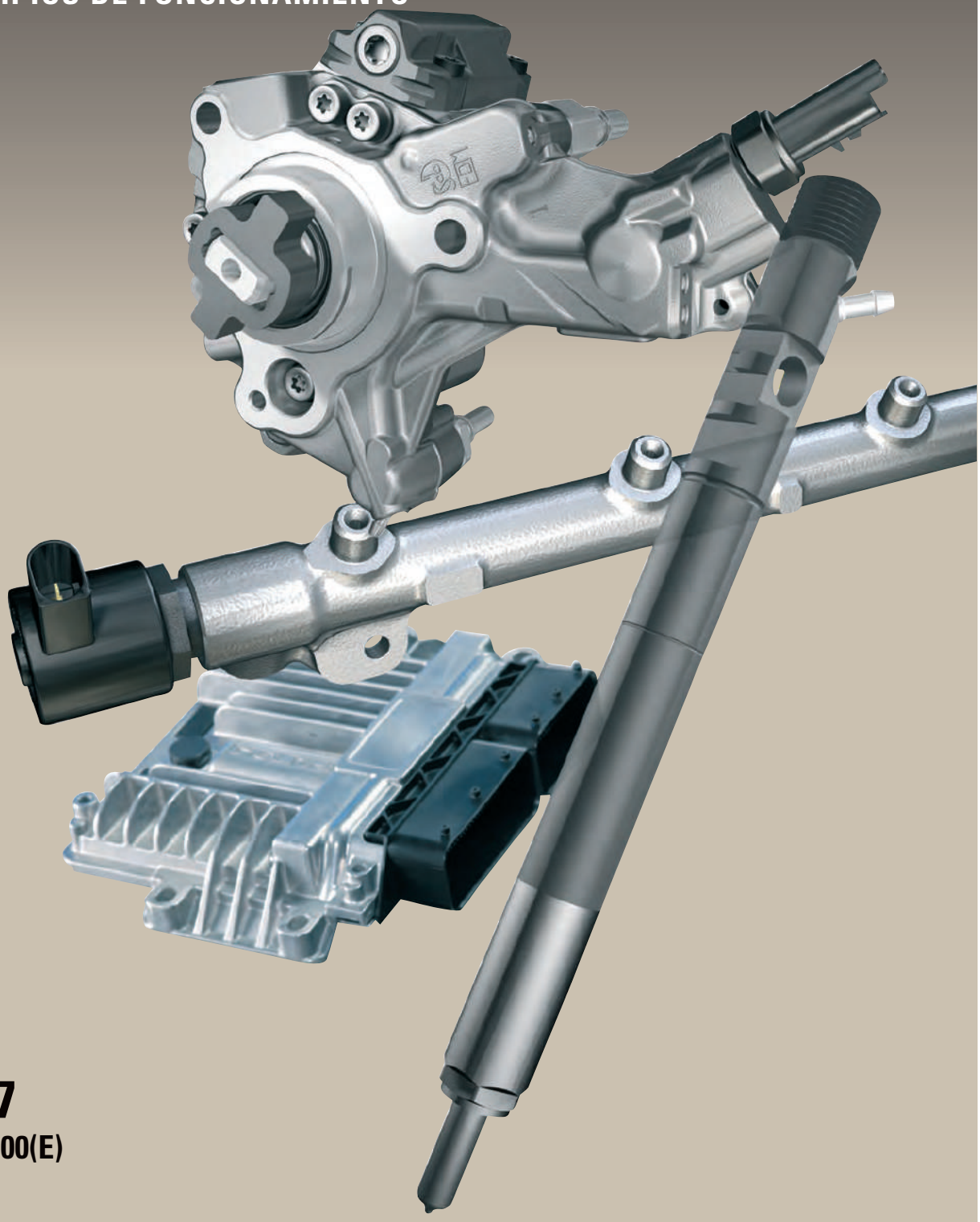
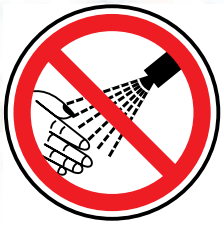
# MANUAL COMMON RAIL

## PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO



**2007**

**DDGX200(E)**



(D) Kommen Sie nicht mit dem Hochdruckstrahl in Verbindung! Besonders nicht, wenn Druckrohrleitung oder Dichtung geprüft werden! Hochdruckflüssigkeiten können tödliche Verletzungen verursachen! Im Falle einer Berührung mit der Haut, kontaktieren Sie sofort einen Arzt. Bitte beachten Sie die Gesundheits-/und Sicherheitsunterlagen.

(E) Mantenga las manos y el cuerpo lejos del rociado del líquido, especialmente inyectores, tuberías y juntas de alta presión con fugas. La inyección de alta presión puede perforar la piel humana y producir una lesión fatal. En caso de que la inyección atraviese la piel, consiga atención médica inmediatamente. Vea la hoja de Datos de Sanidad y Seguridad.

(EN) Do not put your skin into the fuel jets under pressure, especially those due to pressure pipe or seal leaks. High pressure liquids can cause deadly injuries. In case of an injection under the skin, contact a doctor immediately. Please refer to the health and security fuel documents.

(F) Ne pas approcher les mains ni le corps des jets de liquides, particulièrement ceux provenant des fuites de tuyaux et des joint soumis a la haute pression. Le liquide sous haute pression injecté sous la peau peut causer des blessures mortelles. En cas d'injection sous la peau, consulter immédiatement un médecin. Se reporter à la fiche de santé et de sécurité du gazole.

(IT) Non esporre le mani o altre parti del corpo a getti di gasolio ad alta pressione, specialmente a quelli provenienti da tubi o paraolii. I getti di liquidi ad alta pressione possono causare ferite anche mortali. In caso di iniezione sotto pelle contattare immediatamente un medico. Fare riferimento alle schede di sicurezza del gasolio.

(NL) Zorg dat uw handen of andere lichaamsdelen niet in contact komen met vloeistofstralen onder hoge druk, met name bij een lek aan een leiding of dichting. Als de vloeistof onder hoge druk onder de huid terechtkomt, kan dit zelfs tot dodelijke verwondingen leiden. Als de vloeistof onder de huid terechtkomt, onmiddellijk een arts raadplegen. Lees de gezondheids- en veiligheidsfiche met betrekking tot de brandstof.

(P) Não exponha a pele a jactos de combustível sob pressão, especialmente os devidos a fugas de tubos de pressão ou vedantes. Líquidos a alta pressão podem causar ferimentos mortais. No caso de injecção subcutânea, consulte imediatamente um médico. Consulte por favor a documentação respeitante a saúde e segurança de combustíveis.

(D) Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.
(E) Úsese protección para los ojos/la cara.
(EN) Wear eye/face protection.
(F) Porter un appareil de protection des yeux / du visage.
(IT) Proteggersi gli occhi/la faccia.
(NL) Veiligheidsbril/-masker gebruiken.
(P) Use protecção da face/olhos.

(D) Von Zündquellen fernhalten - Nicht rauchen.
(E) Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas -No fumar.
(EN) Keep away from sources of ignition - No smoking.
(F) Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.
(IT) Conservare lontano da fiamme e scintille - Non fumare.
(NL) Ver van open vuur en ontstekingsbronnen houden – Niet roken.
(P) Mantenha afastado de fontes de ignição – Proibido fumar.

(D) Geeignete Schutzhandschuhe tragen.
(E) Usen guantes adecuados.
(EN) Wear suitable gloves.
(F) Porter des gants appropriés.
(IT) Usare guanti adatti.
(NL) Aangepaste veiligheidshandschoenen dragen.
(P) Use luvas apropriadas.

# ÍNDICE


OBJETIVOS I

EL SISTEMA COMMON RAIL II

ESTRATEGIAS DE CONTROL III

ABREVIATURAS IV



**Editado y producido por:**

Delphi France SAS
Diesel Aftermarket
12 - 14 Boulevard de l'industrie
Blois Cedex 41042 Tel: (+33) (0) 2 54 55 39 39
Francia Fax: (+33) (0) 2 54 55 39 12


© Delphi

# ÍNDICE

1.1 REDUCCIÓN DEL RUIDO....1-1
1.2 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES....1-2
1.2.1 COMBUSTIÓN....1-2
1.2.2 NORMAS....1-3
1.2.3 CONTAMINANTES....1-4
1.3 REDUCCIÓN DEL CONSUMO....1-5
1.4 AUMENTO DE LAS PRESTACIONES....1-6

© Delphi

# ÍNDICE


2. **COMPOSICIÓN DEL SISTEMA**
2.1 DESCRIPCIÓN....2-7
2.2 CIRCUITO HIDRÁULICO COMMON RAIL....2-9

3. **LA BOMBA AP**
3.1 LA BOMBA DE TRANSFERENCIA....3-11
3.1.1 DESCRIPCIÓN....3-11
3.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO....3-11
3.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA....3-12
3.2 LA BOMBA COMMON RAIL DFP1....3-14
3.2.1 DESCRIPCIÓN....3-14
3.2.2 FUNCIONAMIENTO....3-15
3.2.3 CARACTERÍSTICAS....3-19
3.3 LA BOMBA COMMON RAIL DFP3....3-20
3.3.1 DESCRIPCIÓN....3-20
3.3.2 FUNCIONAMIENTO....3-21
3.3.3 CARACTERÍSTICAS....3-24
3.4 El IMV....3-25
3.4.1 FUNCIÓN....3-25
3.4.2 DESCRIPCIÓN....3-27
3.4.3 FUNCIONAMIENTO....3-28
3.4.4 CARACTERÍSTICAS....3-28
3.5 El limitador de presión....3-29
3.6 El Venturi....3-29

4. **EL INYECTOR DFI 1.X**
4.1 FUNCIÓN....4-31
4.2 TECNOLOGÍA....4-32
4.2.1 La Válvula....4-32
4.2.2 Placa separador....4-33
4.2.3 Características....4-33
4.3 DESCRIPCIÓN....4-36
4.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO....4-36
4.4.1 Aumento de presión....4-36
4.4.2 Inyector en reposo....4-37
4.4.3 Pilotaje de la bobina....4-37
4.4.4 Inicio de inyección....4-37
4.4.5 Fin de inyección....4-37
4.5 CONTROL DE LOS INYECTORES....4-39
4.6 DESCARGA MEDIANTE LOS INYECTORES....4-39
4.7 C2I: CORRECCIÓN INDIVIDUAL DE INYECTOR....4-40
4.7.1 Descripción....4-40
4.7.2 Procedimiento....4-40
4.7.3 Evolución: la C3i....4-41
4.7.4 Lectura / Escritura....4-43

5. **EL CONJUNTO RAÍL**
5.1 EL RAÍL....5-45
5.1.1 GENERALIDADES....5-46


© Delphi

# ÍNDICE


5.1.2 ELECCIÓN DEL RAÍL....5-47
5.1.3 EL REDUCTOR....5-47
5.2 EL SENSOR PRESIÓN RAÍL....5-48
5.2.1 FUNCIONAMIENTO....5-48
5.2.2 IMPLANTACIÓN....5-48
5.2.3 CARACTERÍSTICAS....5-48
5.3 El HPV....5-49
5.3.1 FUNCIÓN....5-49
5.3.2 DESCRIPCIÓN....5-50
5.3.3 FUNCIONAMIENTO....5-51

6. **EL FILTRO**
6.1 DESCRIPCIÓN....6-53
6.2 TECNOLOGÍA....6-53
6.2.1 LA FILTRACIÓN DE LAS IMPUREZAS....6-55
6.2.2 LA SEPARACIÓN DEL AGUA....6-55
6.2.3 LA GESTIÓN DEL AIRE....6-56
6.2.4 EL CALENTADOR (OPCIÓN)....6-56

7. **EL VENTURI**
7.1 DESCRIPCIÓN....7-57
7.2 FUNCIONAMIENTO....7-57
7.3 CARACTERÍSTICAS....7-58

8. **EL CALCULADOR**
8.1 FUNCIONAMIENTO....8-59
8.2 CARACTERÍSTICAS....8-59


© Delphi

# ÍNDICE


9. **CONTROL DE LA PRESIÓN RAÍL**
9.1 DEMANDA DE PRESIÓN....9-61
9.2 CONTROL DE LA PRESIÓN....9-62
9.2.1 CON IMV SOLO....9-62
9.2.2 CON HPV....9-62

10. **CONTROL DE LA INYECCIÓN**
10.1 LA PUESTA EN FASE DE LAS INYECCIONES....10-63
10.1.1 LAS INYECCIONES PILOTOS....10-63
10.1.2 LA INYECCIÓN PRINCIPAL....10-63
10.1.3 LAS POSTINYECCIONES....10-64
10.2 LA ESTRUCTURA PAR....10-65
10.3 LOS CAUDALES DE INYECCIÓN....10-66
10.4 LA DETERMINACIÓN DEL IMPULSO....10-66
10.5 LA ESTRATEGIA DE EQUILIBRADO DE LOS CILINDROS....10-68
10.5.1 EQUILIBRADO DE LOS CAUDALES PUESTO A PUESTO....10-68
10.5.2 DETECCIÓN DE UN INYECTOR BLOQUEADO CERRADO....10-68
10.6 ESTRATEGIA ACELERÓMETRO....10-69
10.6.1 REAJUSTE DE LA INYECCIÓN PILOTO....10-69
10.6.2 DETECCIÓN DE LAS FUGAS EN EL CILINDRO....10-71
10.6.3 DETECCIÓN DE UNA AVERÍA DEL ACELERÓMETRO....10-71
10.7 CORRECCIÓN DE LOS EFECTOS ELÉCTRICOS....10-71
10.7.1 SENSIBILIDAD A LA TENSIÓN BATERÍA....10-71
10.7.2 SENSIBILIDAD A LA RESISTENCIA DEL MAZO DE CONEXIÓN....10-72
10.8 ESTRATEGIA VLC....10-72


© Delphi

# ÍNDICE

11. **ABREVIATURAS / DESCRIPCIONES**

© Delphi

***Nota: El objetivo de este documento es el de suministrar informaciones genéricas sobre el conjunto de los sistemas Common Rail Delphi.***

El sistema de inyección Common Rail ha sido diseñado para obtener:

- Una reducción del ruido.
- Una reducción de las emisiones contaminantes.
- Una reducción del consumo de combustible.
- Un aumento de las prestaciones.

## 1.1 REDUCCIÓN DEL RUIDO

El ruido de combustión resulta del aumento rápido de la presión en el cilindro. Este aumento de presión se debe a una inflamación brutal de la mezcla aire/combustible.

***Nota:*** *El ruido de combustión es especialmente audible al ralentí y en las zonas de poca carga.*

En un motor diesel, la combustión no empieza inmediatamente después de la inyección del combustible en el cilindro. Este retraso se llama el retraso de inflamación. El aumento de la presión del cilindro durante la inflamación del combustible provoca un ruido de combustión más o menos elevado en función de la cantidad inyectada previamente.

Para disminuir el ruido de combustión, hay que reducir pues el plazo de inflamación. La disminución de este plazo pasa por un aumento de la temperatura y de la presión en el cilindro. Para ello son posibles varios métodos:

- Disminución de las cantidades inyectadas
- Precalentamiento
- Recalentamiento del aire de sobrealimentación
- Multiinyección *(Añadido de una inyección antes de la inyección principal)*

***Nota:*** *El precalentamiento y la multiinyección son los 2 procedimientos más empleados.*

© Delphi

## 1.2 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES

### 1.2.1 COMBUSTIÓN

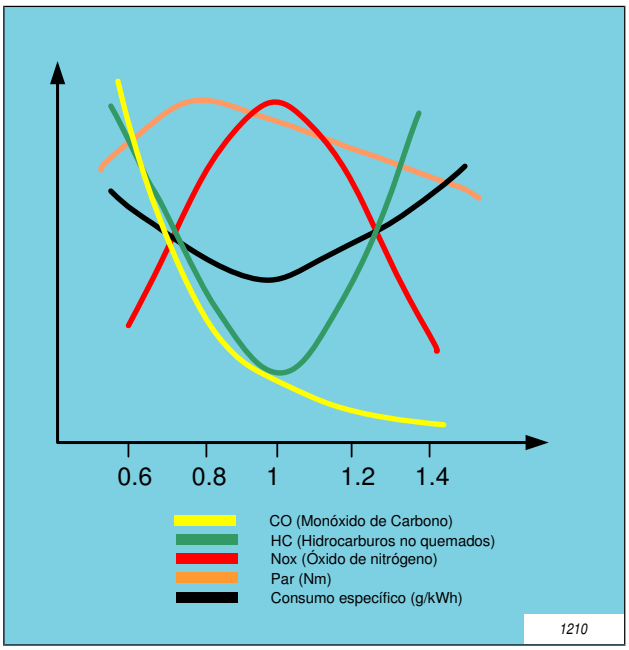
Comparativamente a un motor de gasolina, la mezcla aire/carburante en un motor disel es mucho más homogénea ya que la inyección del gasóleo empieza un poco antes de la inlamación de la mezcla. El motor diesel funciona principalmente con un exceso de aire. Si el excedente de aire es demasiado bajo, las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

***Nota:*** *El coeficiente de aire/carburante llamado comúnmente lambda (λ) es igual a 1 cuando la mezcla aire/carburante es estequiométrica (14.7/1).*

λ<1 Déficit de aire, mezcla rica

λ>1 Exceso de aire, mezcla pobre

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




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

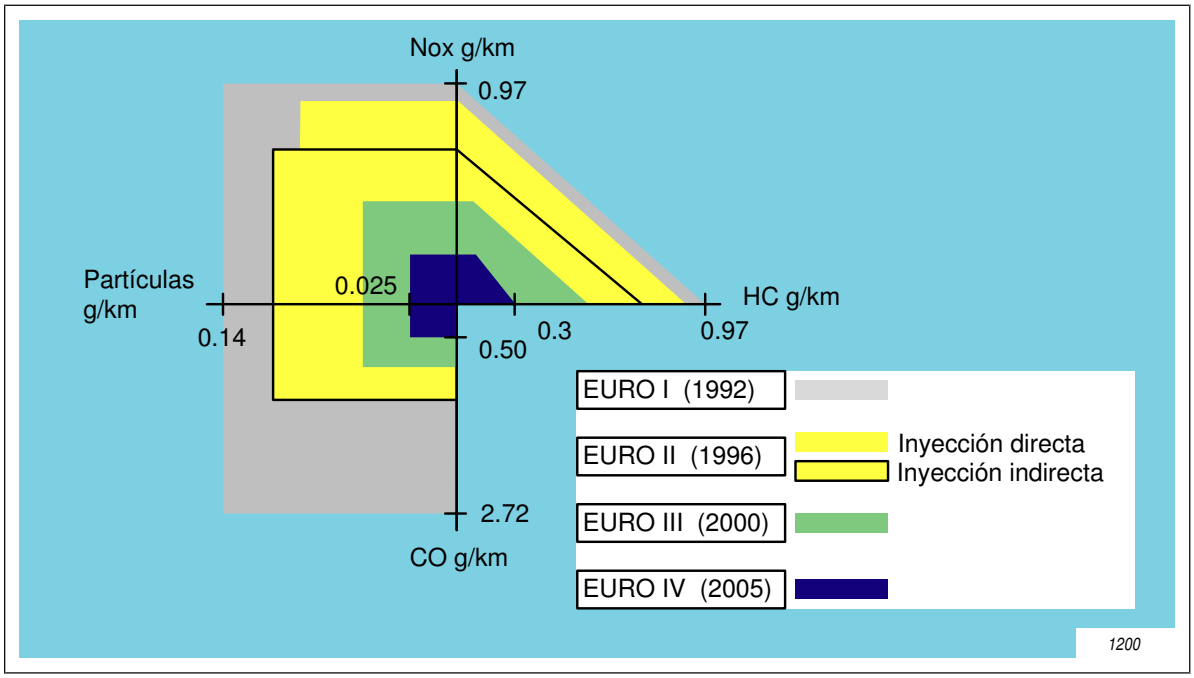
© Delphi

## 1.2.2 NORMAS

Las normas anticontaminación regulan los contaminantes siguientes:

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

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




***Emisiones en g/km***

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

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

© Delphi

### 1.2.3 CONTAMINANTES

- Los óxidos de nitrógenos **NOx**.

  Los *NOx* se producen por la oxidación del nitrógeno del aire. Esta reacción sólo se produce a muy alta temperatura cuando el exceso de aire es importante.

  Para limitar las emisiones de óxidos de nitrógeno, se utiliza un dispositivo que permite enviar hacia la admisión una parte de los gases de escape para limitar la cantidad de aire fresco admitido en el motor. Este dispositivo llamado EGR del inglés "Exhaust Gas Recirculation" permite controlar la cantidad de gas de escape enviado hacia la admisión. Si esta cantidad es demasiado baja, la eficacia del sistema no es optimizada. En caso contrario, se constata un aumento de los humos, de los hollines y de las inestabilidades del motor debidas a la falta de aire fresco.

  La reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno puede hacerse también mediante un postratamiento de los gases de escape en un catalizador DENOX. El principio consiste en reducir las moléculas de NOx formadas durante la combustión para obtener moléculas de oxígenos por un lado y moléculas de nitrógeno por otro. El gasóleo constituye un catalizador de la reducción de los NOx. Para favorecer la reducción de los NOx en el catalizador DENOX, se inyecta pues una pequeña cantidad de gasóleo justo antes de la abertura de la válvula de escape. A esta operación se la llama postinyección.

- Las partículas **PM**

  Los humos y los hollines pueden ser el resultado:
  - De una mezcla demasiado rica. La falta de aire no permite una combustión completa y favorece la formación de partículas.
  - De una mala pulverización del carburante en la cámara de combustión. Cuanto más importante es el tamaño de las gotitas, mayor es el tiempo necesario para su vaporización. Si este plazo se vuelve demasiado importante, la parte central de la gotita no tendrá tiempo de vaporizarse.Bajo el efecto de la altísima temperatura que reina en la cámara de combustión, las moléculas de carburante no vaporizadas sufren un cracking. Este fenómeno físico produce compuestos carbonosos muy duros que constituyen los hollines y otras partículas características de los motores diesel.

- Los hidrocarburos no quemados **HC**.

  Los *HC* resultan de una falta de oxígeno local *(mal reparto del carburante)* o de una inyección del carburante en zonas frías de la cámara de combustion *(típicamente cuando el carburante empapa las paredes)*.

  La cámara de combustión toroideal y los nuevos sistemas de admisión *(swirl)* combinadas con la inyección directa permiten obtener:
  - Un tipo de turbulencias muy elevado que garantiza un muy buen reparto del carburante en la cámara de combustión. Se evita así la formación de las zonas ricas donde nacen los residuos no quemados.
  - Una cámara de combustión compacta cuyas paredes son suficientementes cálidas para evitar la formación de residuos no quemados.

- El monóxido de carbono **CO**

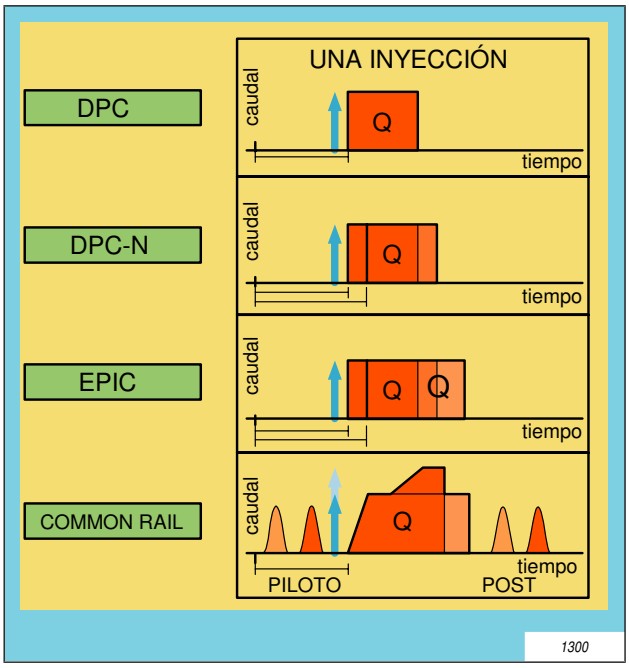
  Su presencia en los gases de escape resulta de la oxidación incompleta del carbono contenido en el gasóleo. Esta oxidación incompleta es la consecuencia de una combustión que se desarrolla global o localmente en mezcla rica. El motor diesel funciona con un exceso de aire importante, las emisiones de CO quedan pues reducidas.

  Es posible reducirlas más eliminando las zonas ricas de la cámara de combustión. Para ello, es necesario optimizar la aerodinámica interna de la cámara de combustión para generar un tipo de turbulencias muy elevado.

© Delphi

## 1.3 REDUCCIÓN DEL CONSUMO

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

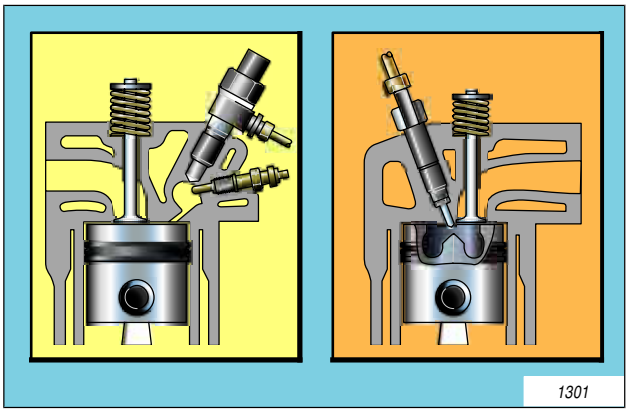



***Particularidades de los diferentes sistemas Delphi***

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

© Delphi

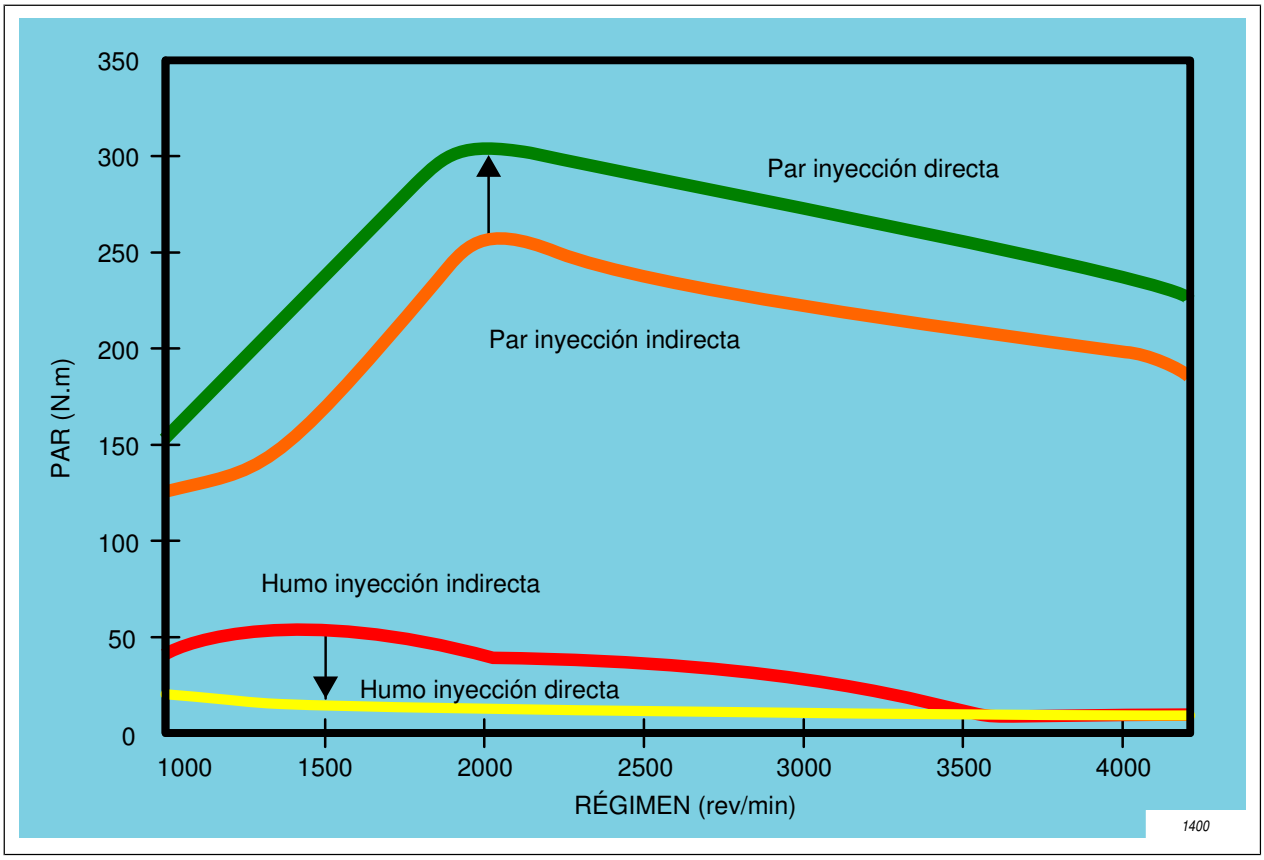
La inyección directa participa asimismo en la mejora del rendimiento del motor debido a la disminución de las pérdidas de calor por las paredes.




