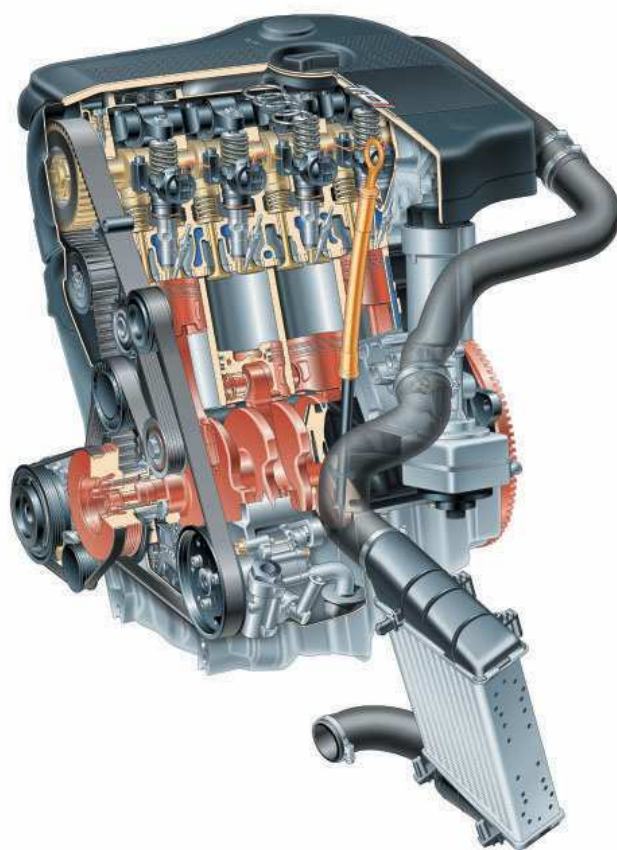


# EL MOTOR 1.9 TD*i*



## Indice:

1. Introducción. El motor Diesel.	Pág 2
2. Evolución del mercado Diesel en España.	Pág 4
3. El motor TDi de VAG.	Pág 6
4. Historia del TDi de VAG.	Pág 7
5. El Motor 1.9 TDi	Pág 9
5.1. Evolución del 1.9	Pág 9
5.2. Innovaciones que trajo el 1.9 TDi.	Pág 9
5.3. Versiones del 1.9 TDi.	Pág 12
5.4. Características técnicas.	Pág 13
a) Datos generales.	Pág 13
b) Sistema de combustible.	Pág 13
c) Sistema de admisión de aire.	Pág 14
d) Motor.	Pág 14
e) Controles del motor.	Pág 15
f) Algunos datos adicionales.	Pág 22
g) El Turbo en el TDi.	Pág 24
h) Los sistemas de inyección de los TDi.	Pág 28
i) Ampliación características de cada versión TDi.	Pág 33.
j) Algunas curvas características del motor TDi.	Pág 40
5.5 El futuro TDi.	Pág 42
6. Bibliografía.	Pág 43

## 1. Introducción. El motor Diesel.

Rudolf Diesel desarrolló la idea del motor diesel y obtuvo la patente alemana en 1892. Su logro era crear un motor con alta eficiencia. Los motores a gasolina fueron inventados en 1876 y, específicamente en esa época, no eran muy eficientes.

Las diferencias principales entre el motor a gasolina y el Diesel son:

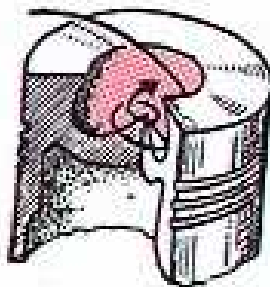
Un motor a gasolina aspira una mezcla de gas y aire, los comprime y enciende la mezcla con una chispa. Un motor diesel sólo aspira aire, lo comprime y entonces le inyecta combustible al aire comprimido. EL calor del aire comprimido enciende el combustible espontáneamente.

Un motor diesel utiliza mucha más compresión que un motor a gasolina. Un motor a gasolina comprime a una relación de 8:1 a 12:1, mientras un motor diesel comprime a una relación de 14:1 hasta 25:1. La alta compresión se traduce en mejor eficiencia.

Los motores diesel utilizan hoy en día casi exclusivamente, inyección de combustible directa, en la cual el combustible diesel es inyectado directamente al cilindro. Los motores a gasolina generalmente utilizan carburación en la que el aire y el combustible son mezclados un tiempo antes de que entre al cilindro, o inyección de combustible de puerto en la que el combustible es inyectado a la válvula de admisión (fuera del cilindro).

