



Universidad del Azuay
Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería Mecánica

**ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA
EN MOTORES FSI DE VOLKSWAGEN**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

AUTOR:

Henry Paul Collaguazo Tacuri

DIRECTOR:

Efrén Esteban Fernández Palomeque

Cuenca – Ecuador

2013

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por brindarme la oportunidad de estudiar y terminar esta carrera, a mi familia por guiarme y acompañarme de forma incondicional en cada etapa de mi vida, a la Universidad especialmente a nuestra facultad, y a todos los profesores que supieron transmitir sus conocimientos de la mejor manera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de figuras.....	ix
Índice de tablas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1

CAPITULO I: SISTEMA DE INYECCION DIRECTA DE GASOLINA

1.1 Analisis de los modos operativos del sistema FSI.....	2
1.2.1 Modo estratificado.....	3
1.2.1.1 Admisión en el modo estratificado.....	3
1.2.1.2 Inyección en el modo estratificado.....	5
1.2.1.3 Combustión en el modo estratificado.....	7
1.2.2 Modo homogéneo pobre.....	7
1.2.3 Modo homogéneo.....	9
1.2.3.1 Admisión en el modo homogéneo.....	9
1.2.3.2 Inyección en el modo homogéneo.....	10
1.2.3.3 Formación de la mezcla en el modo homogéneo.....	11
1.2.3.4 Combustión en el modo homogéneo.....	11
1.3 Determinación de las ventajas del sistema de inyección directa.....	12
1.3.1 Menor consumo de combustible y menor emisión de los gases de escape...12	12
1.3.2 Reducción del pago de impuestos para vehículos de bajas emisiones.....	12
1.3.3 Mayor relación de compresión.....	14
1.3.4 Alta recirculación de los gases de escape.....	14

1.3.5 Trabaja con un valor lambda comprendido entre 1,55 y 3.....	15
1.3.6 Aumento del régimen térmico.....	16
1.3.7 Se protegen las reservas de materias primas no renovables.....	17
1.4 Funcionamiento de la gestion electronica del sistema	17
1.4.1 La unidad de control electrónica ECU	20
1.4.1.1 Funcionamiento de la ECU	20

CAPITULO II: ANALISIS DE LOS SUBSISTEMAS

2.1 Subsistema de admision	22
2.1.1 Chapaletas en el colector de admisión.....	23
2.1.1.1 Potenciómetro para chapaleta en el colector admisión	24
2.1.1.2 Electroválvula para chapaleta en el colector de admisión.....	24
2.1.1.3 Análisis de la conmutación de las chapaletas.....	25
2.1.2 Unidad de mando de la mariposa.....	26
2.1.2.1 Motor de corriente continúa del TAC	28
2.1.2.2 Comprobación del motor de corriente directa.....	29
2.1.2.3 Comprobación de los TPS del TAC.....	30
2.1.2.4 Análisis del actuador de control de la mariposa.....	31
2.1.3 Sensor de presión de servo freno	31
2.1.3.1 Análisis del sensor de presión del servo freno	32
2.1.4 Medidor de masa de aire con sensor de temperatura de aire aspirado	32
2.1.4.1 Análisis del medidor de masa de aire con sensor de temperatura.....	35
2.1.5 Sensor de presión en el colector de admisión	36
2.1.5.1 Análisisdel sensor de presión	37
2.1.6 Válvula para recirculación de los gases de escape.....	37
2.1.6.1 Análisis de la válvula para recirculación de los gases de escape.....	39
2.1.7 Deposito de carbón activo.....	40

2.1.7.1	Análisis del depósito de carbón activo.....	41
2.2	Subsistema de combustible	41
2.2.1	Circuito de baja presión	42
2.2.1.1	Partes constitutivas del circuito de baja presión	43
2.2.1.2	Depósito de combustible	43
2.2.1.3	Electrobomba de combustible	43
2.2.1.4	Filtro de combustible	44
2.2.1.5	Válvula de dosificación de combustible	45
2.2.1.6	Regulador de presión	45
2.2.1.7	Análisis del circuito de baja presión de combustible	46
2.2.2	Circuito de alta presión	47
2.2.2.1	Componentes del circuito de alta presión	47
2.2.2.2	Bomba de alta presión.....	47
2.2.2.3	Funcionamiento de la bomba de un cilindro	49
2.2.2.3.1	Aspiración de la bomba de un cilindro	49
2.2.2.3.2	Retorno de combustible de la bomba de un cilindro.....	50
2.2.2.3.3	Impulsión de combustible de la bomba de un cilindro	51
2.2.2.4	Funcionamiento de la bomba de tres cilindros.....	51
2.2.2.4.1	Carrera de aspiración de la bomba de tres cilindros	52
2.2.2.4.2	Carrera impelente de la bomba de tres cilindros.....	53
2.2.2.5	Tubo de combustible de alta presión.....	53
2.2.2.6	Distribuidor de combustible (Riel común).....	53
2.2.2.7	Sensor de presión de combustible	54
2.2.2.7.1	Comprobación del sensor de presión de combustible.....	54
2.2.2.8	Válvula reguladora de presión de combustible	55
2.2.2.9	Inyectores	56
2.2.2.9.1	Análisis del circuito de alta presión de combustible.....	58

2.2.2.10 Nueva version del subsistema de combustible.....	59
2.2.2.10.1 Unidad de control para electrobomba de combustible.....	59
2.2.2.10.1.1 Circuito eléctrico de la unidad de control de la electrobomba.....	60
2.2.2.10.1.2 Filtro de combustible con válvula limitadora de presión.....	60
2.2.2.10.1.3 Sensor de presión para el circuito de baja presión.....	62
2.2.2.10.1.4 Válvula reguladora de presión incorporada en la bomba de un cilindro.....	63
2.2.2.10.1.5 Análisis de la nueva versión del subsistema de combustible.....	63
2.3 Subsistema de encendido.....	63
2.3.1 Señales de entrada a la ECU para determinar el momento de encendido.....	64
2.3.2 Sensor de posición del acelerador.....	64
2.3.2.1 Comprobación del pedal del acelerador electrónico.....	65
2.3.3 Bobinas de encendido de chispa única.....	66
2.3.4 Análisis del subsistema de encendido.....	66
2.4 Subsistema de escape.....	67
2.4.1 Refrigeración del colector de escape.....	67
2.4.1.1 Análisis de la refrigeración del colector de escape.....	68
2.4.2 Catalizador de tres vías.....	68
2.4.2.1 Análisis del catalizador de tres vías.....	69
2.4.3 Sonda lambda de banda ancha.....	69
2.4.3.1 Análisis de la sonda lambda de banda ancha.....	69
2.4.4 Sensor de temperatura de los gases de escape.....	70
2.4.4.1 Análisis del sensor de temperatura de los gases de escape.....	71
2.4.5 Tubo de escape de tres caudales.....	71
2.4.5.1 Análisis del tubo de escape de tres caudales.....	71

CAPITULO III: PROCESO DE REGENERACION DE OXIDOS NITRICOS

3.1 Analisis de la generacion de los NOx.....	72
3.2 Fundamentos químicos para aplicar la tecnología de Volkswagen.....	73
3.2.1 Fundamentos quimicos aplicados en el catalizador-acumulador.....	74
3.2.1.1 Almacenamiento de los NOx.....	74

3.2.1.2 Desacumulacion del catalizador-acumulador	75
3.2.1.3 Regeneración de los NOx.....	75
3.2.2 Fundamentos químicos aplicados en el sensor de NOx	75
3.3 Interpretar los avances tecnológicos de la marca.....	76
3.3.1 Catalizador acumulador de NOx.....	76
3.3.2 Sensor de NOx	77
3.3.3 Unidad de control para oxidos nitricos	78
3.4 Regeneracion de los oxidos nitricos.....	79
3.5 Análisis de la utilización de los motores GDI en nuestro país.....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFIA	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modos operativos del motor de inyección directa de gasolina.....	2
Figura 1.2. Admisión en el modo estratificado	4
Figura 1.3 Flujo de aire	4
Figura 1.4. Inyección 1/3 antes del PMS	5
Figura 1.5. Inyección hacia el rebaje del pistón.....	6
Figura 1.6. Mezcla de combustible y aire.	6
Figura 1.7 Margen para la mezcla.....	6
Figura 1.8 Margen para la combustión	7
Figura 1.9 Admisión en el modo homogéneo pobre	8
Figura 1.10 Inyección de combustible	8
Figura 1.11 Mezcla homogénea pobre	8
Figura 1.12 Encendido	9
Figura 1.13 Admisión en el modo homogéneo	10
Figura 1.14 Inyección de combustible en el modo homogéneo.....	10
Figura 1.15 Formación de la mezcla.....	11
Figura 1.16 Combustión de la mezcla.....	11
Figura 1.17 Medidas para reducir el consumo de combustible.....	12
Figura 1.18 Inyección de combustible en la admisión.....	14
Figura 1.19 Recirculación de los gases de escape en el modo homogéneo	15
Figura 1.20 Apertura de la mariposa casi totalmente abierta.....	16
Figura 1.21 Combustión próxima a la bujía.....	16
Figura 1.22 Reservas de petróleo	17
Figura 1.23 Gestión electrónica	19
Figura 1.24 Estructura interna de la ECU	20
Figura 1.25 Etapas de la ECU	21
Figura 2.1 Subsistema de admisión.....	23
Figura 2.2 Circuito de la depresión para las chapaletas	23
Figura 2.3 Potenciómetro para chapaletas	24
Figura 2.4 Electroválvula para chapaletas	25
Figura 2.5 Conexión de la TAC con la ECU	27

Figura 2.6 Señal de los potenciómetros	27
Figura 2.7 Engranajes para el comando de la mariposa.....	28
Figura 2.8 Estructura del TAC	28
Figura 2.9 Comprobación del motor de corriente directa sobre el TAC.....	29
Figura 2.10 Tipos de polaridad para el giro de la mariposa.....	29
Figura 2.11 Polaridad en el motor del TAC	30
Figura 2.12 Procedimiento de verificación del TPS	30
Figura 2.13 Sensor de presión para amplificación del servo freno	32
Figura 2.14 Sensor de masa de aire con sensor de temperatura de aire	32
Figura 2.15 Detección del aire aspirado.....	33
Figura 2.16 Estructura interna del sensor MAF.....	34
Figura 2.17 Elemento sensor.....	34
Figura 2.18 Circuito eléctrico entre el sensor MAF y la ECU.....	35
Figura 2.19 Sensor VAF	35
Figura 2.20 Sensor Karman vórtex	36
Figura 2.21 Comprobación del sensor de presión.....	37
Figura 2.22 Recirculación de los gases de escape.....	38
Figura 2.23 Válvula EGR.....	39
Figura 2.24 Efectos de la válvula EGR en los motores diesel y gasolina.....	39
Figura 2.25 Sistema de carbón activo	41
Figura 2.26 Subsistema de combustible.....	42
Figura 2.27 Electrobomba.....	43
Figura 2.28 Filtro de combustible	44
Figura 2.29 Válvula dosificadora de combustible.....	45
Figura 2.30 Regulador de presión	46
Figura 2.31 Bomba de alta presión	47
Figura 2.32 Modos de accionamiento de la bomba.....	48
Figura 2.33 Tipos de bomba de alta presión	48
Figura 2.34 Constitución de la bomba de un cilindro	49

Figura 2.35 Aspiración de la bomba de un cilindro	50
Figura 2.36 Retorno de la bomba de un cilindro.....	50
Figura 2.37 Impulsión de la bomba de un cilindro	51
Figura 2.38 Componentes de la bomba de tres cilindros	52
Figura 2.39 Aspiración de la bomba de tres cilindros.....	52
Figura 2.40 Carrera impelente de la bomba de tres cilindros	53
Figura 2.41 Riel común.....	54
Figura 2.42 Sensor de alta presión	54
Figura 2.43 Comprobación del sensor de alta.....	55
Figura 2.44 Válvula reguladora de presión	56
Figura 2.45 Inyectores.....	56
Figura 2.46 Estructura interna de los inyectores	57
Figura 2.47 Curva del inyector.....	58
Figura 2.48 Unidad de control de la electrobomba	60
Figura 2.49 Circuito de la unidad de control de la electrobomba	61
Figura 2.50 Filtro con válvula limitadora de presión.....	62
Figura 2.51 Sensor de baja presión	62
Figura 2.52 Subsistema de encendido.....	64
Figura 2.53 Conexión del acelerador electrónico con potenciómetros	65
Figura 2.54 Conexión del sensor del pedal del acelerador con la ECU	65
Figura 2.55 Bobina de chispa única	66
Figura 2.56 Subsistema de escape.....	67
Figura 2.57 Refrigeración del colector de escape	68
Figura 2.58 Catalizador de tres vías.....	69
Figura 2.59 Sonda lambda de banda ancha.....	69
Figura 2.60 Sensor e temperatura de los gases de escape	70
Figura 2.61 Funcionamiento interno del sensor de temperatura	70
Figura 2.62 Tubo de escape de tres caudales	71
Figura 3.1 Acumulación de los NOx	74

Figura 3.2 Regeneración de los NO _x	75
Figura 3.3 Catalizador acumulador	77
Figura 3.4 Determinación del factor lambda.....	77
Figura 3.5 Determinación de los óxidosnitrícos	78
Figura 3.6 Unidad de control para sensor NO _x	78
Figura 3.7 Regeneración de los óxidosnitrícos	79
Figura 3.8 Regeneración del azufre	80
Figura 3.9 Cantidad de azufre en los combustibles sin plomo.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valor de la imposición específica según el cilindraje.....	13
Tabla 2 Valor del factor de ajuste según la antigüedad.....	13
Tabla 3 Tipos de bombas de alta presión para inyección directa de gasolina	58

Barros
04/10/13

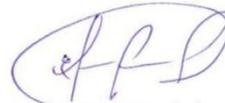
RESUMEN

Este trabajo de graduación se basó en realizar el análisis del sistema de inyección directa de gasolina FSI utilizado en los vehículos de marca Volkswagen, para esto se consideró los siguientes aspectos como son la constitución y funcionamiento del subsistema de admisión, de combustible, de encendido y de escape, con lo cual, se analizaron las diferentes modificaciones con respecto a los nuevos sensores y actuadores que utilizan este tipo de motores. También se realizó la investigación de los métodos de regeneración tanto de los gases contaminantes convencionales como del óxido nítrico y el azufre. Finalmente se determinó que no existe la posibilidad de utilización de este tipo de motores en nuestro país debido a la alta cantidad de azufre contenido en el combustible que es de 250 partes por millón.

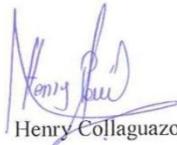
Palabras clave: FSI, Volkswagen, funcionamiento homogéneo, funcionamiento estratificado, inyección directa de gasolina, regeneración de azufre.



Ing. Mauricio Barros.
Presidente de la junta.



Ing. Efrén Fernández.
Director de la tesis.



Henry Collaguazo.

Estudiante.

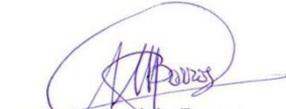
Barros
14/10/13

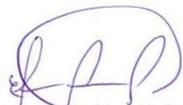
ABSTRACT

This graduation work was focused on performing the analysis of the FSI gasoline direct injection system used in Volkswagen vehicles; for this, the following aspects such as the establishment and operation of the admission, fuel, ignition and exhaust subsystem were considered. With this information, we analyzed the different modifications with respect to the new sensors and actuators that these engines use.

Also we conducted the research on regeneration methods both for the conventional pollutant gases as well as for the nitric oxide and sulfur. Finally, we determined that there is no possibility of using this type of engines in our country due to the high amount of sulfur in the fuel that is 250 parts per million

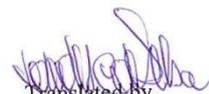
Keywords: FSI, Volkswagen, homogeneous operation, stratified operation, fuel direct injection, regeneration of sulfur.


Ing. Mauricio Barros
PRESIDENT OF THE BOARD


Ing. Efrén Fernández
THESIS DIRECTOR


Henry Collaguazo
STUDENT




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Collaguazo Tacuri Henry Paul

Ing. Efrén Fernández

Trabajo de graduación

Octubre 2013

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA EN MOTORES FSI DE VOLKSWAGEN

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de inyección directa de gasolina se han desarrollado desde hace algunos años, pero no se habían empleado por las limitaciones de tecnología y por los elevados costos que representaba su construcción, sin embargo, debido a las exigencias de vehículos que ofrezcan mayor potencia y par motor, pero que cumplan con las normativas de menor contaminación se hace necesaria su construcción, por lo cual, la industria automotriz está implementando este sistema teniendo a Volkswagen como uno de sus pioneros, el objetivo del presente trabajo es obtener el conocimiento teórico del funcionamiento y las características de cada una de las partes que componen el sistema de inyección directa, con lo cual, se podrá entender cómo actúa el sistema en los diferentes modos de operación para enviar el combustible a elevada presión al interior del cilindro y reducir de esta forma el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Con la investigación de los subsistemas de admisión, de combustible, de encendido y de escape se podrán determinar las modificaciones, el funcionamiento de sus partes y su posicionamiento en el vehículo, con el fin de obtener el conocimiento del funcionamiento de este sistema. Los constructores automotrices Volkswagen están implementando esta tecnología en los motores del Golf, del Polo, del Passat, del Touran y del Bora con distintas potencias que van desde los 63 KW hasta los 110KW. Pero tiene previsto reformar todos los motores de gasolina a la versión de inyección directa.

CAPITULO I

SISTEMA DE INYECCION DIRECTA DE GASOLINA

1.1. Análisis de los modos operativos del sistema FSI

En la inyección directa de gasolina son posibles varios modos de funcionamiento, cuando el motor enciende y se pone en marcha se utiliza el modo de funcionamiento estratificado debido a que se produce a bajas revoluciones, al aumentar los regímenes el motor experimenta un modo de transición llamado homogéneo pobre y es el que le abre paso al modo homogéneo que es el que se produce a elevados regímenes. Cada uno de los modos de funcionamiento tiene sus particularidades con respecto al consumo y a las emisiones de gases contaminantes.

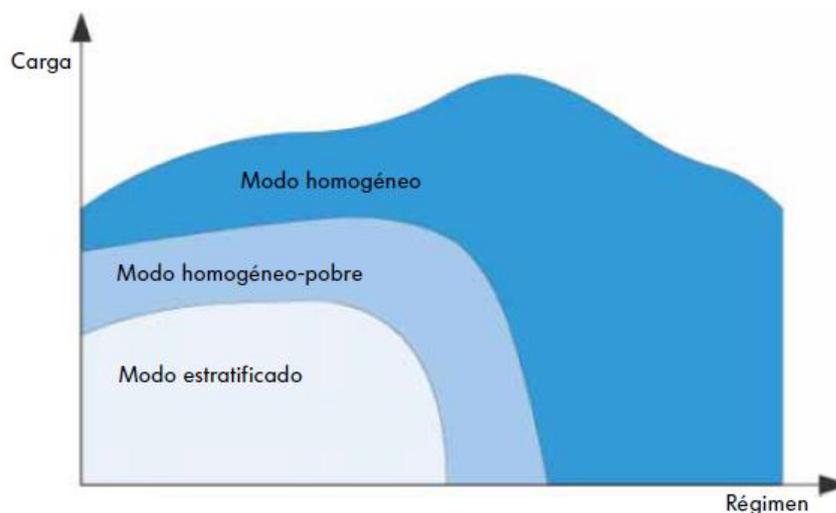


Fig. 1.1 Modos operativos del motor de inyección directa de gasolina.

Fuente:

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/090_iny_directa_gasolina.pdf

1.2.1 Modo estratificado

Este modo es determinado por la unidad de control del motor (E.C.U.) al identificar que se cumplen con ciertas condiciones importantes como:

- ✓ *“El motor se encuentra en los regímenes medios de carga y revoluciones.*
- ✓ *En el sistema no existe ningún fallo de relevancia para los gases de escape.*

- ✓ *La temperatura del líquido refrigerante supera los 50⁰C.*
- ✓ *El sensor de NOx está dispuesto para el funcionamiento.*
- ✓ *La temperatura del catalizador – acumulador de NOx se halla entre los 250 y 500⁰C.*¹

La estratificación de la mezcla garantiza una disminución en el consumo y en las emisiones de gases contaminantes, debido a que realiza una sola inyección en el cilindro en la fase de compresión, como también, la cámara de combustión permite que el motor trabaje con una mezcla de aire-combustible total de aproximadamente 1,6 hasta 3.

“El beneficio del mejor rendimiento de la mezcla estratificada pobre se ve en parte contrarrestado por la formación de hollín en las zonas ricas y de NOx en las zonas de transición de dosado rico a pobre, problema que es característico de las mezclas estratificadas”²

El funcionamiento del motor con carga estratificada es limitado debido a que a elevados regímenes de alrededor de las 3000 rpm se elevan también las emisiones de NOx y hollín, como también, no hay tiempo suficiente para la formación de la mezcla. Al contrario, cuando el motor funciona a muy bajas revoluciones el catalizador acumulador no funcionará adecuadamente debido a que la temperatura será muy reducida.

1.2.1.1 Admisión en el modo estratificado

Una vez adoptado el modo de funcionamiento estratificado, la unidad de mando actúa sobre el motor de mariposa para poder permitir así la entrada de aire sin estrangulamiento, sin embargo, no es posible abrir al máximo la válvula de mariposa por que debe existir siempre una cierta depresión para el canister y la válvula EGR.

La chapaleta en el colector de admisión abre el conducto superior de la culata para que el aire de admisión se acelere y con ayuda del rebaje que tiene la estructura de la cabeza del pistón se intensifique el flujo hacia la parte superior de la cámara de combustión.

¹http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

²Payri F.; *Motores de combustión interna alternativos*; REVERTÉ 2011; Pg. 490.

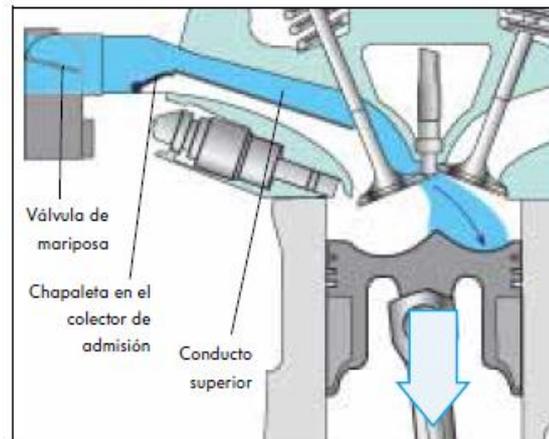


Fig. 1.2 Admisión en el modo estratificado.

<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

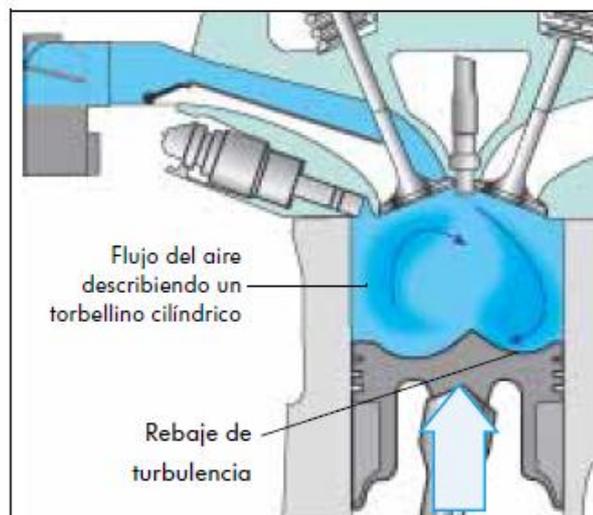


Fig. 1.3 Flujo del aire.