***Inyección Indirecta / Inyección Directa***

## 1.4 AUMENTO DE LAS PRESTACIONES

El aumento del par de bajo régimen necesita poder inyectar una fuerte cantidad de carburante desde los regímenes más bajos. La cantidad inyectada es proporcional a la duración de inyección y a la presión de inyección. Para aumentar el caudal, hay que aumentar pues la presión de inyección ya que el tiempo disponible para inyectar el carburante en el cilindro es limitado.




***Aumento de las Prestaciones***

© Delphi

# COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

## 2.1 DESCRIPCIÓN

El sistema de inyección Common Rail se compone de los elementos siguientes:

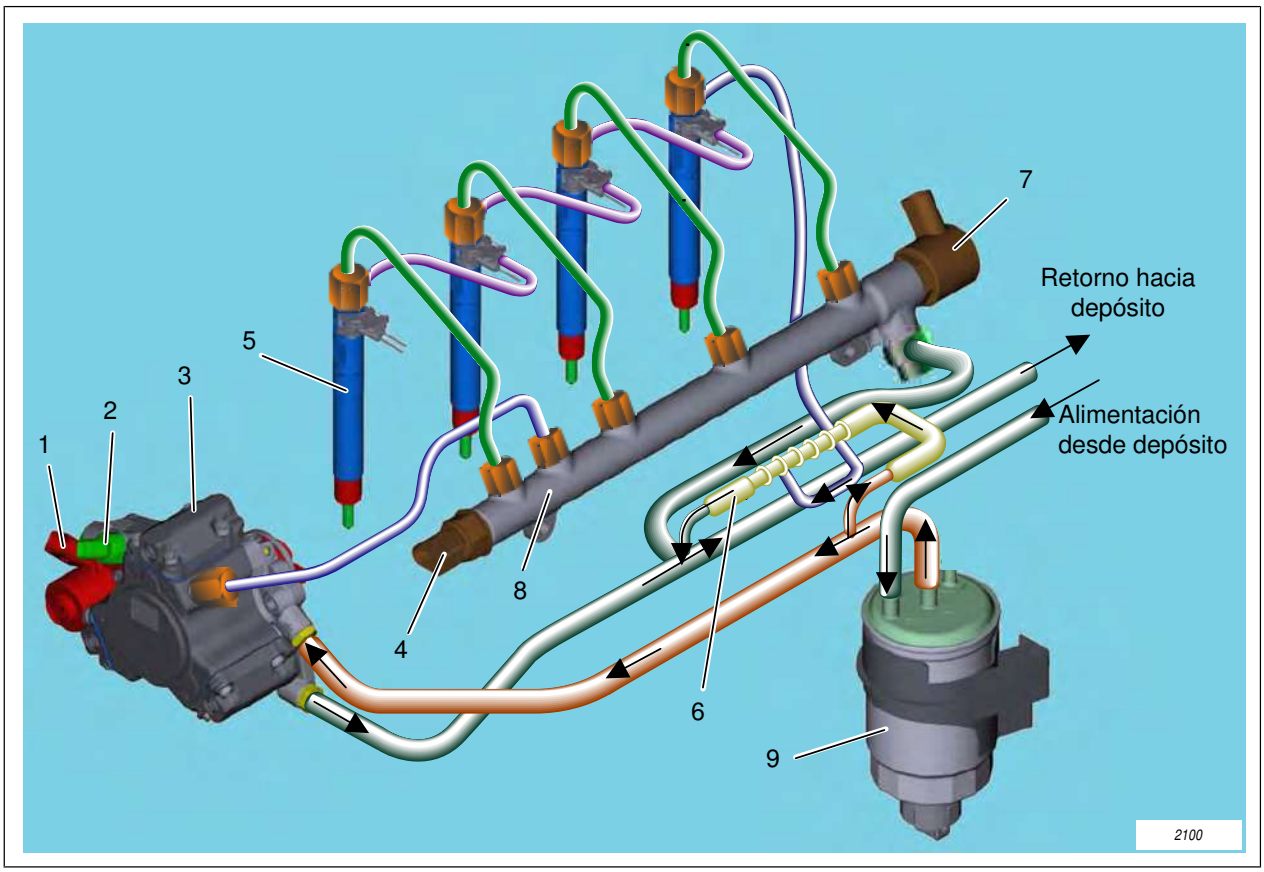
- Una **Bomba de Transferencia** integrada en el cuerpo de la bomba de Alta Presión.
- Una **Bomba Alta Presión** alimentada por carburante desde la presión de transferencia. Suministra a muy alta presión en el raíl.
- Un **Actuador Baja Presión** llamado IMV, del inglés Inlet Metering Valve. Permite controlar la cantidad de carburante enviado hacia la bomba de alta presión en función de las necesidades del motor.
- Un **Raíl** que constituye una reserva de carburante a presión.
- Unos **Inyectores** que pulverizan la cantidad deseada de carburante en la cámara de combustion en el instante deseado.
- Un **Calculador** (llamado también ECU : Electronic Control Unit) que controla la inyección (caudal, avance, inyección múltiple...) y la presión del raíl en función de las condiciones de funcionamiento del motor. El calculador asegura también el control de las funciones anexas tales como la EGR (Recirculación gas de salida), el precalentamiento, el aire acondicionado. Además, la DCU puede comunicarse con los otros calculadores del vehículo para controlar por ejemplo, la tracción ...
- Opcional:
  - Un **Actuador Alta Presión** llamado HPV, del inglés High Pressure Valve. Está colocado en el raíl y permite controlar la presión existente en el raíl.
  - Una **Bomba de cebado** en caso de que la bomba de alta presión no disponga de bomba de transferencia.
- Unos **Sensores** permiten conocer en cada instante las informaciones necesarias para asegurar el control de la inyeción:
  - Circuito del sensor de presión del raíl.
  - Un sensor de temperatura de combustible.
  - Un sensor de temperatura del aire de admisión.
  - Un sensor de temperatura del aire de admisión.
  - Un sensor pedal.
  - Un sensor acelerómetro. *(Ver 2 en algunas aplicaciones)*
  - Un sensor de posición angular en el volante motor.
  - Un sensor de fase posicionado o bien en el eje de levas o bien en el piñón de la bomba (caso de Renault).

***Nota:*** *Otros sensores de equipamiento general del motor como el caudalímetro, el sensor de sobrealimentalición, el sensor de temperatura después del intercambiador... sin embargo, no son necesarios para el funcionamiento del sistema Common Rail.*

© Delphi

## COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | IMV | 6 | Venturi |
| 2 | Sensor de temperatura de gasóleo | 7 | HPV |
| 3 | Bomba de Alta Presión *(Tipo DFP3)* | 8 | Raíl |
| 4 | Sensor de Presión del Raíl | 9 | Filtro de gasóleo |
| 5 | Inyector | | |

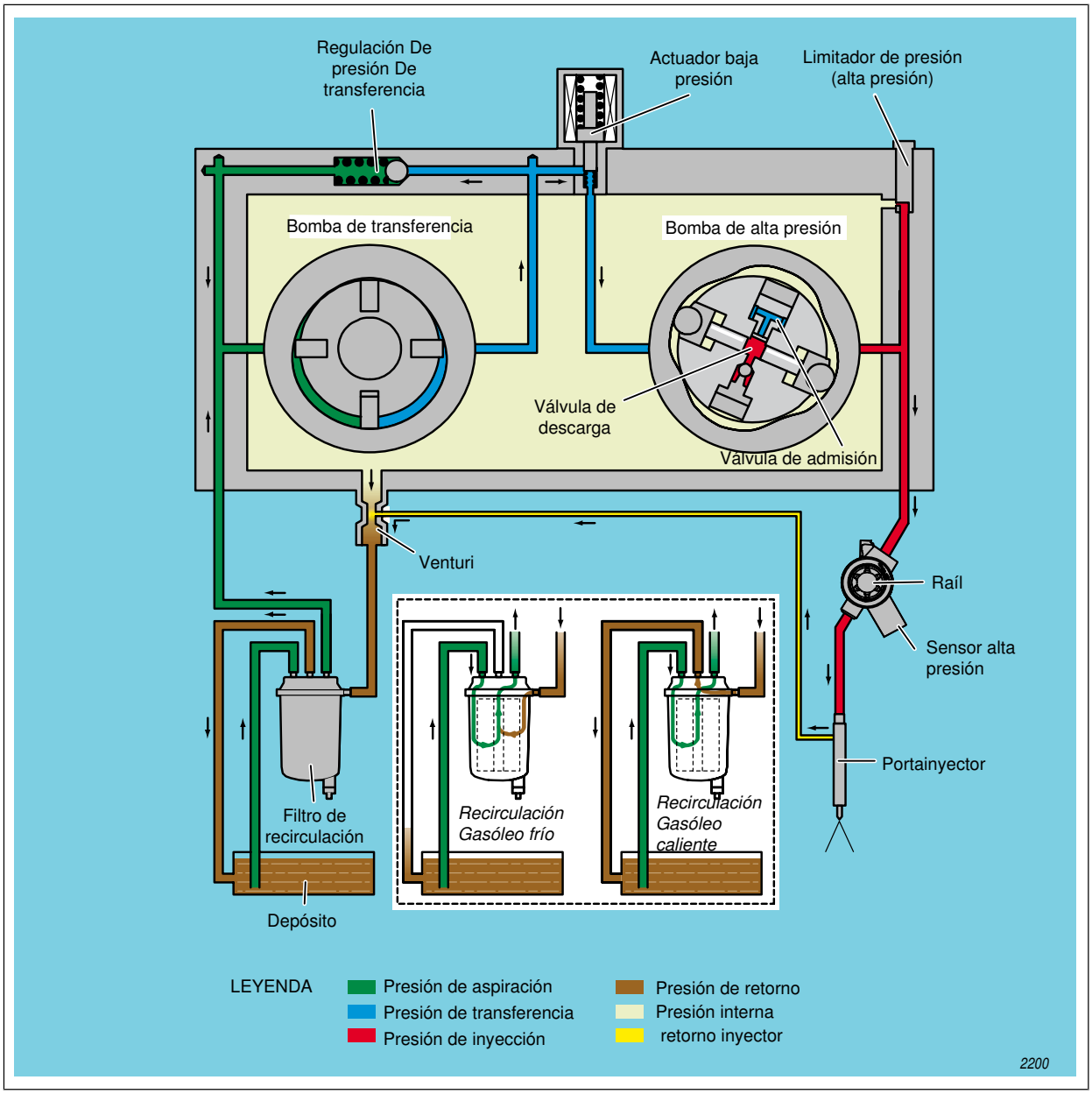



***Sistema Common Rail con HPV opcional***

© Delphi

# COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

## 2.2 CIRCUITO HIDRÁULICO COMMON RAIL




© Delphi

# COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

© Delphi

# LA BOMBA AP

Con el fin de describir lo mejor posible el principio de funcionamiento de la bomba AP, es necesario desglosar su explicación en varios puntos:

- La bomba de transferencia
- La bomba de alta presión DFP1
- La bomba de alta presión DFP3
- El IMV
- El limitador de presión

***Nota:*** *El capítulo "la bomba de transferencia" es específico de la bomba DFP1 en lo que se refiere a esquema, en cambio el principio de funcionamiento sigue siendo idéntico tanto en una DFP1 como en una DFP3.*

## 3.1 LA BOMBA DE TRANSFERENCIA

### 3.1.1 DESCRIPCIÓN

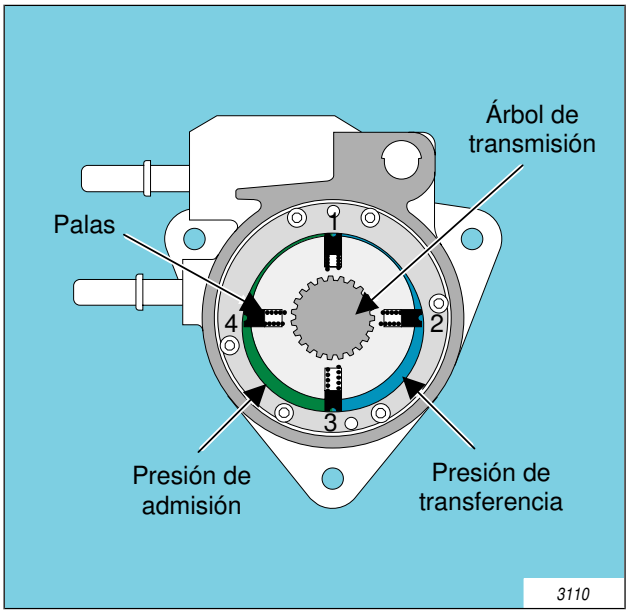
Un primer nivel de bombeo, llamado bomba de transferencia, aspira el combustible a partir del depósito del vehículo, a través del filtro, y lo envía hacia la bomba principal a una presión, llamada presión de transferencia *(aproximadamente 6 bar)*. La tecnología empleada es la de la bomba de paleta *(bien conocida en nuestros productos anteriores)* que se compone de los elementos siguientes:

- Un rotor arrastrado por el eje de la bomba AP. El enlace está segurado por canales.
- Una excentrica fijada en el cuerpo de la bomba AP. El posicionamiento de la excentrica está asegurado por dos pasadores descentrados para evitar los errores de montajes.
- Una placa provista de dos agujeros alargados: El orificio de aspiración y el orificio de expulsión.
- Cuatro paletas repartidas a 90 grados. Cada paleta está impulsada contra la excentrica mediante un muelle helicoidal.

### 3.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Consideremos el espacio situado entre el rotor y dos paletas sucesivas.

- Cuando este espacio está en la posición 1, el volumen de este espacio es mínimo. Las variaciones de volúmenes en función del ángulo de rotación del rotor son muy bajas.
- El rotor efectúa un cuarto de vuelta en el sentido antihorario. El espacio anterior se encuentra en la posición 4. El orificio de aspiración está descubierto. El volumen delimitado por este espacio aumenta rápidamente. La presión dentro de este espacio disminuye bruscamente. El carburante es aspirado en este espacio.
- La rotación del rotor continúa. Se encuentra en la posición 3. Los orificios de aspiración y de expulsión se obturan. El volumen delimitado por el rotor, la excentrica y las dos paletas es máximo. Las variaciones de volúmenes en función del ángulo de rotación del rotor son muy bajas.



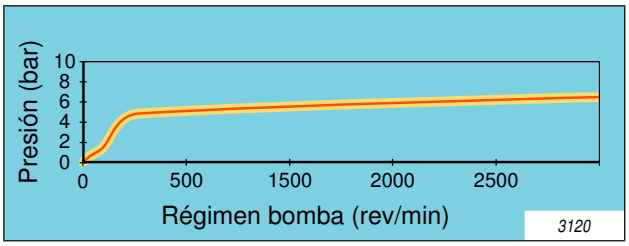

© Delphi

# LA BOMBA AP

- La rotación del rotor continúa. El rotor se encuentra en la posición 2. El orificio de expulsión está descubierto. El volumen delimitado por el rotor, el estátor y las paletas disminuye rápidamente. La presión dentro de este espacio aumenta bruscamente. El carburante es expulsado a presión.

La depresión generada por la rotación de la bomba de transferencia es suficiente para aspirar el gasóleo a través del filtro. La bomba de transferencia es arrastrada por el eje de la bomba AP. La presión de transferencia aumenta pues en función del régimen motor.

Una válvula de regulación permite mantener la presión de transferencia a un valor casi constante *(aproximadamente 6 bar)* en toda la banda de funcionamiento del motor reenviando una parte del carburante a la entrada de la bomba.




***Presión de transferencia***

### 3.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE TRANSFERENCIA

Presión de regulación

- 6 bar

Caudal

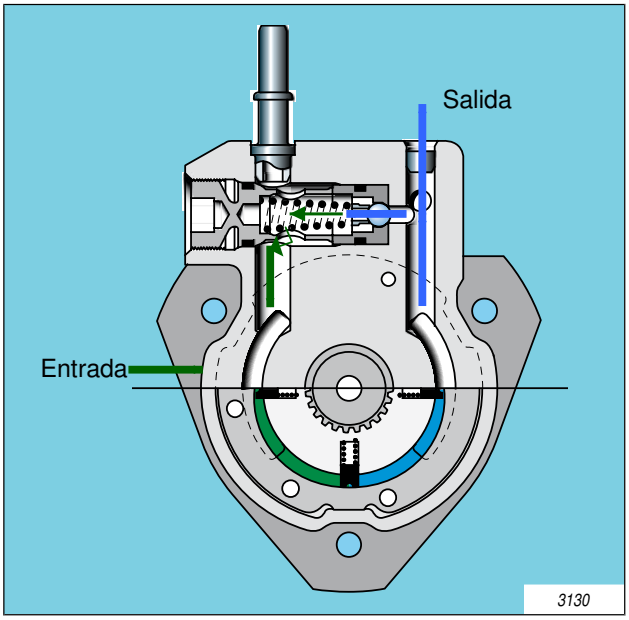
- 90 l/h a 300 rev/min bomba
- 650 l/h a 2500 rev/min bomba

Volumen mezclado

- 5,6 $cm^3$/rev

Capacidad de aspiración

- 65 mbar a 100 rev/min bomba



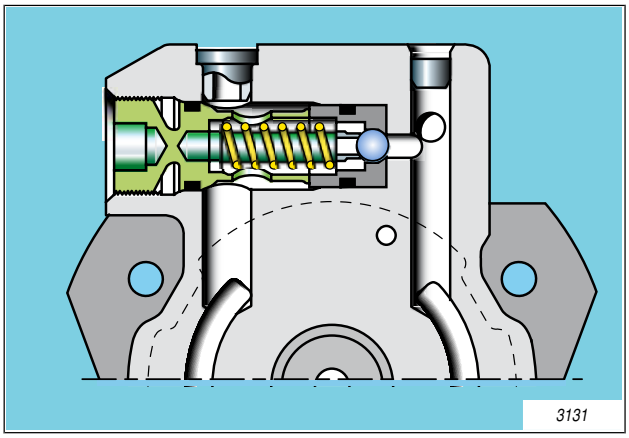

***La bomba de Transferencia y su regulador de presión***

© Delphi

# LA BOMBA AP

La presión de transferencia está regulada por un dispositivo mecánico, llamado regulador de presión de transferencia, que está constituido por un simple conjunto pistón/muelle que descubre más o menos los orificios de paso del gasóleo.

Como se puede ver en el esquema anterior: el caudal de regulación se utiliza de nuevo en la entrada de la bomba de transferencia.




***Zoom sobre el Regulador de presión de transferencia***

© Delphi

# LA BOMBA AP

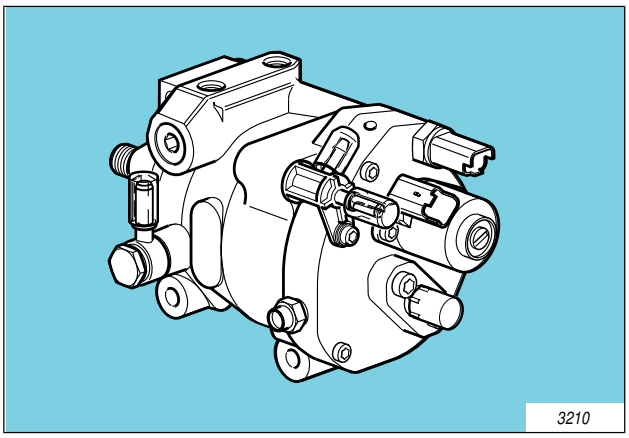
## 3.2 LA BOMBA COMMON RAIL DFP1

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN

La bomba alta presión recupera el concepto de la leva y de los pistones radiales que ya demostró su valía en las bombas rotativas DPC y EPIC. Sin embargo, el eje de transmisión y el anillo de leva forman un único y mismo conjunto. Este último, arrastrado por cadena o correa, gira alrededor de la cabeza hidráulica que es fija. Así, se suprimen los problemas de estanqueidad dinámica, ya que la alta presión se genera en la parte fija de la bomba.

Para los motores que necesitan un caudal importante, la bomba está equipada con dos capas desfasadas angularmente 45 grados. Este desfase permite reducir los picos de par y las fluctuaciones de presión en el raíl.

La leva de cuatro lóbulos es idéntica a la de las bombas rotativas convencionales, pero puesto que la bomba ya no determina la ley de inyección, es posible alargar la fase de bombeo de manera que se reduzcan sensiblemente el par de arrastre, las vibraciones y el ruido.

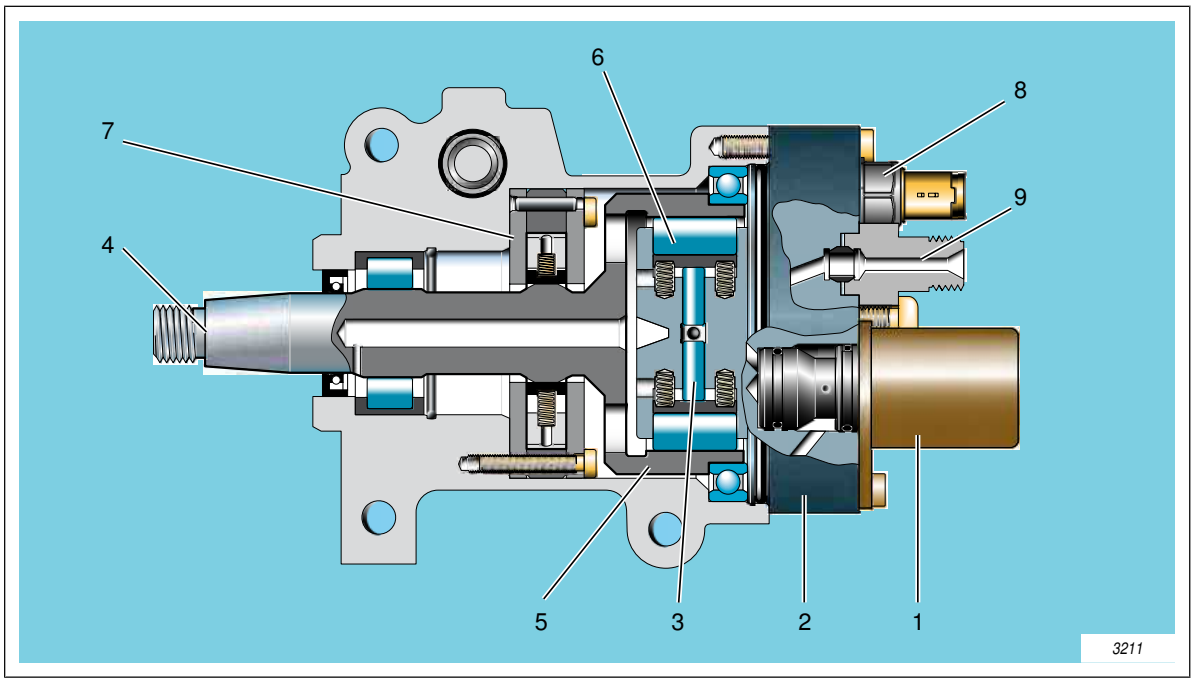



***La Bomba de Alta Presión DFP1***

© Delphi

# LA BOMBA AP

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | IMV | 6 | Rodillo |
| 2 | Bomba alta presión / Cabeza hidráulica | 7 | Bomba de transferencia |
| 3 | Émbolo Sumergido | 8 | Sensor de temperatura de combustible |
| 4 | Eje de transmisión | 9 | Salida Alta Presión |
| 5 | Leva rotativa | | |




***La Bomba de Alta Presión DFP1 vista transversal***

## 3.2.2 FUNCIONAMIENTO

### A) ALIMENTACIÓN DE LA BOMBA

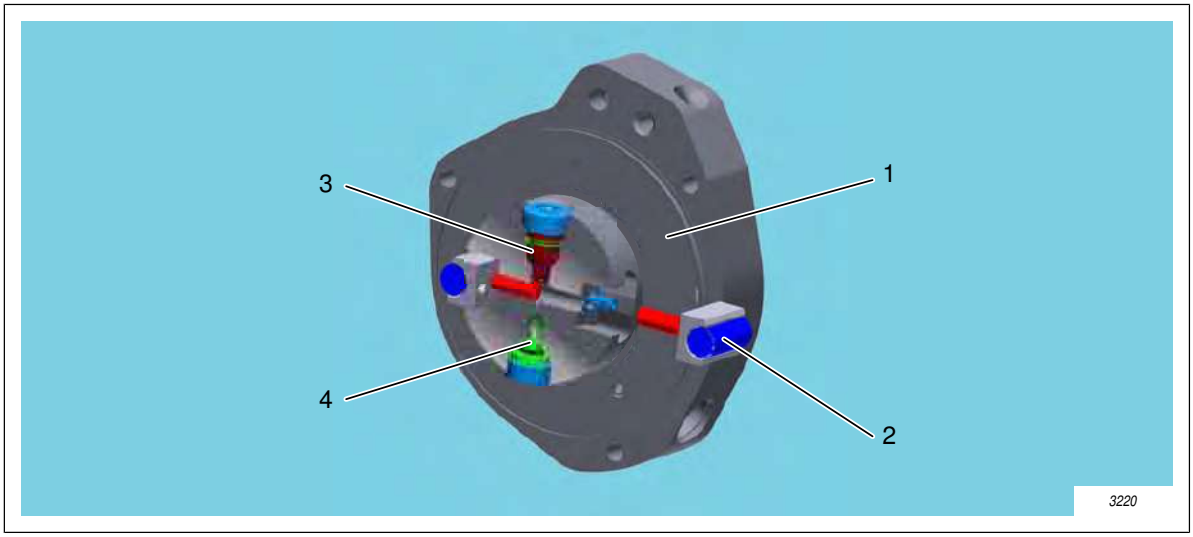
El carburante es aspirado a través del filtro por la bomba de transferencia. Ésta expulsa el carburante hacia la entrada de la bomba AP a una presión casi constante llamada presión de transferencia.

Un actuador de llenado es implantado justo antes de la bomba AP. Permite controlar la cantidad de carburante enviado hacia los elementos de bombeo ajustando la sección de paso. La DCU determina el valor de la corriente que hay que enviar a la bobina para obtener la sección de paso requerida para alcanzar la presión solicitada en función de las condiciones de funcionamiento del motor. Cuando la demanda de presión disminuye la corriente aumenta e inversamente.

© Delphi

# LA BOMBA AP

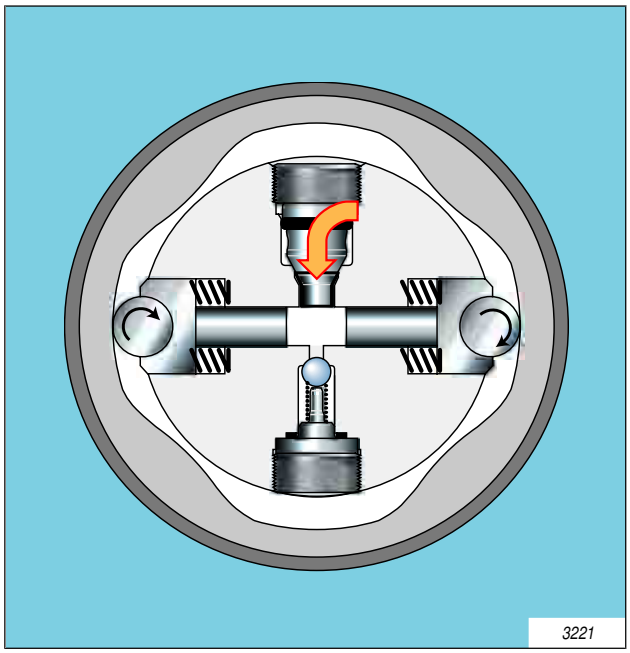
| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Cuerpo de la cabeza Hidráulica | 3 | Válvula de aspiración |
| 2 | Rodillo y zapata | 4 | Válvula de descarga |




## B) PRINCIPIO DE BOMBEO

Durante la fase de llenado, los rodillos se mantienen en contacto con la leva a través de dos muelles helicoidales montados en las dos partes de cada pistón. La presión de transferencia es suficiente para abrir la válvula de admisión y separar los émbolos sumergidos. Así, el espacio muerto comprendido entre los dos émbolos de inmersión se llena de carburante.

