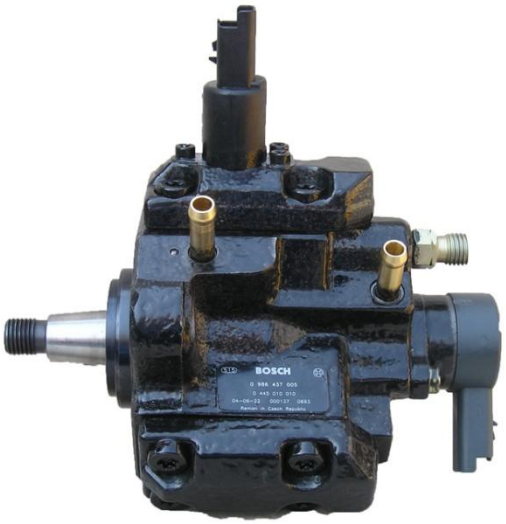


Figura 3.2. Bomba Bosch CP3

Fuente: http://www.bmwfaq.com/f16/menudo-palo-me-quieren-dar-en-la-bmw-591110/, Acceso 29 de Abril del 2012.

3.3.3 Tubo patrón de rociado

Es usado solamente para hacer un diagnóstico visual de la boquilla del inyector y el patrón de rociado, así se podrá identificar cualquier defecto en la boquilla que causaría una operación inapropiada del inyector.

Figura 3.4 Tubo de rociado

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 9

3.3.4 Tubos volumétricos

Son usados para la representación visual de la cantidad rociada por los inyectores. En la Figura 3.5 el tubo de la izquierda muestra el volumen rociado y el tubo de la derecha muestra el volumen retornado desde la válvula de alivio de presión del inyector. Las medidas en los tubos están expresadas en mililitros (ml).

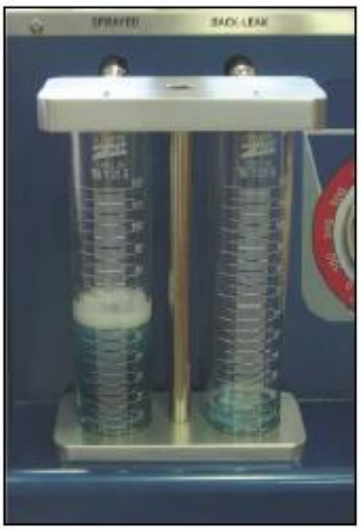


Figura 3.5 Volumen de liquido en los tubos

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 9

3.3.5 Manguera de alimentación del fluido de alta presión

Es la encargada de suministrar el fluido de prueba al inyector. Como medida de seguridad, los usuarios deben evitar en lo posible manipular las cañerías de alta presión del sistema cuando está en funcionamiento, y aun después de apagado, se debe esperar un tiempo prudencial de 15 min hasta que la presión presente en ellas se descargue de nuevo al depósito de combustible ya que una salpicadura de combustible a alta presión podría causar graves lesiones.

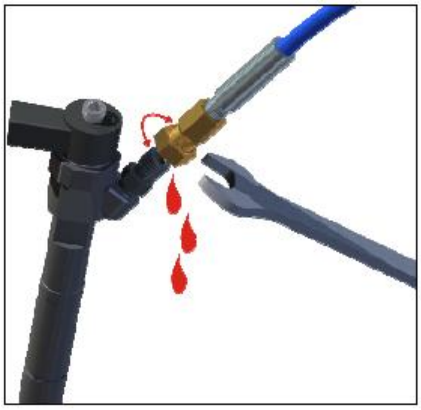


Figura 3.6 Manguera de fluido de alta presión

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 8

3.3.6 Manguera de Retorno

Es usada para conectar al puerto de retorno del Inyector Diesel y conducir la cantidad de fluido de retorno. Este volumen es almacenado y puede ser visto en el tubo volumétrico. Si no se conecta esta manguera al inyector, todo el fluido de retorno se esparcirá, causando fugas del fluido de prueba.

Figura 3.7 Manguera de retorno

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 10

3.3.7 Cables eléctricos de conexión

Son usados para proporcionar los pulsos de inyección necesarios para los inyectores cuando el banco esta operando.

Nota: Los inyectores piezoeléctricos tienen en todo momento que usar la polaridad correcta. Frecuentemente el signo (+) no está indicado, por lo tanto el usuario siempre tendrá que consultar el manual de servicio del automóvil o de la fabrica.

Figura 3.8 Cable eléctrico

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 8

3.4 Control electrónico del Inyector Electromagnético

Los inyectores electromagnéticos suelen ser excitados desde la ECM, descargando la energía que previamente ha sido acumulada en un capacitor o condensador.