<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

1.2.1.2 Inyección en el modo estratificado

“La inyección se realiza en el último tercio del ciclo de compresión. Comienza unos 60° y finaliza unos 45° antes del punto muerto superior (P.M.S.) de encendido.”³

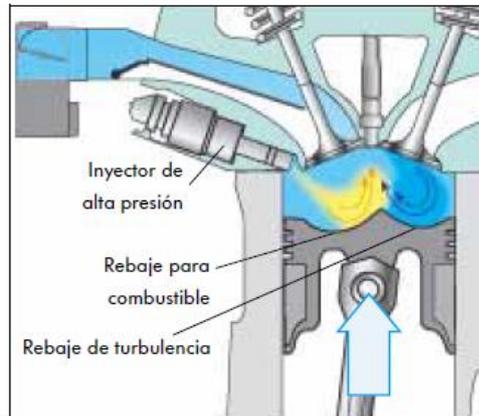


Fig. 1.4 inyección 1/3 antes del P.M.S.

<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

Los vehículos de inyección directa de gasolina no se construyeron en serie en la antigüedad por las limitaciones tecnológicas que existían para realizar la sincronización de los tiempos de inyección debido a que debían ser precisos. Para que se produzca la inyección de gasolina en el momento adecuado y éste se mezcle con el torbellino de aire que se encuentra en el interior del cilindro, se debe determinar el momento justo para la inyección.

La inyección se produce cuando el pistón está ascendiendo al PMS en la fase de compresión, el combustible se mezcla con el aire gracias a las cavidades que tiene el pistón, como también, garantizan que la mezcla rica en combustible se posicione en las cercanías de la bujía. La pulverización y propagación del combustible es idónea por la geometría que tiene el pistón.

³http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

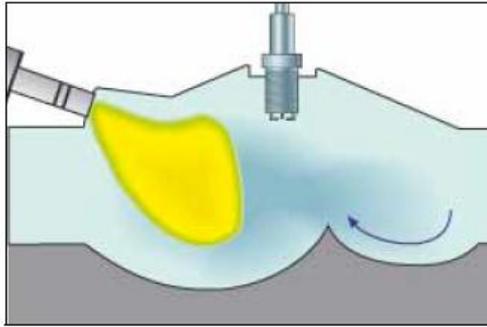


Fig. 1.5 Inyección hacia el rebaje del pistón.

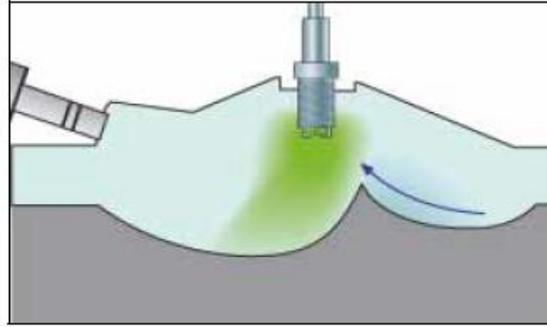


Fig. 1.6 Mezcla del combustible con el aire.

Fuente Fig. 13 y 14: <http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

“Para la formación de la mezcla en el modo estratificado solamente se dispone de un ángulo de cigüeñal de 40° a 50°.”⁴

Este tiempo es importante para garantizar una buena mezcla de combustible con el aire aspirado, si el ángulo del cigüeñal es más corto para la formación de la mezcla entonces ésta no se inflamará de forma adecuada. Por esta razón en el modo estratificado la mezcla rica en combustible es dirigida hacia la bujía por medio de las cavidades que tiene el pistón, además esta mezcla, está rodeada de aire y de gases recirculados provenientes del sistema de admisión y escape para disminuir las pérdidas de calor al sistema de refrigeración del motor.

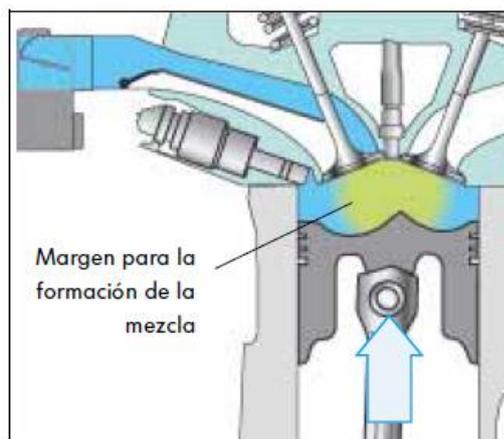


Fig. 1.7 Margen para la mezcla.

<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

⁴<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

1.2.1.3 Combustión en el modo estratificado

Al final de la compresión la mezcla se encuentra en las cercanías de la bujía y es en este momento en que se produce el encendido. Durante esta operación solo se inflama la mezcla rica en combustible, mientras que los gases restantes provenientes de la recirculación de los gases de escape actúan como una capa aislante aumentando el rendimiento térmico del motor.

“El momento de encendido se realiza dentro de una estrecha ventana angular del cigüeñal, debido al final tardío de la inyección y al tiempo que transcurre para la formación de la mezcla al final del ciclo de compresión.”⁵

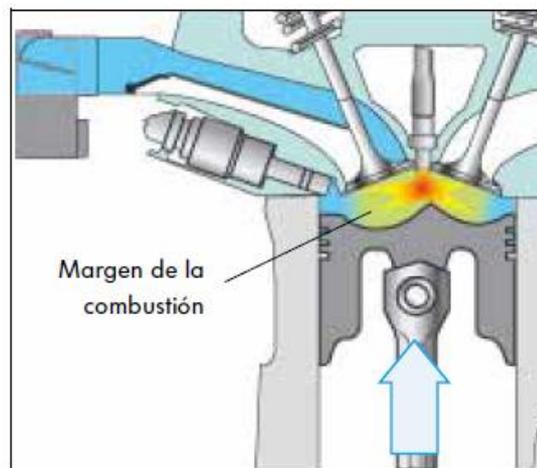


Fig. 1.8 Margen para la combustión.

<http://es.scribd.com/doc/53188165/Vw-253-Inyeccion-Directa-de-Gasolina-Con-Bosch-Motronic-Med-7>

1.2.2 Modo homogéneo-pobre

“Para grados de carga y regímenes más bajos, es más ventajoso que el motor trabaje con mezcla progresivamente más pobre, para tener los beneficios de mejor rendimiento y menor producción de gases contaminantes (CO, HC, NOx).”⁶

En la fase de admisión al igual que en el modo estratificado la ECU acciona la válvula de mariposa para disminuir la estrangulación de tal forma que permita el

⁵http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automacion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

⁶PAYRI F. DESANTES J. M. Motores de combustión interna alternativos. España. REVERTÉ. 2011. Pg. 487.

paso de la mayor masa de aire al interior del cilindro, de igual forma, la chapaleta esta accionada aumentando el flujo del aire.

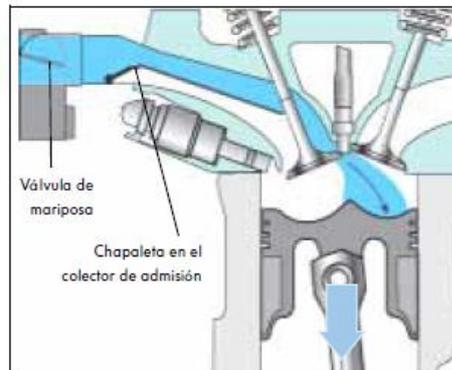


Fig. 1.9 Admisión en el modo homogéneo-pobre.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

El motor GDI trabaja en este modo durante la transición del modo estratificado a modo homogéneo, la mezcla pobre de combustible se encuentra distribuida de manera homogénea en todo el cilindro debido a que el combustible es inyectado en el ciclo de admisión a unos 60° DPMS, y es por ello, que tiene mayor tiempo para realizar la mezcla hasta el momento del encendido.

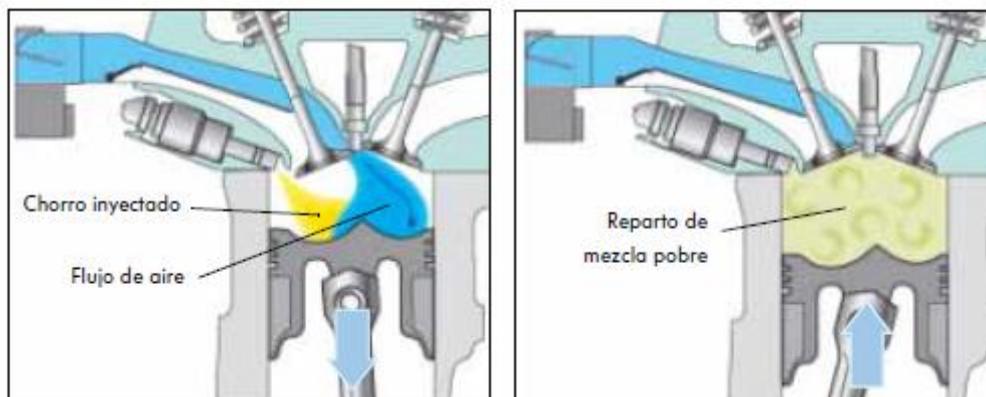


Fig. 1.10 inyección de combustible.

Fig. 1.11 Mezcla homogénea-pobre.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

Durante el modo homogéneo pobre se produce una inyección en la fase de admisión con el fin de homogenizar la mezcla y garantizar la combustión del combustible en toda la cámara. La ECU determina un factor lambda comprendido entre 1,55 que es la adecuada para lograr consumos mínimos y emisiones mínimas de contaminantes.

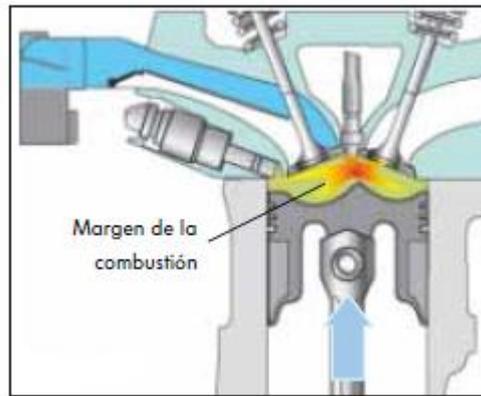


Fig.1.12 Encendido.

<http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>

1.2.3 Modo homogéneo

Cuando el conductor eleva los regímenes y la carga, el motor conmuta al modo homogéneo, el funcionamiento de un motor con modo homogéneo es similar al de un motor con la inyección indirecta en el colector de admisión, con la gran diferencia de que la inyección se realiza directamente en el interior del cilindro. La relación del aire con el combustible en este modo operativo es de $\lambda = 1$, por lo cual, el par motor estará determinado por la ECU ya que ésta determina el momento de encendido y la cantidad de combustible a inyectar en función de la masa de aire aspirada.

1.2.3.1 Admisión en el modo homogéneo

La unidad de control del motor (E.C.U.) controla la apertura de la válvula de mariposa en función de la posición del acelerador, La chapaleta en el colector de admisión se encuentra cerrada o abierta dependiendo de los regímenes de funcionamiento del motor dentro del modo homogéneo.

Cuando el motor conmuta al modo homogéneo se mantiene cerrada la chapaleta haciendo que el aire aspirado fluya describiendo un torbellino cilíndrico al interior del cilindro, lo cual beneficia a la formación de la mezcla. Al aumentar aún más los

regímenes el motor necesita mayor masa de aire por lo que la chapaleta abre el conducto inferior del múltiple de admisión.

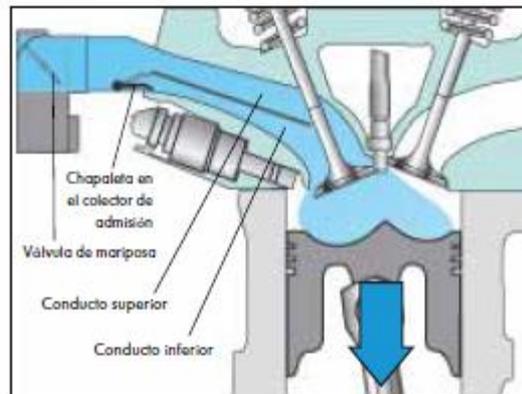


Fig. 1.13 Admisión en el modo homogéneo.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

1.2.3.2 Inyección en el modo homogéneo

La formación de la mezcla se produce durante el ciclo de admisión y compresión debido a que la inyección se realiza a los 60° DPMS de admisión, El combustible inyectado extrae el calor del aire de admisión, por lo cual, este aire se enfría y posibilita el aumento de la relación de compresión sin que se produzcan combustiones detonantes, con lo cual también aumenta la presión final y el rendimiento térmico del motor.

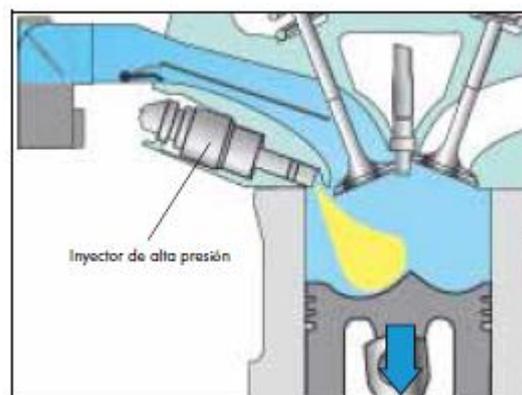


Fig. 1.14 Inyección de combustible en el modo homogéneo.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

1.2.3.3 Formación de la mezcla en el modo homogéneo

Debido a que la inyección se realiza en el ciclo de admisión hay bastante tiempo para garantizar la formación de una mezcla homogénea, la cual se forma con el combustible inyectado y el aire aspirado. Aprovechando el movimiento intenso de la carga se realiza la recirculación de los gases de escape para disminuir la temperatura de la combustión y reducir las emisiones contaminantes.

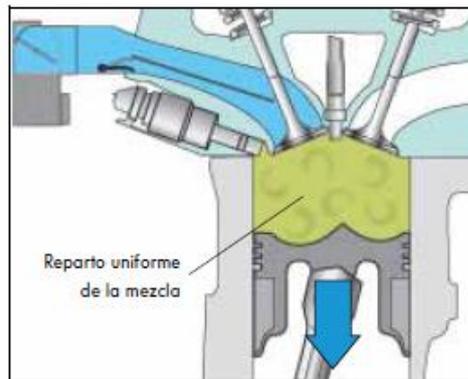


Fig.1. 15 Formación de la mezcla.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

1.2.3.4 Combustión en el modo homogéneo

La combustión en el modo homogéneo se produce en toda la cámara de combustión al final de la fase de compresión, el momento de encendido es determinado por la ECU ya que debe ser calculado de forma exacta antes de comandar a las bobinas de chispa única para provocar el chispazo en las bujías.

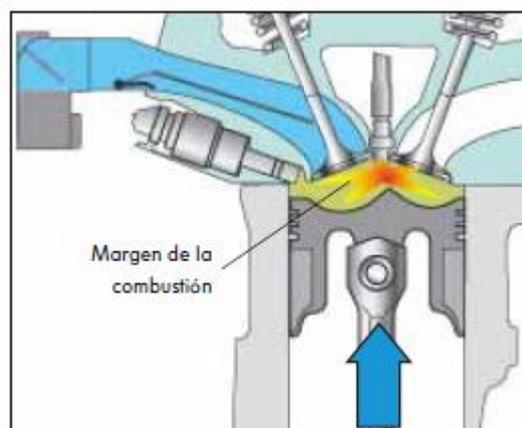


Fig. 1.16 Combustión de la mezcla.

<http://ebookbrowse.com/53188165-vw-253-inyeccion-directa-de-gasolina-con-bosch-motronic-med-7-pdf-d452348461>

1.3 Determinación de las ventajas del sistema de inyección directa

Los motores de inyección directa de gasolina tienen las siguientes ventajas:

1.3.1 Menor consumo de combustible y menores emisiones de gases de escape.

Debido a las exigencias ambientales se hace necesario el uso de los motores GDI (Inyección directa de gasolina) que son los que ofrecen una reducción en el consumo de combustible, el cual, está alrededor del 20% que se alcanza al realizar la inyección del combustible directamente en el interior del cilindro y al utilizar nuevos componentes en el subsistema de escape para la regeneración de los gases de escape.

En el gráfico se muestran las medidas que permiten reducir el consumo de combustible.

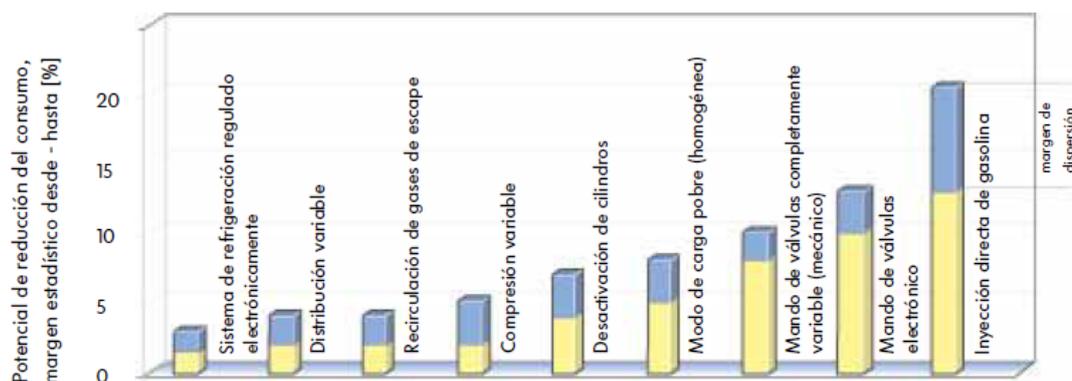


Fig. 1.17 Medidas para reducir el consumo de combustible.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

1.3.2 Reducción del pago de impuestos para vehículos de bajas emisiones de escape.

En el Ecuador el impuesto verde es cobrado de acuerdo con el cilindraje y el año de fabricación del vehículo, cobrando un mayor valor a los vehículos nuevos que tienen un cilindraje mayor de 1500 cc (centímetros cúbicos). En los países como España y Colombia se está realizando el cobro de este impuesto de acuerdo al índice de emisiones de CO_2 por kilómetro, como también de la cilindrada y el año de fabricación.

El cálculo del impuesto ambiental a la contaminación vehicular en el Ecuador se realiza utilizando la siguiente formula:

$$IACV = [(b - 1500) t] (1 + FA)$$

Dónde:

No.	Tramo cilindraje - Automóviles y motocicletas (b)*	\$ / cc. (t)*
1	Menor a 1.500 cc	0.00
2	1.501 - 2.000 cc	0.08
3	2.001 - 2500 cc	0.09
4	2.501 - 3.000 cc	0.11
5	3.001 - 3.500 cc	0.12
6	3.501 - 4.000 cc	0.24
7	Más de 4.000 cc	0.35

*b= base imponible (cilindraje en centímetros cúbicos)

*t= valor de imposición específica

Tabla 1 Valores de "t" según el cilindraje

<http://www.sri.gob.ec/web/guest/475>

No.	Tramo de Antigüedad (años) - Automóviles	Factor (FA)
1	Menor a 5 años	0%
2	De 5 a 10 años	5%
3	De 11 a 15 años	10%
4	De 16 a 20 años	15%
5	Mayor a 20 años	20%
6	Híbridos	-20%

*FA= Factor de ajuste

Tabla 2 Valores de "FA" según la antigüedad.

<http://www.sri.gob.ec/web/guest/475>

Ejemplo: Comprobaremos que el pago del impuesto ambiental a la contaminación vehicular es cero debido a que es menor a los 1500cc.

Cilindraje del vehículo: 1200 CC.

Año del modelo: 1975

Vehículo regular.

$$IACV = [(b - 1500)t] (1 + FA)$$

$$IACV = [1200 - 1500]0 (1 + 0,2)$$

$$IACV = 1,2$$

Con el descuento del 80% por disposición transitoria el $IACV = 0$

1.3.3 Mayor relación de compresión

La relación de compresión es la que determina la eficiencia del motor, por lo cual, el motor GDI aprovecha la refrigeración del aire de admisión que se produce por la inyección del combustible para aumentar la compresión, de esta forma el motor mejora su rendimiento térmico sin que se produzca el picado o el encendido espontáneo.

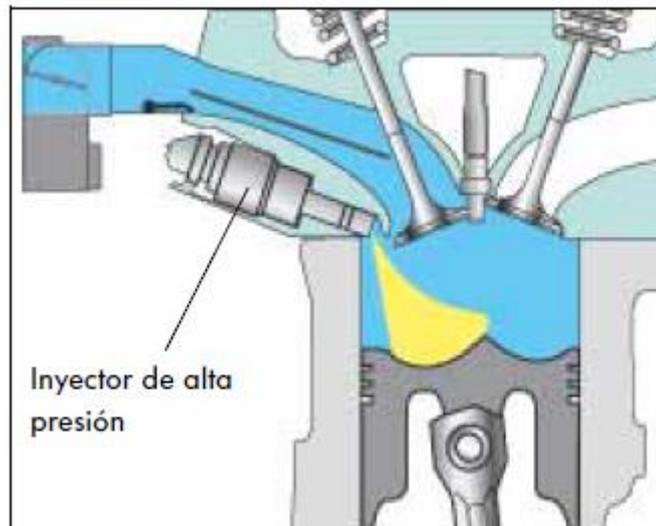


Fig. 1.18 Inyección de combustible en la admisión.

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_dir ecta_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

1.3.4 Alta recirculación de los gases de escape en el modo homogéneo

En este modo existe mayor tiempo para la formación de una mezcla homogénea debido al movimiento intenso de la carga que se produce por las cavidades en el pistón, el cual, facilita la recirculación de los gases de escape los cuales servirán para

reducir la temperatura de la combustión y disminuir de esta forma la formación de los óxidos nítricos. Se recircula del 25% al 35% del total de los gases aspirados.

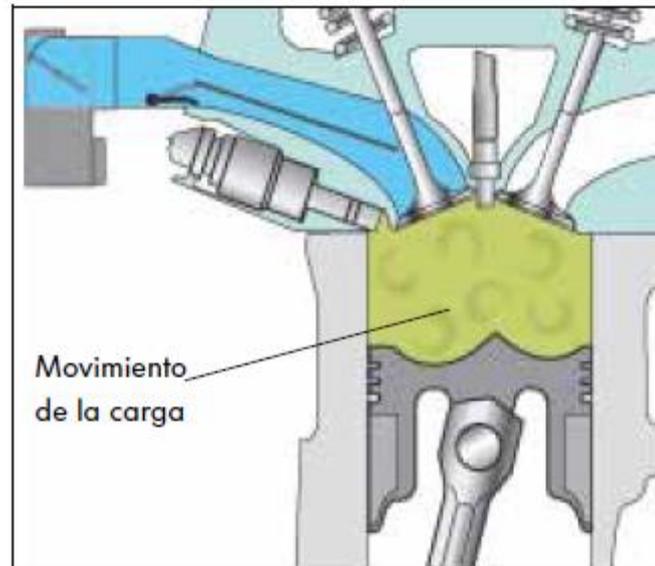


Fig. 1.19 Recirculación de los gases de escape en modo homogéneo.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

1.3.5 Trabaja con un valor lambda comprendido entre 1,55 y 3

Estos valores son los correspondientes a los de una mezcla pobre, es decir, que tiene mayor contenido de aire que de gasolina por lo cual el motor necesita abrir más la válvula de mariposa con el fin de ofrecer una menor resistencia al paso de aire. El motor de inyección directa trabaja con mezcla pobre en los modos estratificado y homogéneo pobre.