Cuando los rodillos, diametralmente opuestos, encuentran simultáneamente el perfil de ataque de la leva, los émbolos son empujados unos hacia otros. La presión aumenta rápidamente en el espacio comprendido entre los dos émbolos sumergidos.

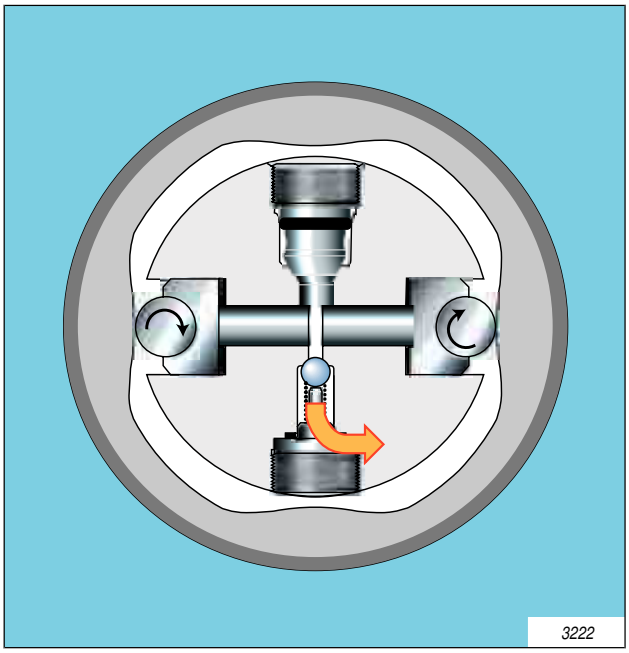



***Fase de aspiración***

© Delphi

# LA BOMBA AP

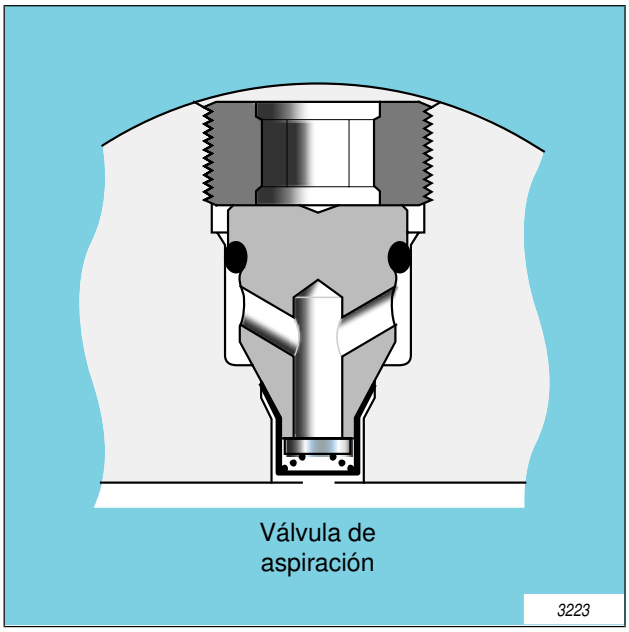
Desde el momento en que la presión se vuelve superior a la presión de transferencia, la válvula de aspiración se vuelve a cerrar. Cuando la presión se vuelve superior a la presión que reina en el raíl, la válvula de descarga se abre. Desde este momento, el fluido bajo presión es expulsado hacia el raíl.




**Fase de descarga**

### C) VÁLVULAS DE ASPIRACIÓN Y DE DESCARGA

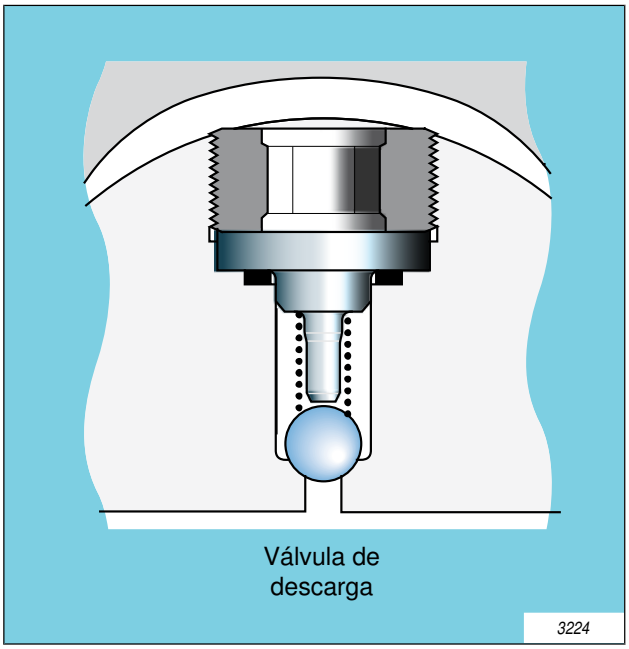
En fase de aspiración, la presión de transferencia empuja la válvula. El fluido penetra en el cuerpo del elemento de bombeo. Bajo el efecto de la presión de transferencia, los dos émbolos sumergidos son separados. Cuando los rodillos encuentran simultáneamente el perfil de ataque de la leva, la presión aumenta súbitamente en el cuerpo del elemento de bombeo. La válvula se vuelve a cerrar desde el momento en que la presión del elemento de bombeo se vuelve superior a la presión de transferencia.




© Delphi

# LA BOMBA AP

En fase de aspiración, la bola de la válvula de descarga está sometida a la presión del raíl en su cara exterior y a la presión de transferencia en su cara interior. La bola reposa pues en su asiento asegurando así la estanqueidad del cuerpo del elemento de bombeo. Cuando los dos rodillos diametralmente opuestos encuentran simultáneamente los perfiles de ataque de la leva, los émbolos sumergidos se acercan y la presión aumenta rápidamente en el cuerpo del elemento de bombeo. Cuando la presión en este elemento se vuelve superior a la presión que reina en el raíl, la bola se encuentra en desequilibrio y en consecuencia se abre *(el tarado del muelle es despreciable ante los esfuerzos de presión)*. El carburante es expulsado entonces hacia el raíl a alta presión.




### D) LUBRICACIÓN Y REFRIGERACIÓN DE LA BOMBA

La lubricación y la refrigeración de la bomba están aseguradas por la circulación del carburante. El caudal mínimo necesario para asegurar un buen funcionamiento de la bomba es de 50 litros/hora.

### E) PUESTA EN FASE DE LA BOMBA

Las bombas de inyección convencionales aseguran la presión y la distribución del carburante a los diferentes inyectores. Es pues indispensable poner en fase la bomba de tal forma que las inyecciones se produzcan en el lugar deseado del ciclo. La bomba AP del sistema Common Rail no asegura ya la distribución del carburante, no es pues indispensable poner en fase la bomba en relación al motor. Sin embargo, la puesta en fase de la bomba presenta dos ventajas:

- Permite sincronizar las variaciones de pares del eje de levas y de la bomba de manera que se limiten las tensiones en la correa de distribución.
- Permite mejorar el control de la presión sincronizando los picos de presión producidos por la bomba con las caídas de presión generadas por cada inyección. Esta puesta en fase permite mejorar la estabilidad de la presión, lo que contribuye a reducir la diferencia entre los cilindros *(línea a línea)*

La puesta en fase de la bomba será realizada por un pasador implantado en el eje de arrastre de la bomba.

***Nota:*** *Sin embargo la puesta en fase es obligatoria en las bombas DFP1 montadas en las aplicaciones Renault ya que, contrariamente a los otros fabricantes, el sensor de fase no está posicionado en el eje de levas sino en el piñón de la bomba. Es pues indispensable poner en fase la bomba en Renault para evitar cualquier problema de sincronización motor.*

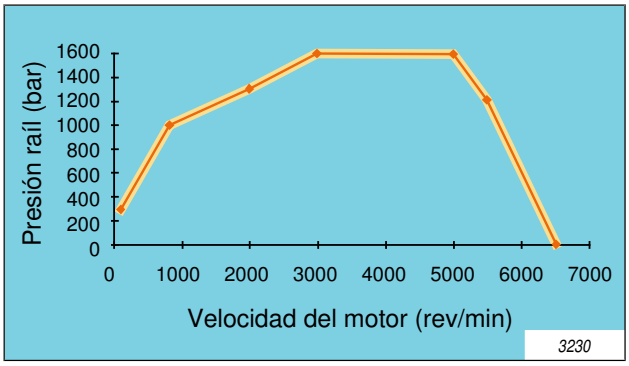
© Delphi

# LA BOMBA AP

## 3.2.3 CARACTERÍSTICAS

### A) CURVA DE PRESIÓN MÁXIMA DFP1

El tiempo necesario para alcanzar una presión en el raíl suficiente para arrancar, depende del volumen del sistema de inyección *(definición del raíl, longitud de los tubos...)*. El objetivo es poder alcanzar una presión de 200 bar en 1,5 rev. *(3ª compresión)*.




### B) CARACTERÍSTICAS

| Aplicaciones | Capacidad ($cm^3$/rev) | Nº de émbolos | Capa | Ratio | Velocidad Bomba Máx. | Velocidad Bomba de Prail Máx. | Arrastres |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Renault K9 | 0.6 | 2 | 1 | 1/2 | 3000rpm @ 1000bar | 1000a2500rpm @ 1600bar | Correa |
| PSA DV4TED4 | 0.67 | 3 | 1 | 2/3 | 3500rpm @ 1200bar | 1170a3000rpm @ 1600bar | Correa |
| Ford Puma Transit | 1.2 | 4 | 2 | 1/2 | 3000rpm @ 1000bar | 1000a2500rpm @ 1600bar | Cadena |
| Ford Lynx/ Puma | 0.9 | 4 | 2 | 1/2 | 3000rpm @ 1000bar | 1000a2500rpm @ 1600bar | Cadena |
| Kia | 0.9 | 4 | 2 | 1/2 | 2800rpm @ 1000bar | 1250a2100rpm @ 1400bar | Correa |
| SsangYong | 0.9 | 4 | 2 | 5/8 | 3000rpm @ 1000bar | 1000a2500rpm @ 1400bar | Cadena |

© Delphi

# LA BOMBA AP

## 3.3 LA BOMBA COMMON RAIL DFP3

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN

La bomba alta presión DFP3 cambia de concepto en relación con la DFP1: El conjunto eje de transmisión y leva que equipa esta bomba es sustituido por un eje con una parte descentrada acoplada a empujadores.

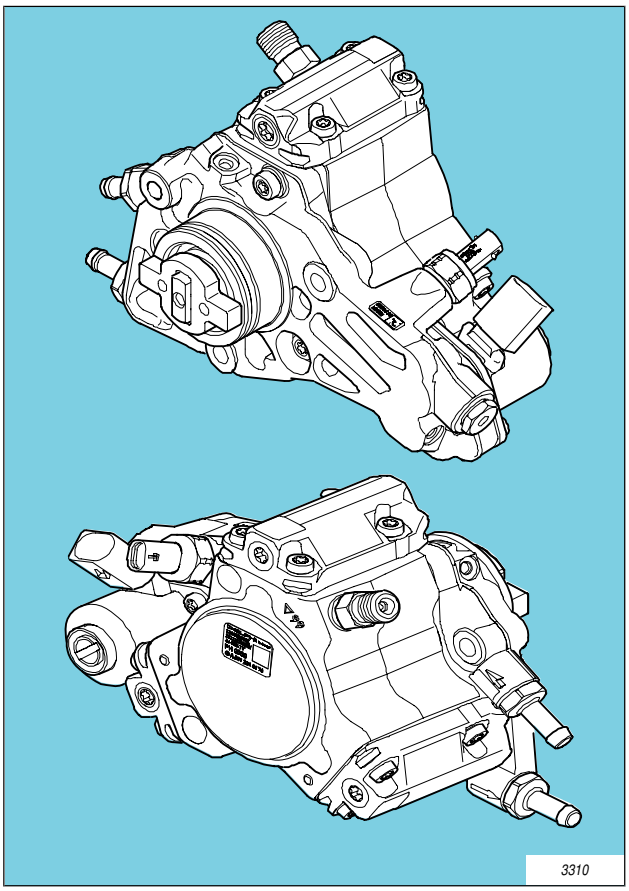
Esta excéntrica es arrastrada por el eje de transmisión de la bomba. Su forma bombeada específica tiene por objetivo arrastrar la traslación de los empujadores para generar la alta presión.

Para los motores que necesitan un caudal importante, la bomba está equipada con tres émbolos desfasados angularmente 120 grados. Para los motores que necesitan un caudal menos importante, se ha adoptado una solución con 2 émbolos, estos últimos están colocados angularmente a 180 grados.

Al igual que para la DFP1 la bomba ya no determina la ley de inyección, es posible pues alargar la fase de bombeo de manera que se reduzca el par de arrastre, las vibraciones y el ruido.

Las diferencias más importantes en relación con la DFP1 son:

- La excéntrica.
- La forma del eje de transmisión.
- El número de émbolos.
- Los rodamientos sustituidos por cojinetes.
- La capacidad de bombeo mediante revolución más elevada.
- Una velocidad de rotación más rápida.
- El volumen general de la bomba disminuido.
- La bomba de transferencia opcional.




**Bomba DFP3 3 pistones**

© Delphi

# LA BOMBA AP

## 3.3.2 FUNCIONAMIENTO

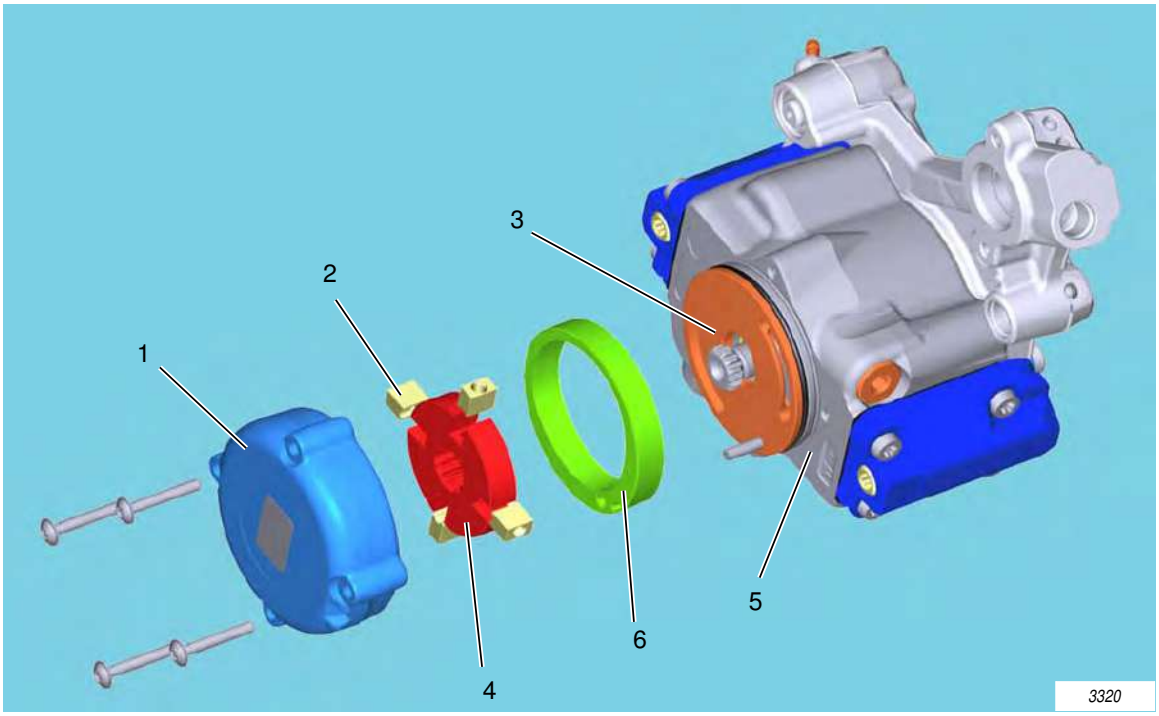
### A) ALIMENTACIÓN DE LA BOMBA CON O SIN BOMBA DE TRANSFERENCIA

El gasóleo es o bien aspirado a través del filtro por la bomba de transferencia, o bien transportado en presión por una bomba de cebado situada en el depósito. En el primer caso, el principio de bombeo recupera el concepto de la bomba de transferencia de la DFP1.Ver Párrafo: Bomba de transferencia DFP1

El funcionamiento y las características son casi las mismas que en la DFP1, la única diferencia importante está en su implantación en el frontal y ya no directamente en el interior mismo de la bomba.

Es necesario un regulador de presión de alimentación interna de la bomba en caso de la utilización de una bomba de transferencia.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Cuerpo de la bomba de transferencia | 4 | Rotor |
| 2 | Paletas (x4) | 5 | Cuerpo de la bomba Alta presión |
| 3 | Placa de distribución | 6 | Excentrica |




***Vista transversal de la bomba de transferencia opcional de la DFP3***

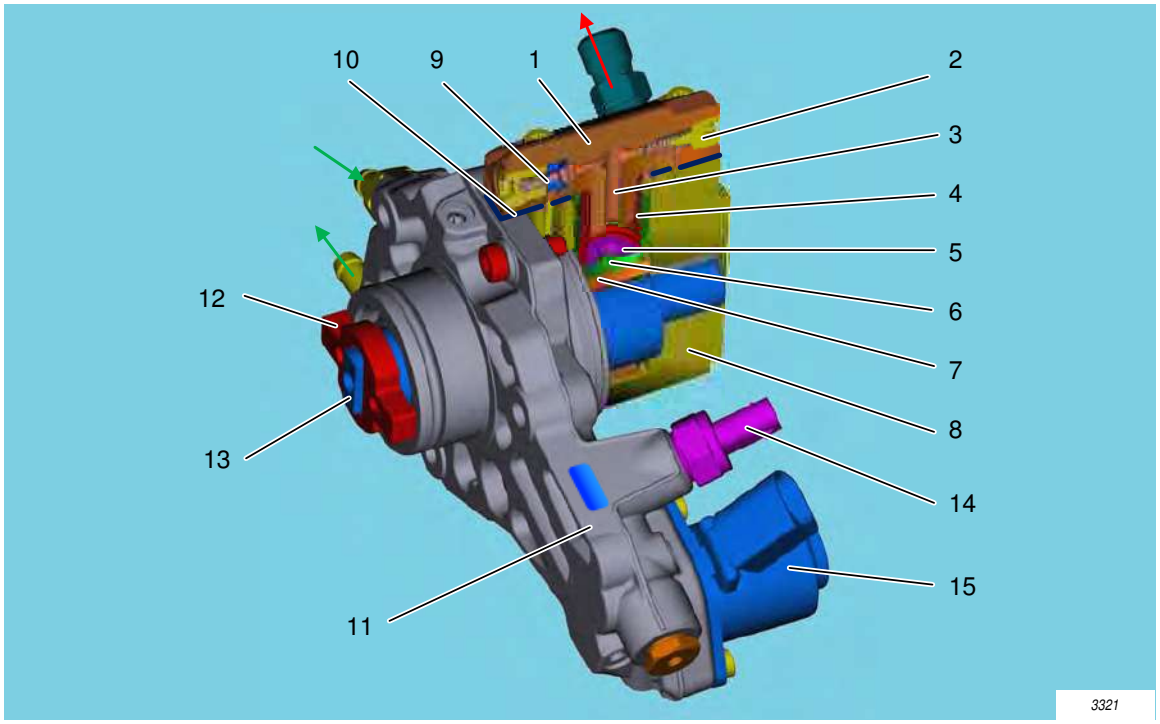
© Delphi

# LA BOMBA AP

### B) PRINCIPIO DE BOMBEO

La bomba es arrastrada o bien por correa, o bien por cadena o bien por Oldham como en el esquema siguiente *(12)*. El par de transmisión es transportado al empujador excéntrico *(7)* a través del eje de transmisión *(13)*. En el esquema, la excéntrica *(7)* está en posición reposo ya que sus caras planas están apoyadas en los empujadores *(6)*, se considera la excéntrica en posición de trabajo cuando una de estas caras abombadas acciona uno de los empujadores. Este empuje arrastra la traslación del émbolo sumergido *(3)* y la compresión del muelle *(4)*. El volumen de gasóleo comprimido durante la traslación del pistón está representado por el índice 2 en el esquema de la cabeza hidráulica.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Culata | 8 | Cuerpo de la bomba |
| 2 | Válvula de descarga | 9 | Válvula de admisión |
| 3 | Émbolo Sumergido | 10 | Junta de culata |
| 4 | Muelle de pistón | 11 | Placa de identificación |
| 5 | Asiento de sujeción muelle | 12 | Arrastre por Oldham |
| 6 | Empujador | 13 | eje de arrastre |
| 7 | Leva | | |



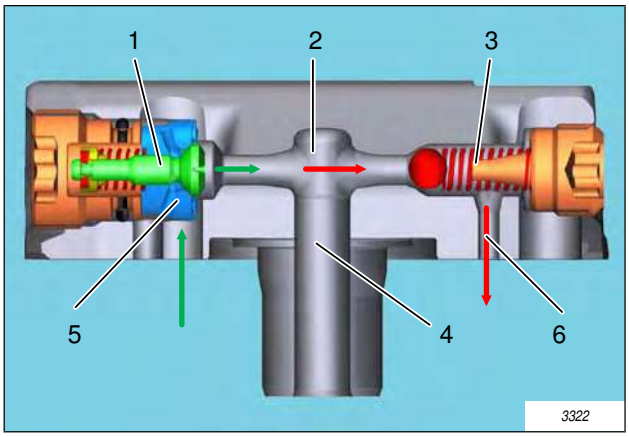

***Vista transversal de una DFP3 versión 3 émbolos***

© Delphi

# LA BOMBA AP

### C) CABEZA HIDRÁULICA

El gasóleo a presión de transferencia es conducido en la cabeza hidráulica a través del orificio **(5)** y pasa luego por la válvula de admisión. Este volumen de gasóleo se comprime luego en la cámara **(2)** en cada subida del pistón. Este volumen a alta presión cruza luego la válvula de descarga antes de ser encauzado a través del orificio **(6)**. Este mismo orificio se conecta a las otras salidas AP de las cabezas hidráulicas para centralizar el conjunto del gasóleo a alta presión.

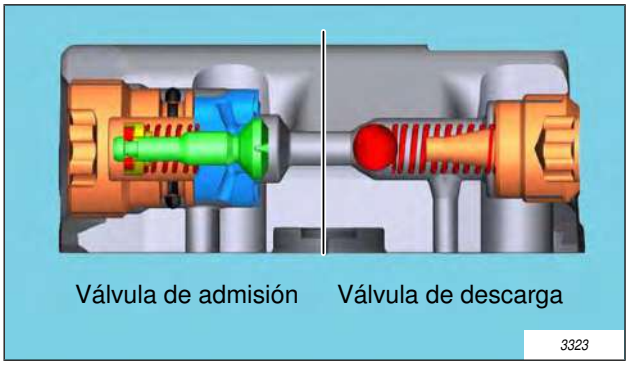



**Vista transversal de una cabeza hidráulica**

### D) VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y DE DESCARGA

La abertura y el cierre de las válvulas está en función del desplazamiento de los émbolos sumergidos:

- En fase expansión, el descenso del pistón genera una depresión que provoca la abertura de la válvula de admisión y llena así el volumen de la cámara de compresión. En cambio, la válvula de descarga está inmovilizada en su asiento ya que la presión reinante detrás de esta última es igual a la presión raíl.
- En fase compresión, la válvula de admisión se cierra ya que la subida del pistón provoca la puesta en presión del volumen de carburante contenido en la cámara y bloquea así la válvula en su asiento. La válvula de descarga se abre cuando la presión en la cámara se vuelve superior a la presión raíl.