El circuito parte de la siguiente base de funcionamiento:

La tensión de batería 12V es aplicada al circuito de la Figura 3.9, el positivo llega a la bobina L1. El otro extremo de la bobina es conmutado a negativo por el transistor Q1 disparado a alta frecuencia desde el transistor Q2.

El transistor Q2 es un Mosfet, y su Gate esta siendo excitado a alta frecuencia (10 a 20 KHZ) con pulsos provenientes de un generador conformado por un integrado 555.

Como consecuencia da la rápida conmutación a masa en el extremo frio de la bobina L1 se producen picos de tensión inducida que alcanzan los 50 V aproximadamente.

Estos picos de tensión positivos y creados por la misma autoinducción de la bobina L1, pasan por el diodo D2 y "se acumulan" en el capacitor C1, para que posteriormente esta energía acumulada sea enviada al inyector.

El interruptor SW1 se coloca a modo de análisis, al conectarlo y desconectarlo rápidamente, se observa en el osciloscopio la forma de onda del inyector electromagnético.

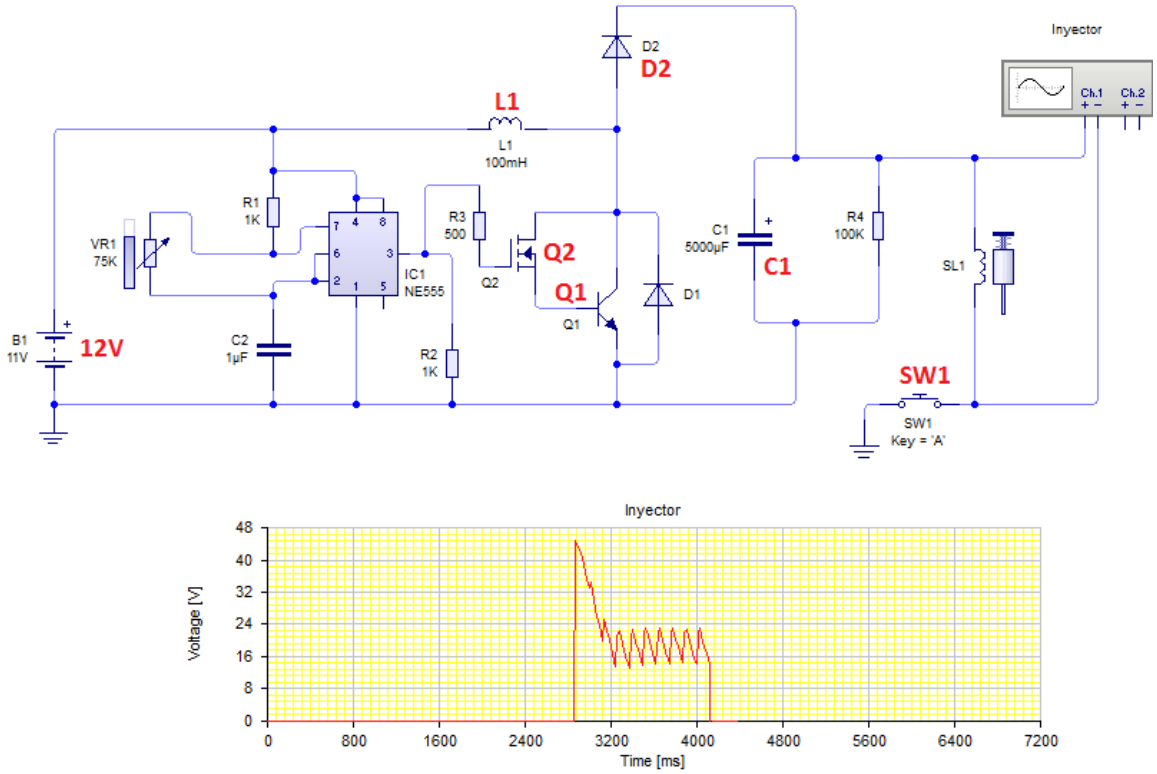


Figura 3.9 Circuito control electrónico del inyector electromagnético

3.5 Control electrónico del Inyector Piezoeléctrico

El circuito de control de los inyectores piezoeléctricos, es similar al de control de los electromagnéticos; basa su funcionamiento en una bobina L1 la cual produce picos de tensión inducida que alcanzan los 50 V aproximadamente y se almacenan en el capacitor C1.

Para simular que el elemento piezoeléctrico EP se dilate y permita el comienzo de la inyección, se activa el interruptor SW2, con lo cual entran en funcionamiento los transistores Q3 y Q6, provocando la circulación de la corriente. Para invertir la dilatación del actuador piezoeléctrico y terminar la inyección es necesario generar un impulso de corriente en sentido contrario por lo que ahora se activa el interruptor SW3, el cual comanda los transistores Q4 y Q5.