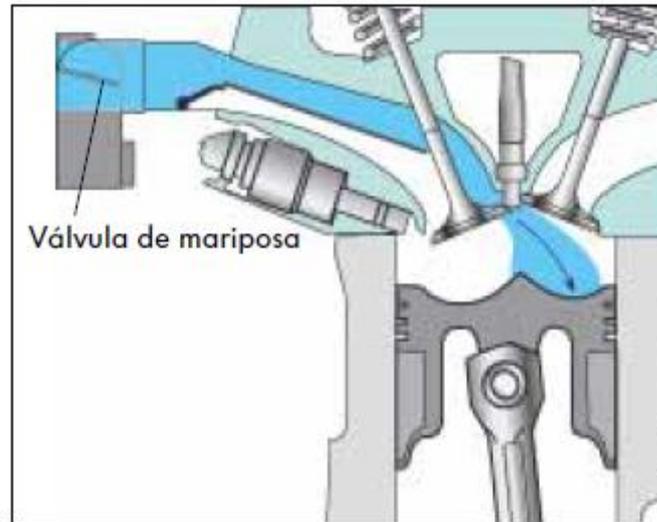


Fig. 1.20 Apertura de la mariposa casi totalmente abierta.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

1.3.6 Aumento del régimen térmico.

El rendimiento térmico es el grado de aprovechamiento de la energía del combustible lo cual se produce en el modo estratificado de los motores de inyección directa debido a que la mezcla aire-combustible más detonante está cubierta por una mezcla de aire y gases recirculados provenientes de los subsistemas de admisión y escape los cuales disminuyen la pérdida de calor de la combustión generando el aumento del régimen térmico.

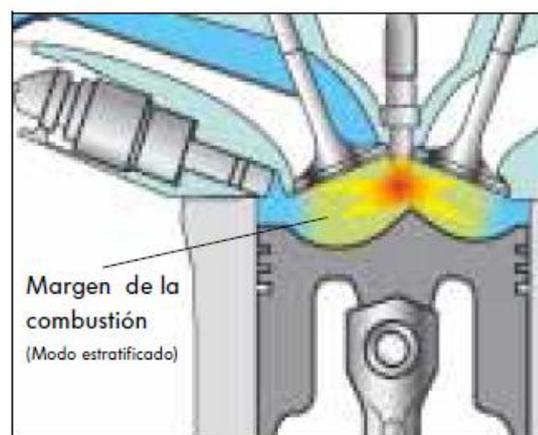


Fig. 1.21 Combustión próxima a la bujía.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

1.3.7 Se protegen las reservas de materias primas no renovables

La materia prima no renovable que utilizan los vehículos es el petróleo ya sea para los vehículos de gasolina como los de diesel. Con los motores GDI se pretende disminuir el consumo de combustible de manera eficiente con los modos de funcionamiento estratificado y homogéneo, como también, se disminuye la contaminación ambiental debido a que no se emiten demasiados gases contaminantes a la atmósfera.

“El servicio geológico de los estados unidos analizo 171 áreas de la tierra que han sido calificadas como zonas donde se encuentran importantes reservas de petróleo y gas natural del planeta.”⁷

Estas reservas de petróleo serán consumidas de manera eficiente al utilizar las diferentes técnicas como la inyección directa ya sea para los vehículos a gasolina (GDI) como los de diesel (CRDI), además de la utilización de vehículos híbridos y eléctricos que se encuentran en desarrollo.

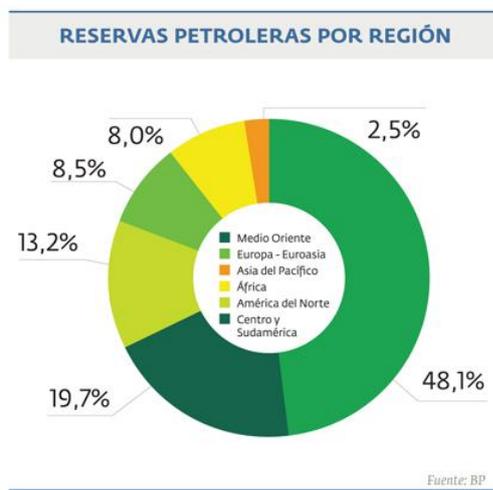


Fig.1.22 Reservas de petróleo

<http://revistapetroquimica.com/wp-content/uploads/2012/08/reservas-de-petroleo-en-la-region.jpg>

1.4 Funcionamiento de la gestión electrónica del sistema

La gestión electrónica de este tipo de motores está determinada por una serie de señales de entrada hacia la ECU provenientes de sensores, en el interior de la ECU

⁷<http://jfbblueplanet.blogspot.com/2012/09/mapa-mundial-de-las-mayores-reservas-de.html>

esta información es procesada para realizar el accionamiento de los actuadores en función del modo de operación que el motor este experimentando.

La ECU utiliza las señales de los siguientes sensores para realizar la gestión electrónica:

1. Medidor de masa de aire MAF.
2. Sensor de temperatura del aire aspirado IAT.
3. Sensor de presión en el colector de admisión MAP.
4. Sensor de régimen del motor CKP.
5. Sensor de posición del árbol de levas CMP.
6. Unidad de mando de la mariposa.
7. Sensor de posición del acelerador.
8. Conmutador de la luz del freno.
9. Conmutador del pedal del embrague.
10. Sensor de presión del combustible.
11. Potenciómetro para chapaleta en el colector de admisión.
12. Sensor de picado.
13. Sensor de temperatura del líquido refrigerante.
14. Potenciómetro para la recirculación de los gases de escape.
15. Sonda lambda.
16. Sensor de temperatura de los gases de escape.
17. Sensor de NOx.
18. Unidad de control para sensor NOx.
19. Sensor de presión para amplificación de servo freno.
20. Señales de entrada suplementarias.

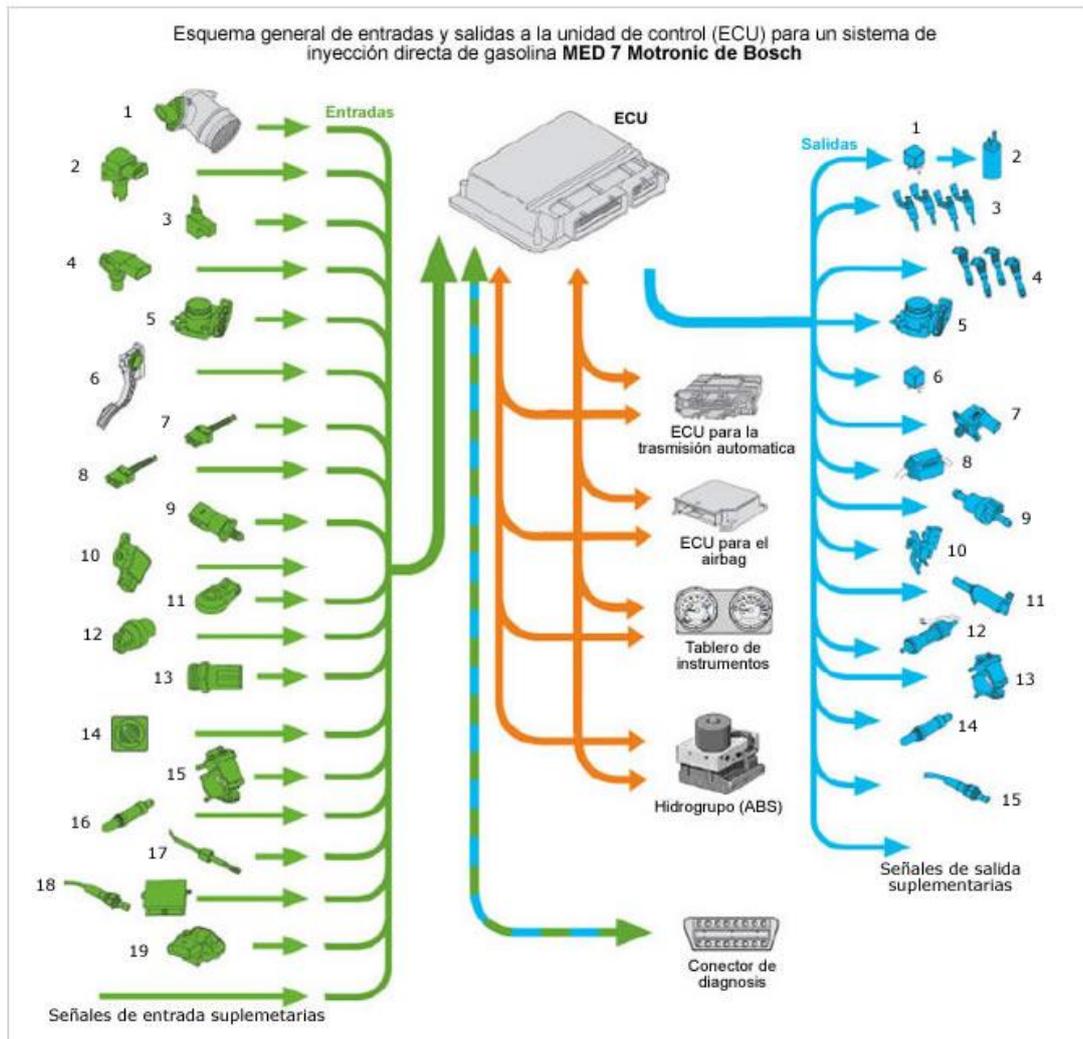


Fig. 1.23 Gestión electrónica.

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

La ECU después de procesar las señales de entrada actúa sobre los siguientes actuadores:

1. Relé de la bomba de combustible.
2. Bomba de combustible.
3. Inyectores.
4. Bobinas de encendido.
5. Unidad de mando de la mariposa.
6. Válvula reguladora de presión del combustible.
7. Válvula de dosificación de combustible.
8. Electroválvula para depósito de carbón activo.
9. Válvula para la gestión del aire de la chapaleta en el colector de admisión.
10. Válvula de reglaje de distribución variable.

11. Termostato para refrigeración del motor gestionada por familia de características.
12. Válvula para recirculación de los gases de escape.
13. Calefacción para sonda lambda.
14. Calefacción para sensor de NOx.
15. Señales de salida suplementarias.

1.4.1 La unidad de control electrónica ECU

Este es un dispositivo electrónico que es el encargado de mantener el buen funcionamiento del motor en los diferentes modos de operación, este tipo de componente lo contienen todos los vehículos con gestión electrónica debido a que es un computador que gestiona y comanda varios aspectos de los subsistemas de admisión, combustible, combustión y escape.



Fig. 1.24 Estructura interior de la E.C.U.

www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf

En el interior de la ECU podremos identificar las diferentes etapas que está realizando para el procesamiento de la información.

Las etapas internas son:

- ✓ Pines de entrada de las señales de los sensores.
- ✓ Filtrado de las señales.
- ✓ Conversor de señal analógico-digital.
- ✓ Procesador.
- ✓ Memoria.
- ✓ Potenciación de señal para los actuadores por medio de drivers.
- ✓ Circuito de fuente.
- ✓ Circuitos periféricos.

- ✓ Pines de salida para la señal hacia los actuadores.
- ✓ Salida hacia el bus de datos para comunicación con otros módulos.

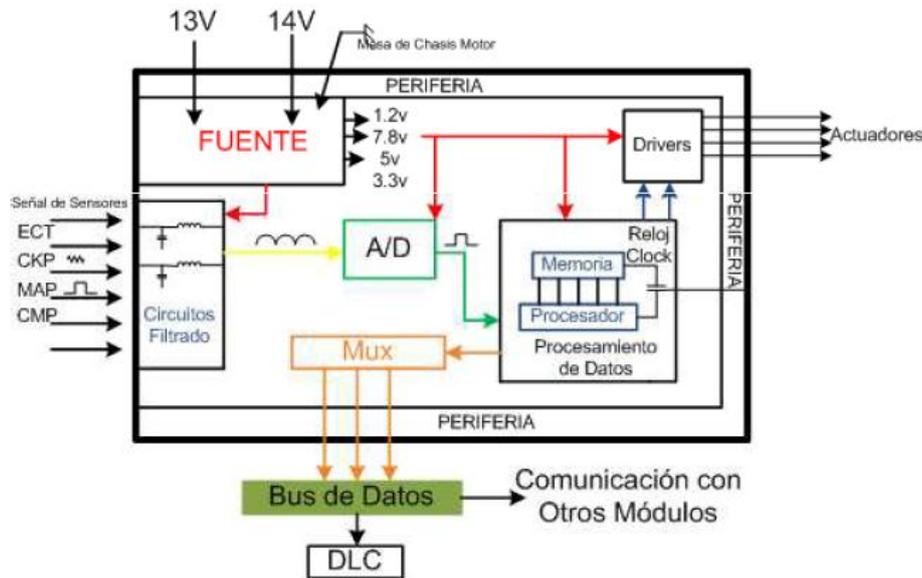


Fig. 1.25 Etapas de la E.C.U.

Curso de graduación UDA 2013, Autoría del Ing. Efrén Fernández.

1.4.1.1 Funcionamiento de la ECU

Las señales de los diferentes sensores del motor de inyección directa de gasolina ingresan al interior de la ECU por los pines de entrada, estas señales son filtradas por una serie de elementos electrónicos antes de ingresar al convertidor de señal que convierte la señal analógica en digital, para luego pasar a la etapa de procesamiento de datos, donde se encuentra la memoria que es la encargada de almacenar los datos y el procesador que es el encargado de leer todos los datos con el fin de interpretar las acciones hacia los actuadores que son ejecutadas por la etapa de potenciación y enviadas por los pines de salida.

También contiene una red multiplexor que sirve para la comunicación con otros módulos, que en este caso también se comunicaría con el modulo del sensor de NO_x.

En los manuales de mantenimiento se recomienda cambiar la ECU al presentar averías, pero este dispositivo puede ser reparado ya que contiene en su interior elementos electrónicos que pueden fallar de forma individual y ser el causante de las fallas, esta reparación se debe realizar con una serie de precauciones porque se puede dañar la ECU de forma definitiva.

CAPITULO II

ANALISIS DE LOS SUBSISTEMAS.

2.1 Subsistema de admisión

La primera fase del motor se produce cuando se abre la válvula de admisión y desciende el embolo del PMS al PMI, en esta carrera el aire ingresa llenando el espacio originado por la depresión, la cantidad de aire aspirado varia del modo de operación en el que esté trabajando el motor.

Dentro del subsistema de admisión tenemos algunas modificaciones como la incorporación de unas chapaletas en el colector de admisión las cuales son accionadas por la unidad de control del motor. Además tiene una válvula de mariposa controlada electrónicamente por la ECU dependiendo de las necesidades del conductor, como también, utiliza un sensor de presión que controlará la depresión del frenado.

También tiene los sensores convencionales como los son:

- ✓ El sensor MAF.
- ✓ El sensor IAT.
- ✓ El sensor MAP.
- ✓ La válvula para la recirculación de los gases de escape.
- ✓ Depósito de carbón activo.
- ✓ La unidad de control electrónica ECU que es la que recibe señales y las envía a los actuadores.

El subsistema de admisión realiza un papel importante dentro de los modos de funcionamiento del motor ya que de este depende la cantidad de aire presente en la mezcla aire-combustible. La presencia de los gases recirculados en la admisión es importante ya que es una medida para disminuir la emisión de los gases contaminantes.

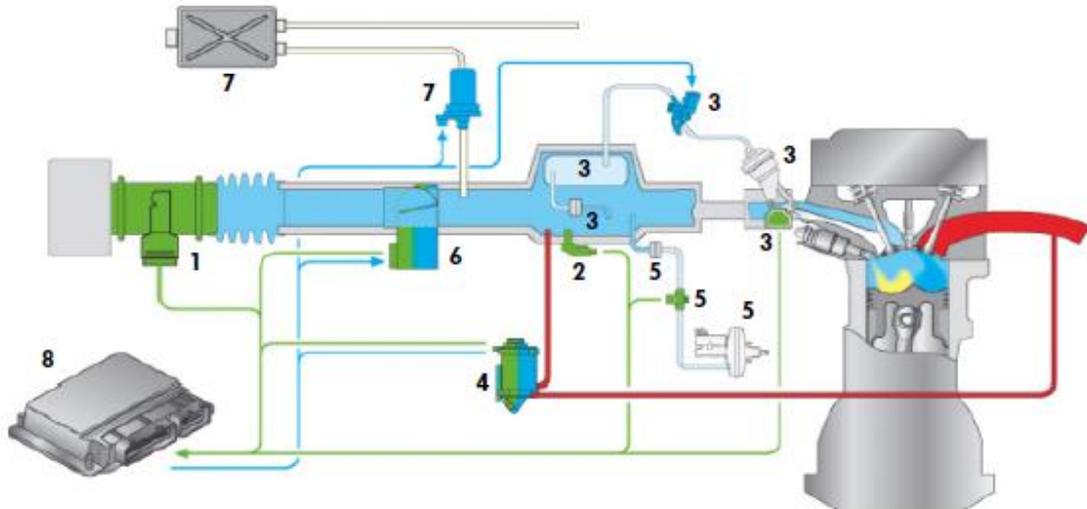


Fig. 2.1 Subsistema de admisión.

<http://es.scribd.com/doc/88395453/12/Sistema-de-admision>

2.1.1 Chapaletas en el colector de admisión

Para accionar las chapaletas en el colector de admisión es necesario utilizar la depresión generada en los cilindros. El flujo de aire es determinado por el accionamiento de estas chapaletas en los modos de operación estratificada, homogéneo pobre y en parte del modo homogéneo.

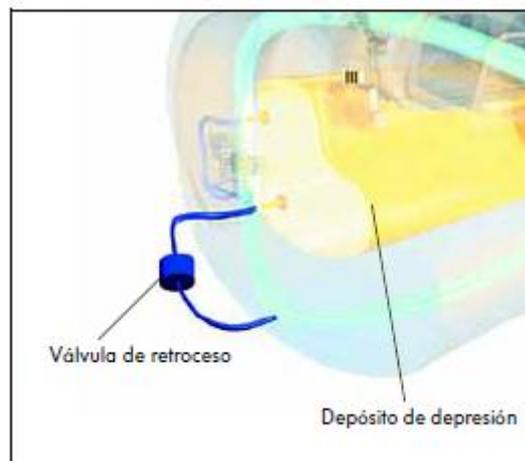


Fig. 2.2 Circuito de la depresión para chapaletas.

<http://es.scribd.com/doc/15428008/LUPO-14-FSI>

En el múltiple de admisión existe un depósito de depresión, el cual, se llena cuando se realiza la admisión. También esta comunicado con el depósito una válvula de

retroceso que es la encargada de mantener la depresión en el depósito cuando el motor se apaga. La unidad de control del motor activa la electroválvula que es la que deja pasar la depresión hacia el actuador que accionará las chapaletas, la posición de éstas en el colector de admisión inciden de forma directa en la formación de la mezcla y también en las emisiones de los gases de escape, por lo cual, es necesario su diagnóstico mediante un potenciómetro que es el que comunicará a la ECU su posición.

2.1.1.1 Potenciómetro para chapaletas en el colector de admisión

Este potenciómetro es importante debido a que detecta e informa a la unidad de control del motor la posición de las chapaletas ya que está fijado al eje de las mismas en el colector de admisión. La ECU detecta la posición de las chapaletas por medio de la información que le envía este potenciómetro, esta señal es importante porque la posición de las chapaletas influye en el encendido, en el flujo de aire, en el contenido de gases residuales y además influye en las emisiones de gases de escape. Si el potenciómetro se avería y la ECU no recibe la señal entonces conmuta al modo homogéneo ya que se necesita de esta señal para trabajar en el modo estratificado.

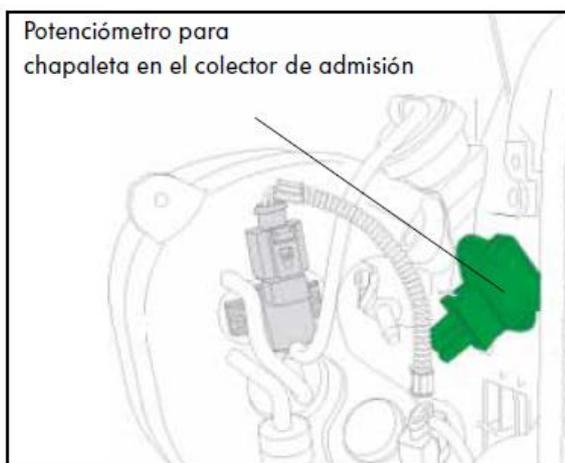


Fig. 2.3 Potenciómetro para chapaleta.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.1.1.2 Electroválvula para chapaletas en el colector de admisión

La electroválvula es comandada por la unidad de control del motor para ser accionada y permitir así el paso de la depresión del depósito al actuador para accionar las chapaletas, esta electroválvula está fijada al elemento superior del colector de admisión. Si la electroválvula resultara averiada la ECU conmuta al modo homogéneo ya que no se podría comandar las chapaletas.



Fig. 2.4 Electroválvula para chapaleta.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.1.1.3 Análisis de la conmutación de las chapaletas

Los motores de inyección directa FSI necesitan distinto flujo de aire para el modo de funcionamiento estratificado y homogéneo, por lo cual, las constructoras automotrices como Volkswagen, Audi y otras han introducido como una buena solución una chapaleta para cada cilindro con el fin de controlar el flujo de aire. Cuando el motor trabaja en el modo estratificado las chapaletas están cerradas permitiendo el paso de la masa de aire a mayor velocidad por encima de la pletina tumble generando una turbulencia cilíndrica que favorece a la formación de la mezcla. Mientras que para el modo homogéneo las chapaletas están abiertas permitiendo el paso del aire por encima y por debajo de la pletina tumble.

En el colector de admisión existe un depósito que almacena la depresión generada por el motor en la admisión y ésta es aprovechada para accionar las chapaletas evitando la introducción de otro sistema de accionamiento que puede ser de tipo eléctrico pero que tendría complicaciones como el espacio y la mayor demanda eléctrica exigida a la batería.

Al aprovechar la depresión únicamente se dispone de pequeños componentes como un actuador de depresión que es el que acciona a las chapaletas por medio de una membrana deformable, como también, se dispone de una electroválvula que es accionada por la ECU para permitir el paso de la depresión hacia el actuador, además, se dispone de una válvula de retroceso como dispositivo de seguridad ya que es unidireccional, es decir, que solo permite el ingreso de la depresión al depósito y

lo mantiene aun después de parrar el motor. Por último se dispone de un potenciómetro para determinar la posición de las chapaletas e informarle a la ECU.

La comprobación en el actuador de depresión se realiza con un vacuómetro que determina si la membrana deformable se encuentra en perfecto estado, en la electroválvula se mide con ayuda de un multímetro la continuidad interna del solenoide, se mide también el voltaje de alimentación y la masa. Para comprobar el potenciómetro se utiliza un multímetro para medir la variación de voltaje según la posición de las chapaletas y se determina la señal con ayuda de un osciloscopio.

2.1.2 Unidad de mando de la mariposa

La unidad de mando de la mariposa es la que determina el paso de la masa de aire ya sea para el modo estratificado, homogéneo pobre y homogéneo. Esta recibe la señal de la ECU para mantener abierta la mariposa en el modo estratificado permitiendo el paso de la mayor masa de aire y de ésta forma garantizar la combustión de una mezcla pobre en las cercanías de la bujía. Si el motor pasa al modo homogéneo entonces la mariposa varia su apertura en función de las revoluciones, es decir, la mariposa permitirá una mayor sección de paso cuando el motor eleve los regímenes y disminuirá la sección cuando disminuya los regímenes.

La unidad de mando de la mariposa contiene un cuerpo motorizado que se lo denomina TAC (Actuador de control de la mariposa), en su estructura posee dos TPS y un motor de corriente continua, la información determinada por los TPS es enviada a la ECU en grados angulares a los que se movió la mariposa, además trabajan en conjunto por que cuando una señal baja la otra sube. Con este sistema se controla completamente la aceleración del vehículo, es por ello, que se toman dos señales tanto en el acelerador como en el TAC como estrategia de seguridad.