**Zoom en las válvulas de una cabeza hidráulica**

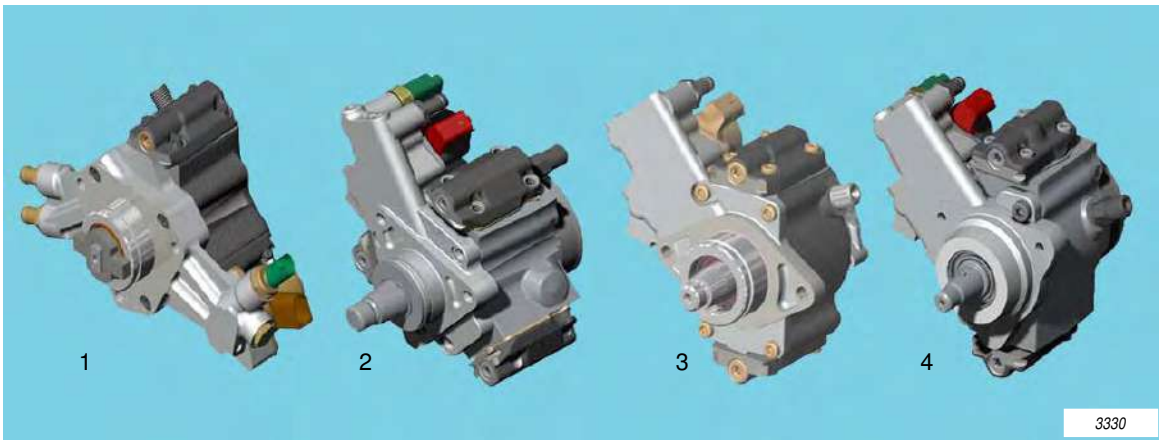
***Nota:*** *Los muelles de las válvulas de admisión y de descarga existen únicamente para ayudar al desplazamiento, la presión de tarado de estos muelles es muy baja y no constituye ningún obstáculo de cara a las presiones reinantes en el conjunto de la cabeza hidráulica.*

© Delphi

# LA BOMBA AP

### 3.3.3 CARACTERÍSTICAS

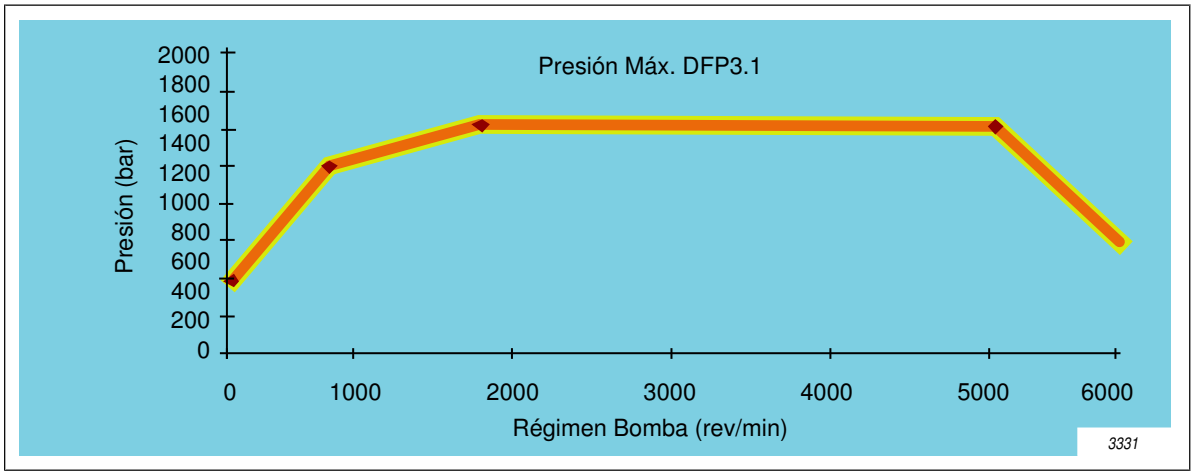
| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | DFP3.1 | 3 | DFP3.3 |
| 2 | DFP3.2 | 4 | DFP3.4 |




| Características | DFP3.1 | DFP3.2 | DFP3.3 | DFP3.4 |
|---|---|---|---|---|
| Número de émbolos | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Capacidad ($cm^3$/rev) | 0.75 a 1.05 | 1 a 1.05 | 0.8 a 1 | 0.5 a 0.7 |
| Presión máx. (bar) | 1600 a 2000 | 1600 a 2000 | 1600 a 2000 | 1600 a 2000 |
| Arrastres | Correa/Cadena/ Oldham | Correa/Cadena/ Oldham | Correa/Cadena/Oldham | Correa/Cadena/Oldham |
| Ratio régimen en relación al Nmotor | 1/2 a 4/3 | 1/2 a 4/3 | 1/2 a 1 | 1/2 a 1 |
| Velocidad máx. (rev/min bomba) | 5000 | 4000 | 4000 | 5000 |
| Bomba de transferencia | Integrada en opción | Integrada en opción | Integrada en opción | Integrada en opción |

© Delphi

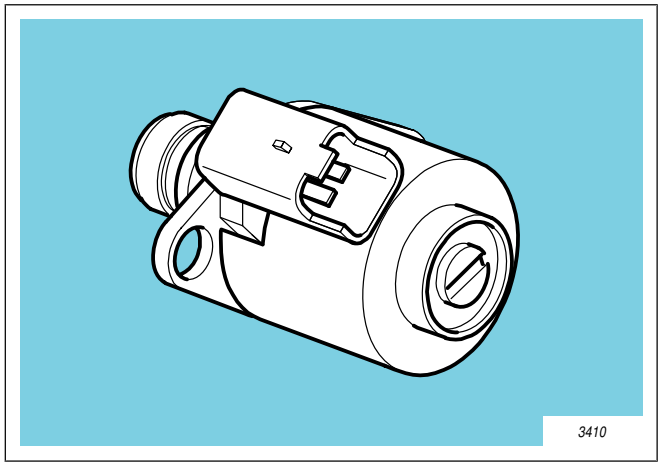
# LA BOMBA AP




***Curva de presión máxima DFP3.1***

## 3.4 El IMV

### 3.4.1 FUNCIÓN

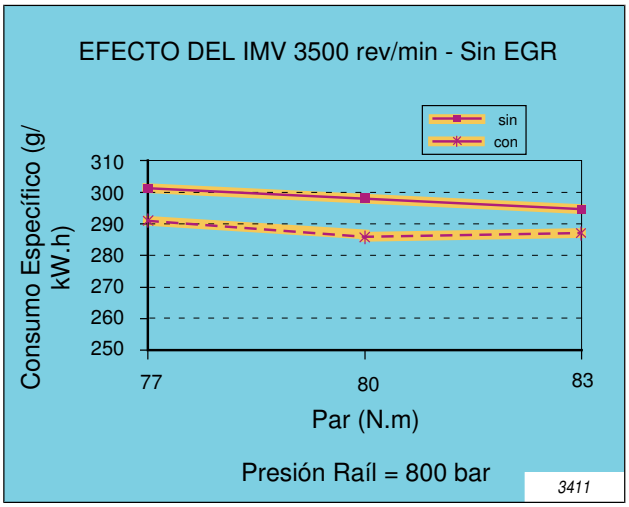



© Delphi

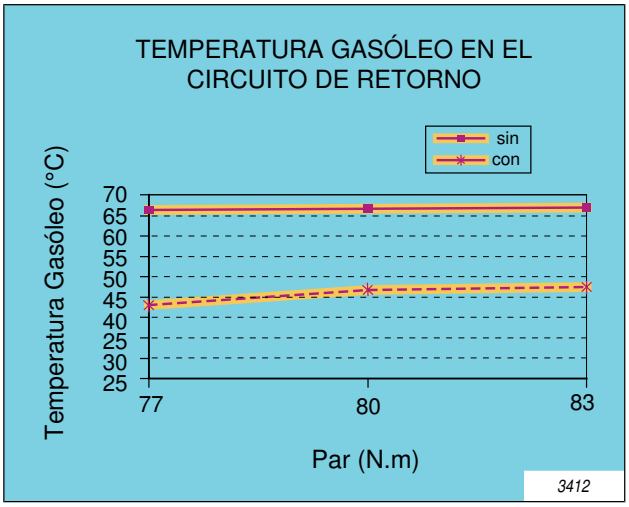
# LA BOMBA AP

El actuador BP también llamado Inlet Metering Valve se emplea para controlar la presión en el raíl mediante la regulación de la cantidad de carburante suministrado a los elementos de bombeo de la bomba de AP. El objetivo de este actuador es doble:

- Por una parte, permite mejorar el rendimiento del sistema de inyección, ya que la bomba AP sólo comprime la cantidad de carburante necesario para mantener un nivel de presión del raíl solicitado por el sistema.




- Por otra parte, permite disminuir la temperatura en el depósito de carburante. En efecto, cuando el excedente de gasóleo es descargado en el circuito de retorno, la expansión del fluido *(de la presión raíl a la presión atmosférica)* libera una fuerte cantidad de calor. Ésta genera un aumento de la temperatura del carburante evacuado hacia el depósito. Para evitar alcanzar temperaturas demasiado elevadas, hay que:
  - Enfriar el gasóleo en un intercambiador *(solución costosa, molesta y poco eficaz)*.
  - Limitar la cantidad de calor generado por la expansión del carburante reduciendo el caudal de fuga. Para reducir el caudal de fuga, basta con adaptar el caudal de la bomba AP a las necesidades del motor en toda su banda de funcionamiento. Lo que hace el IMV.

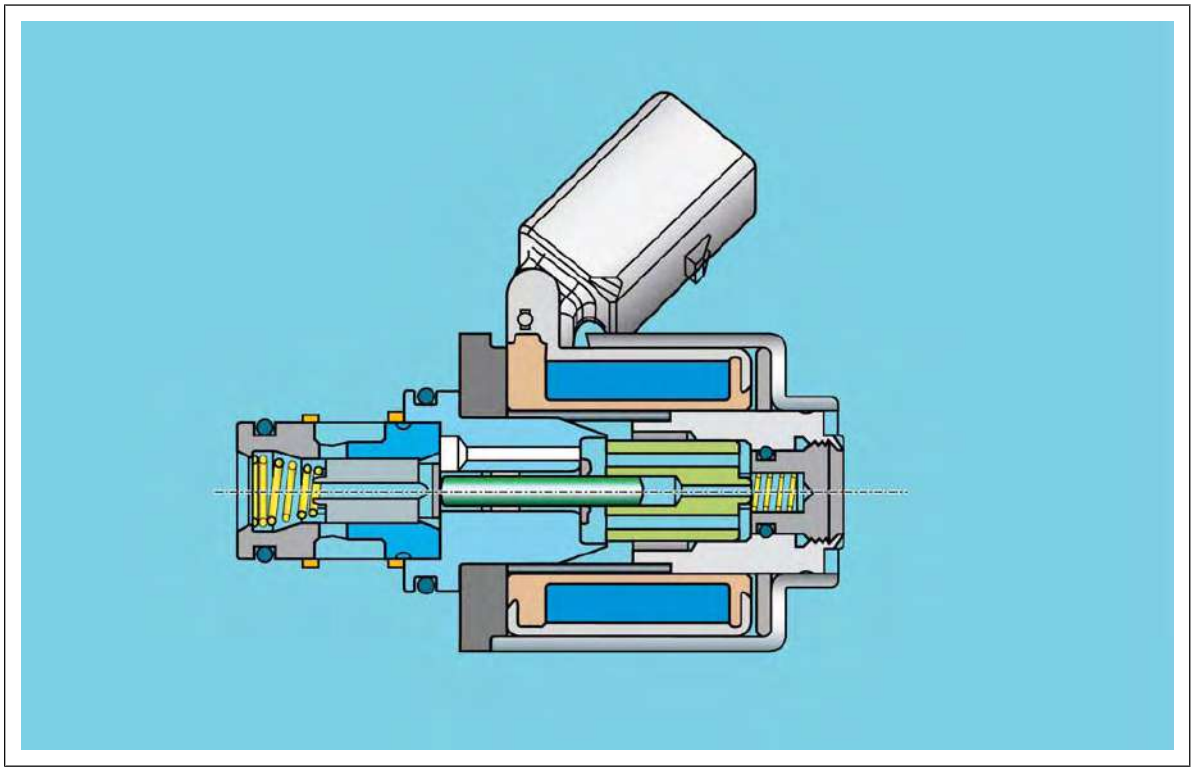



© Delphi

# LA BOMBA AP

## 3.4.2 DESCRIPCIÓN

El IMV está implantado en la cabeza hidráulica de la bomba. Está alimentado en carburante por la bomba de transferencia a través de dos orificios radiales. Un filtro cilíndrico está implantado en los orificios de alimentación del IMV. Permite proteger no solamente el actuador BP, sino también todos los órganos del sistema de inyección situados despues del IMV. (Ver esquema 3420):



© Delphi

# LA BOMBA AP

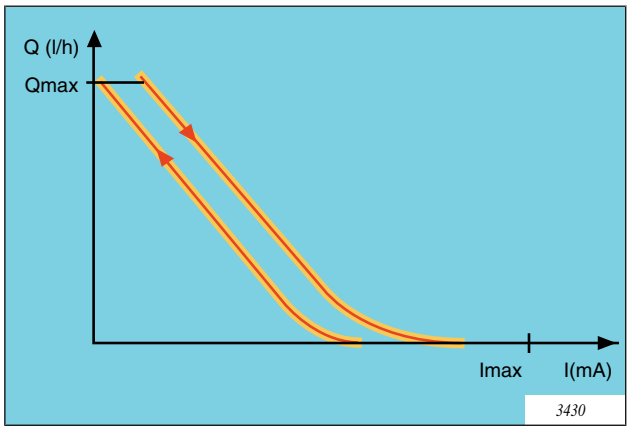
## 3.4.3 FUNCIONAMIENTO

El actuador BP se utiliza para dosificar la cantidad de carburante enviado a los elementos de bombeo de la bomba AP de manera que la presión medida por el sensor AP sea igual a la demanda de presión formulada por el calculador.

Para cada punto de funcionamiento, se debe tener: Caudal introducido en la bomba AP = Caudal inyectado + Caudal de fuga inyector + Caudal de control inyector.

El IMV está normalmente abierto cuando no está alimentado, ya que está compuesto por 2 muelles de tarados diferentes: al ser más fuerte el muelle cónico del lado cabeza hidráulica que el cilíndrico del lado bobina, el pistón referenciado 1 en el esquema transversal del IMV se mantiene en tope con plena abertura.

No puede pues ser utilizado como órgano de seguridad para cortar el motor en caso de necesidad. El IMV está pilotado por corriente. La ley caudal / corriente está representada en el gráfico de al lado:




El calculador determina el valor de la corriente que hay que enviar al IMV en función de:

- La velocidad del motor.
- La demanda de caudal.
- La demanda de la presión en el raíl.
- La presión del raíl medida.
- La temperatura del carburante
- El modo de combustión

## 3.4.4 CARACTERÍSTICAS

| Características | DFP3 |
|---|---|
| Carrera del pistón | 1.4mm |
| Diámetro de los orificios | 3.5mm |
| Inductancia de la bobina | 7.5mH |
| Resistencia de la bobina | 5.4 Ω a 25°C |
| Tensión de alimentación | 10.5 a 16V |
| I máx. | 1.3A |
| Masa | 270g |
| Temperaturas de funcionamiento | -40 a 125°C |
| Caudal Máx. | 130l/h |
| Pilotaje (RCO) | 300 a 2000Hz |

© Delphi

# LA BOMBA AP

Una nueva generación de IMV ha sido desarrollada con el objetivo de equipar:

- las últimas DFP1
- el conjunto de las DFP3

***Nota:*** *Sin embargo, los IMV DFP1 & DFP3 se parecen pero no son intercambiables por razones de progresividad hidráulica.*

Los cambios principales entre la antigua y la nueva generación de IMV son:

- La reducción del diámetro de los orificios de 3.5 a 3mm.
- El decalage de los orificios.
- El aumento de la corriente máxima de 1.3 a 1.6A.
- El cambio de los muelles.

A pesar de estos cambios importantes, las características de caudal del IMV siguen siendo las mismas ya que la disminución de los agujeros de orificio está compensada por el aumento de la banda de corriente de pilotaje.

## 3.5 El limitador de presión

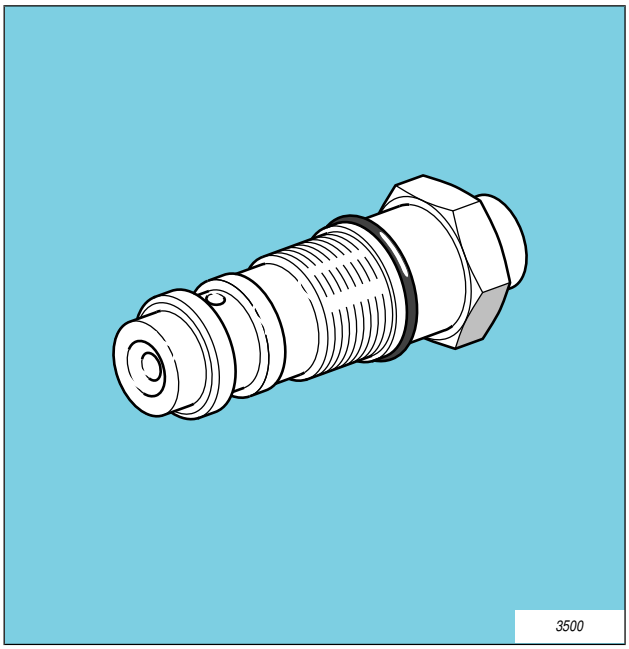
Este elemento llamado PLV, del inglés Pressure Limiter Valve, permite limitar mecánicamente la presión *(entre 1850 y 2250 bar)* de la bomba de alta presion.

Descarga puntualmente la presión si la regulación por el IMV ya no está activa o si la descarga mediante los inyectores no es pilotada.

El carburante es reciclado en la entrada de la bomba.

Este componente no necesita ninguna intervención en red.

***Nota:*** *Este limitador de presión no está presente en las bombas que disponen de un actuador de descarga en el raíl ya que la función de limitador está asegurada por este actuador.*




## 3.6 El Venturi

El capítulo Venturi se trata a parte ya que no es un elemento de la bomba propiamente dicha: Ver capítulo: 7. Venturi

© Delphi

# LA BOMBA AP

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

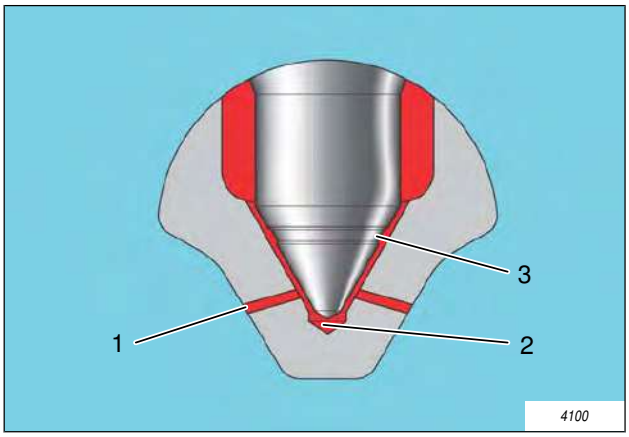
## 4.1 FUNCIÓN

El inyector del sistema Common Rail ha sido diseñado para responder a las nuevas normas de descontaminación. Para ello, debe:

- Permitir inyecciones múltiples.*(hasta 5 inyecciones por ciclo)*
- Permitir inyectar cantidades cada vez más pequeñas *(0,5mg/cp)*
- Inyectar a presiones cada vez más elevadas *(1800bar)*
- Tener interacciones hidráulicas débiles entre 2 inyecciones sucesivas
- Distribuir de manera homogénea la cantidad inyectada

Estas recomendaciones son posibles gracias a las evoluciones siguientes:

- A la mejora de la hidráulica
  - Modificación del diámetro de estanqueidad del inyector.
  - Modificación de los orificios de la placa separador.
- A las modificaciones aportadas al inyector.
  - Aumento del número de agujeros.
  - Agujeros cónicos.
- Al desarrollo de nuevas válvulas, especialmente la evolución de los materiales y tratamientos térmicos de estos últimos.




***Aguja de tobera - 1: Agujero de inyección cónico / 2: Volumen µsac optimizado / 3: Geometría aguja inyector***

© Delphi

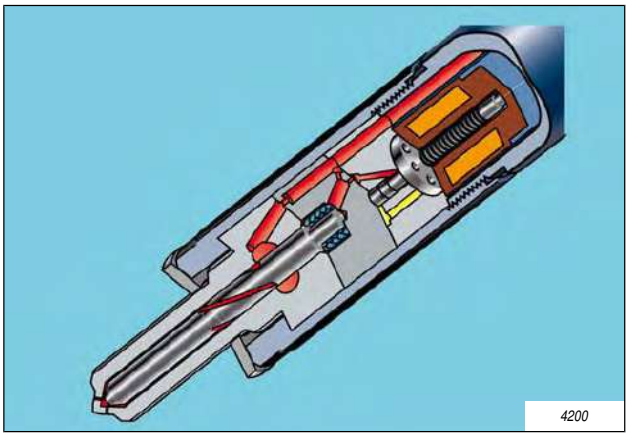
# EL INYECTOR DFI 1.X

## 4.2 TECNOLOGÍA

En función de las generaciones de inyector, las presiones de inyección máximas son del orden de 1800 bar. Los esfuerzos que hay que vencer para levantar la aguja del inyector son pues muy importantes. Por ello, es imposible pilotar directamente la aguja del inyector con ayuda de un actuador electromagnético, a menos que se empleen corrientes muy importantes cuyos tiempos de establecimiento serían incompatibles con los tiempos de reacción requeridos para las inyecciones múltiples. Por otra parte, la utilización de corrientes fuertes requiere una electrónica de potencia voluminosa lo que genera un calentamiento importante del actuador y del calculador.

La aguja del inyector se pilota pues indirectamente gracias a una válvula que controla la puesta en presión o la descarga de la cámara de control situada encima de la aguja:

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

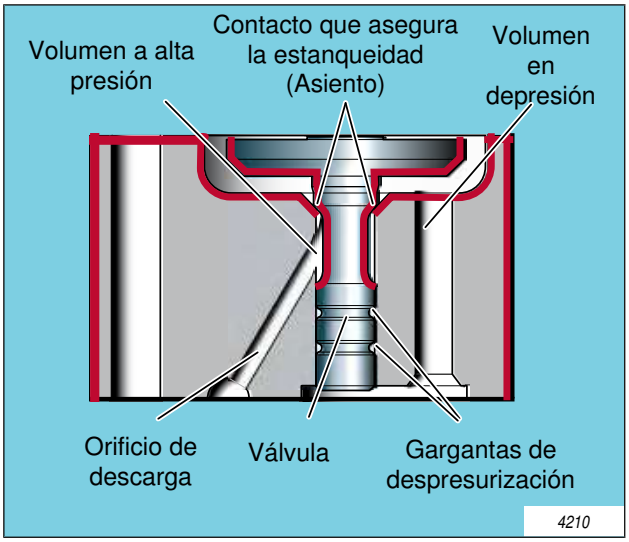



**Tobera del inyector**

### 4.2.1 La Válvula

Para garantizar un tiempo de respuesta y un consumo de energía mínimo:

- La válvula debe ser tan ligera como sea posible.
- La carrera de la válvula debe ser tan baja como sea posible.
- El esfuerzo que hay que ejercer para desplazar la válvula debe ser mínimo, lo que implica que la válvula debe estar en equilibrio hidráulico en posición cerrada. Este equilibrio se obtiene gracias a la geometría idéntica de las secciones de la cámara de presión de la válvula, así la presión ejercida en las dos partes de la válvula es idéntica, sólo un muelle muy poco tarado asegura el contacto de la válvula en su asiento. Para levantar la válvula, basta con alimentar la bobina para comprimir este muelle.




***La Válvula***

La sensibilidad de la válvula a los carburantes contaminados ha conducido a una evolución de los tratamientos térmicos y de los materiales empleados para su diseño.

© Delphi

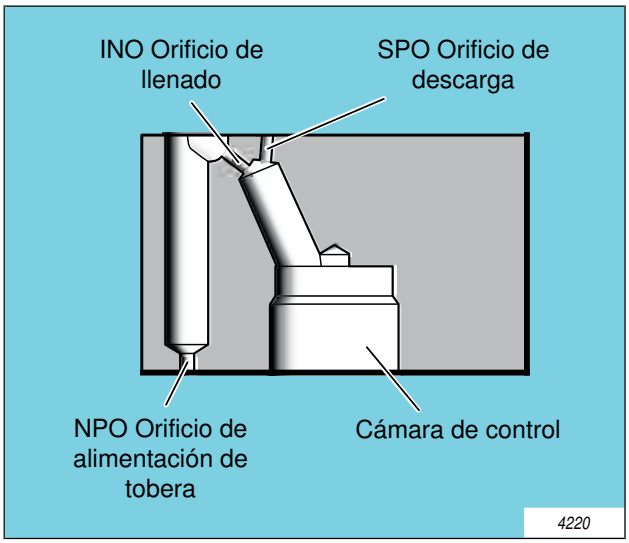
# EL INYECTOR DFI 1.X

De esta evolución de diseño ha nacido la nueva generación de válvulas DLC *(Diamond Like Carbon)*. La aplicación del revestimiento DLC *(en rojo en el esquema anterior)* evita cualquier deformación o erosión del asiento de la válvula sin ninguna influencia funcional.

### 4.2.2 Placa separador

Placa separador está situada por debajo del soporte de válvula. Integra la cámara de control así como los tres orificios calibrados que aseguran el funcionamiento del inyector. Estos orificios son:

- El orificio de alimentación de tobera*(Nozzle Path Orifice : NPO)*.
- El orificio de descarga de la cámara de control *(Spill Orifice : SPO)*.
- El orificio de llenado de la cámara de control *(Inlet Orifice : INO)*.




### 4.2.3 Características

| Características | DFI 1.2 | DFI 1.3 | DFI 1.3_1800 | DFI 1.4 |
|---|---|---|---|---|
| Presión de funcionamiento (bar) | 1400 | 1600 | 1800 | 1800 |
| Número de inyecciones | 2 | 3 | 3 a 5 | 3 a 5 |
| Número de ciclos de validaciones banco eléctrico (Millones de ciclos) | 200 | 800 | 1200 | 1200 |
| Número de Km vehículo | 250 000 | 250 000 | 400 000 | 400 000 |

***Nota:*** *El kilometraje mencionado en la tabla anterior tiene que ponderarse en función del modo de descarga de la presión raíl. En efecto, si los inyectores se utilizan para descargar la presión en el raíl, las válvulas seran más solicitadas que si el sistema está equipado con un HPV: en este ejemplo, las válvulas son empleadas únicamente para inyectar.*

© Delphi

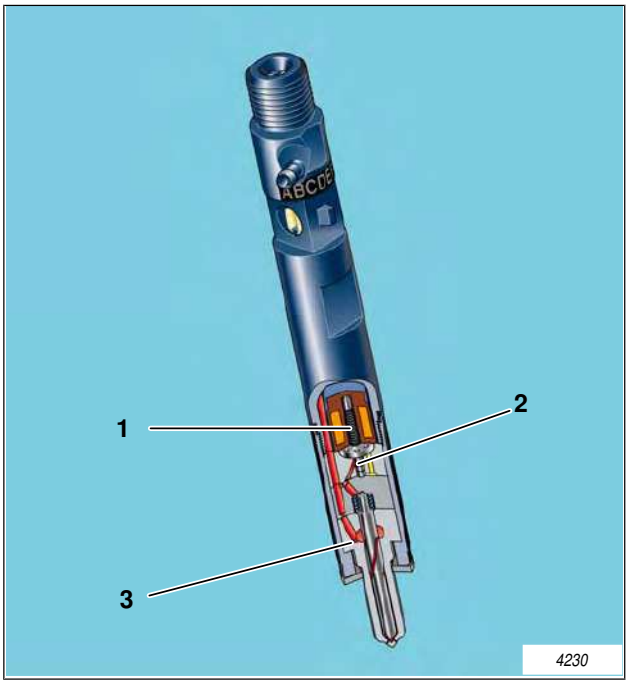
# EL INYECTOR DFI 1.X

Los inyectores DFI 1.4 han sido desarrollados para:

- Disminuir la sensibilidad a las variaciones de depresión del circuito de retorno de fuga.
- Disminuir la deriva mediante nuevos tratamientos de superficie. Ver nota DLC página anterior
- Funcionar con más alta presión.

Las evoluciones técnicas para responder a estos criterios han sido:

- Aumentar la presión de tarado del muelle de llamada de la válvula. *(1)*
- Modificar el circuito de retorno interno de la válvula. *(2)*
- Cambiar el tratamiento de superficie de la válvula para DLC. *(2)* Ver nota DLC página anterior
- Modificar el conducto de alimentación y la galería del inyector. *(3)*



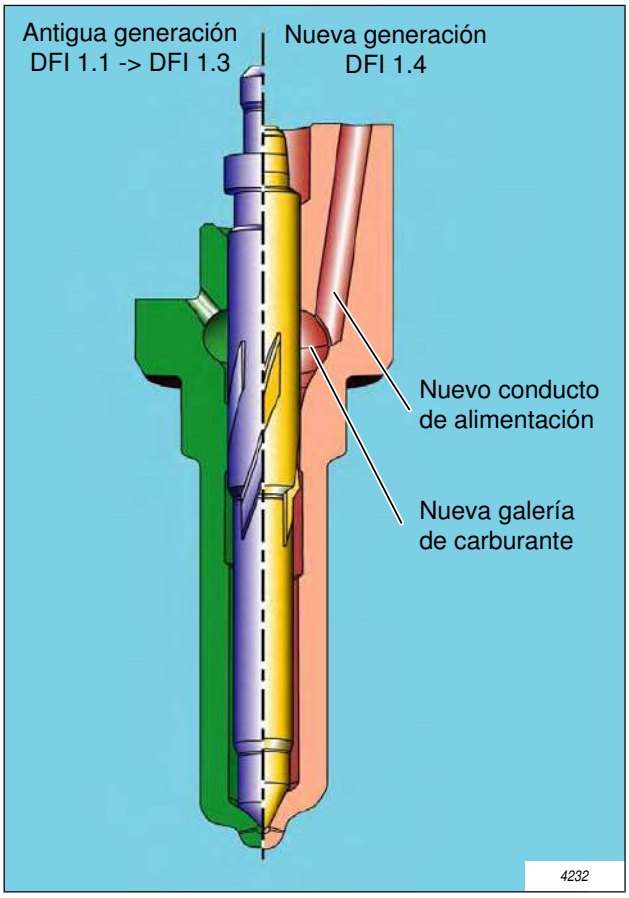

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

El diseño al lado resume el conjunto de las evoluciones del inyector del DFI1.4 (a la derecha de la línea de eje) comparativamente a las antiguas generaciones de inyectores DFI 1. (a la izquierda de la línea de eje)

***Los cambios principales son visibles:***

- A nivel del conducto de alimentación
- A nivel de la galería de carburante




© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

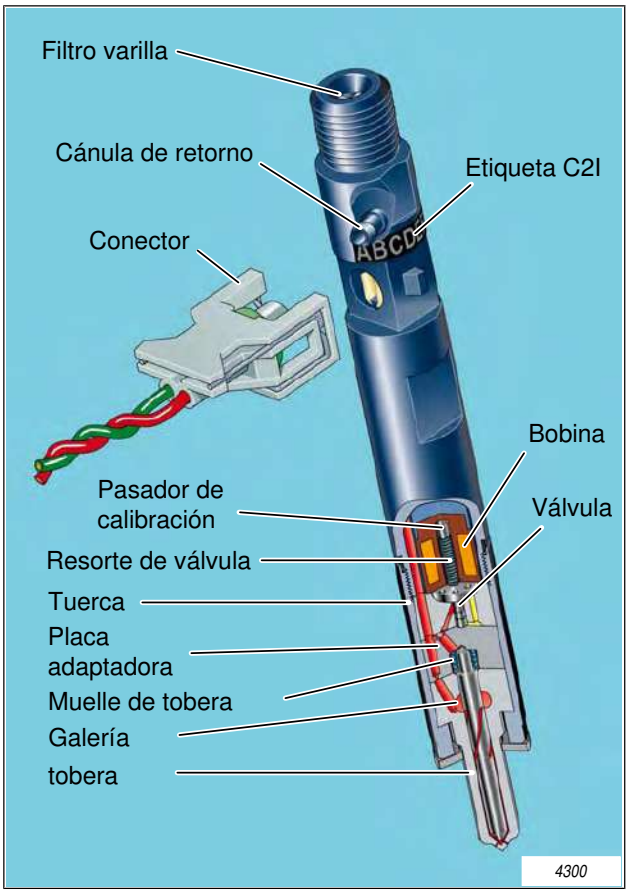
## 4.3 DESCRIPCIÓN

El portainyector del sistema Common Rail se compone de los elementos siguientes:

- Una tobera de agujeros con su aguja.
- Un cuerpo de portainyector provisto de los orificios de alimentación y de retorno.
- Una bobina integrada en el cuerpo del portainyector.
- Un conector implantado en la parte superior del portainyector.
- Un filtro varilla implantado a nivel del orificio de alimentación en carburante.
- Una placa separador provista de una cámara de control y de los inyectores calibrados necesarios para asegurar el pilotaje de la aguja.
- Una válvula y su soporte.
- Una tuerca.