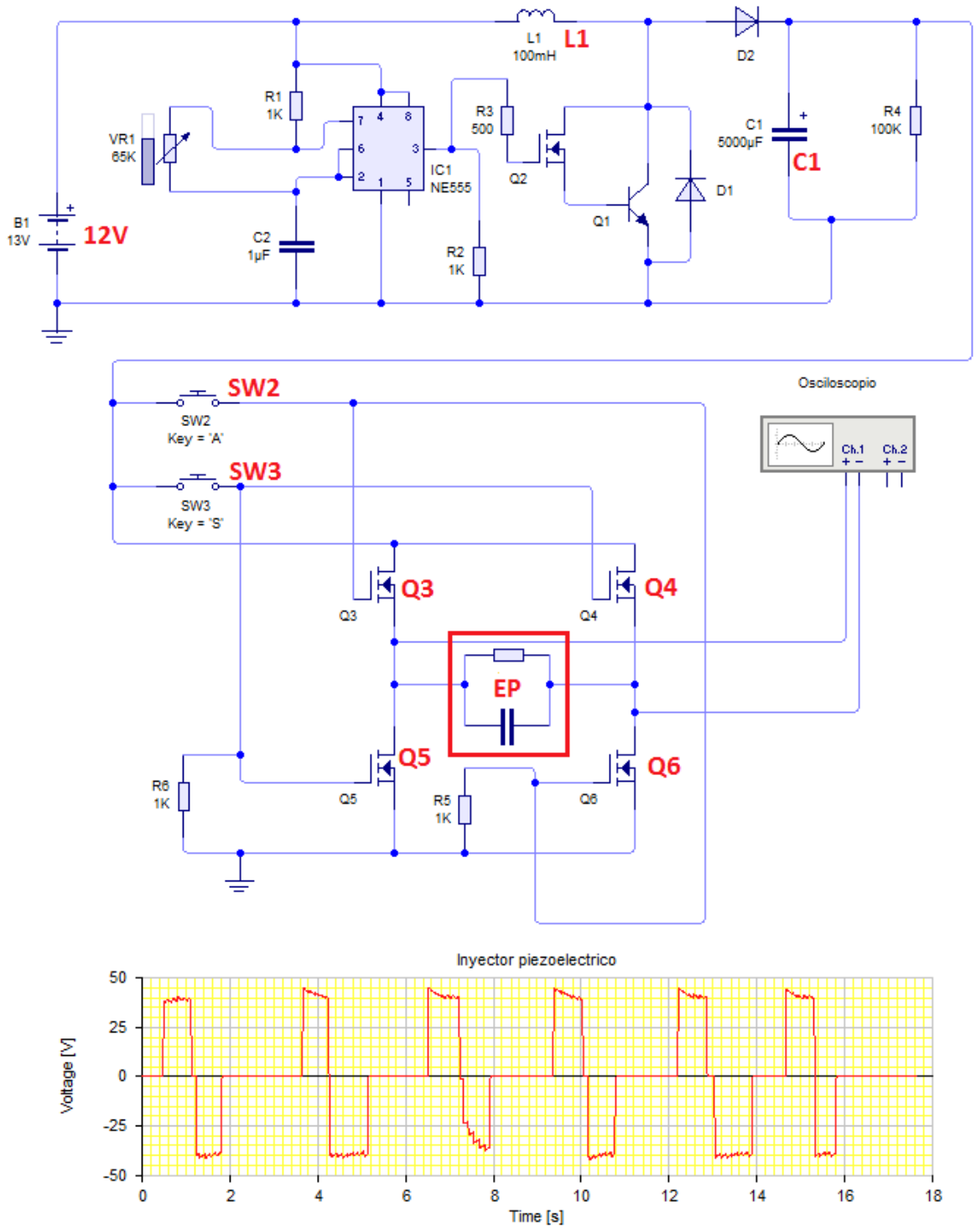


Figura 3.10 Circuito control electrónico del inyector piezoeléctrico

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS DEL BANCO DE PRUEBAS

4.1 Costos Directos

Se determina como el costo que ha intervenido directamente en la fabricación de la máquina.

A continuación se describe los costos de los diferentes materiales necesarios para la construcción y acondicionamiento del banco de pruebas para inyectores del sistema Common Rail Bosch.