Las señales se determinan en los terminales de color verde, los sensores también comparten la tensión con el cable rojo, la masa con el cable marrón y el mando de la mariposa se excita en los cables de color azul.

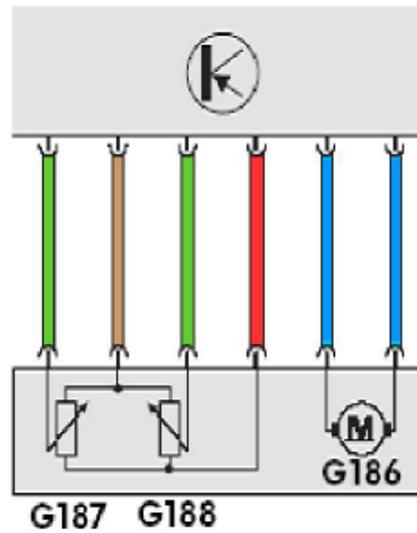


Fig. 2.5 Conexión de la TAC con la ECU.

<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcrizada?fdwn=1&idGrupo=47390&idFichero=1096212>

Análisis de la señal:

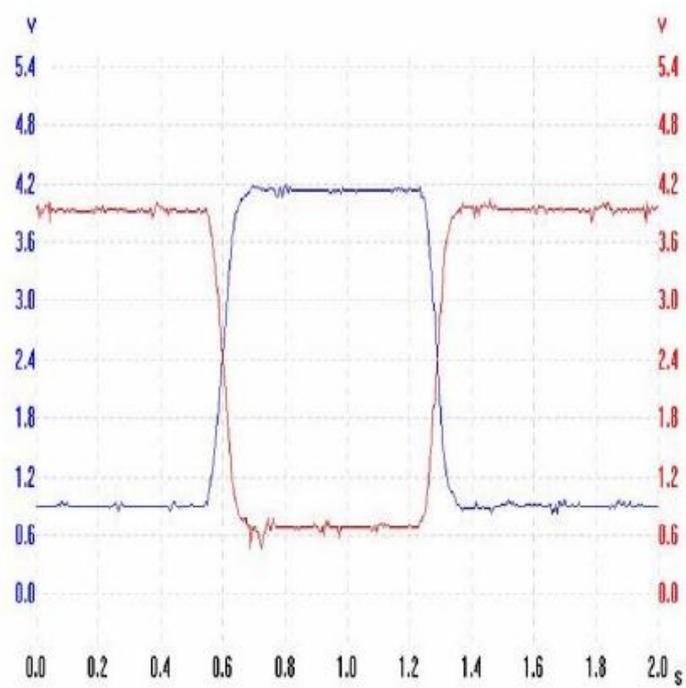


Fig. 2.6 Señal de los potenciómetros.

<http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

2.1.2.1 Motor de corriente continúa del TAC

Una vez que la ECU reconoce que el conductor está acelerando al accionar el pedal electrónico, está activa a un motor de corriente directa sin escobillas con un conjunto de tres engranajes que se encuentran en el interior TAC para variar la apertura de la válvula de mariposa en función de las revoluciones del motor.

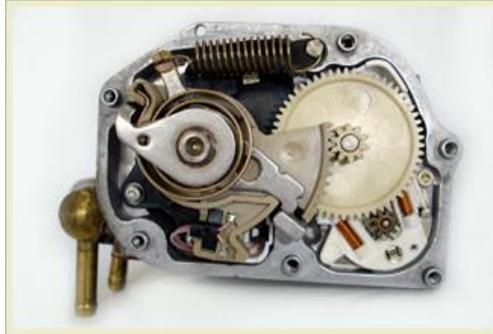


Fig. 2.7 engranajes de comando de la mariposa.

<http://sistemasauxiliaresdelmotor.blogspot.com/2009/12/actuador-de-la-mariposa-electronica.html>

La ECU acciona al motor del actuador de control de la mariposa por medio de dos cables, el sentido de giro se realiza modificando la polaridad entre ellos, es decir, para una polaridad se abrirá y para la otra se cerrará. Al accionar la mariposa los potenciómetros medirán la apertura y lo comunicarán a la ECU para el autodiagnóstico.

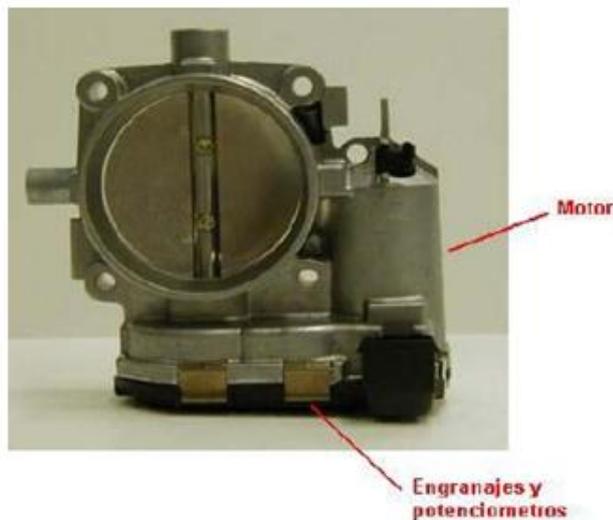


Fig. 2.8 estructura del TAC.

<http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

2.1.2.2 Comprobación del motor de corriente directa

La primera comprobación que se realiza es la de verificar la continuidad de los bobinados internos y la medición de la resistencia interna. Otra comprobación importante sería la de verificar el accionamiento de la mariposa al aplicarle al motor el voltaje de accionamiento en los terminales 3 y 6 del TAC.

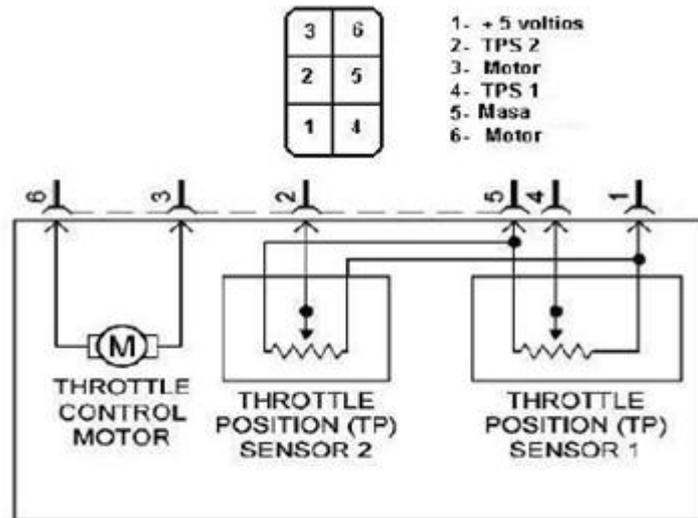


Fig. 2.9 Comprobación del motor de corriente directa sobre el TAC.

<http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

En el actuador del control de la mariposa a más del motor de corriente directa y los piñones para accionar a la mariposa, se encuentran los resortes antagónicos que son los que se encargan de mantener a la mariposa en la posición de reposo a unas 1200 rpm aproximadamente.

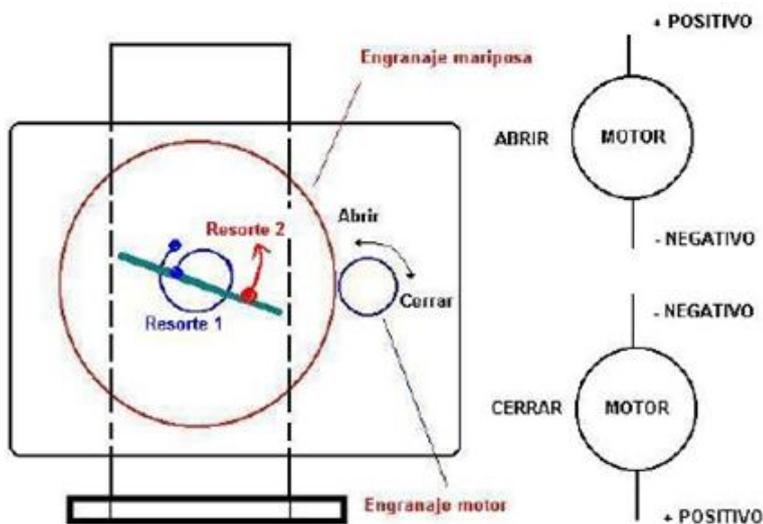


Fig. 2.10 Tipos de polaridad para el giro de la mariposa.

<http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

Para realizar la comprobación del motor se conecta a masa a uno de los terminales y el positivo al otro, mientras más grande es el pulso positivo más se abrirá la mariposa. Para cerrar la mariposa cambiaremos la polaridad y observaremos que mientras más grande sea el pulso positivo más se cerrara la mariposa.



Fig. 2.11 Polaridad en el motor del TAC.

<http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

2.1.2.3 Comprobaciones de los TPS del TAC

Las comprobaciones que se pueden realizar en los TPS son las tradicionales ya que son potenciómetros que varían de voltaje al variar su posición. La primera prueba que se realiza es la de verificar el voltaje de alimentación de 5v con el interruptor de encendido en ON con ayuda de un multímetro, luego se comprueba el aumento del voltaje a medida que se abre la mariposa de igual forma con ayuda del multímetro. Con un osciloscopio también se puede determinar las señales de los TPS.

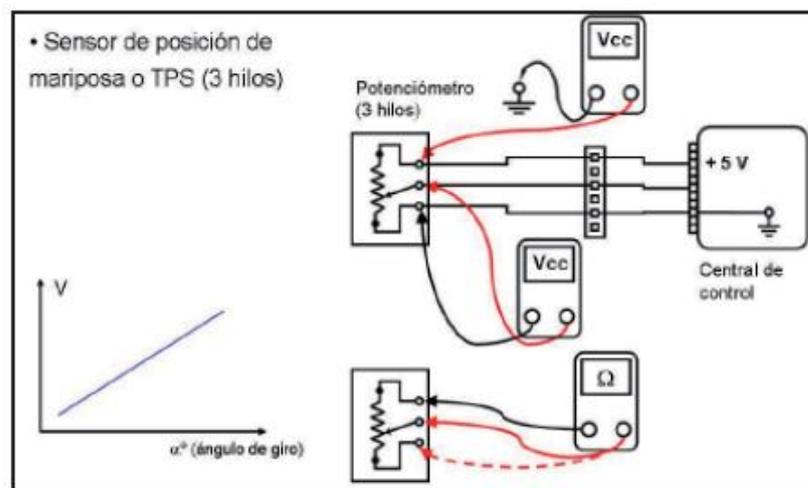


Fig. 2.12 Procedimiento de verificación del TPS.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1130/5/Capitulo%204.pdf>

2.1.2.4 Análisis del actuador de control de la mariposa

Los vehículos de última generación utilizan el actuador de control de la mariposa conjuntamente con el pedal electrónico con el fin de sustituir el cable del acelerador que es de accionamiento mecánico por un sistema de accionamiento electrónico. Este sistema electrónico está constituido por un pedal electrónico, el actuador de control de la mariposa y la ECU.

El pedal electrónico y el actuador de control de la mariposa comunican a la ECU las señales de tensión de sus sensores de posición para que ésta determine la señal de control para el motor de corriente continua que abrirá a la válvula de mariposa al ángulo correcto, en respuesta a las condiciones de conducción del vehículo.

Las fallas electrónicas posibles se podrían dar en los sensores TPS que se deben sustituir después de comprobar su mal funcionamiento, las fallas eléctricas únicamente se pueden dar en el motor de corriente directa, lo cual, resultaría costoso por que se sustituiría todo el TAC(actuador de control de la mariposa) ya que forman un solo cuerpo y las fallas mecánicas se podrían dar en los engranajes por el desgaste de sus dientes y en los resortes antagonistas que podrían perder su elasticidad.

2.1.3 Sensor de presión del servo freno

Este sensor es importante ya que es el encargado de informar a la ECU de la presión existente en el conducto que conecta al colector y al servo freno. La información del sensor es importante ya que cuando el motor trabaja en los modos estratificado y homogéneo – pobre la mariposa está abierta casi en su totalidad limitando de esta manera el uso del freno.

Si el conductor usa el freno varias veces en los modos estratificado y homogéneo – pobre, el sensor informa a la ECU que no existe suficiente depresión, por lo cual, la ECU activa a la unidad de mando de la mariposa para cerrar un poco más la misma, si no es suficiente la depresión entonces la ECU pasa a trabajar al motor en el modo homogéneo. Si se avería este sensor la ECU mantiene al motor en el modo homogéneo para garantizar la suficiente depresión en el amplificador del servo freno.

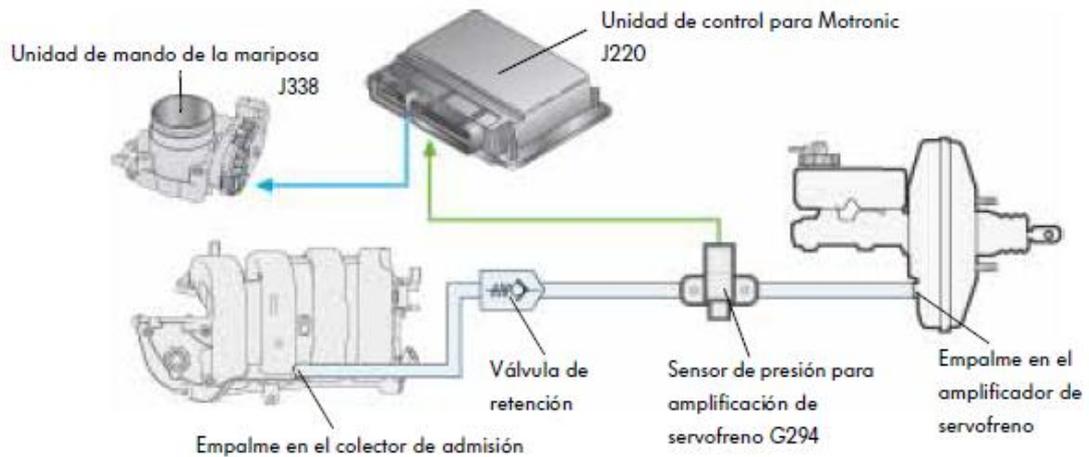


Fig. 2.13 Sensor de presión para amplificación de servo freno.

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_dir ecta_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.1.3.1 Análisis del sensor de presión del servo freno

El servofreno que utiliza Volkswagen es de tipo MASTER-VAC que se instala entre el pedal de freno y la bomba de freno para generar una asistencia al esfuerzo realizado por el conductor para detener al vehículo, la necesidad de un sensor de presión en los vehículos con motores FSI es imprescindible ya que al trabajar en los modos de operación estratificado y homogéneo-pobre se utiliza la depresión para accionar a las chapaletas dejando una mínima cantidad disponible para el accionamiento del freno. La información del sensor es utilizada por la ECU para cerrar la válvula de mariposa y obtener más depresión, sin embargo, si la depresión no es suficiente el motor pasa a trabajar al modo homogéneo.

Las comprobaciones que se pueden realizar al sensor con el motor en funcionamiento es medir la alimentación y la masa con ayuda de un multímetro. También se puede determinar una señal con ayuda del osciloscopio, la cual, puede variar de pasar del modo estratificado al modo homogéneo.

2.1.4 Medidor de masa de aire con sensor de temperatura de aire aspirado.

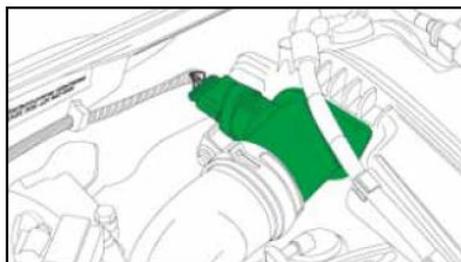


Fig. 2.14 Sensor de masa de aire con sensor de temperatura de aire.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_g asolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

Los dos sensores están alojados en un solo componente y están ubicados en el trayecto de la admisión antes de la unidad de mando de la mariposa. Debido a la exactitud que exige el motor GDI en la mezcla del aire con el combustible la ECU debe determinar la cantidad exacta de aire aspirado, por lo cual, utiliza un medidor de masa de aire por película caliente con detección de flujo inverso.

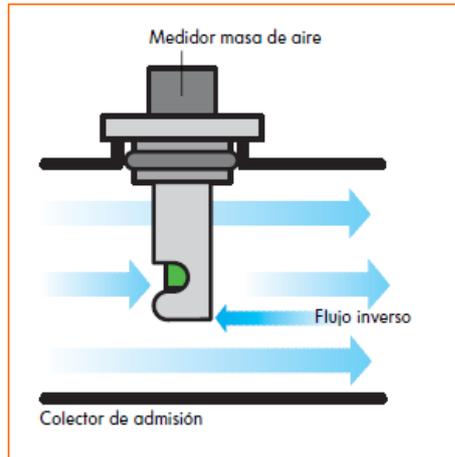


Fig. 2.15 Detección de aire aspirado.

www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf

Este tipo de sensor considera la cantidad de aire aspirado y la cantidad que fluye en retorno por causa de la apertura y cierre de las válvulas antes de modular la señal hacia la ECU, de esta forma se mide con exactitud la cantidad de aire aspirado. La estructura del sensor consta de una carcasa plástica, un conducto de medición, un circuito eléctrico y un elemento sensor. Un flujo parcial del aire que ingresa por el colector de admisión pasa a través del conducto de medición hacia el elemento sensor que tiene en su interior dos termosensores y un elemento calefactor para determinar el aire aspirado y el que fluye en sentido inverso, la señal que surge de los dos flujos es procesada en el circuito electrónico y se transmite a la unidad de control del motor.

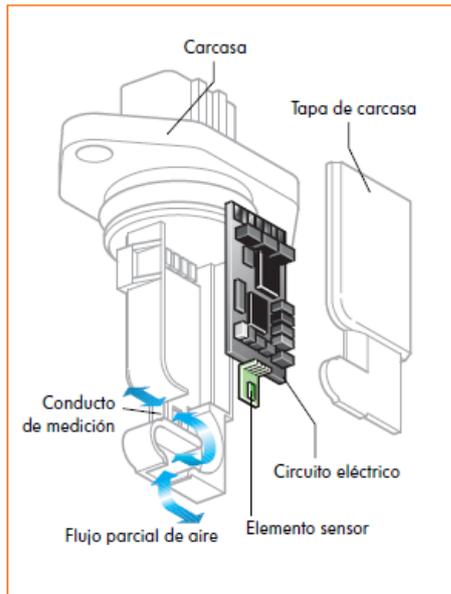


Fig. 2.16 Estructura interna del sensor.

www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf

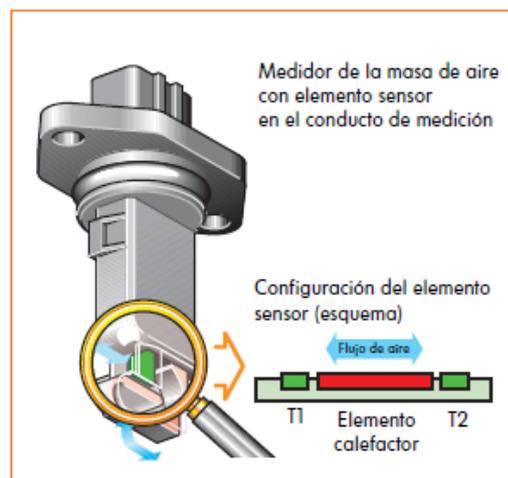


Fig. 2.17 Elemento sensor.

www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf

“Si se avería el medidor de masa de aire, la gestión del motor calcula un valor supletorio.

Esta función de emergencia está ajustada tan adecuadamente, que el mecánico, analizando el comportamiento de marcha del motor, no puede reconocer que esta averiado el medidor de masa de aire, y solamente lo puede detectar consultando la memoria de averías.”⁸

Las comprobaciones que se realizan con el multímetro es la determinación de la alimentación de tensión y la correcta masa en el sensor. Con el osciloscopio se

⁸ <http://www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf>

determinan las señales que varían al acelerar y desacelerar el motor, pero que deben corresponder a las señales teóricas.

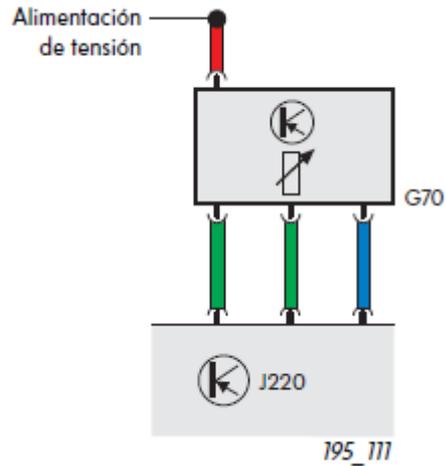


Fig. 2.18 Circuito eléctrico entre el sensor y la ECU.

www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf

2.1.4.1 Análisis del medidor de masa de aire con sensor de temperatura de aire aspirado

Existen varios sensores de flujo de aire como el VAF que es un sensor de flujo de aire de paleta, el cual, tiene en su interior un plato medidor que varía de posición en función del aire aspirado generando una señal de voltaje variable que es transmitida a la ECU.

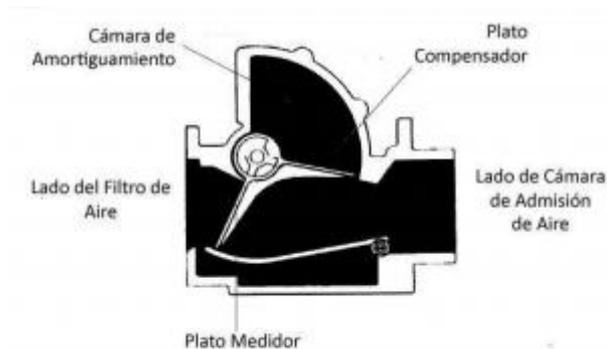


Fig.2.19 Sensor VAF

<http://automecanico.com/auto2027/bbooster03.pdf>

También existe un sensor de flujo de aire KARMAN VORTEX que opera sin restringir el flujo del aire, su funcionamiento se basa en la medición de oscilaciones que se generan al pasar el aire por un generador vórtex, el cual, genera una señal de ondas cuadradas de 5 volts que varía con la frecuencia.

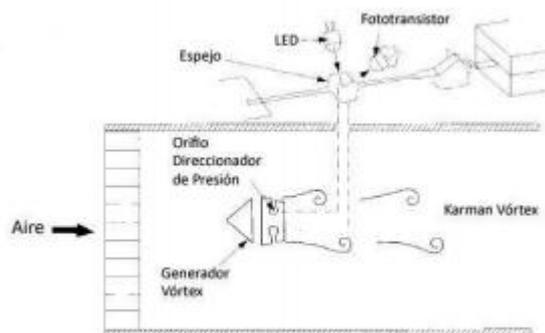


Fig. 2.20 Sensor Karman Vortex.

<http://automecanico.com/auto2027/bbooster03.pdf>

En la actualidad la mayoría de vehículos utilizan el sensor de flujo de aire MAF que incluye en su cuerpo un sensor de temperatura de aire (IAT), este sensor se basa en un hilo caliente en cual se mantiene a una cierta temperatura y se enfría al ingresar el aire, el circuito eléctrico interno del sensor envía una cantidad de corriente proporcional a la cantidad de aire ingresado, ésta señal es comunicada a la ECU para determinar la cantidad de aire aspirado. Los motores GDI exigen una gran exactitud en las señales del aire aspirado, por lo cual, utilizan un sensor MAF que mide el aire aspirado y también el flujo inverso ocasionado por la apertura y cierre de las válvulas con el fin de determinar la cantidad de aire total aspirado.

2.1.5 Sensor de presión en el colector de admisión

Este sensor conocido también como “MAP” comunica a la ECU la presión absoluta reinante en el colector de admisión, además, la ECU utiliza esta señal que puede ser analógica o digital conjuntamente con las de la masa y la temperatura de aire para determinar la cantidad de gases de escape a recircular.