El posicionamiento angular entre el inyector, la placa separador, el soporte de válvula y el portainyector se realiza mediante pasadores de centrado desviados para evitar los errores de montaje.

El ajuste de la precarga aplicada al muelle de la válvula se realiza mediante un pasador de calibración implantado entre la bobina y el muelle.




## 4.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

### 4.4.1 Aumento de presión

El aumento de la presión en el inyector se desglosa en varias etapas:

- El carburante a alta presión cruza en primer lugar el cuerpo del portainyector antes de alimentar la placa separador cruzando estos inyectores en el orden siguiente:
  - INO: Alimentación de la cámara de control.
  - NPO: Alimentación de la galería de carburante de tobera.
  - SPO: Alimentación de la cámara de la válvula.
- El carburante a alta presión llena progresivamente la cámara de la válvula, la cámara de control de la placa separador y las ranuras helicoidales de la aguja.

En esta fase, las presiones están equilibradas en todo el inyector.

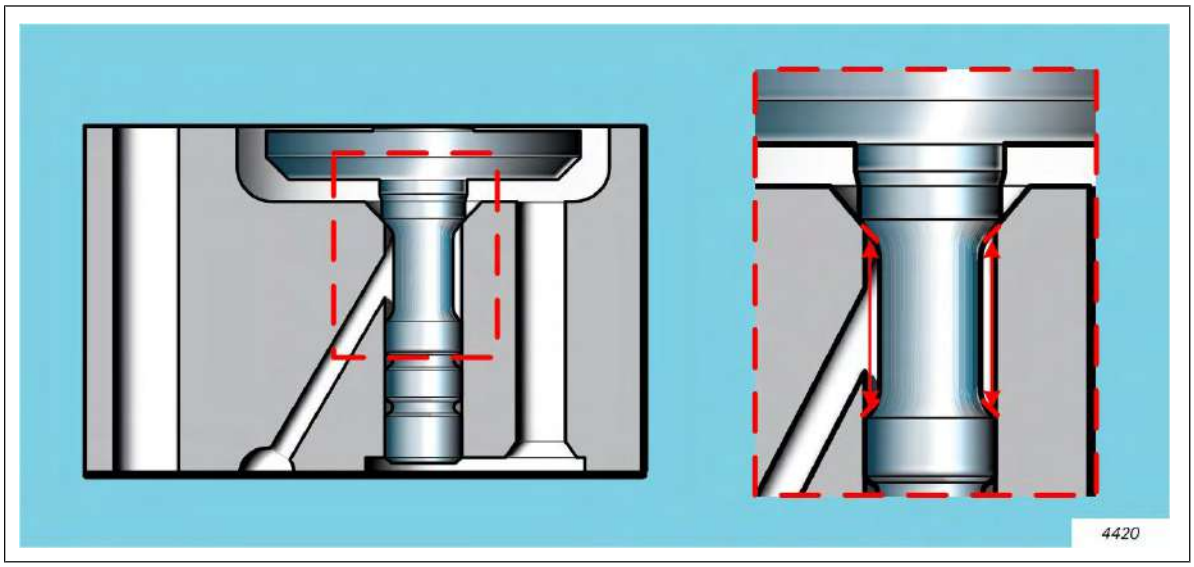
© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

### 4.4.2 Inyector en reposo

El equilibrio de las presiones mantiene el inyector cerrado es decir en reposo. Ver esquema: La inyección, 4450/1

La válvula permanece cerrada gracias a la geometría idéntica de las secciones en negrita en el dibujo al lado. Al ser iguales las presiones ejercidas en estas dos secciones, la válvula se mantiene en equilibrio.




### 4.4.3 Pilotaje de la bobina

Cuando la DCU alimenta la bobina, la válvula se abre cuando el esfuerzo de atracción es superior al esfuerzo del muelle. La abertura de la válvula crea una fuga del carburante en el retorno inyector y genera una caída de presión en:

- La cámara de la válvula
- El SPO
- El INO

A pesar de estas caídas de presión, la aguja permanece siempre inmovilizada en su asiento ya que la caída de presión no ha alcanzado aún la cámara de control, **no hay pues inyección.** Ver esquema: La inyección, 4450/2

### 4.4.4 Inicio de inyección

El inicio de la inyección se produce cuando la caída de presión se generaliza en la cámara de control de la placa separador. En efecto, la diferencia de presión ejercida en los 2 polos de la aguja genera su desequilibrio. Esto último se traduce por una subida de la aguja ya que la presión a nivel de la tobera de la aguja es superior a la de la cámara de control de la placa separador.

La circulación del carburante a través del NPO se establece para alimentar la tobera. Ver esquema: La inyección, 4450/3

***Nota:*** *El paso del carburante a través del orificio de alimentación de la tobera (NPO) genera una pérdida de carga que depende de la presión del raíl. Cuando la presión del raíl es máxima, (1600 bar), esta pérdida de carga sobrepasa 100 bar. La presión aplicada en el cono de la aguja, (la presión de inyección) es pues inferior a la presión del raíl.*

### 4.4.5 Fin de inyección

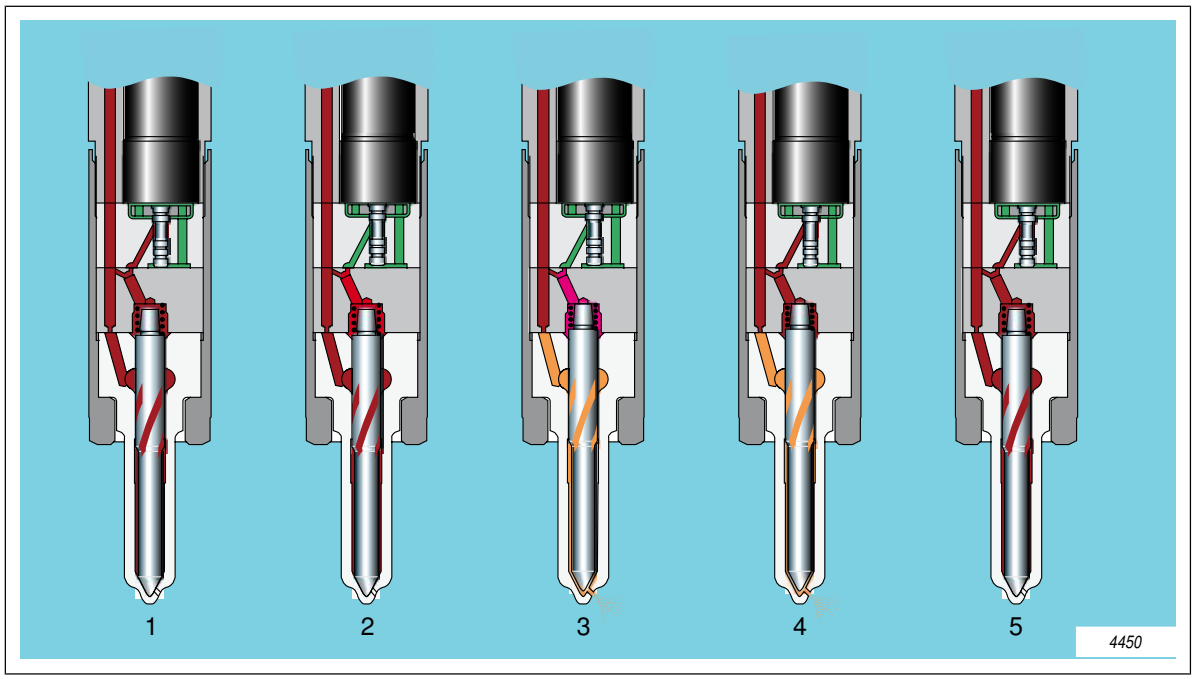
Tan pronto la DCU detiene la alimentación de la bobina, la válvula se vuelve a cerrar ya que el esfuerzo de atracción se vuelve inferior al del muelle.

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

Después del cierre de la válvula, el circuito sube en presión. Sin embargo, la aguja permanece siempre levantada Ver esquema: La inyección, 4450/4, el único medio de volverla a cerrar consiste en aplicar presiones diferentes en cada uno de estos extremos. Esta diferencia de presión para volver a cerrar el inyector se crea por la pérdida de carga del inyector de llenado NPO que se opone a la presión en la cámara de control que es sensiblemente igual a la presión raíl.

Cuando la presión en la cámara de control se vuelve superior a la presión aplicada en la tobera de la aguja, **la inyección se para.** Ver esquema: La inyección, 4450/5




**La inyección - Rojo: Alta presión (Presión raíl) / Verde: Baja Presión / Naranja: Presión de inyección (Presión raíl - Pérdida de carga del NPO)**

***Leyenda***

| Inyector Nº | Válvula | Aguja | Inyección |
|---|---|---|---|
| 1 | Cerrada | Cerrada | Sin inyección |
| 2 | Abertura | Cerrada | Sin inyección |
| 3 | Abierto | Abertura | Inicio de inyección |
| 4 | Cierre | Abierto | Fin de inyección |
| 5 | Cerrada | Cerrada | Sin inyección |

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

## 4.5 CONTROL DE LOS INYECTORES

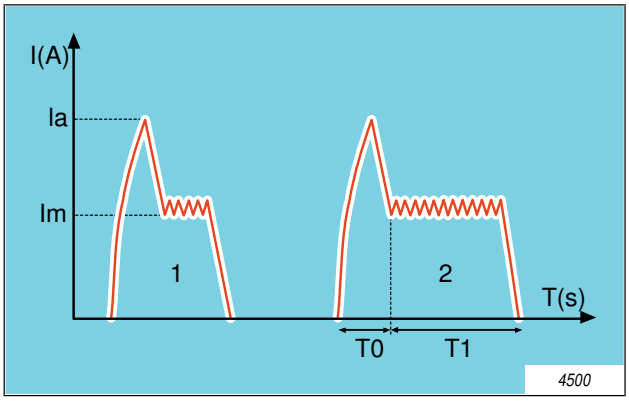
La corriente de control de la bobina recupera la forma del gráfico *Impulso de inyección*.

La corriente discontinua permite reducir las pérdidas por efecto de julios a nivel del calculador y del inyector.

La corriente de llamada (Ia) es superior a la corriente de mantenimiento (Im) ya que en la fase de mantenimiento:

- El entrehierro entre la válvula y la bobina se reduce *(el valor de la carrera de la válvula, o sea aproximadamente 30 µm)* por lo que la fuerza electromagnética que hay que aplicar a la válvula puede ser reducida.
- No es pues necesario vencer la inercia de la válvula.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Inyección piloto | Im | Corriente de mantenimiento |
| 2 | Inyección principal | T0 | Duración de la Corriente de llamada |
| Ia | Corriente de llamada | T1 | Duración de la Corriente de mantenimiento |




***Impulso de inyección***

## 4.6 DESCARGA MEDIANTE LOS INYECTORES

***Nota:*** *Este capítulo no concierne a los sistemas provistos de un HPV.*

Cuando la demanda de presión raíl cae bruscamente (cuando se levanta el pie o en caso de un defecto que necesita la descarga rápida del raíl por ejemplo), el cierre del IMV no permite alcanzar suficientemente rápido la nueva consigna de presión definida por el calculador. El sistema utiliza pues los inyectores para descargar el raíl. Este modo de funcionamiento reposa en el control del tiempo de respuesta de los inyectores. En efecto, para descargar el circuito AP sin correr el riesgo de introducción de carburante en los cilindros, hay que alimentar la bobina con impulsos suficientemente largos para levantar la válvula y poner así en comunicación directa el raíl con el circuito de retorno inyector, pero suficientemente cortos para evitar que la aguja del inyector se levante y provoque así la introducción inopinada de carburante en la cámara de combustión.

Este modo de funcionamiento sólo es posible si se controla perfectamente el tiempo de respuesta del inyector, es decir el tiempo comprendido entre el inicio de la alimentación de la electroválvula y el instante en que la aguja del inyector se levanta. Este tiempo es evidentemente diferente para cada inyector ya que depende de las características iniciales del inyector *(C2I)* y del estado de desgaste del inyector *(correcciones)*. Es pues indispensable conocer con precisión la característica inicial y la deriva de cada inyector.

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

## 4.7 C2I: CORRECCIÓN INDIVIDUAL DE INYECTOR

***Nota:*** *La abreviatura C2I viene de* ***C****orrección* ***I****ndividual de* ***I****nyector, la cifra 2 simboliza los dos* ***I***

### 4.7.1 Descripción

El caudal inyectado es proporcional al tiempo de inyección *(el impulso)* y a la presión raíl. Las curvas de caudal en función del impulso y de la presión raíl son llamadas características del inyector.

Los inyectores del sistema Common Rail son piezas de una precisión muy grande. Son capacaes de inyectar caudales que varían de 0,5 a 100 mg/cp a presiones de 150 a 1800 bar. La precisión solicitada requiere tolerancias de fabricación extremadamente bajas *(algunos µm)* en el diámetro de los inyectores y del juego funcional entre las diferentes piezas en movimiento. Sin embargo, debido a las dispersiones de mecanizado, las pérdidas de carga, los frotamientos mecánicos entre las piezas en movimiento y el esfuerzo magnético varían de un inyector a otro. Por ello, se constatan dispersiones en los caudales que pueden alcanzar 5 mg/cp. Hablando claro, esto quiere decir que si se aplica un mismo impulso a dos inyectores, se puede obtener una diferencia de 5mg/cp.

Es imposible controlar eficazmente un motor con esta dispersión entre los inyectores Es pues necesario aplicar una corrección que permitirá inyectar la cantidad deseada de gasóleo cualquier que sea la característica inicial del inyector. Para ello, es necesario conocer esta característica y corregir el impulso aplicado al inyector en función de la diferencia entre esta característica y la que se utiliza en el calculador.

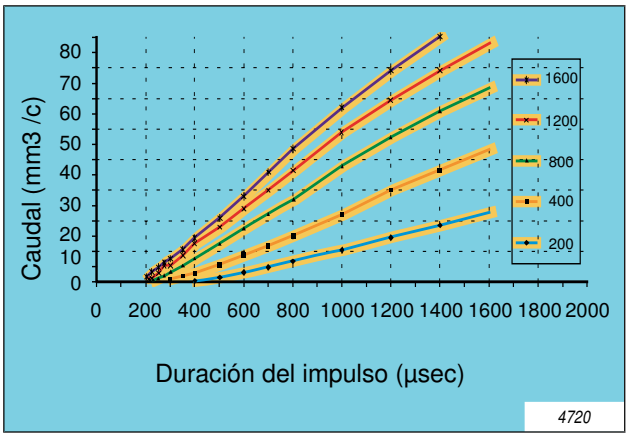
La característica registrada en el calculador se llama el objetivo. Corresponde a la característica media de los caudales medidos en un lote representativo de inyectores. Este objetivo se utiliza para convertir la demanda de caudal Q en impulso T. Pero, este impulso no puede ser aplicado directamente al inyector ya que las características de este último son diferentes del objetivo. Es pues necesario corregir el impulso T con ayuda de la característica propia del inyector. Esta característica se determina por una medición de los caudales para diferentes valores de presión. La C2I es una modelización de estas características.

### 4.7.2 Procedimiento

Los inyectores son probados en banco eléctrico al final de la cadena. Las mediciones son procesadas para deducir sus coeficientes de corrección. Estos coeficientes se escriben en dos formas en el inyector: en un código data matrix y en carácter alfanumérico.

Con el fin de corregir las diferencias de caudales entre los inyectores y el objetivo, se traza para cada inyector y para una presión determinada la diferencia de caudal entre el impulso real y el impulso objetivo en función del caudal:

- Se determina entonces en la curva, las correcciones que corresponden a los caudales piloto y principal, y todo ello para 4 presiones *(200, 800, 1200 y 1600 bar)*, o sea en total **8 coeficientes.**
- Se obtiene entonces una tabla *(Presión, caudal y corrección)* que nos da las correcciones que hay que aplicar al impulso objetivo para obtener el caudal deseado.

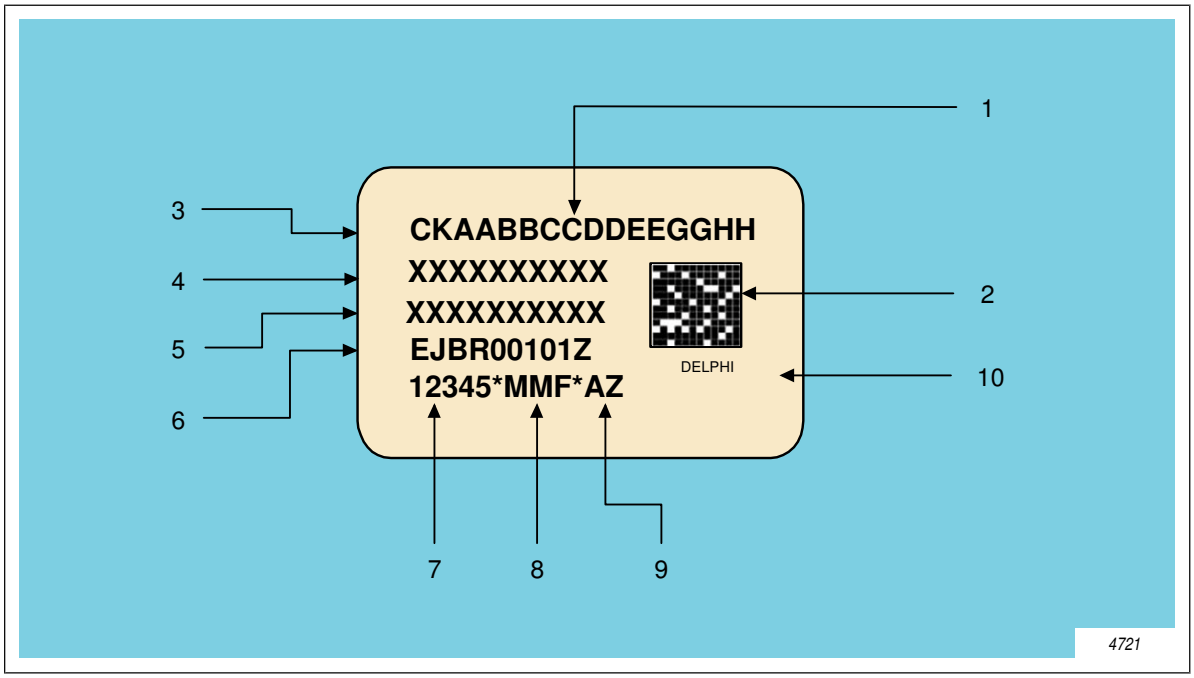



© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

La codificación de la etiqueta es una operacion compleja, ya que para optimizar este método *(y limitar el tamaño de la etiqueta)*, se ha utilizado la resolución estrictamente necesaria. Para ello, cada coeficiente está codificado con un número de bits que le es propio.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Etiqueta | 6 | Referencia Delphi Diesel del portainyector |
| 2 | Código data matrix (Lectura fábrica) | 7 | Número de serie cronológico |
| 3 | Factores de corrección (C2i) | 8 | Fecha y lugar de fabricación |
| 4 | Referencia fabricante vehículo | 9 | Día de fabricación del portainyector |
| 5 | Nº de homologación fabricante | 10 | Logo Delphi |




***Etiqueta C2i***

***Nota:*** *Información Código Data Matrix:*

- *Factores de corrección*
- *Referencia Portainyector atribuido por Delphi*
- *Referencia Portainyector atribuida por el fabricante del vehículo*
- *Fecha*
- *Código de sitio*

### 4.7.3 Evolución: la C3i

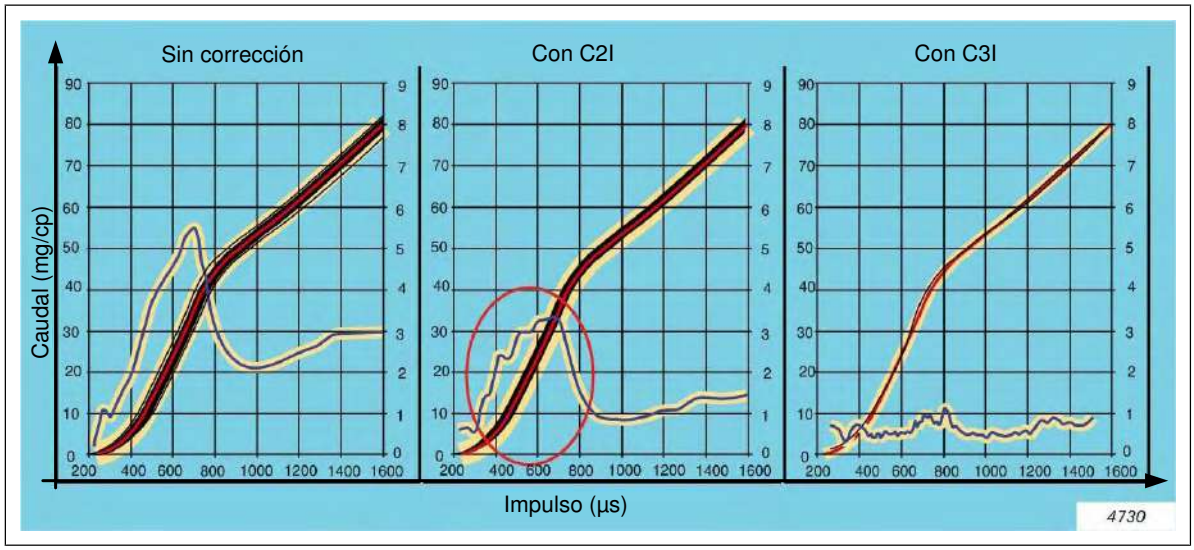
Con el fin de reducir las ínfimas dispersiones que subsisten todavía después de la corrección en C2I y acercarse lo más posible al objetivo, ha aparecido un nuevo tipo de corrección de inyector, la C3i.

C3I, del inglés Injector Improved Individual Correction significa Corrección Individual Mejorada del Inyector.

La C3i ha sido implementada para aumentar la precisión de la corrección C2i. En efecto, si se toma como ejemplo el esquema siguiente, uno se da cuenta de la ganancia significativa aportada por la C3I.

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X




**Estudio de curvas de caudal para una Presión raíl de 1600bar; Rojo: Objetivo; Negro: Inyectores medidos; Azul: Diferencia Tipo entre el objetivo y los inyectores medidos; Rodeado: Zona de imprecisión de la C2I**

Las 2 diferencias más importantes entre la C3i y la C2i consisten en:

- Permitir una corrección lineal en 3 partes mientras que la C2i sólo permite una simple corrección lineal.
- Y un método de codificación diferente:
  - C2I: 16 caracteres en Hexadecimal.
  - C3I: 20 caracteres en Alfanumérico.

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

### 4.7.4 Lectura / Escritura

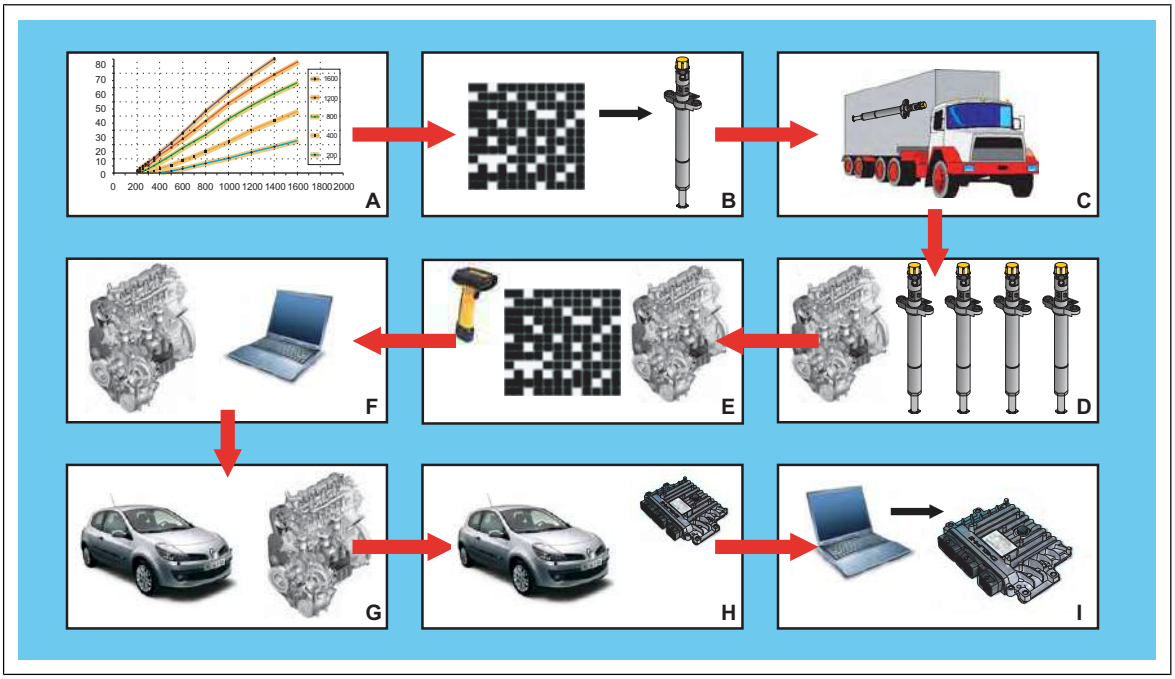
En la fábrica del motor, los data matrix son leídos y almacenados en un medio intermedio. Este último incluye la C2I *(o la C3I)* y el número de cilindro en el que se monta el inyector considerado. Las C2I *(o C3I)*de los cuatro inyectores son leídas antes que se monten los inyectores en el motor para facilitar la lectura de los códigos data matrix con ayuda de un lector láser. El cliente debe garantizar pues por sus propios medios que no hay riesgo de inversión entre el orden de lectura de los códigos y el orden de los cilindros en los que los inyectores van a ser montados. En la fábrica del vehículo, el contenido del medio intermedio es el más descargado hacia el calculador del sistema de inyección.

En el Servicio Posventa, en caso de sustitución de uno o varios inyectores, es necesario cargar sus C2I en el calculador. Esta operación reinicializa automáticamente las correcciones relacionadas con los antiguos inyectores.

En caso de una sustitución del calculador, es necesario cargar las C2I (o las C3I) y la configuración del vehículo en la nueva DCU.