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Depósito de gasoil	20,00	20,00
1	Bomba Bosch CP3	910,20	910,20
1	Motor Eléctrico 3000rpm/15KW	790,97	790,97
1	Filtro de combustible diesel	44,40	44,40
1	Riel de combustible	359,54	359,54
1	Sensor de presión del riel	247,46	247,46
2	Tubos volumétricos	15.50	31.00
1	Manómetro de presión	279,64	279,64
1	Placa electrónica de control	200,00	200,00
1	Estructura del banco de pruebas	180,00	180,00
6	Cañerías metálicas	8,00	48,00
1	Cañerías de caucho para combustible	15,00	15,00
10	Bridas metálicas	0,20	2,00
1	Conectores y cableado eléctrico	100,00	100,00
		TOTAL:	**3.228,21**

4.2 Costos Indirectos

El costo indirecto es todo lo que no interviene en forma directa en la construcción del banco, se ha establecido en la siguiente forma:

DESCRIPCION	VALOR
Investigación	220,00
Transporte	140,00
Suministros construcción del banco	50,00
Liquido ISO-41 (Comprobación inyectores diesel) gl.	140,45
TOTAL:	**550,45**

4.3 Costo Total

Es la suma de los costos directos e indirectos:

Costo Directo:	3.228,21
+ Costo Indirecto:	550,45
COSTO TOTAL:	**3.778,66**

El banco de pruebas para inyectores Common Rail Bosch, tendrá un costo aproximado de **$3.778,66,** el cual comparado con otros quipos existentes en el mercado, tiene muy buena relación costo beneficio.

4.4 Cronograma de trabajo para la realización del banco

DESARROLLO	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4	
Construcción de la estructura del banco								
Construcción del acople mecánico								
Instalación de los elementos del banco								
Instalación del sistema de combustibles								
Instalación del sistema eléctrico								
Construcción de la placa electrónica de control								
Pruebas de funcionamiento								

4.5 Análisis de alternativas

Existen varios tipos de bancos de prueba para inyectores CRDI que se adaptan a diferentes condiciones de operación. Los bancos se clasifican de la siguiente manera:

- Banco comprobador de inyectores VNP MT-3000.
- Banco comprobador de inyectores BOSCH EPS-200.
- Banco comprobador de inyectores CARBON ZAPP CTU-1100.

4.5.1 Banco comprobador de inyectores VNP MT-3000

Este equipo está diseñado de acuerdo a los parámetros del sistema (parámetro de atomización del combustible, parámetros de pulverización, frecuencia, presión, etc.), puede ser fijado en cualquier momento de acuerdo a la necesidad del usuario.

Figura 4.1 Banco VNP MT-3000
Fuente: MANUAL FUNCIONAMINTO MT-3000, VNP, pp. 1

Ventajas

- Alta presión 0-1980bar
- Controla el pulso del inyector de una manera muy eficaz.
- Evalúa la calidad de niebla de rocío del inyector.
- Puede comprobar el caudal de suministro y el caudal de retorno.
- Tiene dos filtros en el sistema de alimentación para asegurar la limpieza de la prueba.

Desventajas

- Muy difícil de transportar.
- Costo de mantenimiento muy elevado.
- El peso y tamaño es muy grande
- Su utilización de corriente no permite utilizarlo como herramienta de trabajo fuera del taller.

Costo: $ 8.500,00

4.5.2 Banco comprobador de inyectores BOSCH EPS-200

El EPS-200 de BOSCH permite que reparación de los componentes en sistemas modernos de inyección diesel de alta presión sea una alternativa a la sustitución.

Figura 4.2. Banco Bosch EPS-200

Fuente: http://www.bosch.co.za/content/language1/html/5084.htm, Acceso 10 de Junio del 2012.

Características

- Unidad bomba-inyectora mediante adaptador de soporte
- Porta inyector de 1 muelle y 2 muelles
- Combinación de porta inyector con sensor de movimiento de aguja
- Soporte ajustable
- Electroválvula de inyectores Common Rail
- Medición del caudal de ralentí
- Medición del caudal de retorno
- Control de estanqueidad combinado
- Control eléctrico de la estanqueidad.

Ventajas

- Fácil utilización
- Produce un rango de presión más exacta.
- Testador compacto para todo tipo de taller.
- Pantalla digital para observar y comprobar la presión de retorno
- Está provisto con un aspirador de gases.
- Base de datos integrada para pruebas con especificaciones de archivos y datos del cliente

Desventajas

- Una mala manipulación con las manos sucias (diesel) puede dañar la máquina
- Su utilización de corriente no permite utilizar de forma manual.
- Costo de mantenimiento muy elevado.

Costo: $ 44.800,00

4.5.3 Banco comprobador de inyectores CARBON ZAPP CTU-1100

El banco CTU-1100 de Carbon Zapp permite el diagnóstico, prueba y limpieza de todo tipo de inyectores Diesel CRDI, electrónicos y mecánicos.