“Con el sensor de presión en el colector de admisión se detecta asimismo la carga durante el ciclo de arranque del motor, porque en esas condiciones son todavía demasiado inexactas las señales procedentes del medidor de masa de aire, debido a las pulsaciones que presenta la admisión.”⁹

El sensor de presión tiene en su interior una membrana de cristales de silicio y sobre esta unas resistencias extensométricas la cuales varían de resistencia ante cualquier deformación de la membrana, por lo cual, se comprueba con un multímetro la

⁹<http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>

variación de tensión cuando existe una baja o alta depresión, además, se puede determinar la respectiva señal con el osciloscopio.

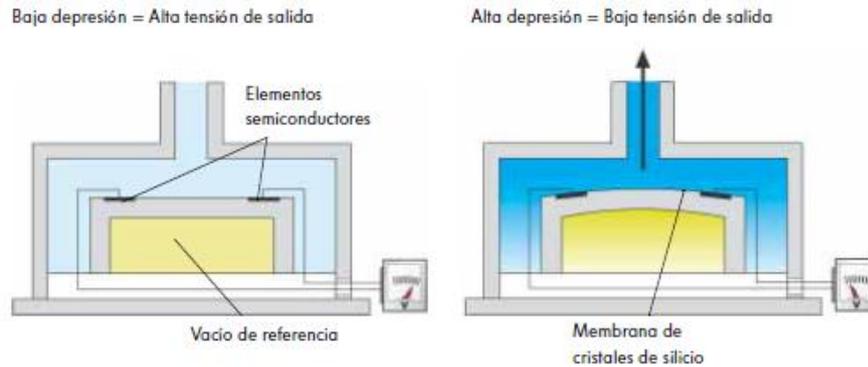


Fig. 2.21 Comprobación del sensor de presión

www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf

2.1.5.1 Análisis del sensor de presión

Existen sensores MAP por variación de presión y por variación de frecuencia que se utilizan para determinar una señal correspondiente a la presión existente en el múltiple de admisión para comunicarle a la ECU y ésta determine la carga del motor, es decir, determina la cantidad de combustible a inyectar y el momento justo para encender la chispa de las bujías.

El sensor por variación de presión mide la presión existente en el múltiple de admisión por la deformación de una membrana de cristales de silicio que provoca la variación de la resistencia y se puede comprobar midiendo la corriente de alimentación de 5v, la masa y el voltaje de la señal que varía entre los 0.6 y 2.8 volts.

“Los sensores por variación de frecuencia no pueden ser comprobados de la misma forma como en el caso de los de presión, si los testeamos siempre nos dará un a tensión de alrededor de los 3 volts (Esto solo nos notificará que el sensor está funcionando)”¹⁰

2.1.6 Válvula para la recirculación de los gases de escape

Debido al problema que presenta el motor GDI con los óxidos nítricos, se necesita un caudal de recirculación de los gases de escape lo más intenso posible para reducir la temperatura de la combustión y así disminuir la emisión de los óxidos nítricos,

¹⁰<http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=sensorMap>

como también, permite que el catalizador pueda almacenar los NOx durante un periodo relativamente prolongado.

La unidad de control del motor con ayuda de las señales del sensor de masa de aire y del sensor de presión determina la cantidad de aire aspirado y la presión reinante en el múltiple de admisión, Si se alimenta de gases de escape por medio del sistema de recirculación, entonces, se determinará un aumento de presión debido a que aumenta la cantidad de aire fresco en una cantidad correspondiente a los gases recirculados.

La ECU analiza la señal del sensor de presión para determinar la cantidad total aspirada que es una mezcla de aire fresco más gases recirculados, a la cantidad total se le resta la masa de aire fresco calculada con ayuda de la carga del motor y se obtiene así el caudal total de los gases recirculados.

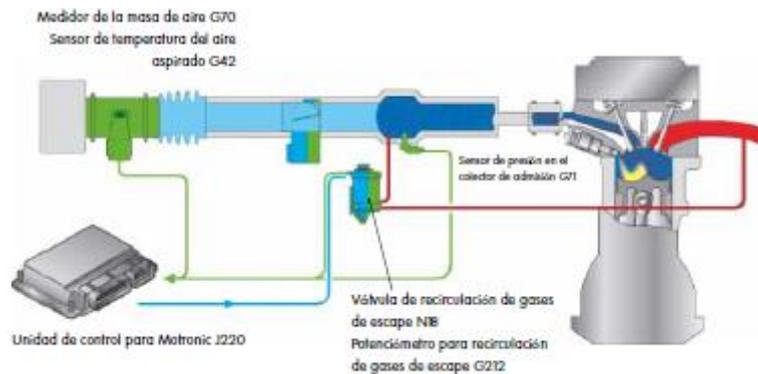


Fig. 2.22 Recirculación de los gases de escape.

www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf

La válvula de recirculación de los gases de escape (EGR) está constituida de un motor eléctrico que controla a una mariposa y un potenciómetro que es el que diagnostica las condiciones en las que se encuentra la válvula EGR. La ECU acciona la válvula EGR en función de las necesidades del motor ya que si existen demasiados gases recirculados se produce una disminución de las prestaciones y de la suavidad de funcionamiento del motor, también se produce un incremento en el consumo de combustible.

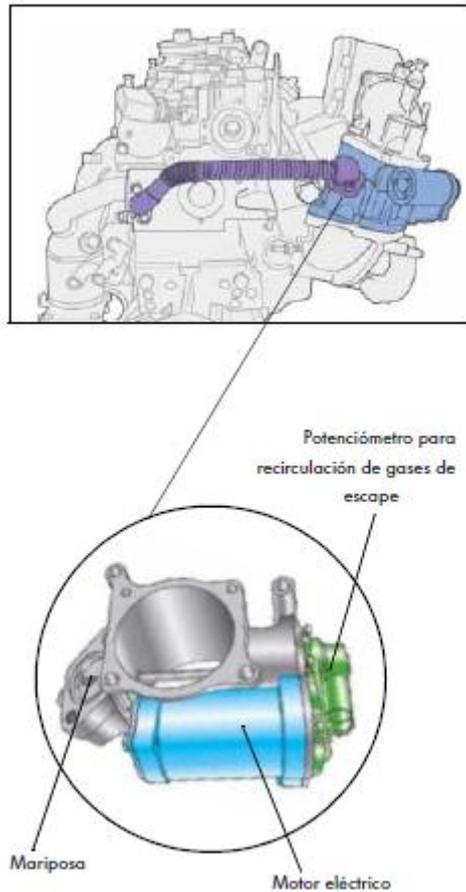


Fig. 2.23 Válvula EGR.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.1.6.1 Análisis de la válvula de recirculación de los gases de escape

Los motores de inyección directa de gasolina generan óxidos nítricos cuando funcionan en el modo estratificado, por lo cual, se utiliza una válvula EGR que es la encargada de recircular los gases de escape al colector de admisión para disminuir la temperatura de la combustión provocando la disminución de los óxidos nítricos, sin embargo, se utiliza un catalizador-acumulador para regenerar los NOx que se generaron en la combustión.

Resumen de EGR	Motor diesel (todos los tipos de inyecciones)	Motor de gasolina (inyección a través del tubo de aspiración)	Motor de gasolina (inyección directa)
Efectos	Óxidos de nitrógeno -50% Partículas -10% Menos hidrocarburos Menos ruidos	Óxidos de nitrógeno -40% Consumo -3% Menos CO2	Óxidos de nitrógeno -50...60% Consumo -2% Menos CO2
Tasas de reciclaje máx.	65% máx.	25% máx.	50% (en el caso de carga estratifi cada) máx. 30% (en el caso de funcionamiento homogéneo)
Otros	Los automóviles con clase de peso más elevado requieren el enfriamiento por EGR	Enfriamiento por EGR en discusión	Altas tasas de EGR con carga elevada

Fig.2.24 Efectos de la válvula EGR en los motores diesel y gasolina

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

Con la utilización de la válvula EGR en los motores de inyección directa de gasolina se reducen los NOx de un 50 al 60 % y la tasa de reciclaje es de 50% en el modo estratificado y del 30% en el modo homogéneo. Existen válvulas EGR de accionamiento neumático que utilizan el vacío de la admisión para accionar la válvula y permitir el paso de los gases de escape, también existen válvulas EGR eléctricas que accionan un solenoide para abrir o cerrar el paso de los gases de escape.

Debido a la necesidad de disminuir la mayor cantidad de NOx en los gases de escape se utilizan las válvulas EGR con válvula de mariposa que ofrecen mayor caudal de paso, éste tipo de válvula es accionada por un motor eléctrico para abrir y cerrar el paso de los gases de escape al múltiple de admisión, además tiene un sensor TPS para determinar su posición e informar a la ECU de su posición.

2.1.7 Depósito de carbón activo

El depósito de carbón activo evita que los gases del combustible puedan pasar al medio ambiente almacenándolos y enviándolos posteriormente hacia la cámara de combustión de manera controlada para evitar que se conviertan en gases contaminantes. La ECU es la que determina la cantidad de vapores de combustible que hay que agregar en los modos de operación homogéneo-pobre, homogéneo y estratificado en función de la carga del depósito de carbón activo.

El depósito de carbón activo tiene comunicación con el depósito de combustible y con el múltiple de admisión, como también, tiene una electroválvula que es activada por la ECU para permitir el paso de los vapores a la cámara de combustión. Para conducir los vapores del combustible a la cámara de combustión la ECU necesita las señales de la carga del motor, del régimen del motor, de la temperatura del aire aspirado y del estado de carga del depósito de carbón activa.

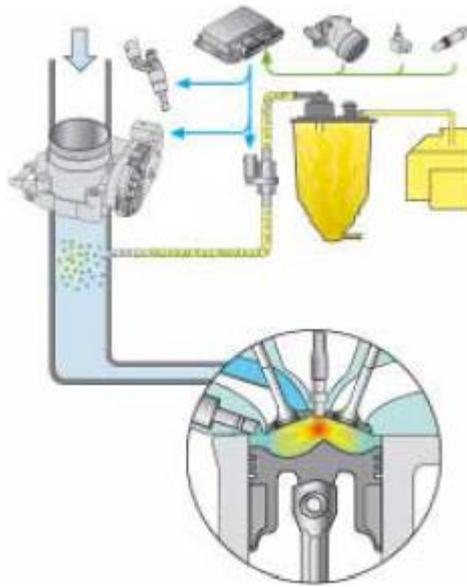


Fig. 2.25 Sistema de carbón activo.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/TNY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.1.7.1 Análisis del depósito de carbón activo

El motor de inyección directa de gasolina utiliza el depósito de carbón activo para almacenar los vapores de gasolina hasta que la ECU acciona a la electroválvula que controla la purga del canister, la depresión generada en el múltiple de admisión provoca la circulación de aire que atraviesa el carbón activo transportando los hidrocarburos al interior del cilindro. En el modo estratificado los hidrocarburos se comportan como una capa aislante durante la combustión y en el modo homogéneo simplemente se mezcla con el aire aspirado.

2.2 Subsistema de combustible

El subsistema de combustible es semejante al de un sistema de inyección directa utilizada en los motores diesel, con la diferencia de que las presiones que experimenta son menores a la de un motor CRDI, como también, se utiliza una versión más desarrollada del subsistema de combustible para motores FSI a partir de una potencia de 66 KW.

El combustible es succionado por la bomba eléctrica del depósito para enviarlo hacia el circuito de baja presión que es en donde se encuentra el filtro de combustible que tiene la misión de retener las impurezas provenientes de la refinería, de la transportación o del almacenamiento, luego el combustible limpio pasa a través de la válvula de dosificación de combustible que es la que garantiza que no se formen

burbujas en el lado de aspiración de la bomba de alta presión, como también, el circuito de baja presión es protegido por una válvula reguladora que permite el paso del combustible hacia el conducto de retorno cuando existen las sobre presiones.

La bomba de alta presión recibe el combustible de unos 3 a 5.8 bares para elevarla hasta un valor comprendido entre 50 y 100 bares, a elevada presión el combustible ingresa al riel común que es un distribuidor de combustible, en este se encuentra la válvula reguladora de presión que se encarga de proteger el sistema limitando la presión hasta 100 bares aproximadamente, además, contiene al sensor de presión que es el que informa a la ECU de la presión que reina en el riel en todo momento. El combustible finalmente es enviado al interior de los cilindros por los inyectores que son activados por la ECU que es la que calcula el momento y el tiempo para la inyección.

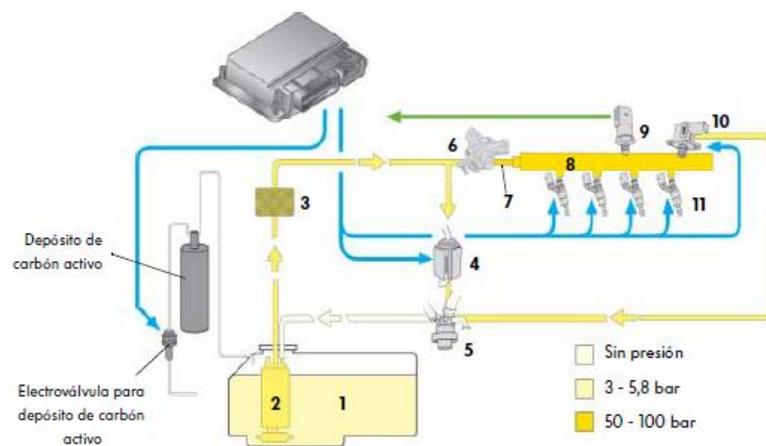


Fig. 2.26 Subsistema de combustible

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_dir ecta_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.1 Circuito de baja presión

Este circuito es el encargado de enviar el combustible hacia el circuito de alta presión libre de impurezas y a una presión adecuada que oscila entre 3 y 5.8 bares, la ECU utiliza la información del sensor de presión para activar la bomba eléctrica y así enviar la cantidad justa de combustible hacia la bomba de alta presión según las necesidades del motor para cada momento. En los momentos de arranque en caliente y en frío la presión aumenta hasta los 5.8 bar.

2.2.1.1 Partes constitutivas del circuito de baja presión

1. Depósito de combustible.
2. Electrobomba de combustible.
3. Filtro de combustible.
4. Válvula de dosificación de combustible.
5. El regulador de presión.

2.2.1.2 Depósito de combustible

El depósito está ubicado en la parte posterior del vehículo y lo más bajo posible para reducir el centro de gravedad, también, tiene en su parte inferior una protección metálica para evitar una ruptura por accidentes, además, tiene cuatro cañerías que son el respiradero que sirve para evitar depresiones y sobre presiones, la salida de combustible, el retorno de combustible y la cañería para el sistema de carbón activo.

2.2.1.3 Electrobomba de combustible

La electrobomba está instalada en el depósito de combustible debido a que necesita de refrigeración, además, está conformando un solo cuerpo con el sensor del nivel de combustible. Para la versión más desarrollada la unidad de control de la electrobomba envía una señal PWM (impulsos de anchura modulada) para excitarla y así enviar siempre la cantidad justa de combustible que necesita el motor en el momento, lo cual, genera una baja aportación de calor al combustible. Siempre que se cambie la electrobomba se recomienda cambiar el filtro y limpiar el tanque ya que la vida útil de la bomba depende de la calidad y limpieza del combustible.



Fig. 2.27 Electrobomba.

2.2.1.4 Filtro de combustible

La principal función que tiene el filtro es la de proteger al sistema reteniendo las impurezas y la humedad que se encuentran en el combustible por diferentes razones como la obtención de la gasolina en las refinerías, la transportación, el almacenaje y el estado del tanque de combustible.

“La costosa tecnología de la inyección utilizada en los motores Otto de inyección directa precisa de una elevada protección contra el desgaste y por ello de unos filtros más finos. El grado de separación cuando se pasa una sola vez para fracciones de partícula entre 3 y 5 μm es de 25 a 45% en los sistemas de inyección en el conducto de admisión y de 45 a 85% en los de inyección directa de gasolina. Para el cumplimiento de estos mayores requisitos se utiliza filtros plegados en estrella compuestos de una mezcla de fibras muy finas de celulosa y poliéster y también, cada vez más, medios de filtrado de material compuesto con múltiples capas de fibras finísimas totalmente sintéticas.”¹¹

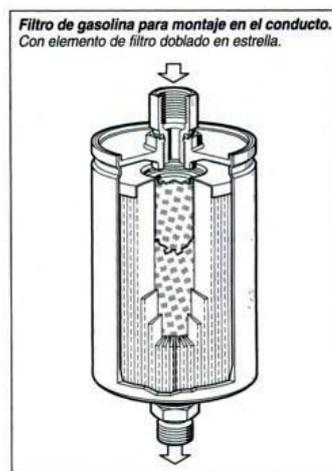


Fig. 2.28 Filtro de combustible.

Manual de la técnica del automóvil, Robert Bosch GmbH, 2005, Alemania.

¹¹ Manual de la técnica del automóvil, Robert Bosch GmbH, 2005, Alemania.

2.2.1.5 Válvula de dosificación de combustible

Esta válvula impide el paso del combustible hacia el regulador de combustible cuando se trata de un arranque en caliente, es decir, cuando la temperatura del líquido refrigerante supera los 110°C y la del aire aspirado supera los 50°C, en este caso la ECU activa la válvula para cerrar el paso durante 50 segundos y alcanzar la presión máxima de 5.8 bares con el fin de impedir la formación de burbujas en el lado de aspiración de la bomba de alta presión. Si la válvula se avería un muelle de compresión cierra el paso del combustible aumentando la presión hasta 5.8 bares para impedir la inmovilización del vehículo durante el arranque en caliente.

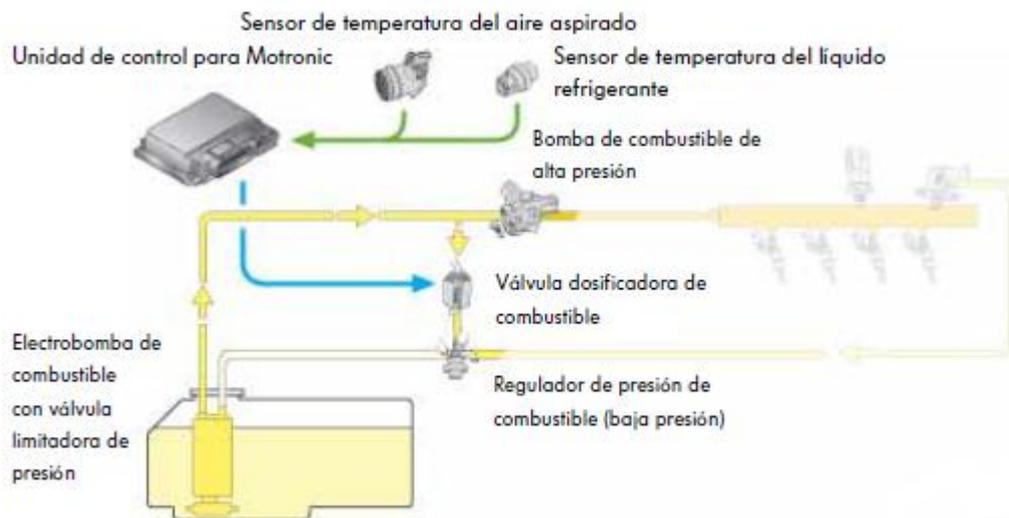


Fig. 2.29Válvula dosificadora

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_dir ecta_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.1.6 Regulador de presión

“Está ubicado en la torreta de suspensión. Regula la presión del combustible en el sistema de baja presión a 3 bares por medio de una válvula de membrana con muelle, ampliando o reduciendo la sección hacia el conducto de retorno de combustible en función de la presión existente.”¹²

¹² <http://es.scribd.com/doc/15428008/13/El-sistema-de-escape>

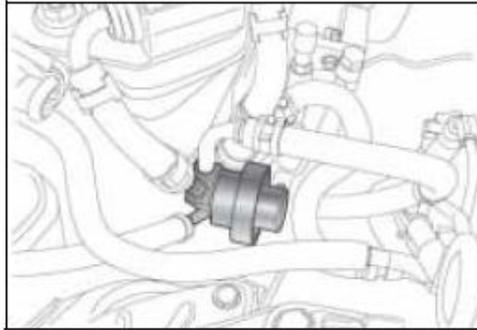


Fig. 2.30 Regulador de presión

<http://es.scribd.com/doc/15428008/LUPO-14-FSI>

2.2.1.7 Análisis del circuito de baja presión de combustible

El circuito de baja presión del motor de inyección directa FSI es similar al de un motor diesel CRDI con la diferencia de las presiones a las que trabaja, el motor GDI trabaja entre 3 y 5.8 Bar en el circuito de baja presión, mientras que el motor CRDI trabaja a una presión de 6 Bar. También existe una diferencia en la bomba de transferencia que para el motor GDI es una electrobomba sumergida en el depósito de combustible y para el motor CRDI es una bomba de transferencia mecánica de paletas accionada por el eje de la bomba de alta presión. El filtro de combustible para el motor GDI es de estructura plegado en estrella y tiene una capacidad para filtración de 3 a 5 μm (micrómetros) y para el motor CRDI la estructura es plegado en espira y tiene una capacidad de filtración de 2 a 5 μm .

Los motores CRDI y GDI tienen en común la utilización de un regulador de presión para evitar las sobre presiones en el circuito de baja, en el motor CRDI es indispensable el uso de este regulador debido a que la presión de transferencia aumenta en función del régimen del motor. El motor GDI utiliza una válvula de dosificación de combustible para los arranques en caliente ya que de esta forma se impide la formación de burbujas en el combustible que ingresa a la bomba de alta presión. Para proteger el sistema de baja presión en los motores CRDI y GDI es recomendable utilizar combustible de alta calidad y realizar el cambio de los filtros al kilometraje justo.

2.2.2 Circuito de alta presión

El circuito de alta presión es el encargado de elevar la presión para enviar el combustible hacia el interior del cilindro ya sea en el modo estratificado u homogéneo para garantizar una correcta dosificación del combustible que se mezclará con el aire.

2.2.2.1 Componentes del circuito de alta presión

1. Bomba de alta presión.
2. Tubo de combustible de alta presión.
3. Distribuidor de combustible.(riel común)
4. Sensor de presión de combustible.
5. Válvula reguladora de presión.
6. Inyectores.

2.2.2.2 Bomba de alta presión

La bomba de alta presión puede variar de unos motores a otros, existen las bombas de uno y tres émbolos que son accionadas por el árbol de levas ya sea de forma axial y radial, por lo cual, están montadas en el cabezote, las presiones que alcanzan estas bombas están comprendidas entre 30 y 110 bar.

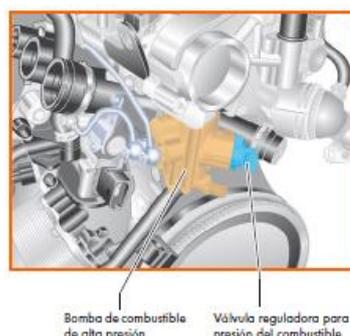


Fig. 2.31 Bomba de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

El accionamiento de la bomba de un solo cilindro es de modo axial por medio de una leva doble implantada en el árbol de levas de admisión, mientras que en la bomba de

tres cilindros el accionamiento es de tipo radial, las bombas de alta presión son resistentes a efectos de corrosión para un contenido de etanol en el combustible de hasta el 10%. En las bombas de un embolo el superfluo vuelve internamente hacia el lado de la alimentación en la parte de baja presión.



Fig. 2.32 Modo de accionamiento de la bomba.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

En las bombas de un embolo se tienen algunas diferencias en la estructura exterior debido a las condiciones del espacio en el montaje de diferentes modelos, existen bombas con la salida de combustible de metal que va fijado a rosca y la entrada de baja presión es un tubo de goma, como también, existen bombas que utilizan las entradas y salidas de metal que van unidas a rosca. En las bombas de alta presión la purga de aire se realiza por si solo a través de los inyectores durante el funcionamiento del vehículo.