***Nota:*** *Otras etapas como la telecodificación de la DCU y la grabación de los valores de correcciones de la antigua hacia la nueva DCU tienen que hacerse después de cargar las C2I, pero el método es a menudo específico para cada constructor y no puede pues ser descrito en un manual de taller genérico.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Caracterización | F | Almacenamiento temporal |
| B | Codificación | G | Ensamblaje Motor/Vehículo |
| C | Entrega | H | Ensamblaje DCU/Vehículo |
| D | Montaje en motor | I | Carga C2i en vehículo |
| E | Lectura de las C2i para cada inyector | | |




***Método de carga C2i / C3i***

© Delphi

# EL INYECTOR DFI 1.X

© Delphi

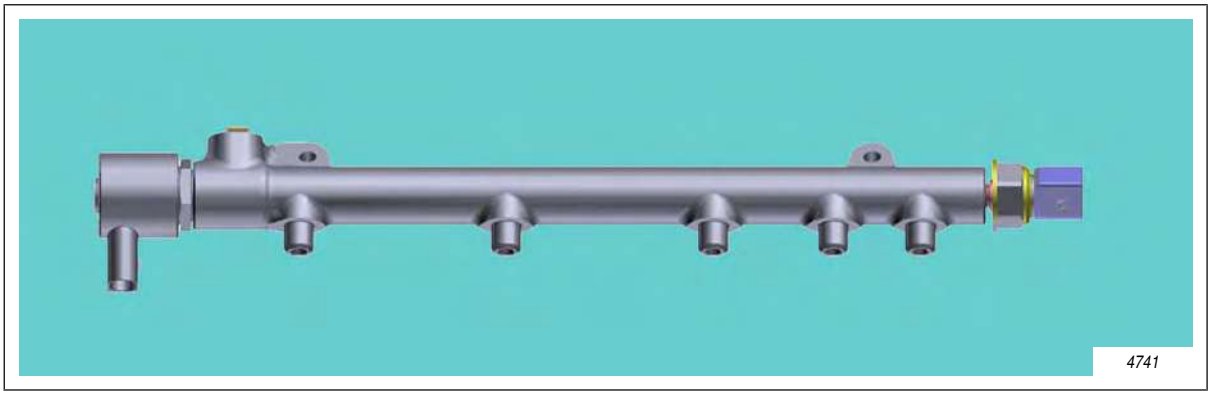
# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.1 EL RAÍL

El raíl es un acumulador de presión, situado despues de la bomba de alta presión: constituye una reserva de gasóleo a alta presión para los inyectores.

el conjunto raíl está constituido por:

- El cuerpo
- El sensor de presión del raíl.
- Adaptadores: 1 entrada bomba y X salidas inyectores
- Un HPV opcional




Conjunto Raíl montado:

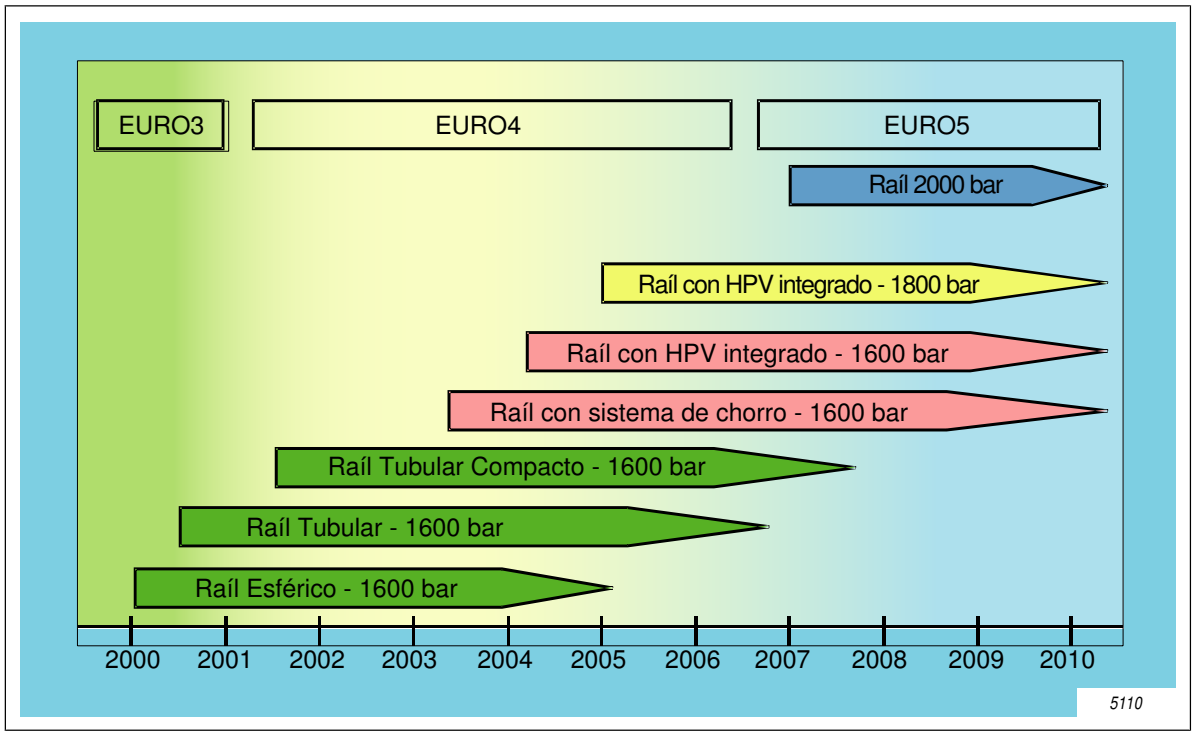
- A la izquierda el HPV.
- Abajo: los 4 racores de salida inyector.
- A la derecha: el sensor de presión del raíl.
- el segundo adaptador partiendo de la derecha: el racor de entrada alta presión.

© Delphi

# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.1.1 GENERALIDADES

El esquema siguiente representa las evoluciones de raíl en relación con las normas de descontaminación EURO3, 4 & 5.




| Generaciones | Tipos | Aplicaciones | Volúmenes ($cm^3$) |
|---|---|---|---|
| DFR 1 | Raíl Esférico | Ford Lynx, Renault K9 | 18 |
| DFR 1D | Raíl Esférico con sistema de inyector | Renault K9 Euro4 | 18 |
| DFR 2.1 | Raíl tubular "con anilla" | Ford Puma, SsangYong | 18.7 |
| DFR 2.1D | Raíl tubular "con anilla" + inyector | / | / |
| DFR 2.2 | Raíl tubular | Kia, SsangYong | 19.5 |
| DFR 2.2D | Raíl tubular + inyector | / | / |
| DFR 3 | Raíl tubular con HPV | Cummins | 19.5 |
| DFR 3D | Raíl tubular con HPV y sistema de inyector | Daimler Chrysler | 26.5 |

© Delphi

# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.1.2 ELECCIÓN DEL RAÍL

**Elección del tipo raíl:**

El raíl esférico representa una ventaja debido a su poco volumen, pero sólo es utilizable en motores relativamente pequeños ya que su empleo implica la utilización de tubos raíl/inyector más largos que con un raíl tubular. El empleo de estos tubos más largos provoca una pérdida de carga más importante. Sin embargo, el raíl esférico presenta una ventaja importante en términos de hidráulica ya que todos los caminos hacia los inyectores tienen la misma longitud. El raíl tubular tiene como ventaja tener tubos raíl/inyector idénticos.

| Raíles | Raíl Esférico | Raíl tubular |
|---|---|---|
| Camino Hidráulico | + | - |
| Posibilidad de tener tubos raíl/inyector idénticos | - | + |
| Impacto de la longitud de los tubos en términos de pérdida de carga | - | + |
| Peso | + | - |
| Coste | + | - |

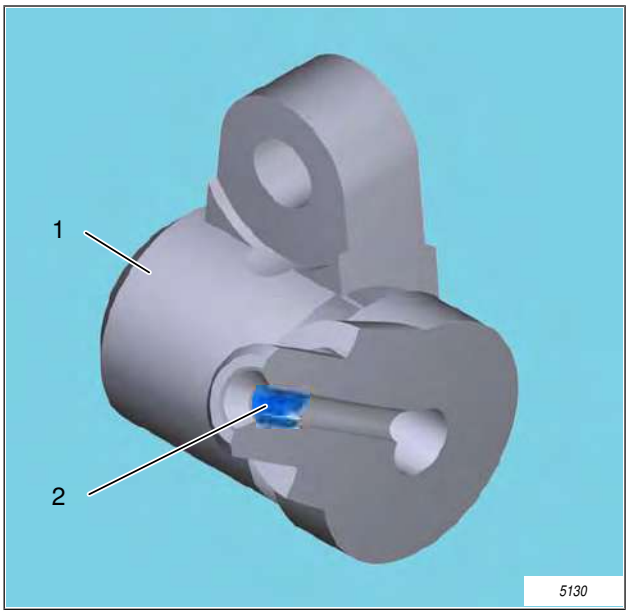
**Elección del volumen:**

Cuanto más bajo es el volumen interno del raíl, más fácil es llenarlo o vaciarlo y así pues hacer aumentar o bajar la presión. Estas ventajas se adquieren en detrimento de la estabilidad del control de la presión o del porcentanje de introducción al final de la inyección. La elección del volumen del raíl reside pues en un compromiso entre las duraciones de fases transitorias y la importancia de la caída de presión en el transcurso de la inyección o la estabilidad del control.

## 5.1.3 EL REDUCTOR

La implantación del chorro reductor en los racores de salida inyector tiene por objetivo limitar las oscilaciones de presión en el raíl debidas a las inyecciones y a las variaciones de presión suministradas por la bomba. Este dispositivo permite controlar más precisamente el control de las inyecciones.

1. El raíl
2. El inyector




***Implantación del reductor***

© Delphi

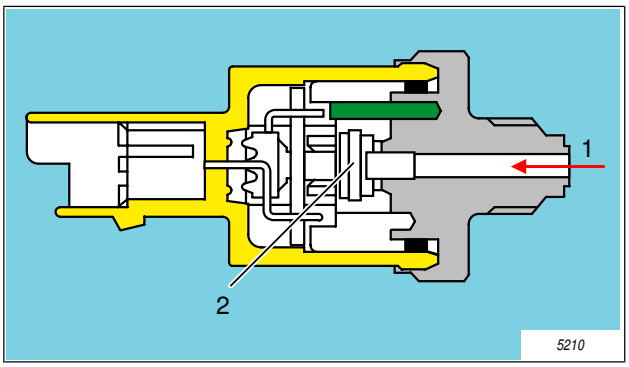
# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.2 EL SENSOR PRESIÓN RAÍL

### 5.2.1 FUNCIONAMIENTO

El sensor de presión está esencialmente constituido por una membrana metálica que se deforma bajo el efecto de la presión y en la que se deposita un elemento piezo-resistivo, que tiene una resistencia que varía en función de la deformación de la membrana. Esta deformación representa pues la imagen de la presión que reina en el raíl.

1. Gasóleo a alta presión
2. Membrana




***Sensor de Presión del Raíl***

### 5.2.2 IMPLANTACIÓN

El sensor se atornilla en el raíl. Una arandela de hierro dulce asegura la estanqueidad a alta presión. El apriete está asegurado gracias a un par y a un ángulo que permiten controlar el esfuerzo axial.

Las últimas versiones se montan sin arandela de estanqueidad. El contacto sensor/raíl es directo como para el HPV.

### 5.2.3 CARACTERÍSTICAS

Hay que destacar que existen varias versiones de este sensor que permiten medir hasta 1600, 1800 0 2000 bar.

| Sensor 1800 bar | Características | |
|---|---|---|
| Precisión | +/- 1% entre 0 y 1000 bar para una T° gasóleo entre 20 y 100°C<br>+/- 1,6% entre 1000 y 1800 bar para una T° gasóleo entre 20 y 100°C | |
| Presión máxima sin degradación definitiva | 2200 bar | |
| Presión máxima que puede conducir a una degradación definitiva | > 2500 bar. | |
| Cuerpo | Cuerpo Mecanizado | Cuerpo mecano soldado |
| Conexiones | Tipo SIGMA 2 | Tipo KOSTAL |

© Delphi

# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.3 El HPV

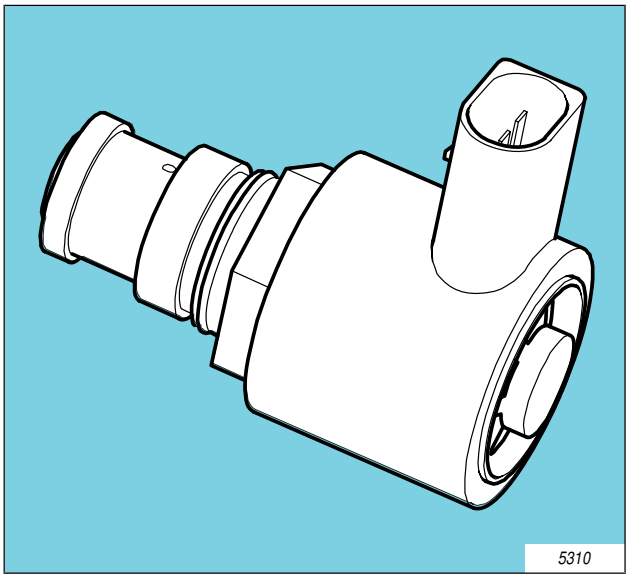
### 5.3.1 FUNCIÓN

Este actuador llamado HPV por High Pressure Valve está situado en el raíl y tiene por objetivo controlar la pression en el raíl.

***Nota:*** *Un sistema Common Rail provisto de un HPV ya no descarga a través de los inyectores, desde este momento el actuador es el que asegura esta función.*

El HPV permite:

- Disminuir la presión en el circuito de alta presión descargando el gasóleo.
- Controlar de manera precisa los picos de oscilaciones de presión raíl.
- Limitar la presión en caso de que el sistema esté en sobrepresión. El HPV permite así proteger el sistema Common Rail, especialmente el raíl y los inyectores.
- Controlar la presión raíl en caso de que:
  - El IMV ya no esté pilotado eléctricamente.
  - Exista una avería en el sensor de presión.
  - El sistema no esté equipado con IMV.




***Vista general HPV***

***Nota:*** *El HPV debe también mantener una presión suficiente para arrancar y girar en el caso de un circuito abierto eléctricamente (HPV desconectado).*

© Delphi

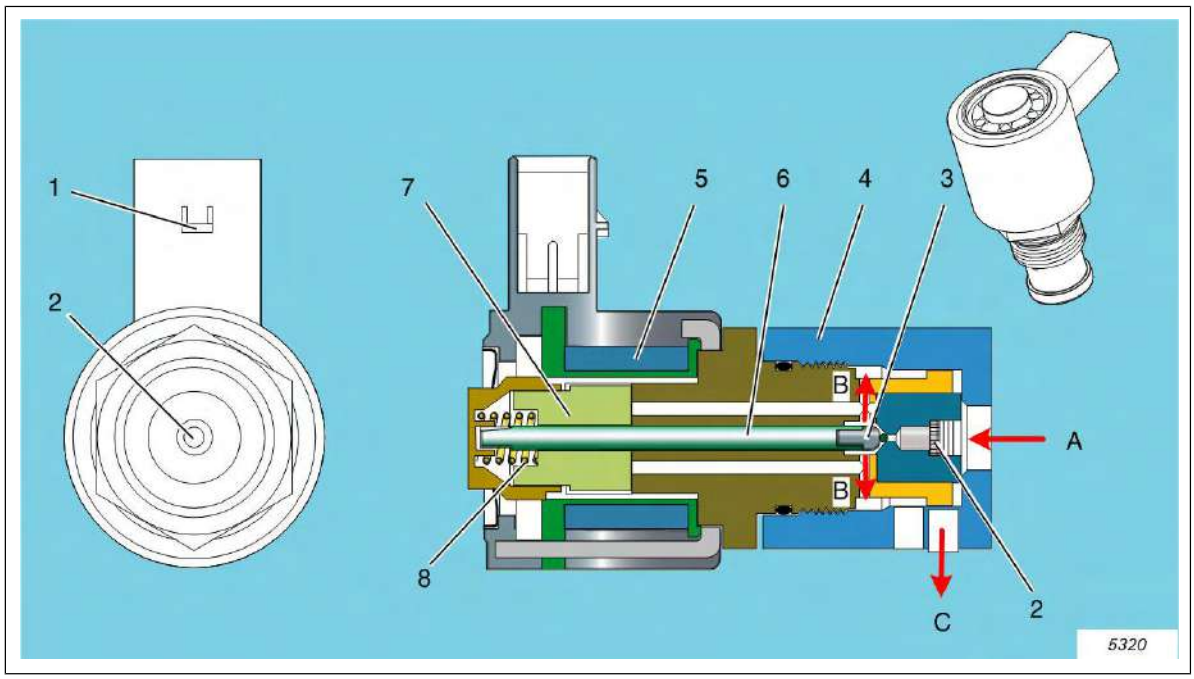
# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.3.2 DESCRIPCIÓN

El HPV está implantado en el raíl. Está compuesto de los elementos siguientes:

- Un pistón mantenido en tope plenamente cerrado mediante un muelle.
- Un conector eléctrico
- Una bobina pilotada por corriente.
- Un eje acoplado al pistón que permite la abertura y el cierre del HPV a través de un empujador de bola.
- Un cuerpo provisto de un orificio axial de alimentación y de dos orificios radiales de descarga.
- Un filtro cilíndrico posicionado en el orificio de alimentación.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Conector eléctrico | 5 | Bobina |
| 2 | Filtro | 6 | Eje |
| 3 | Empujador de bola | 7 | Pistón |
| 4 | Adaptador de raíl | 8 | Muelle |




**HPV vista transversal.**

A. Gasóleo a alta presión procedente del raíl.
B. Gasóleo descargado del raíl.
C. Gasóleo expulsado hacia el retorno de fuga.

© Delphi

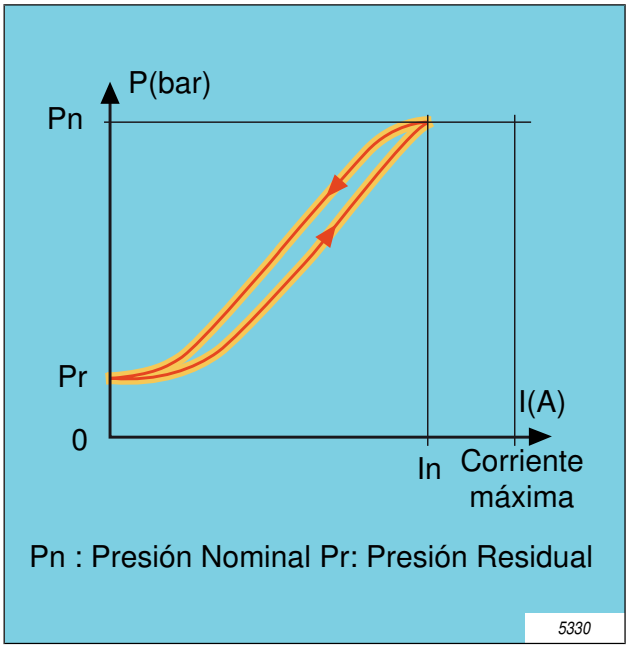
# EL CONJUNTO RAÍL

## 5.3.3 FUNCIONAMIENTO

El HPV está normalmente cerrado cuando no esta alimentado. Puede ser utilizado como órgano de seguridad para cortar el motor en caso de necesidad. El HPV está pilotado por corriente. La ley presión raíl / corriente está representada en el gráfico de al lado:

El calculador determina el valor de la corriente que hay que enviar al HPV en función de:

- La velocidad del motor.
- La demanda de la presión en el raíl.
- La presión del raíl medida.
- La temperatura del carburante.
- El modo de combustión.




***Ley presión raíl / corriente***

© Delphi

# EL CONJUNTO RAÍL

© Delphi

# EL FILTRO

## 6.1 DESCRIPCIÓN

El filtro tiene como función proteger el sistema Common Rail:

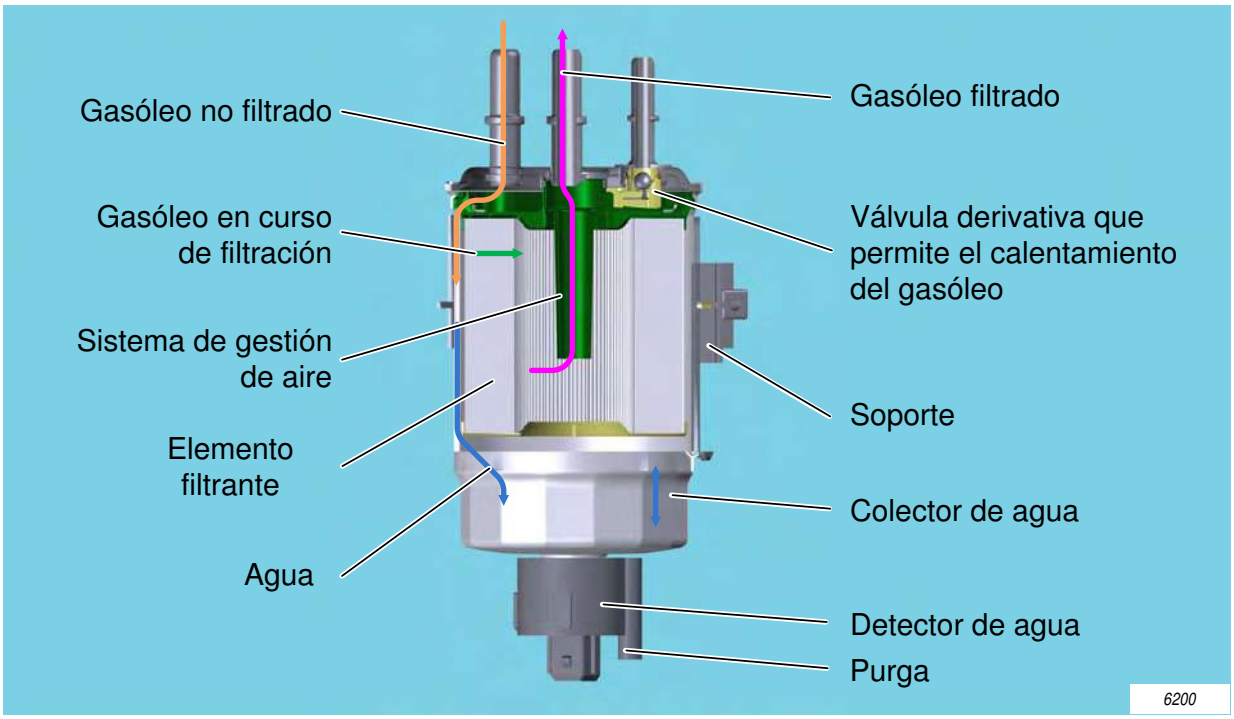
- Separando y almacenando las impurezas del gasóleo para evitar cualquier contaminación del sistema Common Rail.
- Separando y almacenando el agua naturalmente presente en el gasóleo.
- Evacuando el aire presente en el circuito de carburante.

Para adaptarse a todas las configuraciones, el filtro debe poder funcionar tanto en presión como en depresión.

| Características | Depresión | Presión |
|---|---|---|
| Consumo vehículo | 12l/100km | 12l/100km |
| Caudal medio | 130l/h | 180l/h |
| Caudal máximo | 160l/h | 230l/h |
| Condiciones Críticas | Depresión máx.: 700mb | Presión máx. entrada filtro: 400mb |

***Nota:*** *En la tabla anterior, se consideran "condiciones críticas" las condiciones máximas aceptables por el sistema antes de que aparezcan problemas de regulación de presión raíl.*

## 6.2 TECNOLOGÍA




© Delphi

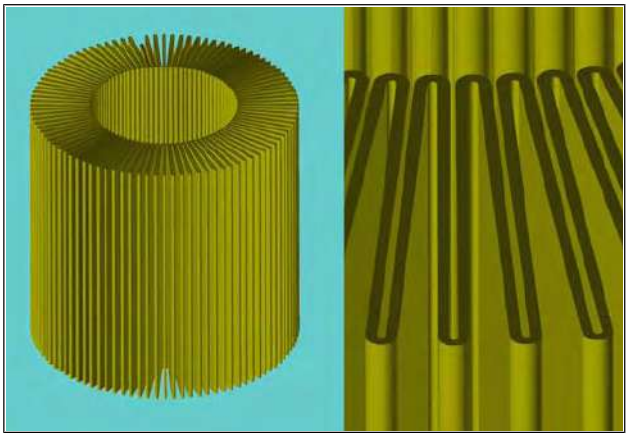
## EL FILTRO

El elemento de filtrado puede tener dos tipos de estructura:

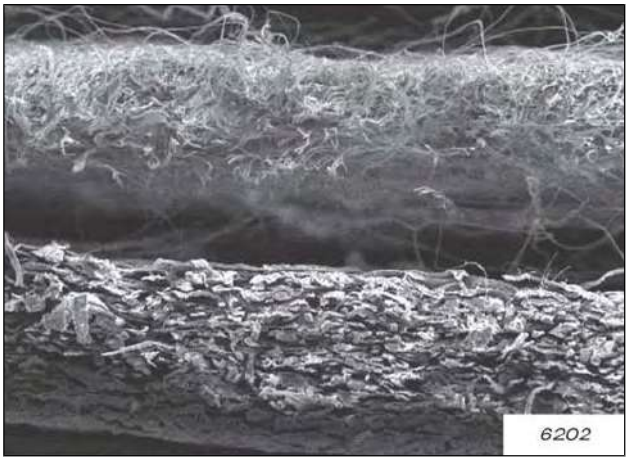
- Enrollada
- Plegada

Los filtros de estructura enrollada están compuestos por elementos inmovilizados dispuestos en rodillo. El gasóleo cruza el tubo y penetra su fibra porosa, las partículas son paradas y almacenadas en la superficie del tubo. Esta tecnología ya no se utiliza puesto que su duración de vida es limitada debido a su principio de filtrado, además la sensibilidad de los sistemas Common rail ha conducido a un nuevo diseño de los elementos filtrantes: la estructura plegada.

Los filtros de estructura plegada están colocados en espiras para mejorar la capacidad de filtración. El gasóleo es filtrado cruzando completamente el filtro. El elemento filtrante está constituido por una combinación de celulosa y de diferentes fibras artificiales.



La foto de al lado es una ampliación del elemento filtrante plegado. La fibra en la parte superior es Polímero: permite filtrar las partículas grandes y parar el agua presente en el gasóleo. La segunda fibra en la parte inferior de la foto es celulosa, permite filtrar las partículas pequeñas.




© Delphi

# EL FILTRO

## 6.2.1 LA FILTRACIÓN DE LAS IMPUREZAS

La denominación de los filtros 2 & 5µm es un nombre comercial. Se llama Filtro Estándar el "5 µm" y Filtro Alta Eficacia el "2 µm".

Dos procedimientos de medición sirven para determinar la denominación 2 o 5 µm:

- Beta ratio (ß): Ratio de partículas paradas por el filtro entre la parte limpia y la parte sucia para un tamaño dado.
- Diferencial (Dif): Porcentaje diferencial de partículas paradas por el filtro para 2 tamaños dados.

| Filtros | 2µm | 5µm |
|---|---|---|
| Beta | ß (4µm)>96%<br>ß (6µm)>99,6%<br>ß (14µm) no medible por ser demasiado cercano al 100% | ß (6µm)>93%<br>ß (14µm)>99,2% |
| Diferencial | Dif (3-5µm & 5-6µm) >95% | Dif (3-5µm & 5-6µm) >90% |

## 6.2.2 LA SEPARACIÓN DEL AGUA

El agua es filtrada por el polímero presente en el elemento filtrante Ver Foto 6202. El agua no puede pues cruzar el elemento filtrante gracias a los propiedades repulsivas y a los dimensionamientos de las esporas del Polímero.

En función de la calidad del carburante, Delphi recomienda la utilización de un filtro:

- De separación de agua con colector para los gasóleos de buena calidad;
- De separación de agua con colector equipado con un sensor de agua para los gasóleos de calidad media;
- De separador de agua independiente con colector equipado con un sensor de agua para los gasóleos de mala calidad;

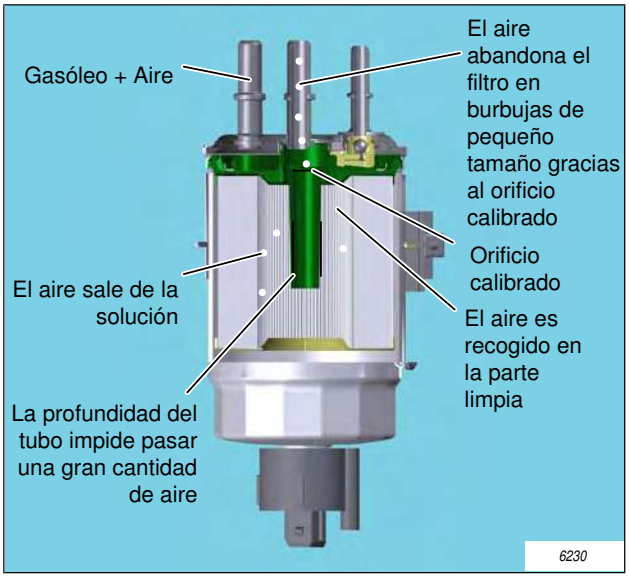
| Filtros | 2 µm | 5 µm |
|---|---|---|
| Eficacia | 95% del agua parada para un caudal de 130 l/h con el 2% de agua en el gasóleo. | 80% del agua parada para un caudal de 80 l/h con el 2% de agua en el gasóleo. |

© Delphi

# EL FILTRO

## 6.2.3 LA GESTIÓN DEL AIRE

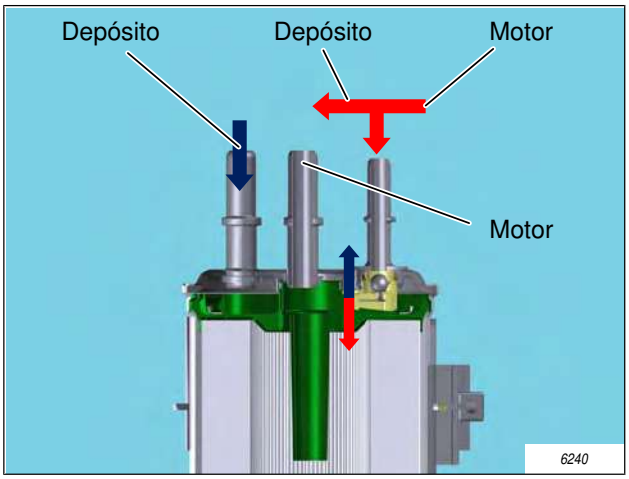
El filtro debe poder gestionar el aire comprendido en el circuito de gasóleo. Su objetivo es proteger la bomba AP limitando el aire en el circuito mediante almacenamiento en el filtro y transformando el aire residual en pequeñas burbujas (<3mm) que el sistema Common Rail puede aceptar.