Figura 4.3 Banco Carbon Zapp CTU-1100

Fuente: DIESEL TECH CTU-1100e, Carbon Zapp International, pp. 1

Ventajas

- Diagnóstico del rendimiento de la operación mecánica
- Diagnóstico de la condición del bobinado eléctrico
- Medición de la cantidad de fuga de retorno
- Diagnóstico del rendimiento del patrón de rociado
- Comprobación de la presión correcta de abertura de la boquilla
- Fallas mecánicas en el servicio
- Depósitos limpios de carbón
- Reparación de inyectores obstruidos
- Reacondicionamiento de boquillas

Desventajas

- Limpieza diaria de las superficies del equipo y aquellas partes que hayan entrado en contacto con los líquidos
- Protección eléctrica del equipo (UPS).
- Costo de mantenimiento muy elevado.

Costo: $ 14.011,20

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La información presentada sobre el sistema de inyección CRDI, permitirá al lector comprender y familiarizarse con los diferentes componentes que integran este sistema de inyección; por lo tanto facilitará el entendimiento de su funcionamiento.

- Una vez que se analizó los costos para la construcción del banco de pruebas se encontró que el proyecto es factible y completamente ejecutable, debido a que el banco propuesto cumple con las principales pruebas de funcionamiento y de seguridad que otros existentes en el mercado.

- El banco de pruebas podrá comprobar y simular el funcionamiento de los dos tipos de inyectores diesel modernos Bosch, electromagnéticos y piezoeléctricos, y con conectores específicos de los inyectores Delphi, Denso y Siemens, también podrá trabajar sobre estos ya que su principio de funcionamiento es el mismo.

- El banco fue desarrollado considerando la comodidad y la seguridad de los usuarios. La disposición que presentan sus partes y componentes brindan comodidad de trabajo para acceder a ellos de manera fácil y rápida
- Se recomienda a la Escuela de Mecánica Automotriz adquirir un banco de pruebas para inyectores CRDI, para que los estudiantes de la carrera adquieran el conocimiento tanto teórico como práctico acerca de este nuevo sistema.

- Cuando se reemplaza un inyector por uno nuevo, este posee diferentes características al anterior que estuvo montado en el motor, por lo tanto se recomienda en algunos sistemas codificarlos en la ECM, indicando la ubicación del mismo mediante un escáner automotriz apropiado.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias bibliográficas:

- ALONSO, José Manuel, Motores, Grupo Editorial Thomson Paraninfo, Madrid, 2002.
- BOSCH GMBH, Robert, Técnica de gases de escape para motor Diesel, Serie amarilla, Stuttgart. 2005.
- CASTRO, Miguel, Gestión electrónica de la inyección diesel, Grupo Editorial CEAC, Madrid, 2002.
- CENTRO DE ESTUDIOS ELECTRONICOS, Curso completo de electrónica, Cuenca, 2007.
- GIL, Hermogenes, Sistemas electrónicos de la inyección diesel, Grupo Editorial CEAC, Madrid, 2002.
- GIL, Hermogenes, Sistemas de inyección diesel, Grupo Editorial CEAC, Barcelona, 2002.
- GIL, Hermogenes, Procesos de diagnosis en sistemas electrónicos de inyección diesel, Grupo Editorial CEAC, Madrid. 2002.
- GUARDIOLA, Carlos, Detección y compensación de irregularidades de inyección a través de la medida del régimen instantáneo del turbogrupo, Universidad Politécnica de Valencia, Barcelona, 2005.
- RUIZ ROSALES, Santiago; BERMUDEZ TAMARIT, Vicente; BROATCH JACOBI, Alberto, Práctica de motores de combustión, Grupo Editor Alfamomega, México, 2005.
- TECCA, Ricardo Alberto, Manual de técnicas de inyección: nafteros y diesel, Ediciones Técnicas RT, Buenos Aires, 2004.

Referencias electrónicas:

- El sistema de alimentación diesel, se encontró en: http://www.naikontuning.com/mecanica/alimentacion-diesel/bomb-inyc/, fue consultado el 10 de marzo del 2012.