El motor diesel no tiene bujía; toma el aire y lo comprime. Después inyecta el combustible directamente en la cámara de combustión (inyección directa). Es el calor del aire comprimido lo que enciende el combustible en un motor diesel.

El inyector en un motor diesel es el componente más complejo y ha sido objeto de grandes avances. El inyector debe ser capaz de resistir la temperatura y la presión dentro del cilindro y colocar el combustible en un fino spray. Mantener el rocío circulando en el cilindro mucho tiempo, es también un problema, así que muchos motores diesel de alta eficiencia utilizan válvulas de inducción especiales, cámaras de precombustión u otros dispositivos para mezclar el aire en la cámara de combustión y para que por otra parte mejore el proceso de encendido y combustión. El motor TDi de VAG utiliza una técnica llamada Swirl.



La mayoría de motores diesel nos ofrecen un testigo de luz que indica que debido a que cuando el motor diesel está frío, el proceso de compresión no es capaz de elevar el aire a una temperatura suficientemente alta para encender el combustible, una resistencia alimentada eléctricamente ayuda a encender el combustible cuando el motor está frío.

El combustible diesel es más pesado y aceitoso. El combustible diesel se evapora mucho más lento que la gasolina, su punto de ebullición es más alto que el del agua. El combustible diesel se evapora más lento porque es más pesado. Contiene más átomos de carbón en cadenas más largas que la gasolina (la gasolina típica es  $C_9H_{20}$  mientras el diesel es típicamente  $C_{14}H_{30}$ ). Toma menos tiempo refinar para crear el combustible diesel, por tanto es generalmente más barato que la gasolina.

El combustible diesel tiene una densidad de energía más alta que la gasolina. Esto, combinado con la eficiencia mejorada de los motores diesel, explica porqué los motores diesel poseen mejores consumos que el equivalente en gasolina.

## **2. Evolución del mercado Diesel en España.**

El fenómeno automovilístico de los 90 es, sin duda, el auge del diesel. Aunque desde hace más de 20 años los expertos en automoción vienen insistiendo en que el coche ideal para las carreteras europeas es un coche diesel y de no más de 4.5 metros el público no acababa de convencerse. Durante años los diesel eran más caros, más lentos y más ruidosos que los coches de gasolina. Esto hacía que fueran utilizados casi en exclusiva por profesionales del transporte: taxistas, repartidores,... etc.

A principios de los 90 los desarrollos tecnológicos alrededor del diesel comenzaron a ver la luz, centrados principalmente en los sistemas de inyección y culminaron con la aparición del TDi de VAG. Este motor fue el que permitió la escalada de ventas de vehículos Diesel en Europa.

No debemos olvidar que cuando se compra un vehículo diesel, entran en juego ciertos factores a analizar:

Ventajas para el usuario:

El punto fundamental que hace decantarse por este tipo de coches es el ahorro en combustible que suponen. Además esto no quita que los motores actuales tengan unas potencias (entre 110 y 130 CV) y unos comportamientos dignos de un motor de gasolina en lo referente a prestaciones.

Además los motores diesel tienen menos mantenimiento y, generalmente, más longevidad que los de gasolina. Todo esto hace de estos coches unos aliados ideales para viajar: poco consumo, mucha autonomía, muy buen margen para adelantar y una velocidad de crucero perfecta.

Desventajas para el usuario:

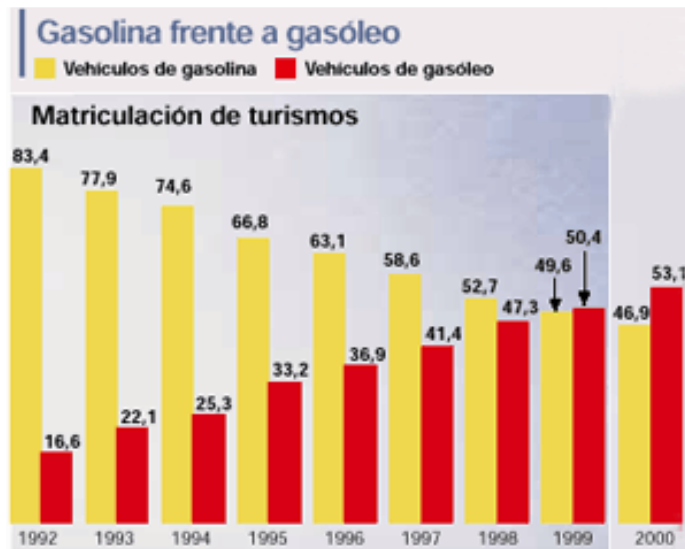
Generalmente son entre 250.000 y 500.000 pts más caros que el equivalente en gasolina. Además la reducción del diferencial en el coste del gasóleo respecto a la gasolina ha hecho que haya que plantearse si realmente se va a amortizar la diferencia de precio del coche o no.