## 6.2.4 EL CALENTADOR (OPCIÓN)

Su objetivo es el de subir la temperatura del carburante en el sistema. Se emplea principalmente durante los arranques en frío. Puede ser directamente montado en el filtro o posicionado en la línea de carburante *(caso de Kia con un calentador eléctrico externo al filtro)*.

En el presente caso, uno se interesa por los sistemas integrados en el filtro:




- **Hidro/térmico con bimetal y recirculación** *(Renault K9)*. En este ejemplo, la temperatura del carburante se mide por las 2 bandas metálicas. Por debajo del umbral de temperatura baja, una cantidad de gasóleo procedente del circuito de retorno es calentada y luego redirigida al circuito de admisión una vez filtrada. Por encima de este umbral la válvula se cierra progresivamente, en consecuencia la cantidad de gasóleo calentado disminuye como lo muestra esta tabla:

- **Termocontacto** *(Peugeot DV4)*. Este tipo de calentador está directamente fijado al filtro. El termocontacto asegura el calentamiento para temperaturas de carburante comprendidas entre 0 y 15+/- 5°C. El tipo del termocontacto es un coeficiente de temperatura negativo *(si la temperatura aumenta, la resistencia disminuye)*.

| Temperatura Gasóleo (°C) | T°<0 | 0<T°<50 | T°>50 |
|---|---|---|---|
| Caudal calentado (litros/hora) | 45 - 55 | Bajada progresiva | < 5 |

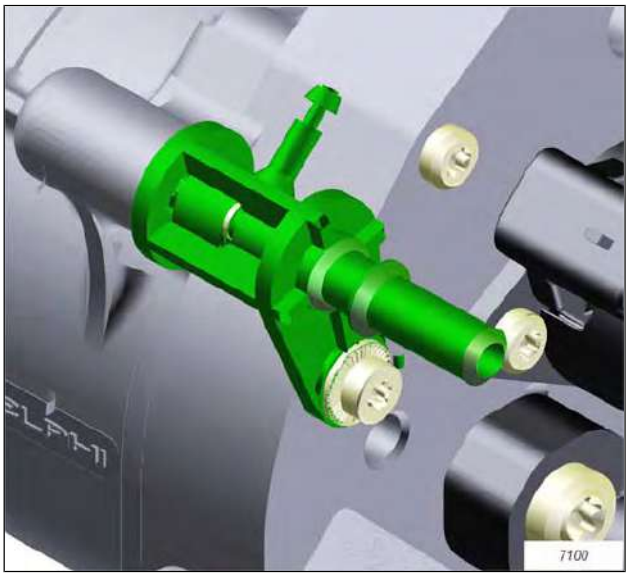
© Delphi

# EL VENTURI

## 7.1 DESCRIPCIÓN

El venturi tiene por objetivo generar una depresión en el circuito de retorno de los inyectores para evitar en la medida de lo posible las fluctuaciones de presión en la cámara de control del inyector. El objetivo es el de evitar cualquier perturbación del control de la inyección.

Habitualmente situado en la bomba, puede sin embargo estar colocado independientemente de esta última. (*(Ejemplo: PSA DV4TED4 & DAIMLER OM646)*




## 7.2 FUNCIONAMIENTO

El principio de "Venturi" consiste en la disminución de presión del gasóleo en las regiones donde la velocidad de desagüe es aumentada. Al pasar por el estrechamiento, la velocidad del gasóleo aumenta a costa de la presión. Las presiones y caudales que reinan en el venturi están pues definidos por su arquitectura interna.

En caso del circuito de baja presión Common Rail, la presión en la entrada del venturi es superior a la presión atmosférica (Pe), la aspiración al nivel del retorno de fuga (Pi) resulta de la depresión Pe-Pi>0.

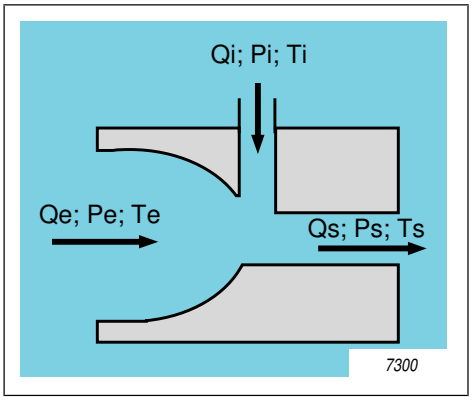
© Delphi

# EL VENTURI

## 7.3 CARACTERÍSTICAS

**Ejemplo de características Entradas/Salida para un Venturi montado en un sistema Common Rail Delphi**

| Abreviaturas | Designaciones | Características | Esquemas |
|---|---|---|---|
| Qe | Caudal de entrada del carburante procedente de la bomba | 70<Qe<120l/h | |
| Pe | Presión de entrada del carburante procedente de la bomba | 200<Pe<350mb | |
| Te | Temperatura de entrada del carburante procedente de la bomba | -40<Te<95°C | |
| Qi | Caudal de aspiración del carburante procedente del retorno inyector | 0<Qi<25l/h | |
| Pi | Presión de aspiración del carburante procedente del retorno inyector | Pi<-10mb | |
| Ti | Temperatura de aspiración del carburante procedente del retorno inyector | -40<Ti<140°C | |
| Qs | Caudal de salida del carburante hacia el depósito | 70<Qs<140l/h | |
| Ps | Presión de salida del carburante hacia el depósito | 40<Ps<80mb | |
| Ts | Temperatura de salida del carburante hacia el depósito | -40<Ts<130°C | |




***Nota:*** *En caso de una bomba de cebado eléctrico, un sistema de by-pass en paralelo a la bomba AP asegura el funcionamiento hidráulico. La depresión está pues presente desde la puesta en contacto antes del arranque del motor.*

© Delphi

# EL CALCULADOR

## 8.1 FUNCIONAMIENTO

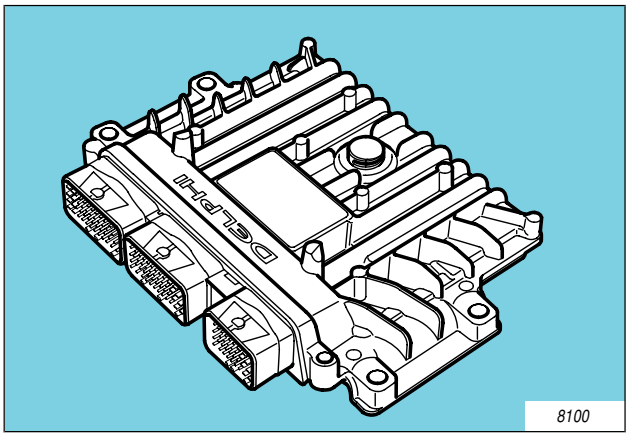
El calculador puede tener varias designaciones:

- ECU por Electronic Control Unit,
- DCU por Diesel Control Unit,
- DCM por Diesel Control Module.

Es el corazón del sistema de control de la inyección. Asegura el funcionamiento del sistema de inyección, y puede también asegurar la gestión motor, incluso del vehículo.

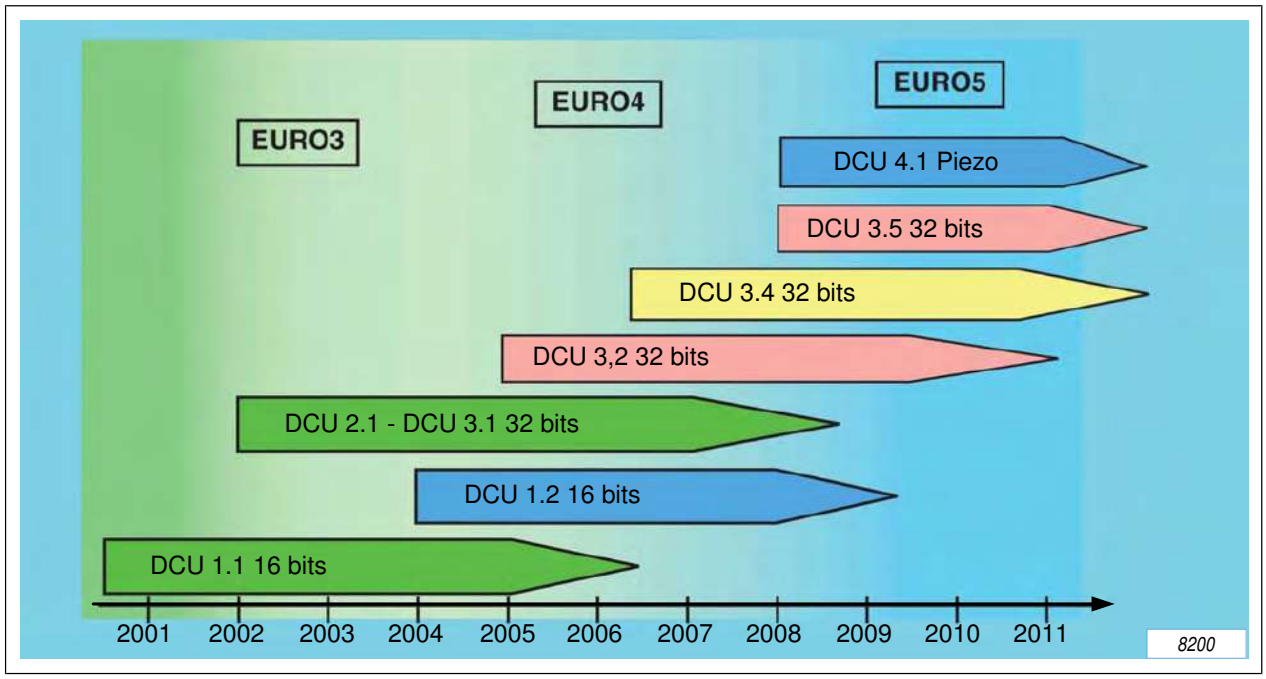
El calculador administra:

- La alimentación de los sensores *(Ejemplo: Sensor presión raíl)* y de los accionadores
- La alimentación de los accionadores *(Ejemplo: Ventiladores)*
- El pilotaje de los accionadores *(Ejemplo: Válvula EGR)*
- El tratamiento de las señales sensores y accionadores *(Ejemplos: Señal Sensor Acelerómetro y Posición turbo)*
- El control de las estrategias.
- El diálogo con los otros calculadores.




***DCU Delphi DELCO 3.4 PSA***

## 8.2 CARACTERÍSTICAS




***Evolución de los calculadores en función de las normas descontaminación***

© Delphi

# EL CALCULADOR

| Generaciones | Número de vías<br>Número de conectores | Tipos | Normas | Aplicaciones |
|---|---|---|---|---|
| 1.1 | 112 vías / 3 conectores | TRW 16bits | EURO3 | Renault K9/Kia/Ford Lynx |
| 1.2 | 112 vías / 3 conectores | TRW 16bits | EURO4 | Renault K9 |
| 2.1 | 112 vías / 3 conectores | TRW 32bits | EURO3 | PSA DV4TED4 |
| 3.1 | 121 vías / 1 conector | Delco 32bits | Programas EURO3 y EURO4 avanzados | Ford/SsangYong |
| 3.2 | 154 vías / 2 conectores | Delco 32bits | EURO4 | Daimler Chrysler OM646 |
| 3.3 | 124 vías / 2 conectores | Delco 32bits | TIER3 | JCB |
| 3.4 | 128 vías / 3 conectores | Delco 32bits | EURO4 & 5 | PSA DW10B / Renault K9 €5 |
| 3.5 | 154 vías / 3 conectores | Delco 32bits | EURO 5 | PSA DW10C / Daimler Chrysler OM651 Solenoide |
| 4.1 | 154 vías / 2 conectores | Delco 32bits | EURO 5 Inyector Piezo | Daimler Chrysler OM651 Piezo |

© Delphi

# CONTROL DE LA PRESIÓN RAÍL

El control de la presión se compone de dos módulos principales:

- El primero determina el valor de la demanda de presión raíl en función de las condiciones de funcionamiento del motor.
- El segundo está encargado de pilotar el IMV para que la presión raíl alcance la consigna.

***Nota:*** *En nuevas aplicaciones, se ha desarrollado otro bucle de regulación para controlar el HPV.* *Ver capítulo: HPV*

## 9.1 DEMANDA DE PRESIÓN

La demanda de presión se determina en función del régimen y de la carga del motor. El objetivo es adaptar la presión de inyección a las necesidades del motor:

- Cuando el régimen y la carga son elevados, la tasa de turbulencia es muy importante y se puede inyectar el carburante a muy fuerte presión para optimizar la combustión.
- Con poca carga o a bajo régimen, el llenado y la tasa de turbulencia son débiles.

La demanda de presión se corrige en función de la temperatura del aire, de la temperatura del agua y de la presión armosférica de manera que se toma en cuenta el aumento del tiempo de inflamación provocado por condiciones particulares como un funcionamiento en frío o un rodaje en altitud.

Es necesaria una demanda de presión específica para poder obtener el caudal de sobrecarga requerido en el arranque. Esta demanda se determina en función del caudal inyectado y de las condiciones exteriores *(T° fluidos principalmente)*

La demanda de presión está limitada en función de la temperatura del carburante. En efecto, todo el gasóleo comprimido por la bomba AP no es inyectado en el motor. Una parte del gasóleo comprimido es enviado hacia el depósito de carburante por el circuito de retorno. La descarga del gasóleo de la presión raíl a la presión atmosférica provoca una liberación de calor importante en el depósito de carburante.

© Delphi

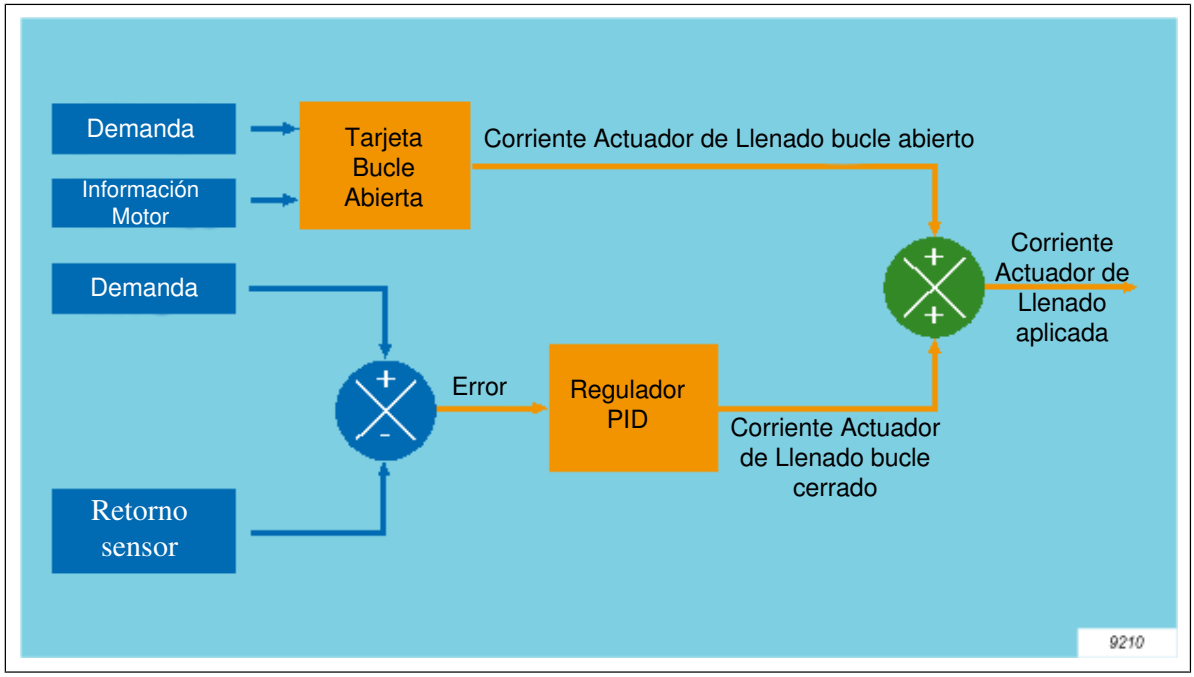
# CONTROL DE LA PRESIÓN RAÍL

## 9.2 CONTROL DE LA PRESIÓN

### 9.2.1 CON IMV SOLO

El control de la presión raíl se realiza mediante la regulación en bucle cerrado del actuador de llenado. Una cartografía *(llamada bucle abierto)* determina la corriente que hay que enviar al actuador para obtener el caudal solicitado por el calculador. El bucle cerrado viene a corregir el valor de la corriente en función de la separación entre la demanda y la medida de la presión:

- Cuando la presión es inferior a la demanda, la corriente se disminuye de forma que el caudal enviado a la bomba AP se aumenta.
- Cuando la presión es superior a la demanda, la corriente se aumenta de forma que el caudal enviado a la bomba AP se disminuye.




***Principio de la regulación presión raíl con un IMV***

### 9.2.2 CON HPV

El principio de regulación de la presión raíl con un HPV es el mismo que con un IMV. La corriente aplicada al HPV se calcula haciendo la suma de la corriente dada por el bucle abierto con la dada por el bucle cerrado. *(PID)*

Cuando el sistema Common Rail está equipado con un HPV, son posibles varios tipos de regulación de presión raíl:

- HPV solo: El IMV está totalmente abierto y únicamente el HPV controla la presión raíl.
- IMV solo: El HPV está cerrado y únicamente el IMV controla la presión raíl.
- HPV+IMV : Los 2 actuadores controlan simultáneamente la presión raíl.

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

Esta estrategia genera en un primer tiempo la demanda de inyección, en un segundo tiempo controla los inyectores traduciendo las demandas del conductor en corriente de control para los inyectores y finalmente corrige la deriva de los inyectores si es necesario.

Sus principales funciones son:

- La gestión de la puesta en fase de las inyecciones
- La gestión de los caudales
- La conversión de estos 2 primeros puntos en impulso de inyección.
- La corrección acelerómetro

## 10.1 LA PUESTA EN FASE DE LAS INYECCIONES

### 10.1.1 LAS INYECCIONES PILOTOS

Estas inyecciones sirven para reducir el ruido de combustión, en efecto la inflamación de una pequeña cantidad de gasóleo antes de la inyección principal permite tener presiones de combustión menos brutales. Ver capítulo: Reducción del Ruido

***Nota:*** *Desde ahora, con los nuevos sistemas Common Rail, es posible tener 2 inyecciones pilotos y una preinyección muy próxima de la inyección principal.*

El avance en la inyección piloto se determina en función del régimen motor y del caudal total, durante las fases de arranque, puede calcularse en función del régimen motor y de la temperatura de agua.

Tal como la inyección principal, las inyecciones pilotos tienen también factores de corrección:

- Una primera corrección se efectúa en función de las temperaturas de aire y de agua. Esta corrección permite adaptar el avance en la inyección piloto a la temperatura de funcionamiento del motor.
- Una segunda corrección se determina en función de la presión atmosférica. Esta corrección se utiliza para adaptar el avance a la inyección piloto en función de la presión atmosférica.

### 10.1.2 LA INYECCIÓN PRINCIPAL

La solicitud de avance a la inyección principal se determina en función del régimen motor y del caudal inyectado (que es una imagen de la carga).

Durante el arranque, el avance a la inyección debe ser reducido para posicionar el inicio de combustión a proximidad del PMH, es decir allí donde las temperaturas son más elevadas en ausencia de combustión. Para ello, una cartografía específica de la fase de arranque determina el avance a la inyección en función del régimen motor y de la temperatura de agua. Tan pronto el motor arranca, el sistema debe reutilizar las cartografías y las correciones descritas más adelante:

- Una primera corrección se efectúa en función de las **temperaturas de aire y de agua del motor**. Esta corrección permite adaptar la puesta en fase a la temperatura de funcionamiento del motor. Cuando el motor está caliente, el avance puede ser retardado para reducir la temperatura de combustión y así pues las emisiones contaminantes *(Los NOx principalmente)*. Cuando el motor está frío, el avance debe ser suficientemente importante para permitir a la combustión iniciarse correctamente.
- Una segunda corrección se determina en función de la **presión atmosférica.**
- Una tercera corrección se efectúa en función de la temperatura de agua y del **tiempo transcurrido desde el arranque.** Esta corrección permite aumentar el avance a la inyección durante la fase de calentamiento del motor, es decir durante los 30 segundos que siguen al arranque. Esta corrección está enfocada a reducir los fallos de combustión y las inestabilidades susceptibles de aparecer después de un arranque en frío.
- Una cuarta corrección se determina en función del **error de presión del raíl**. Esta presión se utiliza para reducir el avance a la inyección cuando la presión en el raíl es superior a la demanda de presión. En este caso, la combustión puede volverse ruidosa. Es posible compensar este fenómeno disminuyendo ligeramente el avance.

© Delphi

- Una quinta corrección se determina en función de la **tasa de EGR**. Esta corrección se utiliza para corregir el avance a la inyección en función de la tasa de recirculación de los gases de escape. Cuando la tasa de EGR aumenta, el avance a la inyección debe en efecto aumentarse para compensar la caída de temperatura en el cilindro.

### 10.1.3 LAS POSTINYECCIONES

Esta inyecciones situadas después de la principal tienen por objetivo calentar la línea de escape.

- Se pueden utilizar las postinyecciones para cebar más rápidamente el catalizador.
- En los vehículos equipados con un filtro de partículas, se utilizan las postinyecciones para aumentar y estabilizar el filtro a su temperatura de regeneración. *(>650°C)*

Estas inyecciones tienen también correcciones pero en este ejemplo los factores correctivos más importantes son:

- La temperatura antes turbo.
- La temperatura catalizador.
- La temperatura del filtro de partículas.

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

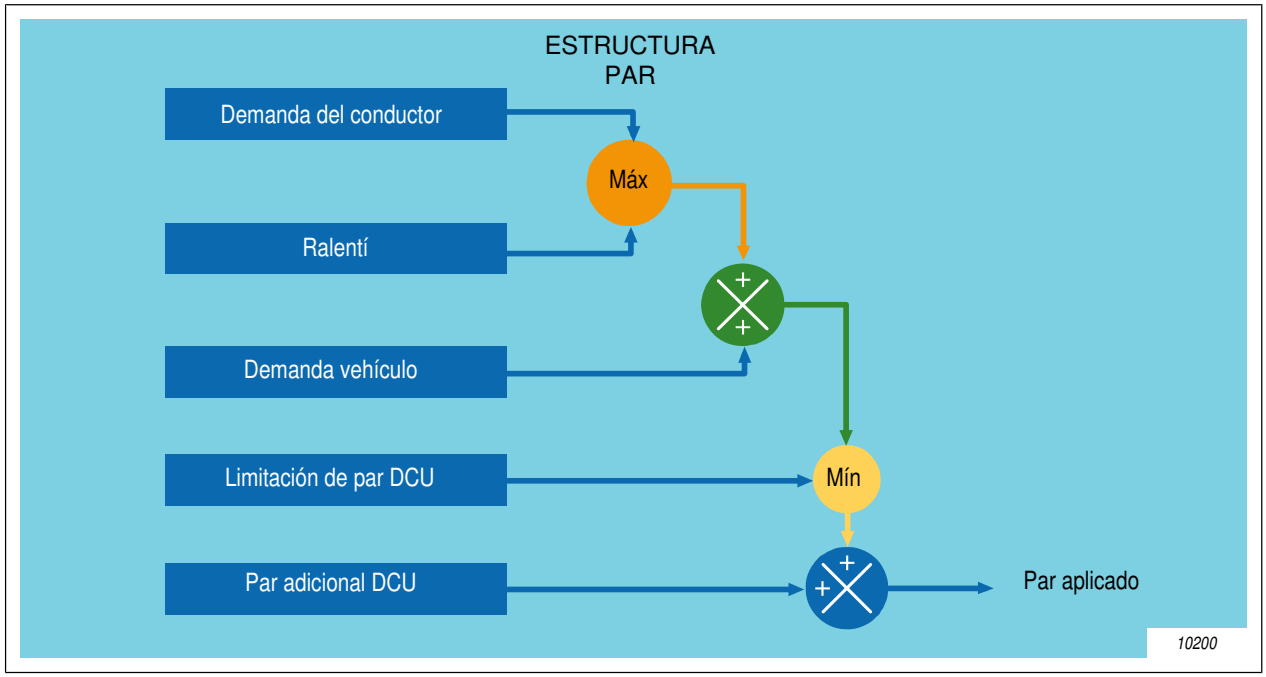
## 10.2 LA ESTRUCTURA PAR

Todas las solicitudes del conductor se traducen en demanda de par:

- Acción en el pedal de aceleración.
- Manipulación del limitador de velocidad
- Manipulación del regulador de velocidad

Estas acciones del conductor son en primer lugar convertidas en par para poder ser ponderadas por los diferentes consumidores de par posteriormente.

Para esquematizar, se puede resumir la estructura par de la manera siguiente:




Cada uno de los bloques anteriores está compuesto de submódulo:

- **Demanda del conductor**:
  - Pedal de aceleración
  - Limitador de velocidad
  - Regulador de velocidad
- **Ralentí**
- **Demanda Vehículo**:
  - ESP
  - ABS
  - ...
- **Limitación de par DCU** :
  - Estrategia Antihumo
  - Modo caudal reducido
  - ESM
  - ...
- **Par DCU adicional**
  - Estrategia Antioscilaciones

© Delphi

- Par adicional en fuerte aceleración
- ...

La demanda conductor se compara con el valor del caudal de mantenimiento determinado por el controlador de ralentí.

- Cuando el conductor pisa el pedal, es su solicitud la que se toma en cuenta por el sistema para determinar el caudal inyectado.
- Cuando el conductor suelta el pedal, el controlador de ralentí recupera el control en torno a 1200 rev/min para determinar el caudal mínimo que hay que inyectar para asegurar la estabilidad del motor.

Es pues el mayor de estos dos valores el que es conservado por el sistema.

Este par máximo es luego ponderado por los otros consumidores de par como el ABS, el ESP y cualquier otro consumidor externo a las estrategias administradas por la DCU.

Este par ponderado puede luego ser limitado por estrategias DCU:

- **Estrategia Antihumo**: Es simplemente una limitación de par en función del caudal de aire y del régimen motor. Se emplea sobre todo en condición altimétrica para reducir la cantidad inyectada cuando la presión atmosférica disminuye.
- **Modo caudal reducido**: Este modo se vuelve activo cuando se produce una avería que puede dañar la mecánica.
- **ESM**: Esta estrategia compleja es una estructura par invertida. A partir del impulso real, recalcula un par solicitado y luego lo compara con la solicitud del conductor. En la eventualidad de una diferencias fuera bornes, el calculador sólo permite un caudal reducido y en los peores casos, el calculador puede prohibir completamente la inyección.

La DCU puede inversamente volver a añadir algo de par por medio de:

- **El AOS**: Esta estrategia de antioscilación permite compensar las fluctuaciones del régimen motor durante fases transitorias.
- **El Par Adicional**: Esta estrategia permite tener un par en cresta superior al par máximo durante fuertes transitorios.

Al final de esta cascada de par, el par final se calcula para determinar el caudal a inyectar.

## 10.3 LOS CAUDALES DE INYECCIÓN

El par procedente de la estructura par es pues transformado en caudal y luego en impulso.