- El sistema CRDI diesel, se encontró en: http://www.brighthubengineering.com/marine-engines-machinery/42648-common-rail-system-of-fuel-injection/, fue consultado el 12 de marzo del 2012.
- La historia del Common Rail, se encontró en: http://www.orgama.com.ar/commonrail.pdf, fue consultado el 14 de marzo del 2012.
- El sistema de alimentación Common Rail, se encontró en: http://www.thegeminigeek.com/what-is-a-crdi-engine, fue consultado el 18 de marzo del 2012.
- Los sensores y actuadores del sistema Common Rail, se encontró en: http://www.picoscope.com/Common-riel, fue consultado el 24 de marzo del 2012.
- Sensores y actuadores, se encontró en: http://www.picoauto.com/waveforms/, fue consultado el 25 de marzo del 2012.
- Inyección Common Rail, se encontró: http://www.scribd.com/doc/35933954/El-Sistema-de-Common/, fue consultado el 29 de marzo del 2012.
- Inyección directa Common Rail, se encontró en: http://www.diesauto.com.br/esp/?t=artigos/artigo11/, fue consultado el 4 abril del 2012,
- Motor diesel, se encontró en: http://www.microcaos.net/ocio/motor/el-motor-diesel-todo-sobre-motores-diesel/, fue consultado el 10 abril del 2012.
- Inyector piezoeléctrico, se encontró en: http://www.equipoautomotrizjavaz.com/datos_tecnicos/inyectores_piezoelectricos1.pdf, fue consultado el 18 de abril del 2012.

ANEXOS

Anexo 1: Proforma Banco comprobador de inyectores VNP MT-3000

Diego Vladimir López G. C-TRES (COMPLETE CAR CARE)
Telefonos:
Fijo: 593 2 2244605
Cel: 084-256177
Quito-Ecuador

C·tres COMPLETE CAR CARE

Factura Proforma: 12P00059 12/06/2012

Cliente: ANDRES GÓMEZ
CUENCA
CUENCA, (Ecuador)

Código	Descripción	Cant.	Precio	Dto.	Importe
038	Banco de pruebas CRDI VNP MT-3000	1	7589,29		$ 7589,29

Dto.	Base imponible	% IVA	IVA	% RE	RE	% IRPF	IRPF
	7589,29	12	910,71				

Total
$ 8.500,00

Forma pago:
C.C.C.:

Anexo 2: Proforma Banco comprobador de inyectores BOSCH EPS-200

BOSCH

Quito, 30 de Abril del 2012

Señor,
Sr Andrés Gómez
Cuenca

Ref.: **Oferta Equipos UNDERCAR**
Estimado Sr .Andres Gomez
Según lo solicitado, me permito presentarle la cotización de nuestros equipos

Cotización Equipos:

	Modelo	Descripción	P.V.P unit	P.V.P total
1	EPS-200	Comprobador de inyectores convencional y Common rail, tabla de calibración incorporada, presión hasta 1800 BAR	$ 40.000,00	$ 40.000,00
		Total	$ 40.000,00	$ 40.000,00
		IVA		$ 4.800,00
		Total a pagar		$ 44.800,00

Nota.– Cotización en USD válida por 30 días.
Condiciones de pago: Contado/ a convenir
Plazo de Entrega: inmediata
Garantía: 1 año

Atentamente

Diego Velastegui

Cordinador de Servicios- Equipos de Diagnóstico
Tecnova S.A.

TECNOVA
Tecnova | Guayaquil
Oficinas | Edificio Hamburgo Av. Las Monjas # 10 y Carlos Julio Arosemena | Conm.: + 593 (4) 220 4000 – 220 2688 | Fax: + 593 (4) 220 1473
Fábrica | Parque Industrial Pascuales km 16.5 vía a Daule | Conm.: + 593 (4) 600 5891 – 600 5892
Tecnova | Quito
Panamericana Norte Km 3 y Manuel Zambrano | Conm.: + 593 (2) 280 5295 | Fax: + 593 (2) 247 1235
www.grupoberlin.com
E-mail: ventas@bosch.com.ec

Anexo 3: Proforma Banco comprobador de inyectores CARBON ZAPP CTU-1100

GARNER

QUITO - GUAYAQUIL - CUENCA

Cuenca, 4 de MAYO del 2012

Señor(es):
ANDRES GOMEZ
Presente.-

De nuestra consideraciones:

Por medio de la presente GARNER ESPINOSA C.A. desea poner a su disposición la siguiente cotización, que detallamos a continuación:

Descripcion	Cantidad	V. Unitario	Descuento	V. Total
Banco Inyectores Common Rail y Convencionales	1	13900,00	10	12510,00

Subtotal:	12510,00
Valor IVA:	1501,20
TOTAL:	**14011,20**

TIEMPO DE ENTREGA: Inmediata mientras exista en stock disponible
FORMA DE PAGO: Contado
VALIDEZ DE OFERTA: 15 Dias
NOTA IMPORTANTE: Somos Contribuyentes Especiales – RUC: 1790537358001

Esperando tener el gusto de poderle servir de la mejor forma y en espera de su pronta respuesta, quedamos de Usted.

Muy Atentamente,

GARNER ESPINOSA C.A.