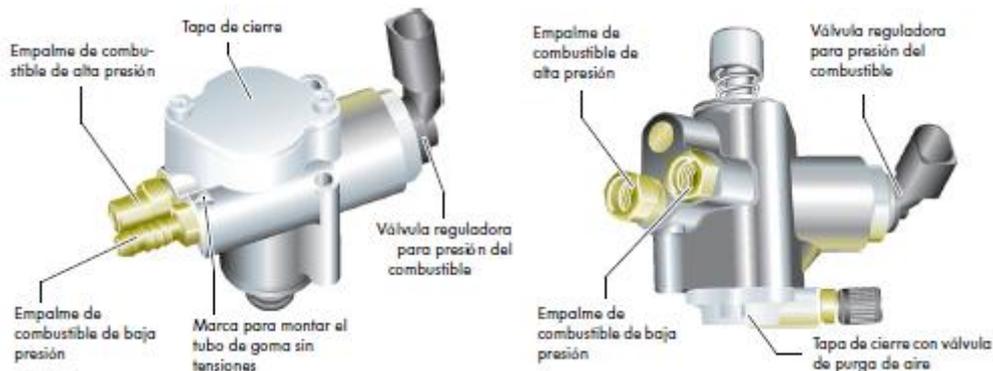


Fig. 2.33 Tipos de bombas de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.3 Funcionamiento de la bomba de un cilindro

La bomba tiene en su interior un embolo que es accionado de forma axial por una leva doble en el árbol de levas de admisión, también contiene las válvulas de admisión, de escape y la válvula reguladora para presión del combustible que es activada por la ECU para regular la dosificación de combustible que se va a enviar al riel común.

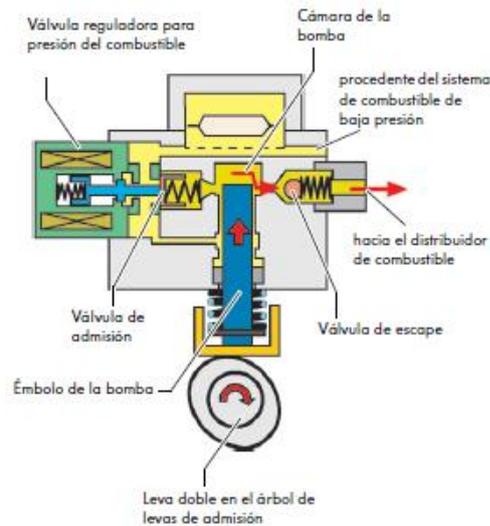


Fig. 2.34 Constitución de la bomba.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.3.1 Aspiración de la bomba de un cilindro

En esta carrera el embolo de la bomba está en carrera descendente por el giro en sentido horario de la leva doble, el combustible proveniente del circuito de baja presión ingresa por la válvula de admisión ya que la aguja de la válvula la mantiene abierta por la acción de su muelle, en este momento la presión en la cámara de la bomba es igual a la del circuito de baja presión.

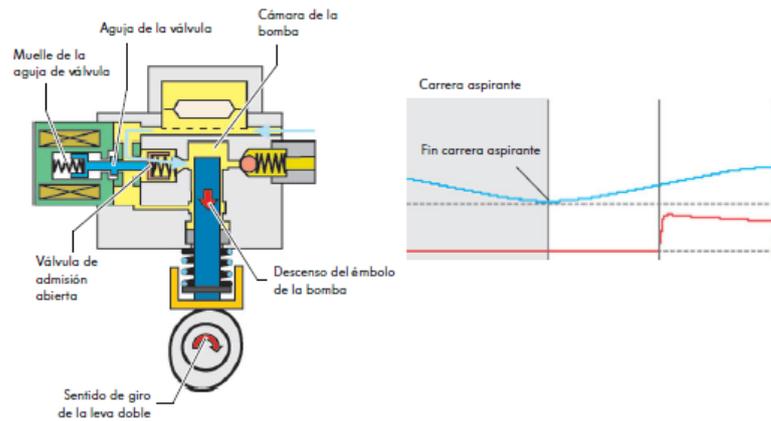


Fig. 2.35 Aspiración de la bomba de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.3.2 Retorno de combustible de la bomba de un cilindro

Durante la carrera ascendente, el embolo de la bomba envía el combustible hacia el circuito de baja presión debido a que la válvula de admisión está abierta para adaptar la cantidad de combustible al consumo efectivo del sistema, las pulsaciones que se generan son absorbidas por el amortiguador de presión, en este tramo de la carrera se mantiene la presión de la cámara de la bomba igual al circuito de baja.

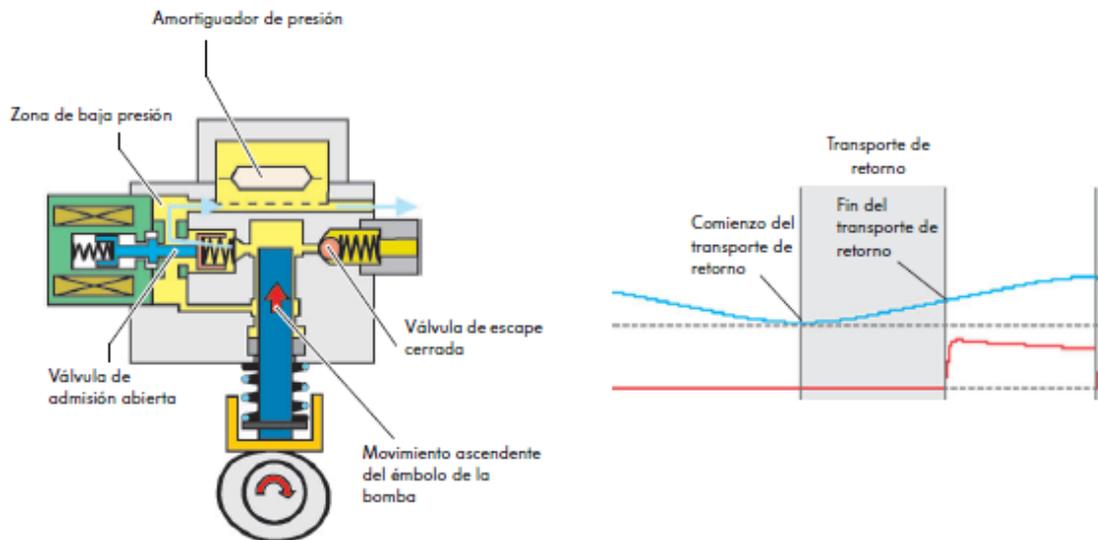


Fig. 2.36 Retorno de la bomba de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.3.3 Impulsión del combustible de la bomba de un cilindro

Para que se produzca la impulsión de combustible a elevada presión hacia el riel común, la ECU debe enviar una tensión hacia la válvula reguladora de presión del combustible, la cual, al ser accionada desplaza su aguja para cerrar la válvula de admisión. Al no existir retorno, la presión se eleva en la cámara de la bomba hasta abrir la válvula de escape por la diferencia de presión que existe con el riel común para impulsar el combustible.

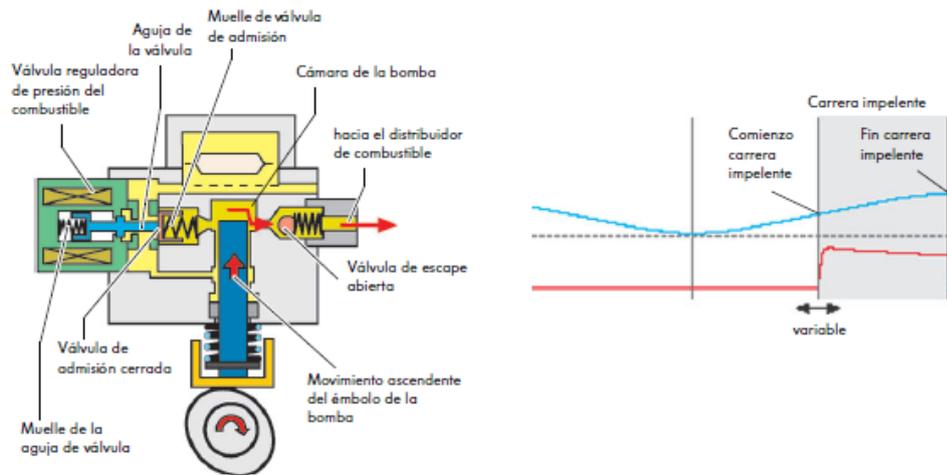


Fig. 2.37 Impulsión de la bomba de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.4 Funcionamiento de la bomba de tres cilindros

“Se trata de una bomba radial de 3 cilindros accionada por el árbol de levas de admisión. Con los tres elementos de bomba decalados a 120° se mantienen reducidas las fluctuaciones de la presión en el tubo distribuidor de combustible.”¹³

¹³<http://www.edu.xunta.es/centros/cifpsomeso/system/files/INYECCION+DIRECTA+DE+GASOLINA.pdf>

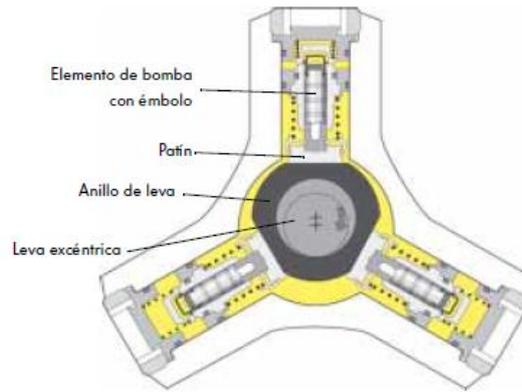


Fig. 2.38 Componentes de la bomba de tres cilindros.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

La bomba de alta presión recibe el movimiento del árbol de levas de admisión para desplazar a los tres émbolos de manera ascendente y descendente con la ayuda de una leva excéntrica que soporta un anillo de leva, el cual, está en contacto con los tres elementos de bomba por intermedio de su patín respectivo.

2.2.2.4.1 Carrera de aspiración de la bomba de tres cilindros

El eje de accionamiento de la bomba se acopla de manera longitudinal para aprovechar el giro del árbol de levas, al encender el motor la leva excéntrica acciona al embolo de la bomba en movimiento descendente, en esta carrera la presión del cilindro de la bomba disminuye y la presión en el embolo hueco aumenta provocando que la válvula de admisión se abra para permitir que el combustible procedente del circuito de baja fluya al interior del cilindro.

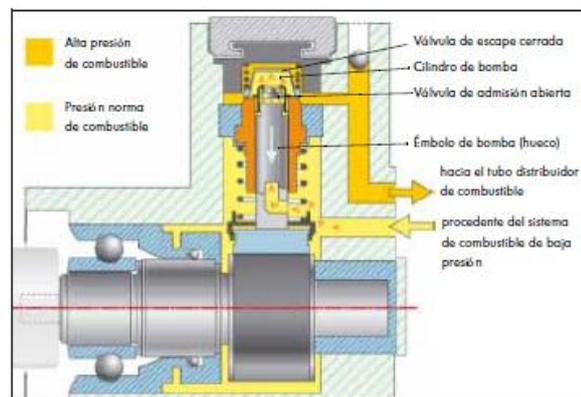


Fig. 2.39 Aspiración de la bomba de tres cilindros.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.2.4.2 Carrera impelente de la bomba de tres cilindros

Durante el movimiento ascendente del embolo de la bomba, la presión en el interior del cilindro va en aumento provocando el cierre de la válvula de admisión y la apertura de la válvula de escape si la presión reinante en el cilindro es superior a la del distribuidor de combustible (Riel común).

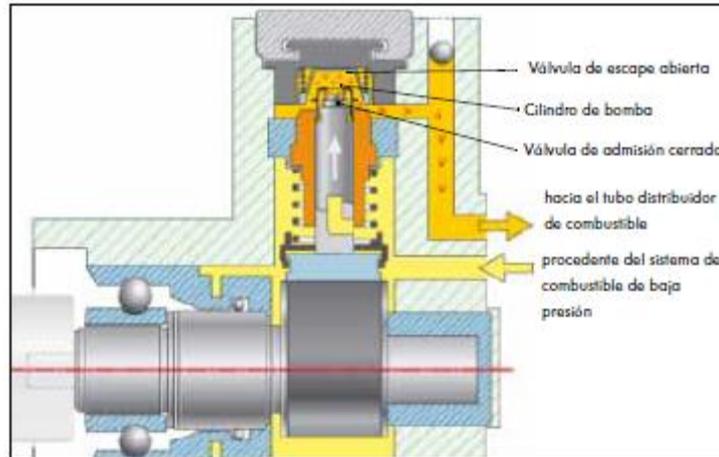


Fig. 2.40 Carrera impelente de la bomba de alta presión.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.2.5 Tubo de combustible de alta presión

Esta cañería es la que conecta a la bomba de alta presión y al distribuidor de combustible, por lo cual, los materiales utilizados en su fabricación son el acero al carbono, acero inoxidable y aluminio con características de alta resistencia y muy buena disipación de la electricidad estática que se produce por la circulación del combustible.

2.2.2.6 Distribuidor de combustible (riel común)

El riel común tiene la misión de acumular el combustible y distribuirlo a cada uno de los cilindros por intermedio de los inyectores de alta presión que son activados por la ECU, como también, contiene en su estructura el sensor de presión y la válvula limitadora de presión. Su montaje se realiza en el cuerpo inferior del colector de admisión.

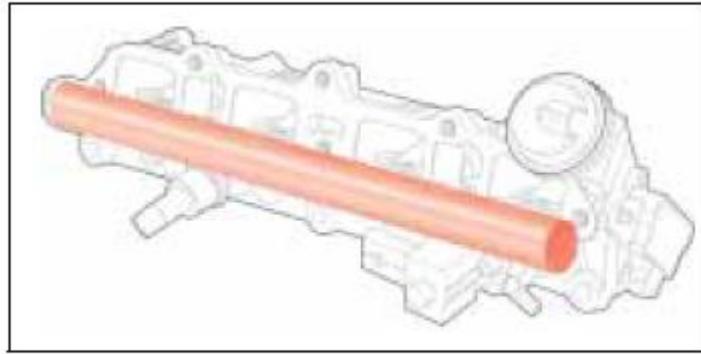


Fig. 2.41 Riel común.

<http://es.scribd.com/doc/15428008/LUPO-14-FSI>

2.2.2.7 Sensor de presión de combustible

Este sensor mide la presión a la que se encuentra el tubo distribuidor y comunica a la ECU el valor correspondiente de dicha presión en cada momento para controlar las sobre presiones por medio de la válvula limitadora de presión que es la encargada de regular la presión en el distribuidor de combustible, las presiones dependiendo del tipo de motor se encuentra entre los 30 y 110 bares pero si se avería el sensor la ECU regula la presión a un valor fijo.



Fig. 2.42 Sensor de alta presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.7.1 Comprobación del sensor de presión de combustible

El sensor tiene tres terminales una de tensión, uno de masa y uno de señal. Se puede comprobar con ayuda de un multímetro para medir la tensión que varía de acuerdo

con la deformación de una membrana de acero con resistencias extensométricas, si la presión en el tubo distribuidor o riel común es baja la resistencia eléctrica es alta por lo que se determinará en el multímetro una tensión baja, si la presión es alta en el riel común la resistencia eléctrica del sensor es baja por lo que se determinará una tensión alta.

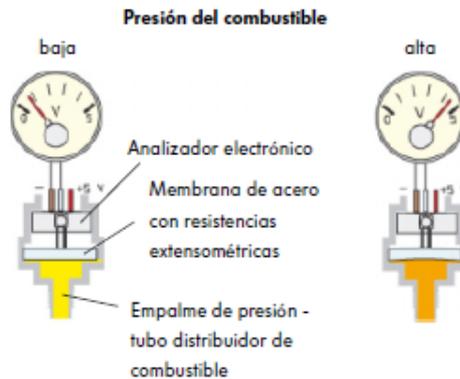


Fig. 2.43 Comprobación del sensor de alta presión.

www.iesserradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.2.8 Válvula reguladora de presión de combustible

Esta válvula tiene la misión de establecer la presión en el riel común ya que permite el paso de combustible hacia el depósito por medio del conducto de retorno. La unidad de control del motor activa la válvula para regular la presión entre los 50 y 100 bares independientemente de la cantidad inyectada y de la cantidad impelida por la bomba.

La válvula es accionada por una señal PWM proveniente de la ECU que es la que determina la sección de paso hacia el tubo de retorno para regular la presión hasta un valor determinado. Para proteger los componentes contra presiones excesivas de combustible se incorpora un limitador mecánico, el cual, abre a una presión de 120 bares.

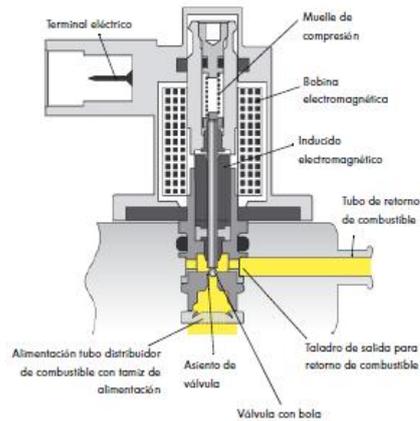


Fig. 2.44 Válvula reguladora de presión.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.2.9 Inyectores

Los inyectores están ubicados en la culata ya que tienen que inyectar el combustible directamente en la cámara de combustión, por un lado están en comunicación con el distribuidor de combustible y por el otro está en comunicación con la cámara de combustión por medio de un anillo de teflón. Los inyectores son de tipo electromagnéticos ya que tienen en su interior una válvula electromagnética que es accionada por la ECU al crear un campo magnético que es el que elevará a la válvula de aguja para permitir el paso del combustible a elevada presión al interior del cilindro.

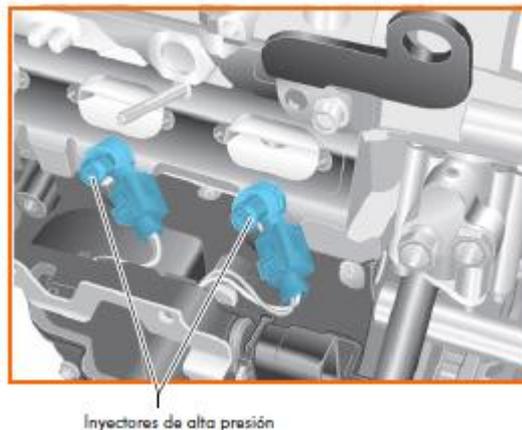


Fig. 2.45 Inyectores.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

“Para que el inyector se abra lo más rápidamente posible se le da una breve pre magnetización y se le aplica una tensión de aproximadamente 90 voltios. De ahí resulta una intensidad de corriente de hasta 10 amperios. Al estar el inyector abierto al máximo resulta suficiente una tensión de 30 voltios y una intensidad de 3 a 4 amperios para mantenerlo abierto.”¹⁴

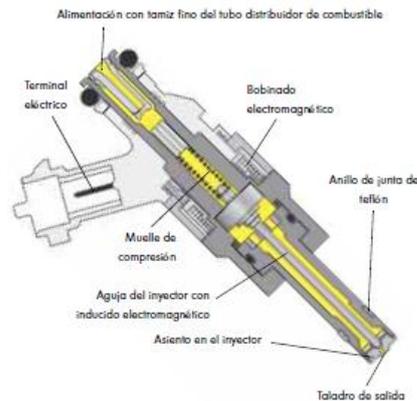


Fig. 2.46 Estructura interna del inyector.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

Los inyectores son de orificio único con un ángulo de chorro de 70° y un ángulo de inclinación de 20° para impulsar una determinada cantidad de combustible al interior del cilindro a elevada presión y así satisfacer las necesidades de un motor de inyección directa. Las comprobaciones se realizan con un osciloscopio en donde se determina la señal de los inyectores, si la señal está distorsionada en alguno de los inyectores se procede a realizar la sustitución efectuando una nueva adaptación a la unidad de control del motor.

¹⁴ http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

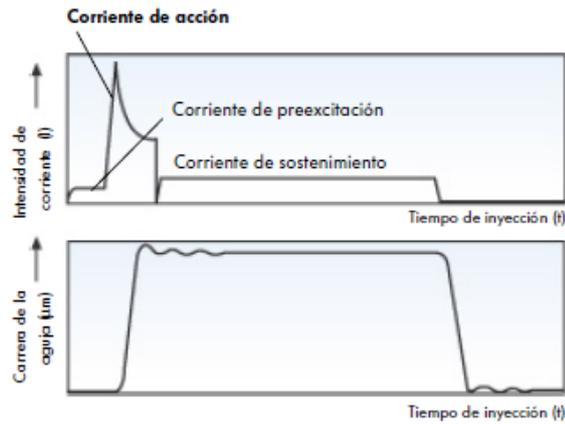


Fig. 2.47 Curva del inyector.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.2.2.9.1 Análisis del circuito de alta presión de combustible

De igual forma el circuito de alta presión de combustible de un motor CRDI es similar al de un GDI ya que utilizan componentes similares pero que trabajan en condiciones distintas. La bomba de alta presión del motor CRDI trabaja a presiones comprendidas entre 250 Bar en ralentí y 2000 Bar en plena carga, mientras que para el motor GDI las presiones oscilan entre 30 y 110 Bar. La bomba que utiliza un motor CRDI es de tipo radialy utiliza el concepto de leva y pistón ya que contiene dos pistones y un anillo de levas, mientras que la bomba para el motor GDI puede ser de un cilindro con accionamiento axial y de tres cilindros con accionamiento radial, sin embargo, es preferida por su buena durabilidad, eficiencia, tamaño y costo la configuración radial.

Principio	Pistón axial	Pistón radial	En línea
Criterios evaluación			
Durabilidad	●	+	●
Eficiencia	●	+	●
Tamaño	●	+	-
Coste	+	+	●

+ Bueno ● Medio - Desfavorable

Tabla 3 Tipos de bombas de alta presión para inyección directa de gasolina

Las bombas de alta presión del motor CRDI y la de un embolo utilizada en el motor GDI tienen una similitud ya que tienen incorporada la válvula reguladora de presión en su estructura para enviar la sobre presión al depósito. Los inyectores utilizados por ambos motores son de tipo electromagnéticos pero tienen la diferencia en la corriente y voltaje utilizado para ser accionados, para los inyectores del motor CRDI es necesario 100 Voltios y 20Amperios, mientras que para los inyectores del motor GDI es necesario 90 volts y 10Amp.

2.2.2.10 Nueva versión del subsistema de combustible

“Presenta la ventaja, de que la bomba eléctrica y la bomba de combustible de alta presión solo alimentan la cantidad justa de combustible que necesita el motor en cada momento. Esto reduce la potencia eléctrica y mecánica absorbida por las bombas de combustible y se traduce a su vez en una reducción del consumo de combustible.”¹⁵

En la versión más desarrollada del subsistema de combustible se realizan algunas modificaciones tanto en los circuitos de baja y alta presión para los motores FSI a partir de una potencia de 66KW. En el circuito de baja presión se incorpora la unidad de control para la electrobomba de combustible, se utiliza un filtro de combustible que tiene incorporado en su estructura una válvula limitadora de presión y tiene además un sensor de presión para el circuito de baja. En el circuito de alta presión únicamente se incorpora una válvula limitadora de presión en la misma bomba de alta presión.

2.2.2.10.1 Unidad de control para la electrobomba de combustible

Esta unidad de control es la encargada de accionar a la electrobomba para absorber el combustible y enviarlo al sistema manteniendo constante la presión entre 0,5 y 5 bar, en las fases de arranque puede alcanzar valores de 6.5bar. Esta unidad de control está instalada junto a la electrobomba para garantizar la comunicación con las señales PWM que son impulsos de anchura modulada. Si esta unidad sufre una avería el motor no encenderá debido a que no existe una alimentación de combustible.