Este caudal a inyectar se reparte en varias inyecciones. El caudal principal representa la cantidad de carburante inyectado en el cilindro durante la inyección principal. El caudal total inyectado en un ciclo es pues la suma de la inyección principal y de las otras inyecciones (pilotos, pre, posts).

Estos caudales se calculan en función del régimen y del par indicado. Como para la puesta en fase de la inyección, los factores de corrección se aplican a las solicitudes principales.

En lo que se refiere a la corrección del caudal de piloto:

- Una primera corrección se efectúa en función de las temperaturas de aire y de agua. Esta corrección permite adaptar el caudal piloto a la temperatura de funcionamiento del motor. Cuando el motor está caliente, el tiempo de inflamación disminuye ya que la temperatura de fin de compresión aumenta. El caudal piloto puede pues ser reducido ya que naturalmente el ruido de combustión es más bajo cuando el motor está caliente.
- Una segunda corrección se determina en función de la presión atmosférica. Esta corrección se utiliza para adaptar el caudal piloto en función de la presión atmosférica.

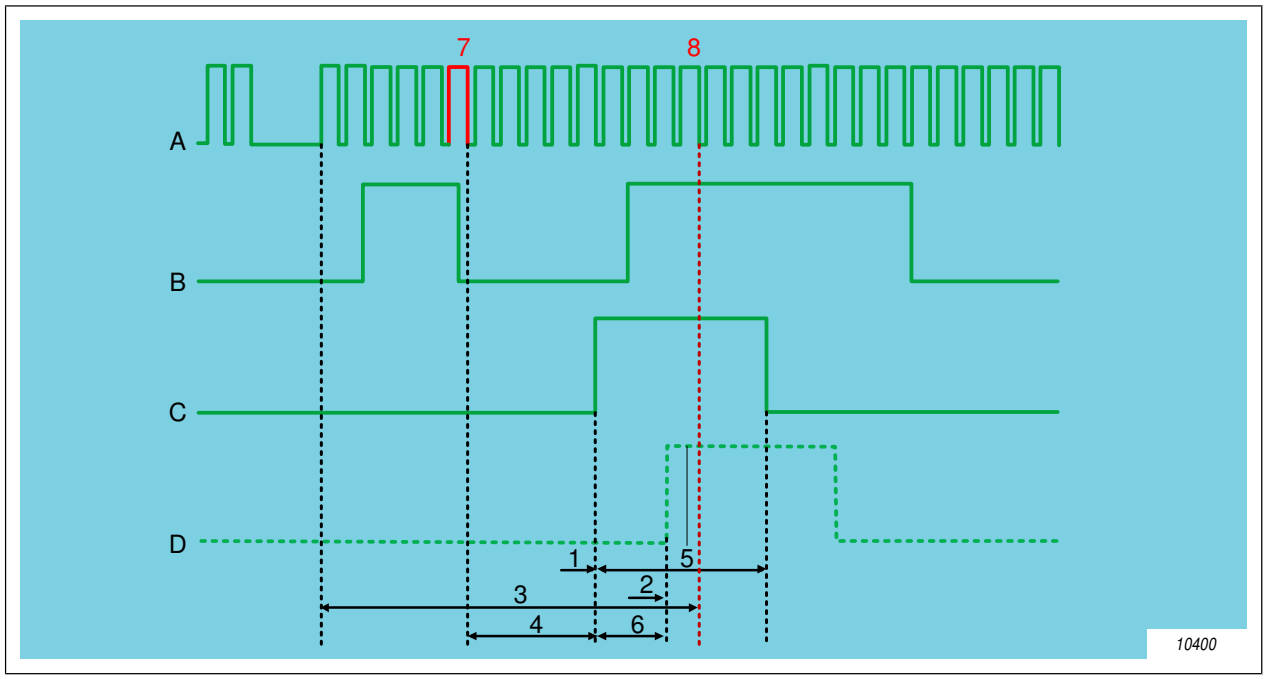
## 10.4 LA DETERMINACIÓN DEL IMPULSO

El sistema sabe ahora cuando las inyecciones deben empezar *(avances)* y conoce también las cantidades de gasóleo que hay que inyectar en los cilindros durante cada inyección *(caudal)*. Le queda pues por determinar -para cada inyector- el número de impulsos, sus duraciones y sus posicionamientos en el ciclo motor.

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | Señal Sensor Volante motor | 3 | Ángulo de referencia |
| B | Señal Sensor del eje de levas | 4 | T off |
| C | Impulso de control de inyección | 5 | T on |
| D | Corriente de inyección medida | 6 | Retardo de apertura |
| 1 | Inicio del impulso | 7 | Diente de referencia |
| 2 | Inicio de inyección | 8 | Punto Muerto Alto (PMH) |




**Control de un impulso de inyección**

- **El diente de referencia** sirve para la sincronización de las señales del volante motor y del sensor de fase para determinar el estado motor y comenzar la inyección en el cilindro correcto.
- **El ángulo de referencia** es el ángulo comprendido entre el espacio volante motor y el PMH.
- **El T off** es el tiempo entre el diente de referencia y el inicio del impulso. Este tiempo sirve para el cálculo del inicio del impulso, especialmente el procesamiento de los datos angulares de la señal volante motor.
- **El T on** simboliza la duración del impulso. Su valor se determina en función de la demanda de caudal y de la presión raíl. El resultado de este cálculo es corregido luego por:
  - La C2i para tomar en cuenta las características iniciales del inyector.
  - La estrategia BRC Ver Capítulo Corrección de los efectos eléctricos
  - La estrategia de equilibrado de los caudales puesto a puesto
- **El tiempo de abertura** depende de la característica misma del inyector (C2i), de la deriva del inyector (reajuste del MDP por el acelerómetro) y de la presión raíl.

***Nota:*** *Otros fenómenos perturban también el tiempo de abertura del inyector como la tensión batería y la resistencia del mazo de conexión, los daños provocados por estos 2 parámetros pueden ser corregidos mediante la estrategia BRC. El plazo de abertura puede también ser perturbado por las ondas de presión en los tubos AP y el raíl provocadas por las inyecciones anteriores, la estrategia PMC está enfocada a cuantificar estas perturbaciones y corregir el plazo de abertura. Esta estrategia que tenía por objetivo inicial compensar los efectos hidráulicos del piloto en la inyección principal, se ha generalizado ahora a todas las inyecciones en el mismo ciclo.*

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

## 10.5 LA ESTRATEGIA DE EQUILIBRADO DE LOS CILINDROS

### 10.5.1 EQUILIBRADO DE LOS CAUDALES PUESTO A PUESTO

Esta estrategia, llamada también Cylinder Balancing, permite equilibrar los caudales puesto a puesto. El impulso de cada inyector se corrige en función de la diferencia de velocidad instantánea medida entre dos inyecciones sucesivas:

- Se calcula en un primer tiempo las velocidades instantáneas en dos inyecciones sucesivas.
- Se calcula luego la diferencia entre estas dos velocidades instantáneas.
- Se determina finalmente la duración a añadir al impulso de la inyección principal para los diferentes inyecciones. Para cada inyector, esta duración se calcula en función de la C2i del inyector y de la diferencia de velocidades instantáneas.

### 10.5.2 DETECCIÓN DE UN INYECTOR BLOQUEADO CERRADO

La estrategia de equilibrado de los cilindros permite igualmente detectar un inyector bloqueado cerrado. La diferencia de velocidad instantánea entre dos inyecciones sucesivas sobrepasa entonces un umbral predefinido. En este caso, se detecta una avería por el sistema.

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

## 10.6 ESTRATEGIA ACELERÓMETRO

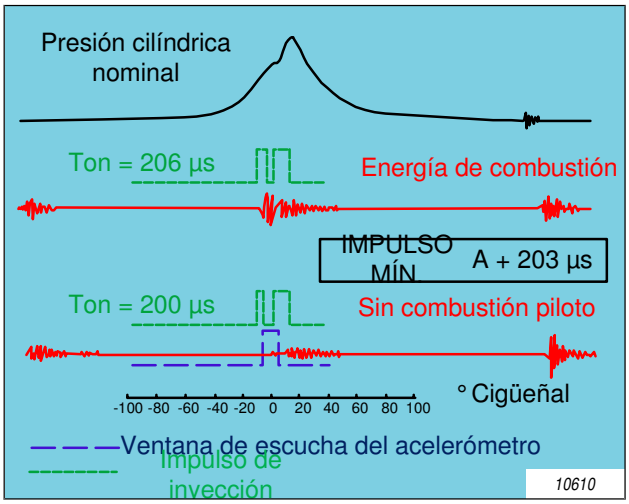
### 10.6.1 REAJUSTE DE LA INYECCIÓN PILOTO

El acelerómetro se utiliza para reajustar el caudal de la inyección piloto en bucle cerrado para cada inyector. Este método es autoadaptativo y permite pues una corrección de las derivas eventuales de los inyectores en el transcurso del tiempo.

El principio de utilización del acelerómetro reposa en la detección de los ruidos de combustión. El sensor se posiciona en el bloque para poder recibir la señal máxima para todos los cilindros. Para tener la misma respuesta entre un cilindro próximo y alejado del acelerómetro, las señales brutas de este último son procesadas para obtener una variable que cuantifique la intensidad de la combustión. Esta variable, llamada el ratio, es la relación entre la intensidad del ruido de fondo y el ruido de combustión. El hecho de utilizar una relación que integra el ruido de fondo del motor permite sortear diferencias de intensidad de ruido debido al emplazamiento central del acelerómetro.

- Una primera ventana sirve para fijar el nivel de ruido de fondo de la señal acelerométrica para cada cilindro. Esta ventana debe posicionarse pues en un momento en el que no pueda haber combustión.
- La segunda ventana sirve para medir la intensidad de la combustión piloto. Su posición es tal que sólo se miden los ruidos de combustión generados por la inyección piloto. Está pues colocada justo antes de la inyección principal.

Se considera MDP, el impulso mínimo a partir del cual se produce una combustión. Los impulsos inferiores al MDP no provocan ninguna combustión ya que el tiempo de pilotaje de la bobina es demasiado corto para levantar la aguja. Para encontrar este MDP, la estrategia incrementa el impulso de inyección piloto a medida (mediante pasos de algunos µs) de 0µs hasta el impulso que provoca la combustión de la inyección piloto. Una vez encontrado este valor de impulso, éste se deduce del valor físico de la C2I y se registra en la DCU. Esta estrategia se llama el reajuste, en función de las aplicaciones, se puede tener de 2 a 6 valores de reajuste por inyector, se aplican en función de la presión en el raíl. Estos valores de corrección son luego añadidos a la demanda de impulso para compensar la deriva del sistema.

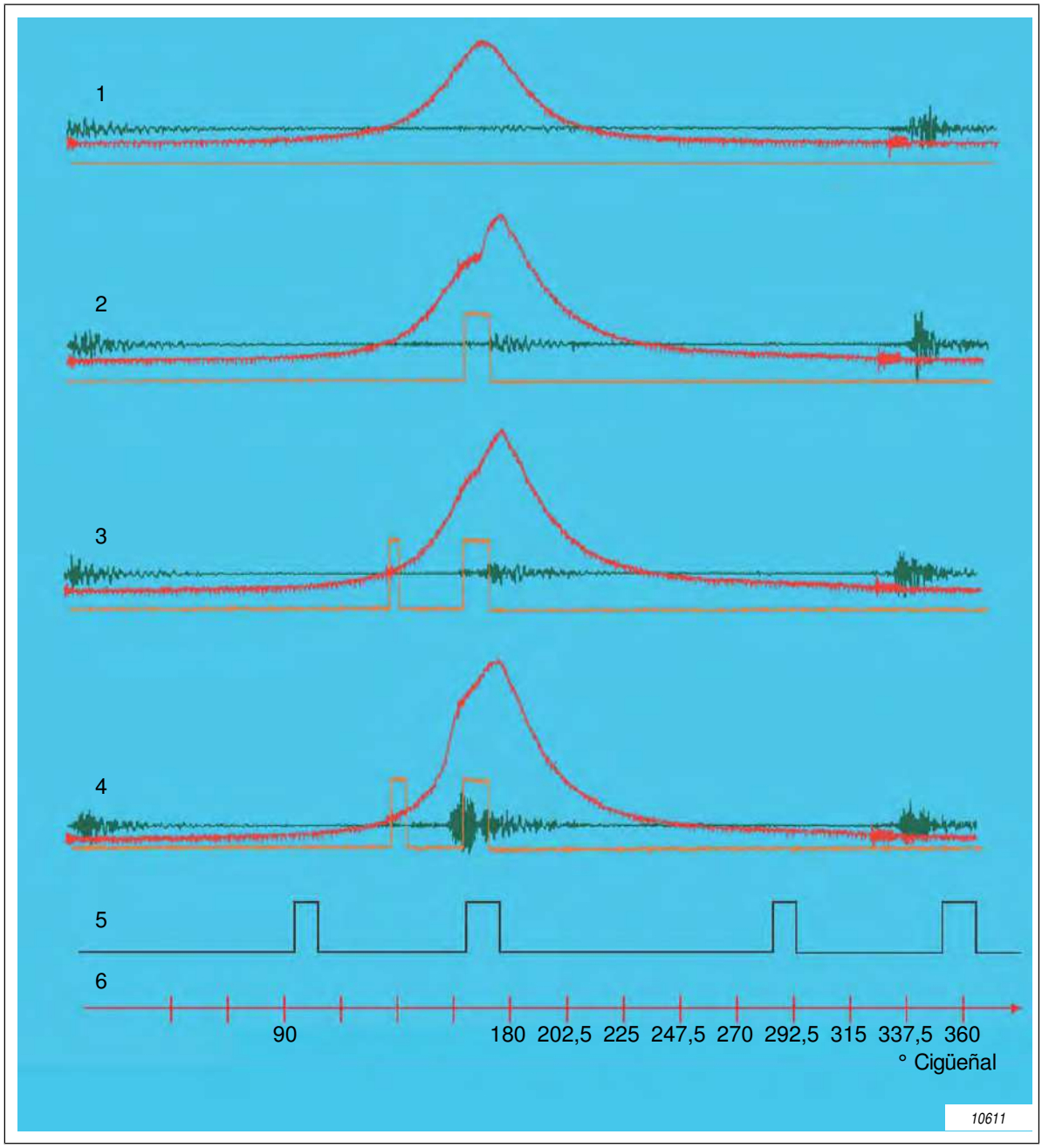



El principio del reajuste de la inyección piloto consiste pues en determinar el MDP. Se efectúa periódicamente en algunas condiciones de funcionamiento. Cuando se ha terminado el reajuste, el nuevo valor del impulso mínimo sustituye el valor obtenido durante el reajuste anterior. El primer valor del MDP se suministra por la C2I. Los siguientes se dan por la estrategia que determina el nuevo MDP y se aplica haciendo la diferencia entre el impulso medido y el impulso nominal (C2i). Cada reajuste permite luego la actualización en bucle cerrado del MDP en función de la deriva del inyector. Esta actualización se registra en la NVM.

En cambio, el acelerómetro no permite la evaluación de la cantidad inyectada. Permite solamente conocer con precisión el valor del impulso a partir del cual el inyector comienza a inyectar.

© Delphi

## CONTROL DE LA INYECCIÓN




**Respuesta acelerométrica a la cantidad piloto inyectada. Rojo: Presión cilindro; Naranja: Pulso de inyección; Verde: Respuesta acelerométrica (Ratio)**

Las ventanas de medición de ruido de la curva 5 se parmetrizan de tal forma que la primera ventana mide el ruido de fondo y la segunda ventana mide el ruido de combustión de la inyección piloto.

Caso N°1: La presión cilindro en rojo se debe a la compresión natural ya que no hay ninguna inyección, por consiguiente no se observa ninguna variación del ratio.

Caso N°2: Sólo hay una inyección principal, la combustión de esta última no es visible en el intervalo de grados de la ventana de ruido, sino justo después de ésta.

Caso N°3: La cantidad piloto inyectada es baja por consiguiente el ratio es bajo.

© Delphi

# CONTROL DE LA INYECCIÓN

Caso N°4: La cantidad piloto inyectada es importante, por consiguiente el ratio es muy fuerte.

***Nota:*** *Una transmisión hacia 2 acelerómetros se estandarizará para las futuras aplicaciones Euro5. En un motor 4 cilindros, se dedicará únicamente un acelerómetro a 2 puestos, siendo el objetivo detectar de manera más precisa el ruido de combustión y evitar las perturbaciones de los otros puestos para afinar al máximo las correcciones.*

### 10.6.2 DETECCIÓN DE LAS FUGAS EN EL CILINDRO

El acelerómetro es también utilizado para detectar un inyector bloqueado abierto. El principio de detección reposa en la vigilancia del ratio. En caso de una fuga en el cilindro, el gasóleo acumulado se autoenciende tan pronto las condiciones de temperatura y de presión son favorables (alto régimen, fuerte carga y fuga débil). Esta combustión se inicia unos 20° antes del punto muerto superior, esto es, mucho antes de la combustión provocada por la inyección principal. El ratio aumenta pues considerablemente en la ventana de detección. Este aumento es el que permite la detección de las fugas. El umbral más allá del cual se produce una avería es un porcentaje del valor máximo que puede tomar el ratio.

Debido a la severidad del modo de recubrimiento (paro motor), la detección debe ser extremadamente robusta. Ahora bien, un aumento del ratio puede ser la consecuencia de varias causas:

- Inyección piloto demasiado importante.
- Combustión principal desfasada en la ventana de detección (demasiado avance o ventana desfasada).
- Fuga de gas en el cilindro debido a una mala estanqueidad del inyector.

En caso de que el ratio se volviera demasiado importante, la estrategia limita en un primer tiempo el caudal de la inyección piloto y retrasa la inyección principal. Si a pesar de estas intervenciones el ratio permanece elevado, esto indica que se está en presencia de una verdadera fuga, se ha producido una fuga y se ha parado el motor.

### 10.6.3 DETECCIÓN DE UNA AVERÍA DEL ACELERÓMETRO

Esta estrategia permite la detección de una avería del sensor o del mazo de conexión que conecta el sensor a la DCU. Reposa en la detección de la combustión. En ralentí, la ventana de detección está encuadrada en la combustión provocada por la inyección principal. Si el ratio aumenta, esto indica que el acelerómetro funciona correctamente, en caso contrario, se produce una avería para indicar un fallo del sensor. Los modos de recuperación asociados a esta avería son la inhibición de la inyección piloto y de la descarga por los inyectores.

## 10.7 CORRECCIÓN DE LOS EFECTOS ELÉCTRICOS

Esta estrategia llamada BRC por Compensation Résistance & Batterie tiene por objetivo corregir cuando la tensión batería y la resistencia del mazo de conexión disminuyen.

### 10.7.1 SENSIBILIDAD A LA TENSIÓN BATERÍA

Cuando la tensión batería disminuye, la velocidad de subida de la corriente en la bobina del inyector disminuye también.

Cuanto más baja es la tensión, más tarde empieza la inyección, por consiguiente la duración de inyección disminuye. El principio de corrección de este fenómeno es simple. Después de la lectura de la tensión de la batería, la estrategia corrige el impulso desfasándolo y/o aumentándolo si es necesario. La corrección se calcula a partir de una tensión de referencia *(14Voltios)*.

© Delphi

### 10.7.2 SENSIBILIDAD A LA RESISTENCIA DEL MAZO DE CONEXIÓN

Con el envejecimiento, la resistencia del mazo de conexión tiene tendencia a aumentar. La corriente de control es por consiguiente más baja y la cantidad inyectada también.

El principio de corrección de este fenómeno es simple. Se trata de leer la corriente en la línea eléctrica en un momento dado, y conociendo la tensión batería en este momento, se puede deducir una información representativa de la resistencia total. Esta información se utiliza luego para calcular una corrección a aportar a la vez en el inicio del pulso y en su duración.

## 10.8 ESTRATEGIA VLC

La combinación de parámetros tales como la temperatura del combustible, el desgaste de las piezas internas, el estado del filtro, etc. hace que el sistema de inyección puede alcanzar sus límites durante el funcionamiento. En este caso, no se puede mantener la demanda de presión en el raíl debido a una falta de capacidad del sistema y la DCU generará una avería. El diagnóstico de tal sistema se hace complicado y puede conducir a la sustitución injustificada de componentes.

La evolución de la mayoría de los parámetros citados anteriormente no es conocida o puede ser difícilmente evaluada por la DCU. Con el fin de evitar la generación de la avería, la DCU reducirá la demanda de combustible a un valor que le permite mantener y controlar la presión en el rail, es decir, ajustará de forma dinámica - dentro de ciertos límites - la prestación del sistema de inyección en función del punto en el ciclo de funcionamiento *(temperatura del combustible, velocidad del motor...)*.

Esta estrategia es la que se conoce como VLC *(capacidad de límite variable)*.

Concretamente, esta estrategia se traduce en el cálculo de dos desfases.

Los desfases de VLC pueden leerse con la herramienta de diagnóstico.

© Delphi

# ABREVIATURAS / DESCRIPCIONES

| | |
|---|---|
| **ABS** | (sistema de travagem assistida) |
| **AOS** | Anti Oscillation System |
| **BP** | Baja presión |
| **BRC** | Batería y Resistencia Compensación |
| **C2I** | Corrección de inyector individual |
| **C3I** | Corrección Individual de los Inyectores método 2 |
| **CO** | Monóxido de Carbono |
| **Check-Sum** | Validación C2i |
| **Data Matrix** | Etiqueta de codificación C2i |
| **DCU** | Diesel Control Unit |
| **EGR** | Exhaust Gas Recirculation |
| **Hexadecimal** | Sistema numérico de base 16 con caracteres de 0 a F |
| **ECU** | Electronic Control Unit = DCU |
| **ESP** | (sistema de controlo dinâmico de estabilidade) |
| **ESM** | Electronic System Monitoring *(Vigilancia de los impulsos)* |
| **EURO 1/2/3/4/...** | Norma contaminación europea |
| **HC** | Hidrocarburo |
| **AP** | Alta presión |
| **HPV** | High Pressure Valve (Actuador de descarga del raíl) |
| **Imax** | Corriente máxima |
| **IMV** | Inlet Metering Valve *(Actuador de llenado)* |
| **INO** | Inlet Orifice *(Orificio de llenado placa separador inyector)* |
| **l/h** | litro/hora |
| **Main** | Inyección principal |
| **Máx** | Máximo |
| **MDP** | Minimum Drive Pulse *(Pulsación mínima necesaria para la inyección)*. |
| **mg/cp** | miligramo/embolada *(mg/str: milligramme/stroke)* |
| **Mín** | Mínimo |
| **N°** | Número |
| **Nozzle** | Tobera |
| **NPO** | Nozzle Path Orifice *(Orificio Alimentación Tobera)* |
| **NOx** | Dióxido de Nitrógeno |
| **NVM** | Non Volatil Memory *(Memoria no volátil)* |
| **PM** | Partícula |
| **PID** | Regulador PID |
| **PLV** | Pressure Limiter Valve (Limitador de presión) |
| **PMC** | Pilot Main Compensation (Compensación del efecto de la inyección piloto en la inyección principal) |
| **PMH** | Punto Muerto Superior |
| **Post** | Inyección después de la principal |
| **Prail** | Presión en rampa |
| **Impulso** | Impulso electrico de control de los inyectores |
| **Q** | Caudal |
| **Qmax** | Caudal máximo |
| **RCO** | Relación cíclica de abertura (%) |
| **RPM** | Rotación por minuto *(= Rev/min)* |

© Delphi

## ABREVIATURAS / DESCRIPCIONES

| | |
|---|---|
| **SPV** | Servicio posventa |
| **SPO** | Spill Orifice *(Orificio de descarga)* |
| **T o T°** | Temperatura |
| **Temp.** | Temperatura |
| **VCO** | Valve Cover Orifice (Orificio tapa válvula) |
| **VLC** | Capacidad Límite Variable |

© Delphi

# NOTAS

© Delphi

## NOTAS

© Delphi

# NOTAS

© Delphi

## NOTAS

© Delphi

Whilst every care has been taken in compiling the information in this publication, Delphi Diesel Systems Ltd. cannot accept legal liability for any inaccuracies. Delphi Diesel Systems Ltd. has an intensive programme of design and development which may well alter product specification. Delphi Diesel Systems Ltd. reserve the right to alter specifications without notice and whenever necessary to ensure optimum performance from its product range.

All Rights Reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of Delphi Diesel Systems Ltd.

---

Il a été apporté une attention particulière pour garantir l'exactitude des renseignements contenus dans cette publication par Delphi Diesel Systems Ltd., mais la société décline toute responsabilité légale à cet égard. Delphi Diesel Systems Ltd. poursuit un programme intensif de conception et de développement qui peut entraîner la modification des spécifications des produits. Delphi Diesel Systems Ltd. se réserve le droit de modifier les spécifications, sans pré-avis et si cela est nécessaire, pour assurer les performances optimales de sa gamme de produits.

Tous droits réservés

Toute reproduction, mémorisation dans un système informatique ou transmission sous quelle que forme que ce soit, ou par tout moyen électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou autre de cette publication est interdit sans l'autorisation préalable de Delphi Diesel Systems Ltd.

---

Anche se ogni cura è stata adottata nel compilare le informazioni di questa pubblicazione, Delphi Diesel Systems Ltd. Declina qualsiasi responsabilità per eventuali imprecisioni. Delphi Diesel Systems Ltd. svolge un intenso programma di progettazione e sviluppo che potrebbe modificare le specifiche del prodotto. Delphi Diesel Systems Ltd. si riserva il diritto di modificare le specifiche senza preavviso e ogniqualvolta lo ritenga necessario ai fini assicurare le prestazioni ottimali dalla sua gamma di prodotti.

Tutti i diritti riservati

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in un sistema elettronico o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico, di fotocopiatura, di registrazione o altro, senza previa autorizzazione di Delphi Diesel Systems Ltd.

---

Aunque hemos tomado todas las precauciones necesarias al recopilar esta publicación, Delphi Diesel Systems Ltd. no acepta ninguna responsabilidad legal por inexactitudes que puedan aparecer en la misma. En Delphi Diesel Systems Ltd. se sigue un programa intensivo de diseño e investigación el cual podría en cualquier momento alterar la especificación de los productos. Delphi Diesel Systems Ltd. se reserva el derecho de alterar las especificaciones sin notificación previa y siempre que esto sea necesario para asegurar el mejor funcionamiento posible de sus productos.

Todos los Derechos Reservados

No se permite copiar, almacenar en sistema recuperable ni transmitir esta publicación de ninguna forma o medio electrónico, mecánico, de fotocopia, grabación o cualquier otro, sin autorización previa de Delphi Diesel Systems Ltd.

---

Bei der Zusammenstellung der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgegangen. Delphi Diesel Systems Ltd. kann jedoch rechtlich nicht für etwaige Ungenauigkeiten zur Verantwortung gezogen werden. Delphi Diesel Systems Ltd. führt ein forlaufendes Design und Entwicklungsprogramm durch, weshalb es möglich ist, daß sich Produkdaten ändern. Delphi Diesel Systems Ltd. behält sich das Recht vor, ohne Vorankündigung Spezifikationen jederzeit zu ändern, um die optimale Leistung seiner Produkte sicherzustellen.

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieser Veröffentlichung darf ohne vorherige Genehmigung durch Delphi Diesel Systems Ltd. abgedruckt, in einem Datenverarbeitungssystem gespeichert oder auf irgendeine Art und Weise, sei es auf elektronischem oder mechanischem Wege, durch Fotokopiren, Aufzeichnen oder auf sonstige Art, übertragen werden.

---

Ainda que se tenha lido o máximo cuidado na compilação da informação contida nesta publicação, a Delphi Diesel Systems Ltd., não pode aceitar qualquer responsabilidade legal por inexactidões. A Delphi Diesel Systems Ltd. tem um programa intensivo de projecto e desenvolvimento que pode porventura alterar as especificações do produto. A Delphi Diesel Systems Ltd. reserva o direito de alterar especificações sem aviso e sempre que seja necessario para assegurar um desempeho óptimo da sua linha de produtos.

Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte desda publicação pode se reproduzida, armazenada num sistema de onde possa ser recuperada ou transmitida de alguma forma, ou por quaisquer meios, electrónico, mecânico, de fotocópia, gravação ou outros, sem autorização antecipada de Delphi Diesel Systems Ltd.