GARNER ESPINOSA C. A.
R.U.C. 1790537358001
Según resolución Nº 636 del 29/12/2005
somos contribuyentes especiales

LIDERES EN TECNOLOGIA Diesel

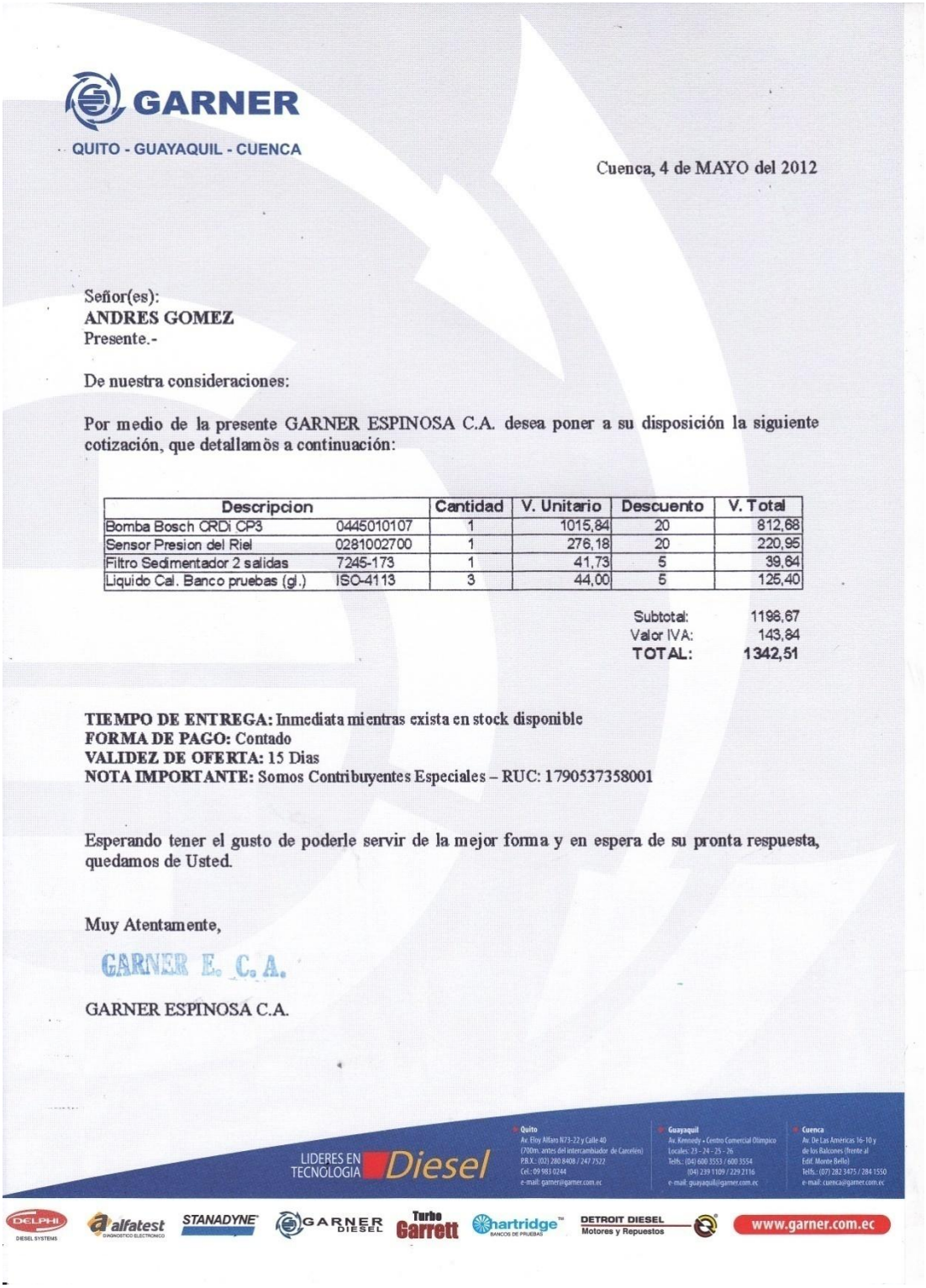
Quito
Av. Eloy Alfaro N23-22 y Calle 40
(700m. antes del intercambiador de Carcelén)
P.B.X.: (02) 280 8408 / 247 7522
Cel.: 09 983 0244
e-mail: garner@garner.com.ec

Guayaquil
Av. Kennedy • Centro Comercial Olímpico
Locales: 23 - 24 - 25 - 26
Telfs.: (04) 600 3553 / 600 3554
(04) 239 1109 / 229 2116
e-mail: guayaquil@garner.com.ec

Cuenca
Av. De Las Américas 16-10 y
de los Balcones (frente al
Edif. Monte Bello)
Telfs.: (07) 282 3475 / 284 1550
e-mail: cuenca@garner.com.ec

DELPHI DIESEL SYSTEMS · alfatest DIAGNOSTICO ELECTRONICO · STANADYNE · GARNER DIESEL · Turbo Garrett · hartridge BANCOS DE PRUEBAS · DETROIT DIESEL Motores y Repuestos · www.garner.com.ec

Anexo 4: Proforma de productos para construcción del banco, GARNER ESPINOSA C.A.