¹⁵ www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf



Fig. 2.48 Unidad de control de la electrobomba.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.10.1.1 Circuito eléctrico de la unidad de control de la electrobomba

En este circuito tenemos:

La unidad de control para el motor (J220) es la que se comunica con la unidad de control para la electrobomba (J538) que a su vez recibe información del sensor de nivel de combustible (G) y del indicador de nivel (G1) para excitar a la bomba de combustible. Si el nivel del combustible es menor al $\frac{1}{4}$ del tanque la unidad de control de la bomba no activará a la bomba ya que al ser sumergida en el mismo combustible se puede calentar y averiar.

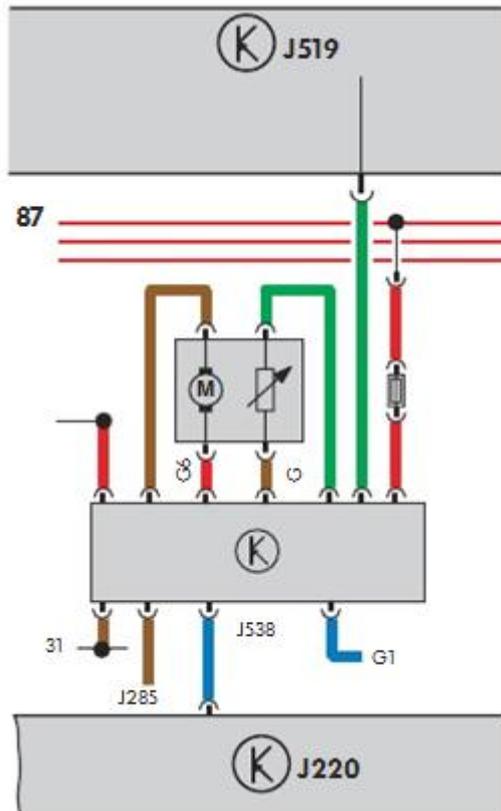


Fig. 2.49 Circuito de la unidad de control de la electrobomba.

es.scribd.com/doc/88395453/13/Unidad-de-control-para-bomba-de-combustible-J538

2.2.2.10.2 Filtro de combustible con válvula limitadora de presión

En la nueva versión se utiliza este filtro que tiene una válvula limitadora de presión incorporada a la entrada del filtro para controlar el combustible que proviene de la electrobomba, este filtro tiene los conductos de entrada y salida de combustible pero además tiene un conducto adicional proveniente de la válvula limitadora de presión que se conecta con la cañería de retorno. El recambio del filtro es recomendable cada 30 000 Km.



Fig. 2.50 Filtro con válvula limitadora de presión.

http://agrega.educacion.es/visualizar/es/es_20071227_1_5039811/false

2.2.2.10.3 Sensor de presión para el circuito de baja presión

Este sensor está ubicado en la línea de combustible que se dirige hacia la bomba de alta presión, la misión del sensor es determinar la presión reinante en el sistema de baja para luego enviar esta información a la ECU, la cual, procederá a regular la presión de acuerdo a las necesidades del motor para cada momento. Si llega a ausentarse la señal por causa de una avería la ECU excita la electrobomba para aumentar la presión hasta un valor fijo, el cual, garantizará el buen funcionamiento del motor.



Sensor de presión del combustible,
baja presión G410

Fig. 2.51 Sensor de baja presión.

www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf

2.2.2.10.4 Válvula reguladora de presión incorporada en la bomba de un cilindro

Este tipo de válvula está presente en las bombas de cilindro único y es utilizada para cerrar la válvula de admisión de la bomba cuando la ECU lo determine, es decir, cuando haya calculado la cantidad de combustible necesario y el comienzo de la carrera impelente para la inyección ya sea para el modo estratificado y homogéneo.

2.2.2.10.5 Análisis de la nueva versión del sistema de combustible

La nueva versión tiene el objetivo de disminuir la potencia eléctrica y mecánica absorbida por las bombas de combustible mediante la incorporación de nuevos elementos como un sensor de presión en el circuito de baja con el fin de comunicar a la ECU la cantidad de combustible presente en éste circuito en cada momento. La ECU recibirá esta información y según la carga y regímenes del motor comandará a la unidad de control de la electrobomba para que envíe más o menos combustible.

También se han implementado las válvulas limitadoras de presión tanto para el circuito de baja y alta presión, en el circuito de baja se ha implementado ésta válvula en el filtro de combustible el cual enviará el excedente de combustible al depósito, mientras que la válvula limitadora en el circuito de alta está incorporada a la bomba de alta presión y envía el excedente de combustible a la parte de baja presión de la misma bomba.

2.3 Subsistema de encendido

“Asume la función de inflamar la mezcla de combustible y aire en el momento adecuado. Para conseguir este objetivo es preciso que la unidad de control del motor determine el momento de encendido, la energía de ignición y la duración que ha de tener la chispa del encendido en todos los puntos operativos. Con el momento de encendido se influye sobre el par del motor, el comportamiento de los gases de escape y el consumo de combustible del motor.”¹⁶

¹⁶http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

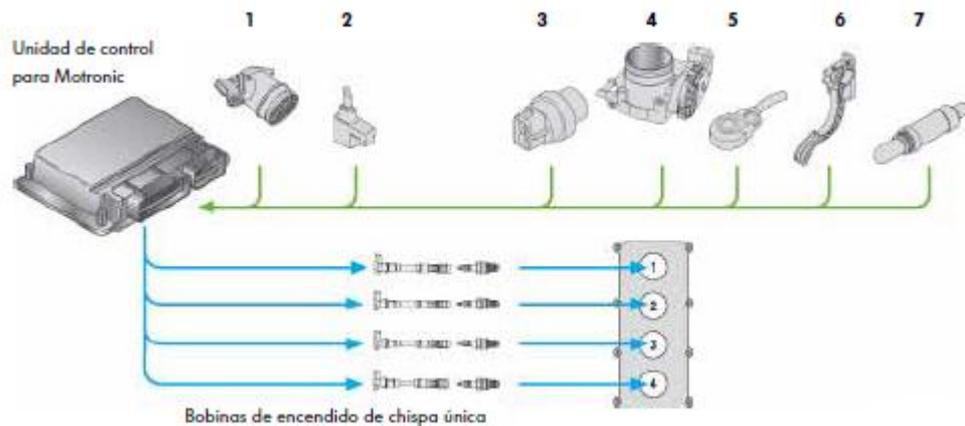


Fig. 2.52 Subsistema de encendido.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

En el modo de funcionamiento estratificado el encendido se realiza al final de la carrera de compresión en una pequeña ventana angular del cigüeñal para realizar una correcta combustión de la mezcla rica que se encuentra en las cercanías de la bujía. Para el modo homogéneo-pobre y homogéneo el encendido se realiza de manera normal debido a que la mezcla es homogénea en toda la cámara de combustión.

2.3.1 Señales de entrada a la ECU para determinar el momento de encendido

1. Carga del motor precedente del medidor de masa de aire y del sensor de temperatura del aire aspirado.
2. Régimen del motor (Sensor CKP).
3. Sensor de temperatura del líquido refrigerante. (Sensor ECT).
4. Unidad de mando de la mariposa.
5. Sensor de picado.
6. Sensor de posición del acelerador.
7. Sonda lambda.

2.3.2 Sensor de posición del acelerador

Este sensor reemplaza al cable del acelerador ya que este tiene la misión de determinar la posición a la que acelera el conductor y comunica a la ECU esta información para que determine la anchura del pulso PWM que activará al actuador del control de la mariposa (TAC).

El pedal electrónico denominado APP cuenta con dos potenciómetros en su interior para determinar de forma precisa su posición, estos serán encargados de informarle a la ECU la posición a la que se encuentra el pedal para que efectúe la condición deseada por los sensores APP1 y APP2.

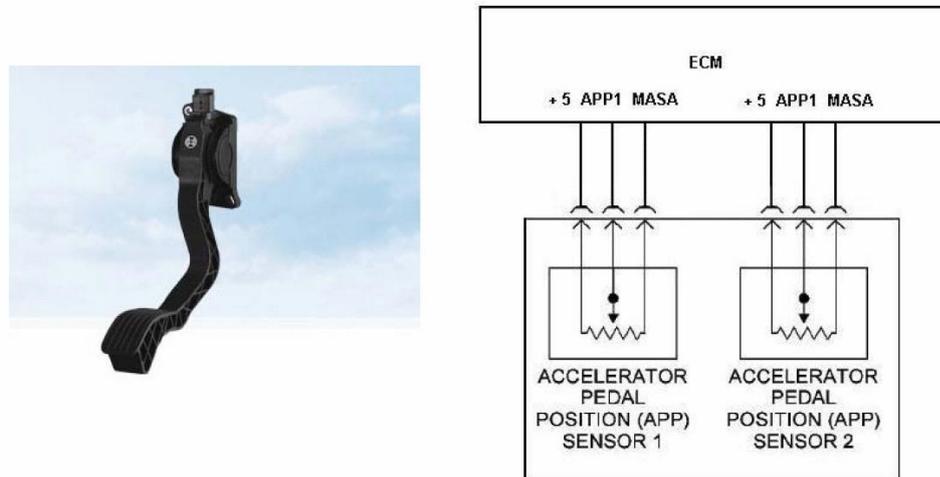


Fig. 2.53 Conexión del acelerador electrónico con potenciómetros.

es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I

2.3.2.1 Comprobación del pedal de aceleración electrónico

Para comprobar el pedal del acelerador electrónico se utiliza un osciloscopio para determinar las curvas de los potenciómetros que varían de valor al cambiar de posición el pedal o acelerar. Se actúa sobre los cables de color verde del sensor del pedal ya que es en estos donde se producirá la variación de señal, también se puede realizar una prueba desconectando el socket y con el switch abierto medir la alimentación de 5v en los cables rojos y la masa en los de color marrón.

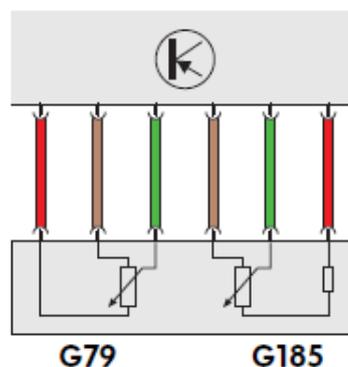


Fig. 2.54 Conexión del sensor del pedal con la ECU.

<http://grupos.emagister.com/ficheros/veruzada?fdwn=1&idGrupo=47390&idFichero=1096212>

2.3.3 Bobinas de encendido de chispa única

Como son de chispa única el motor tiene igual número de bobinas como de cilindros, estas bobinas tienen la ventaja de una menor pérdida de intensidad eléctrica por resistencia, por lo cual, la eficiencia del encendido depende directamente de la gestión del motor. Si una de las bobinas se avería la ECU suspende la inyección en dicho cilindro para proteger al catalizador acumulador.

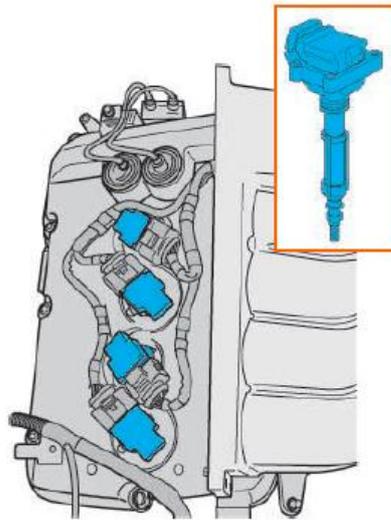


Fig. 2.55 Bobina de chispa única.

<http://guparacing.com.ar/bobinas-de-encendido-de-chispa-unica/>

2.3.4 Análisis del subsistema de encendido

El momento de encendido está determinado por las señales de los sensores tradicionales como son: MAF, IAT, CKP, ECT, KS, TAC y del sensor de oxígeno los cuales pueden ser comprobados con un multímetro y un osciloscopio cuando se presente una avería en el encendido. El sensor APP que es el de posición del acelerador contiene en su estructura dos sensores TPS los cuales informan a la ECU del requerimiento del conductor y acciona al TAC para acelerar o desacelerar.

Para realizar el encendido el motor utiliza bobinas de chispa única las cuales son accionadas por la ECU del motor para realizar el encendido. Si una de las bobinas se avería el motor empezará a fallar perdiendo fuerza haciendo notorio que uno de los

cilindros no está funcionando, además la ECU suspende la inyección de combustible en dicho cilindro evitando que se ahogue y queme demasiados hidrocarburos.

2.4 Subsistema de escape

El gran problema de los motores de inyección directa eran las emisiones de los óxidos nítricos que se forman en los modos operativos estratificado y homogéneo pobre. Para alcanzar el límite de emisiones de los NOx se ha modificado el subsistema de los gases de escape introduciendo un catalizador acumulador que es el encargado de acumular los NOx y de regenerarlos para emitir al ambiente nitrógeno.

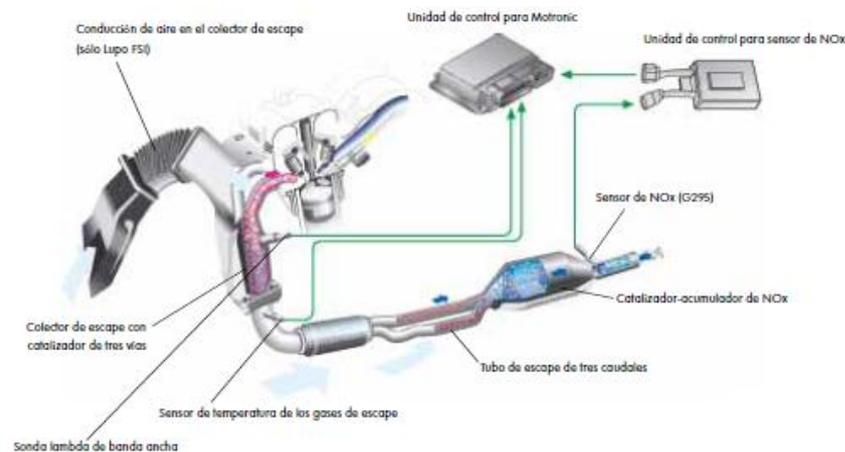


Fig. 2.56 Subsistema de escape.

<http://es.scribd.com/doc/15428008/13/El-sistema-de-escape>

Debido a que el análisis del siguiente capítulo trata del proceso de regeneración de los óxidos nítricos únicamente se analizarán a continuación los siguientes componentes del subsistema de escape.

- ✓ Refrigeración del colector de escape.
- ✓ Catalizador de tres vías.
- ✓ Sonda lambda de banda ancha.
- ✓ Sensor de temperatura de los gases de escape.
- ✓ Tubo de escape de tres caudales.

2.4.1. Refrigeración del colector de escape

Debido a las condiciones de funcionamiento del catalizador acumulador se debe mantener la temperatura entre los 250°C y 500°C para que se puedan almacenar los óxidos nítricos, por lo cual, se utiliza un armazón delantero que dirige el aire hacia el colector de escape para que mantenga la temperatura dentro del rango establecido ya

que si la temperatura se eleva a más de 850°C disminuye la capacidad de acumulación.

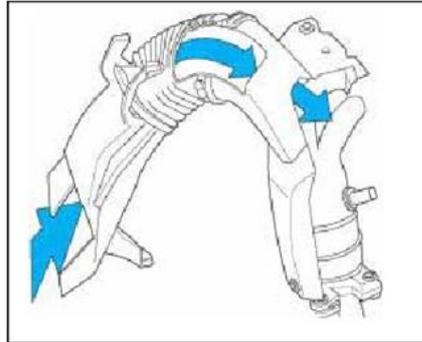


Fig. 2.57 Refrigeración del colector de escape.

<http://es.scribd.com/doc/15428008/13/El-sistema-de-escape>

2.4.1.1 Análisis de la refrigeración del colector de escape

La refrigeración del colector de escape es importante ya que ayuda a mantener la temperatura de los gases dentro del rango de acumulación de los óxidos nítricos, la estrategia que se utiliza es la más viable ya que se encamina una corriente de aire tomada del exterior por el colector.

2.4.2. Catalizador de tres vías

El catalizador de tres vías está ubicado en las cercanías del colector de escape con el fin de alcanzar la temperatura de funcionamiento, es decir, la temperatura a la cual se transforma catalíticamente los contaminantes de la combustión como los hidrocarburos, los monóxidos de carbono y los óxidos nítricos en sustancias inofensivas. Pero si el motor trabaja con mezcla pobre en el modo estratificado los óxidos nítricos pasarán hacia el catalizador acumulador.

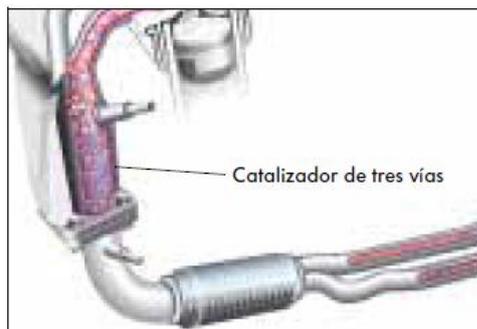


Fig. 2.58 Catalizador de tres vías.

www.iesserradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.4.2.1 Análisis del catalizador de tres vías

Este dispositivo tiene la misión de regenerar catalíticamente los hidrocarburos y los monóxidos de carbono que reaccionan con el oxígeno de los óxidos nítricos para obtener agua, dióxido de carbono y nitrógeno. Este catalizador es una de las medidas que se toma para regenerar los óxidos nítricos de los gases de escape ya que se forman en gran cantidad en los motores de inyección directa de gasolina.

2.4.3. Sonda lambda de banda ancha.

La sonda lambda se utiliza para determinar la cantidad de oxígeno residual presente en los gases de escape, por lo cual, se ubica ante el catalizador de tres vías ya que es el encargado de determinar con exactitud la relación de combustible y aire cuando lambda es igual a 1, pero si el motor trabaja en el modo estratificado el valor de lambda es calculado por la ECU ya que la sonda de banda ancha es inexacta en este rango. Además la ECU regula el valor de lambda efectivo cuando este difiere del valor teórico por medio de la cantidad de combustible inyectado, si la señal se ausenta por una avería, la ECU realiza el control de la cantidad de combustible inyectado.

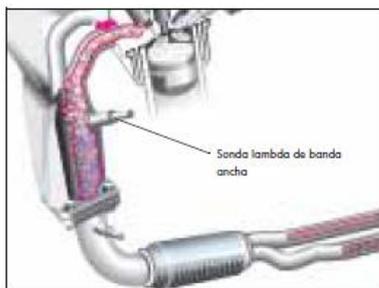


Fig.2.59 Sonda lambda de banda ancha.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

2.4.3.1 Análisis de la sonda lambda de banda ancha

La sonda lambda de banda ancha está montada antes del catalizador de tres vías para que mida la cantidad de oxígeno exacta antes de que sufran alteraciones, la sonda tiene el objeto de medir la cantidad de oxígeno y compararla con un valor nominal de 450mv que corresponde a un valor de $\lambda = 1$. Con ésta señal la gestión del motor varía la inyección de combustible para que la composición de los gases de escape tenga un factor lambda tenga un valor cercano a 1. Las sondas lambda utilizadas para medir el oxígeno en los gases de escape son: Sonda lambda de dióxido de

circonio que mide la cantidad de oxígeno mediante electrodos situados en su parte interior, Sonda lambda de dióxido de titanio que mide la cantidad de oxígeno en función de la variación de su resistencia y la sonda lambda de banda ancha que es la que ofrece un alto grado de fiabilidad.

2.4.4. Sensor de temperatura de los gases de escape

Este sensor tiene la misión de comunicar a la ECU la temperatura a la que se encuentran los gases de escape para determinar si es factible trabajar en el modo estratificado que es en donde se producen los óxidos nítricos ya que estos solo se regeneran en el catalizador acumulador a temperaturas comprendidas entre los 250°C y 500°C, Además la ECU necesita la información de la temperatura a la que se encuentran los gases ya que el azufre solo se regenera a una temperatura de 650°C como mínimo.

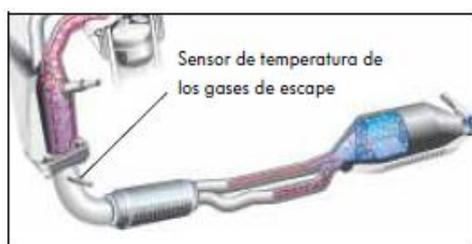


Fig. 2.60 Sensor de temperatura de los gases de escape.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

El sensor está ubicado después del catalizador de tres vías y tiene en su interior una resistencia de tipo NTC (Coeficiente de temperatura negativo), es decir, que a medida que la temperatura de los gases de escape aumenta la resistencia interna del sensor disminuye dando como resultado una señal de tensión alta, por lo cual, su comprobación se realiza con un multímetro y se mide el aumento de tensión a medida que la temperatura va en aumento.

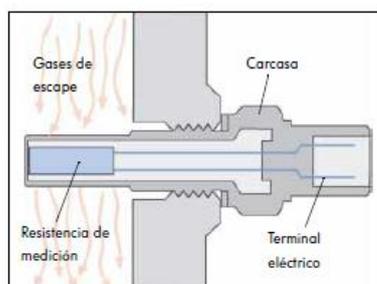


Fig. 2.61 Funcionamiento interno del sensor de temperatura.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

Si la señal del sensor se ausenta por una avería la ECU pasa a modo de emergencia y calcula el valor de la temperatura, debido que este cálculo no es tan exacto el sistema pasa a funcionar en el modo homogéneo ya que en este modo los óxidos nítricos reaccionan con los hidrocarburos y los monóxidos de carbono.

2.4.4.1 Análisis del sensor de temperatura de los gases de escape

Este sensor es similar al utilizado en el sistema de refrigeración del motor y su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia interna según se eleve la temperatura del refrigerante del motor, al variar ésta resistencia también varía el voltaje que se entrega a la ECU como señal. La señal de este sensor es imprescindible ya que la ECU determina el modo de funcionamiento del motor en base a la temperatura de los gases de escape para la regeneración de los óxidos nítricos.

2.4.5. Tubo de escape de tres caudales

Este tubo tiene la misión de refrigerar los gases de escape con el fin de mantenerlos dentro del rango de trabajo del catalizador acumulador ya que si su temperatura se eleva a más de 850°C pierde su capacidad de acumulación, por lo cual, se utiliza este tubo de tres caudales con el fin de tener una mayor superficie de disipación de calor al ambiente.

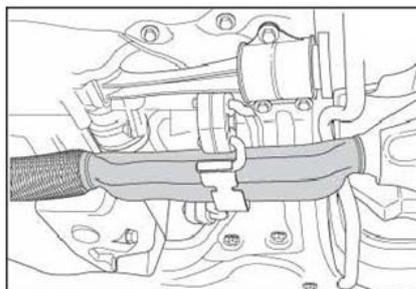


Fig. 2.62 Tobo de escape de tres caudales.

<http://es.scribd.com/doc/15428008/13/El-sistema-de-escape>

2.4.5.1 Análisis del tubo de escape de tres caudales

Este tubo de tres caudales es otra de las medidas que se toman para refrigerar los gases de escape y mantenerlos dentro del rango de almacenamiento de los óxidos nítricos.

CAPITULO III

PROCESO DE REGENERACION DE OXIDOS NITRICOS

3.1 Análisis de la generación de los NOx

Los óxidos nítricos son designados a los gases que se producen en la combustión de gasolina en los motores de inyección directa FSI, Se llaman NOx a los gases de óxido nítrico, dióxido de nitrógeno y óxido nitroso, los cuales se generan de la siguiente forma:

“Nox térmico: producido por oxidación del nitrógeno contenido en el aire de combustión.