GARNER

QUITO - GUAYAQUIL - CUENCA

Cuenca, 4 de MAYO del 2012

Señor(es):
ANDRES GOMEZ
Presente.-

De nuestra consideraciones:

Por medio de la presente GARNER ESPINOSA C.A. desea poner a su disposición la siguiente cotización, que detallamos a continuación:

Descripcion		Cantidad	V. Unitario	Descuento	V. Total
Bomba Bosch CRDi CP3	0445010107	1	1015,84	20	812,68
Sensor Presion del Riel	0281002700	1	276,18	20	220,95
Filtro Sedimentador 2 salidas	7245-173	1	41,73	5	39,64
Liquido Cal. Banco pruebas (gl.)	ISO-4113	3	44,00	5	125,40

Subtotal:	1198,67
Valor IVA:	143,84
TOTAL:	**1342,51**

TIEMPO DE ENTREGA: Inmediata mientras exista en stock disponible
FORMA DE PAGO: Contado
VALIDEZ DE OFERTA: 15 Dias
NOTA IMPORTANTE: Somos Contribuyentes Especiales – RUC: 1790537358001

Esperando tener el gusto de poderle servir de la mejor forma y en espera de su pronta respuesta, quedamos de Usted.

Muy Atentamente,

GARNER E. C. A.

GARNER ESPINOSA C.A.

LIDERES EN TECNOLOGIA Diesel

Quito
Av. Eloy Alfaro N73-22 y Calle 40
(700m. antes del intercambiador de Carcelén)
P.B.X.: (02) 280 8408 / 247 7522
Cel.: 09 983 0244
e-mail: garner@garner.com.ec

Guayaquil
Av. Kennedy - Centro Comercial Olímpico
Locales: 23 - 24 - 25 - 26
Telfs.: (04) 600 3553 / 600 3554
(04) 239 1109 / 229 2116
e-mail: guayaquil@garner.com.ec

Cuenca
Av. De Las Américas 16-10 y
de los Balcones (frente al
Edif. Monte Bello)
Telfs.: (07) 282 3475 / 284 1550
e-mail: cuenca@garner.com.ec

DELPHI DIESEL SYSTEMS · alfatest DIAGNOSTICO ELECTRONICO · STANADYNE · GARNER DIESEL · Turbo Garrett · hartridge BANCOS DE PRUEBAS · DETROIT DIESEL Motores y Repuestos · www.garner.com.ec

Anexo 5: Proforma de productos para construcción del banco, MEGAHIERRO

MEGAHIERRO
True Value
START RIGHT. START HERE.
Home Center

MegaHierro Politécnica
Elia Liut y Calle Vieja
Telf: 2805807
Mail: servicio@megahierro.com

PROFORMA PF-0000001230

CLIENTE :
ATENCION : ANDRES GOMEZ
FAX :
CIUDAD :
FECHA : 15 de Mayo del 2012

DESCRIPCION	REF.	CANT.	P. Unit.	IVA	TOTAL
Motor eléctrico ALREN 3000rpm/15KW	A-15-3000	1	706,22	84,75	790,97
Manómetro de presión 1000 bar	MP530	1	249,68	29,96	279,64

FORMA PAGO : CONTADO
VALIDEZ OFERTA : 15 DIAS

ATENTAMENTE
SERVICIO CLIENTE
MEGAHIERRO POLITECNICA

Anexo 6: Proforma de productos para construcción del banco, IMPARTES S.A.

Impartes s.a.

Av. España 15-15
Teléfono 2865001
Fax: 2800836
impartes@impartes.com
CUENCA - ECUADOR

Factura Proforma

Señor:

Andrés Gómez
Ciudad

Orden:
Fecha: 14/05/12

Cantidad	Articulo	P. Unitario Sin IVA	12% IVA	P. Unitario Con IVA	PRECIO TOTAL
1	Riel de combustible CRDI (BT-50 2.5L)	321,02	38,52	359,54	359,54
				TOTAL EN DOLARES:	359,54

Forma de Pago: Contado
Validez de la oferta: 5 días

Muy Atentamente

Alfredo Cuzme
Asesor de Repuestos