Nox del combustible: Resultante de la oxidación del nitrógeno contenido en el combustible.

Nox súbito: Se forma por conversión del nitrógeno molecular en presencia de hidrocarburos, en el frente de la llama.”¹⁷

En los motores GDI se generan en mayor cantidad los “NO” (Óxido nítrico) en un valor del 90% del total de los NOx, aunque también se encuentran en los gases de escape los óxidos nitrosos por la alta cantidad de oxígeno y bajas temperaturas, lo que provoca la conversión de NO en NO₂.

“Los principales efectos bioquímicos y fisiológicos de los NOx son:

- *Los NOx son uno de los principales responsables de la lluvia acida y potencialmente productores de smog fotoquímico.*
- *El dióxido de nitrógeno, de olor penetrante y color marrón rojizo, puede irritar los pulmones y reducir su resistencia a enfermedades infecciosas - el nivel excede de 600 mg/m³.*
- *El monóxido de nitrógeno participa en la reducción de ozono en la estratosfera facilitando así el paso de la radiación solar ultravioleta hasta la superficie terrestre.”¹⁸*

La generación del óxido nítrico (NO) se produce por la combustión de combustibles como el diesel y la gasolina en diferentes condiciones como a una elevada temperatura que se encuentra entre 1300 y 2500°C y la cantidad de oxígeno presente en el aire atmosférico, aunque el científico Zeldovich comprobó que la mayor parte

¹⁷http://ocw.uniovi.es/file.php/13/1C_C12757_0910/04_GT17_Reducccion_de_NOX_en_humos.pdf

¹⁸PAYRI F. DESANTES J. M. Motores de combustión interna alternativos. España. REVERTÉ. 2011. Pg. 419.

del óxido nítrico se forman en los gases de postcombustión y no en el seno de la llama.

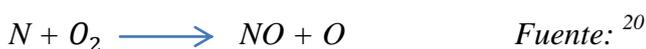
La generación de los dióxidos de nitrógeno se produce cuando el radical HO_2 que se forma a temperaturas bajas de alrededor de 150°C recibe a las moléculas de NO procedentes de zonas de alta temperatura.

La generación del óxido nitroso (N_2O) solo es posible en mezclas pobres ya sea del modo estratificado u homogéneo pobre, debido a la reducción en las temperaturas de combustión y al bajo contenido de hidrogeno que presentan los gases de escape derivados de una combustión pobre.

3.2 Fundamentos químicos para aplicar la tecnología de Volkswagen

Volkswagen ha realizado la modificación del subsistema de escape para que sea capaz de regenerar los gases de escape que se forman por la inyección directa de gasolina en el modo estratificado. Los gases como los monóxidos de carbono, dióxidos de carbono y los hidrocarburos son regenerados en el catalizador de tres vías, pero para realizar la regeneración de los óxidos nítricos se ha implantado un catalizador-acumulador.

El óxido nítrico (NO) se forma a elevada temperatura entre las moléculas de nitrógeno y oxígeno, durante la combustión de la mezcla aire/combustible.



El óxido nítrico generado por el encendido de la mezcla, reacciona en la cámara de combustión con el abundante oxígeno proveniente del radical HO_2 que se forma en regiones de baja temperatura para dar lugar a la formación del dióxido de nitrógeno (NO_2).



¹⁹Paury F, D. M. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*, Pg. 419, Barcelona: Reverte.

²⁰Paury F, D. M. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*, Pg. 419, Barcelona: Reverte.

²¹Paury F, D. M. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*, Pg. 423, Barcelona: Reverte.

3.2.1 Fundamentos químicos aplicados en el catalizador-acumulador

Los gases de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2) son almacenados y regenerados en el catalizador acumulador debido a que son los más tóxicos para el medio ambiente, por lo cual, el catalizador de los NOx tiene en su estructura los siguientes materiales:

- Platino: Es efectivo para la oxidación de los aromáticos.
- Paladio: Es efectivo para la oxidación de monóxido de carbono.
- Rodio: Es efectivo para la reducción de los óxidos nítricos.
- Oxido de bario: Es efectivo para almacenar los óxidos nítricos.

Con los cuales el catalizador-acumulador a más de regenerar los óxidos nítricos, regeneran también, los hidrocarburos, monóxidos de carbono y dióxido de carbono ya que cuando el catalizador-acumulador no está regenerando se comporta como un catalizador convencional de tres vías.

3.2.1.1 Almacenamiento de los NOx

El dióxido de nitrógeno proveniente de la combustión se suma al dióxido de nitrógeno proveniente de la regeneración del óxido nítrico con el oxígeno para ingresar al catalizador-acumulador, donde se regenerarán con el óxido de bario en un ambiente oxigenado para formar nitrato de bario que es el que finalmente se acumulara hasta la des acumulación.

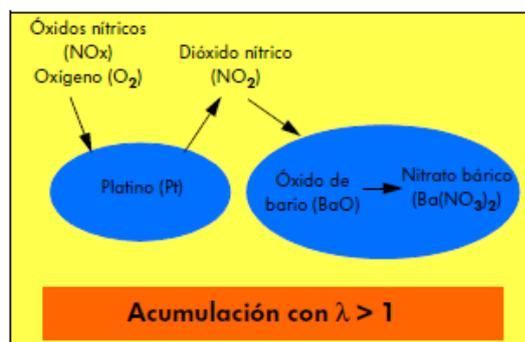


Fig.3.1 Acumulación de los NOx.

3.2.1.2 Desacumulación del catalizador acumulador

Para la desacumulación se aprovechan el monóxido de carbono proveniente de una mezcla homogénea rica, el cual, se regenerará con el nitrato de bario para obtener dióxido de carbono, óxido de bario y monóxido de nitrógeno.



3.2.1.3 Regeneración de los NOx

Para realizar la regeneración el catalizador-acumulador se vale del rodio presente en su estructura para reducir los óxidos de nitrógeno mediante el monóxido de carbono que proviene de una mezcla rica para obtener nitrógeno y dióxido de carbono en la salida hacia el medio ambiente.

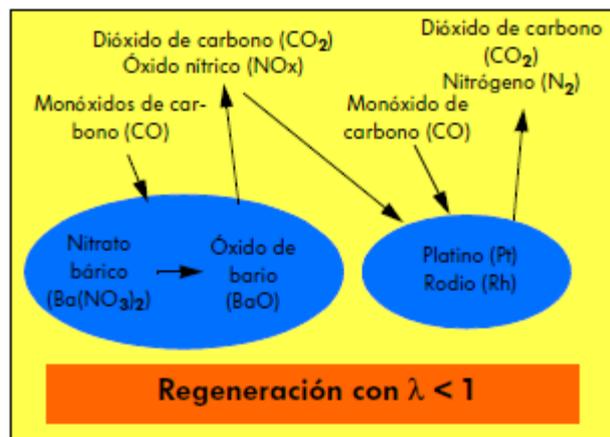


Fig. 3.2 Regeneración de los NOx.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

3.2.2 Fundamentos químicos aplicados en el sensor de NOx

El sensor de NOx tiene en su estructura interna dióxido de zirconio (ZrO₂) como el elemento sensor ya que al recibir una pequeña tensión desplaza los iones de oxígeno del electrodo negativo al electrodo positivo. También tiene en su estructura interna un electrodo de material especial aleado con rodio (Rh) para realizar la separación de

las moléculas de NO_x en N₂ y O₂, con el fin de determinar la cantidad de óxidos nítricos que estará en proporción de la corriente que fluye por el desplazamiento de los iones del electrodo interior al exterior.

3.3 Interpretar los avances tecnológicos de la marca

Los avances tecnológicos de Volkswagen para controlar las emisiones de los óxidos nítricos son la implantación de un catalizador-acumulador para regenerar los NO_x, también se dispone de un sensor de NO_x para determinar la cantidad de óxidos nítricos emitidos al ambiente y la utilización de una unidad de control para el sensor NO_x.

3.3.1 Catalizador-acumulador

El uso de los catalizadores-acumuladores es nuevo para los motores de inyección directa de gasolina, aunque ya se avían utilizado en los motores diesel por su buena capacidad de regeneración de los óxidos nítricos. El funcionamiento del catalizador en la fase de regeneración necesita la presencia de hidrocarburos por lo que la unidad de control del motor pasa de trabajar del modo estratificado al homogéneo con mezcla rica para obtener los monóxidos de carbono necesarios en la regeneración.

La temperatura es un factor importante para realizar la regeneración ya que el catalizador de NO_x trabaja entre los 250°C y 500°C y para lograr que se encuentre entre estas temperaturas se ha realizado la refrigeración de los gases por medio de dos sistemas como la refrigeración de los gases de escape y el tubo de tres caudales.

Los óxidos nítricos abundan en los modos de operación estratificado y homogéneo pobre con $\lambda > 1$ por lo que son acumulados hasta que el catalizador acumulador se satura y conmuta al modo de regeneración por acción de la unidad de control del motor. Durante la regeneración el motor conmuta al modo homogéneo con $\lambda < 1$ ya que es indispensable la presencia de los gases como el monóxido de carbono para la regeneración. Debido a la similitud química con los óxidos nítricos también se almacena el azufre.



Fig.3.3 Catalizador acumulador.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

3.3.2 Sensor de NOx

La estructura interna del sensor está constituida por dos cámaras, dos celdas de bomba, varios electrodos, una calefacción y dióxido de circonio que es un material que al aplicarle una tensión desplaza los iones negativos del oxígeno desde el electrodo negativo al positivo. Si el sensor de NOx se avería la unidad de control del motor pasará a funcionar en el modo homogéneo para impedir la emisión de los NOx.

Este sensor a más de determinar la cantidad de NOx emitidos al ambiente comprueba si es correcto el punto de regulación $\lambda=1$, por lo que, analiza los gases de escape en dos pasos, primero determina la cantidad de oxígeno presente en los gases de escape por medio del dióxido de zirconio y luego determina la cantidad de NOx por medio del electrodo especial aleado con rodio.

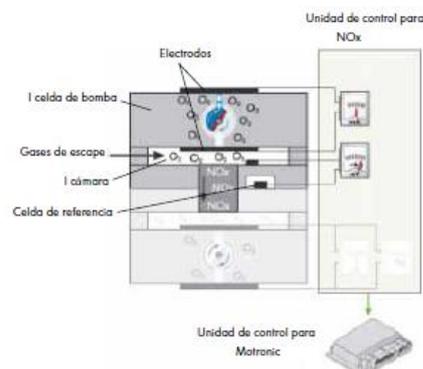


Fig. 3.4 Determinación del factor lambda.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

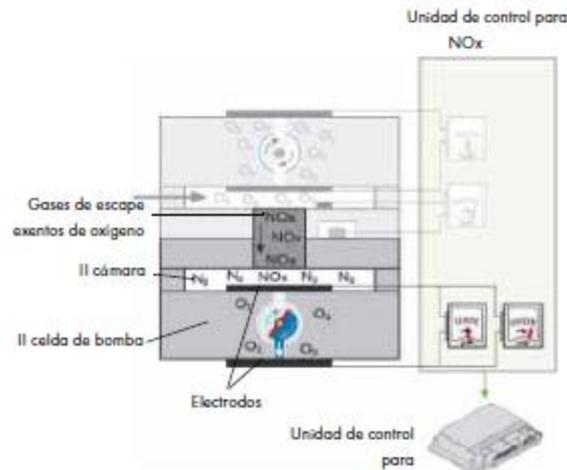


Fig. 3.5 Determinación de los óxidos nítricos.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

3.3.3 Unidad de control para óxidos nítricos (NOx)

La unidad de control del motor necesita la información de la unidad de control del sensor de NOx para realizar la conmutación del modo de acumulación al de regeneración cuando el catalizador acumulador está saturado. Para evitar la falsificación de la señal, la unidad de control del sensor de NOx se ubica cerca del sensor en la parte baja del vehículo. La unidad de control NOx alimenta al sensor de NOx con una tensión de 425 mV que provoca el desplazamiento de los iones de oxígeno de los gases de escape del electrodo interior al exterior para determinar el valor lambda y la cantidad de NOx.

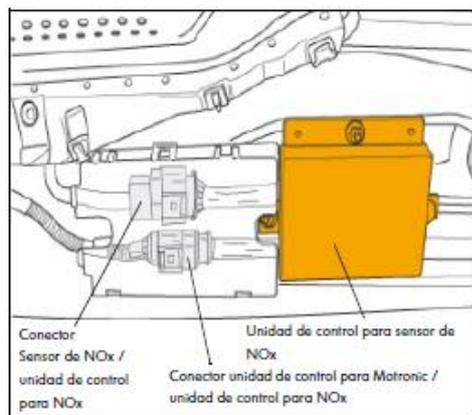


Fig. 3.6 Unidad de control para sensor de NOx.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

3.4 Regeneración de los óxidos nítricos

La regeneración es activada por la unidad de control del motor cuando esta reconoce que el catalizador-acumulador está saturado, para la regeneración el motor pasa del modo estratificado al modo homogéneo para aumentar el contenido de hidrocarburos y monóxidos de carbono en los gases de escape, los cuales se combinarán con el oxígeno de los óxidos nítricos para formar nitrógeno.

Cuando la unidad de control del motor detecta que la capacidad del catalizador-acumulador se agota en intervalos más breves pasa a un ciclo de desulfuración ya que los puntos de retención de los óxidos nítricos están ocupados por el azufre. Esta operación es más compleja ya que la desulfuración se realiza a una temperatura de 650°C, por lo cual, el motor debe retrasar el momento de encendido y pasar al modo homogéneo para realizar la transformación del azufre en dióxido de azufre. Para los óxidos nítricos, la acumulación se realiza en unos 90 segundos como máximo en el modo estratificado y la regeneración se realiza en 2 segundos en el modo homogéneo, mientras que para la regeneración del azufre se requiere únicamente 2 minutos.

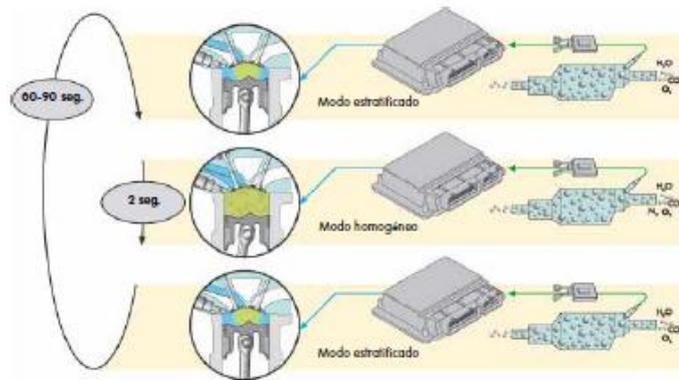


Fig. 3.7 Regeneración de los óxidos nítricos.

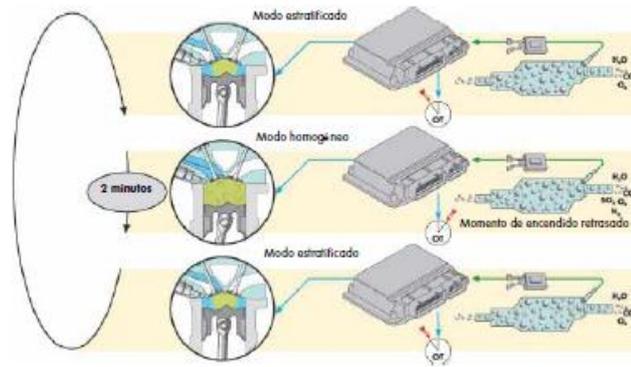


Fig. 3.8 Regeneración del azufre.

www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

3.5 Análisis de la utilización de los motores GDI en nuestro país

Los motores con inyección directa necesitan un combustible que tenga la menor cantidad de azufre posible para disminuir las etapas de regeneración de azufre ya que para realizarlas tiene que pasar a trabajar al modo homogéneo provocando un mayor consumo de combustible. El combustible recomendado para los motores GDI es “Shell Optimax” que contiene poco azufre y es de 99 octanos, aunque se pueden utilizar combustibles como el “Súper plus” sin plomo de 98 octanos con una cantidad de azufre menor a las 50 partes por millón.

En nuestro país el combustible EXTRA contiene 87 octanos y el combustible SUPER contiene 92 octanos, como también, contienen azufre en un promedio de 462 partes por millón. A pesar que PETROECUADOR tiene la meta de bajar la cantidad de azufre al valor vigente en América Latina de las 250 partes por millón no se podrá utilizar este tipo de motores en nuestro continente ya que no se podrán cumplir con los límites de contaminación.

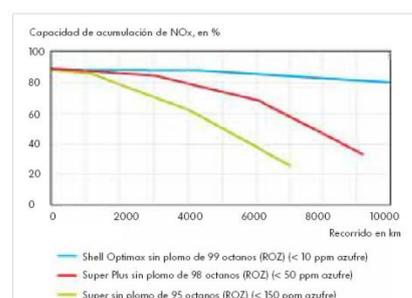


Fig.3.9 Cantidad de azufre en los combustibles sin plomo.

http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/Inyeccion_directa_gasolina_Bosch_Motronic_MED_7_Autodidatico_253.pdf

Conclusiones y recomendaciones

Para realizar la mezcla estratificada el motor ha realizado modificaciones en el cabezote implementando unas separaciones que determinan el conducto inferior y el conducto superior para variar el flujo de aire por medio de las chapaletas, también utiliza los pistones con unas cavidades tanto para el aire como para el combustible, por lo cual, se debe tener en cuenta la posición del pistón para el montaje en una reparación del motor.

En el modo de funcionamiento estratificado el motor GDI disminuye el consumo y las emisiones contaminantes debido a que la mezcla se realiza con una alta cantidad de aire con gases recirculados y una sola inyección que se realiza al final del ciclo de compresión, por lo cual, es necesario realizar un buen mantenimiento de los filtros tanto en el de aire como en el de combustible.

Puesto que las presiones de inyección de un motor GDI son superiores a la de un sistema de inyección indirecta se emplean bombas de pistón axial, de pistón radial y en línea. La bomba que se prefiere es la de pistón radial ya que es la que cumplen con los requerimientos de durabilidad, eficiencia, menor tamaño y menor costo.

Volkswagen ha realizado varios cambios en el subsistema de combustible de unos motores FSI a otros, la versión más desarrollada utiliza una unidad de control para la electrobomba con el fin de enviar únicamente la cantidad justa de combustible, además, se ha implementado sensores de presión tanto en el circuito de baja y alta presión con el fin de comunicar a la ECU la presión de los circuitos en todo momento. También utiliza un filtro que lleva incorporada una válvula reguladora de presión para evacuar el combustible al depósito por causa de una sobre presión generada por una eventual obturación del filtro o de la cañería de combustible.

Se debe impulsar la fabricación de un catalizador capaz de regenerar el azufre con un sistema electrónico que no afecte a los modos de funcionamiento del motor, con lo cual, se pueda mantener la disminución del consumo de combustible y se pueda cumplir con las normas de contaminación vigentes en nuestro país.

Los vehículos de Volkswagen bloquean el funcionamiento del motor de inyección directa FSI en el modo estratificado cuando determinan que existe alguna avería en el subsistema de escape debido a que la unidad de control del motor no puede controlar las emisiones de los NOx y del azufre al medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ✓ David, C. G. (2012). *Motores termicos y sus sistemas auxiliares*. Paraninfo.
- ✓ Gil, H. (2003). *Manual CEAC del automovil*. España: CEAC.
- ✓ Jean, A. (2002). *Proceso y tecnologia de maquinas y motores termicos*. Valencia: Universidad politecnica de Valencia.
- ✓ Jesús, S. R. (2005). *Manual técnico de fuel injection*. Colombia: Diseli.
- ✓ Jose, P. (2007). *Sistemas auxiliares del motor*. España: Editex.
- ✓ Karl, H. (2005). *Manual de la tecnica del automovil*. Alemania: Robert Bosch.
- ✓ Manuel, O. (2010). *Tecnologia del automovil*. España: Paraninfo sa.
- ✓ Paíry F, D. M. (2011). *Motores de combustion interna alternativos*. Barcelona: Reverte.
- ✓ Richard, B. v. (2009). *Gasoline engine with direct injection*. Alemania: Robert Bosch.
- ✓ Riner, O. (2003). *Tecnicas de los gases de escape para los motores de gasolina*. Alemania: Robert Bosch.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS:

- ✓ *aficionadosalamecanica*. (s.f.). Recuperado el 15 de 04 de 2013, de aficionadosalamecanica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyec-gasoli-direc.htm> ,Etapas o modos de operación FSI.
- ✓ *e-auto*. (s.f.). Recuperado el 20 de 04 de 2013, de e-auto: http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=134,Ventajas del sistema de inyeccion directa de gasolina.
- ✓ *electromanuals*. (s.f.). Recuperado el 17 de 04 de 2013, de electromanuals: www.electromanuals.org/manuales/volkswagen/motorv523ltsw.pdf,Medidor de masa de aire con flujo inverso.
- ✓ *es.scribd*. (s.f.). Recuperado el 16 de 04 de 2013, de es.scribd: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>,Unidad de mando de la mariposa.
- ✓ *es.scribd*. (s.f.). Recuperado el 06 de 05 de 2013, de es.scribd: <http://es.scribd.com/doc/7044112/Motores-de-Inyeccion-Directa-de-Gasolina>,Caracteristicas fijas de los elementos del motor.

- ✓ *es.scribd.* (s.f.). Recuperado el 20 de 05 de 2013, de es.scribd:
[http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I,Pedal electronico APP](http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I,Pedal-electronico-APP).
- ✓ *grupos.emagister.* (s.f.). Recuperado el 22 de 05 de 2013, de grupos.emagister:
<http://grupos.emagister.com/ficheros/vcruzada?fdwn=1&idGrupo=47390&idFichero=1096212,Unidad de mando de la mariposa>.
- ✓ *guparacing.* (s.f.). Recuperado el 25 de 05 de 2013, de guparacing:
<http://guparacing.com.ar/bobinas-de-encendido-de-chispa-unica,Bobinas>.
- ✓ *iesmontilivi.* (s.f.). Recuperado el 12 de 05 de 2013, de iesmontilivi:
<http://www.iesmontilivi.net/Departaments%5CAutomocio%5CWeb%5CAut%5C2n%5CC3%5CDocs%5CTeoria/334%20Efsi.pdf,Bomba de alta presion>.
- ✓ *iessierradeguara.* (s.f.). Recuperado el 07 de 04 de 2013, de iessierradeguara:
http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/INY_GASOLINA/090_iny_directa_gasolina.pdf,Caracteristicas del sistema de inyeccion directa.
- ✓ (iessierradeguara). Recuperado el 02 de 06 de 2013, de iessierradeguara:
http://iessierradeguara.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=46,Tipos de actuadores.
- ✓ *rb-kwin.bosch.* (s.f.). Recuperado el 25 de 04 de 2013, de rb-kwin.bosch:
http://rb-kwin.bosch.com/ve/es/powerconsumptionemissions/gasolinesystems/direct_gasoline_injection/index.html,Inyeccion de gasolina Bosch.
- ✓ *sandbox.* (s.f.). Recuperado el 08 de 05 de 2013, de sandbox:
http://sandbox.enjoybeing.net/veedub/vw_vr6_self_study.pdf,Motor FSI Volkswagen.
- ✓ *sri.gob.ec.* (s.f.). Recuperado el 12 de 04 de 2013, de sri.gob.ec:
<http://www.sri.gob.ec/web/guest/475,Calculo del impuesto ambiental ene el Ecuador>.
- ✓ *vw.ca.* (s.f.). Recuperado el 09 de 04 de 2013, de vw.ca:
http://www.vw.ca/en/shopping_tools/innovation/engines/fsi/how_it_works.html,Ventajas del sistema de inyeccion directa de gasolina.