Esto ha hecho que en el último año haya caído la venta de diesel después de haber estado más de un año por delante de los gasolina. Otro punto en contra, que cada vez lo es menos, es la rumorosidad: los diesel en frío hacen un traqueteo bastante sonoro. Esto poco a poco se va solucionando a base de aislamiento.

El TDi ha triunfado: el éxito en cifras:

En la gráfica podemos ver, en porcentaje, la evolución de la matriculación de automóviles diesel respecto a gasolina en los últimos 9 años. Como puede observarse la escalada es constante hasta superar en 1999 a los coches de gasolina. Hay que recordar que el 99 fue un año récord en venta de turismos en España rebasando el millón y cuarto de unidades vendidas.

Los segmentos con más demanda son el de los compactos y las berlinas medias y últimamente los todoterrenos y monovolúmenes.



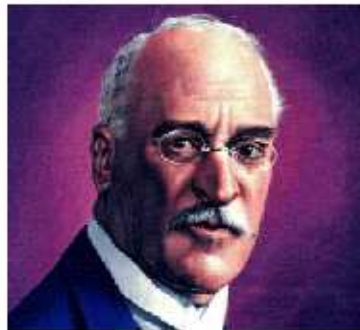
### **3. El motor TDi de VAG.**

El motor TDi de VAG, constituye una de esas revoluciones que de vez en cuando se ven por el panorama automovilístico. Cuando a principios del año 1990 se presentó el TDi 2.5 de 5 cilindros, pocos imaginaban la revolución que se vendría encima. El uso tradicional del motor Diesel, robusto, lento y humeante, iba a cambiar por completo, llegándose a lo que hoy conocemos donde un vehículo diesel puede ser el estandarte deportivo de una determinada gama de vehículos como puede ser el Seat Ibiza TDi de 130 CV o el Mercedes C30 CDi AMG Sportcoupé.

Audi no fue el primero en desarrollar la inyección directa para vehículos automóviles, recordemos que Fíat lo había hecho anteriormente en su modelo Croma, pero éste no conseguía el nivel prestacional, de rumorosidad y de consumos que sacaba el TDi de 90 CV.

Además, Audi, como cada vez que lanza una nueva evolución tecnológica de algo, consiguió llegar a los compradores con el reclamo de las siglas TDi, las cuales trataban de que a los conductores europeos les pareciera “la versión diesel” de las míticas siglas GTi, tan de moda en aquellos años. Este buen manejo de la publicidad apoyado por el buen hacer del motor TDi 90 en todas sus facetas, consiguió que el público se quedara con las siglas, y hoy en día, por TDi se conoce genéricamente a todos los motores Diesel de inyección directa del mercado.

Un anuncio de Turbo Diesel.



Rudolf Diesel (1897)



Turbo Diesel (2002)

Hoy, más de 10 años después, el motor TDi, en su enésima evolución sigue a la cabeza del mercado Diesel, debido a la cantidad de carrocerías de las 4 marcas del Grupo VAG (Seat, Audi, Volkswagen y Skoda) que lo montan y a la cantidad de potencias disponibles existentes, como veremos. Los motores TDi siguen estando a la cabeza por rendimiento, esto quiere decir que siguen siendo los que mejores prestaciones tienen con los consumos más bajos.

Vamos a repasar la historia y las características de este mito.

#### **4. Historia del TDi de VAG.**

Audi presentó mundialmente en el Salón Internacional de Frankfurt 1989 el primer motor diesel para turismos de inyección directa con gestión electrónica y denominó a esta tecnología revolucionaria TDI.

El modelo Audi TDI con motor de 5 cilindros de 2.5 litros y 120 CV, que se empezó a fabricar en serie desde principios del año 1990, inició una auténtica revolución en el mercado de los automóviles diesel y cambió de forma profunda la imagen de ese tipo de motores. El motor diesel dejó de pronto de ser lento, ruidoso y poco confortable para convertirse en una mecánica ágil, confortable y especialmente económica. El Audi TDI aunaba de forma interesante unas características aparentemente contradictorias, el dinamismo de las prestaciones deportivas y una gran autonomía con unos bajos niveles de consumo. Pero la característica más típica de los motores diesel clásicos, que ha perdurado hasta la actualidad, es su larga duración.

Algunos de los hitos más importantes son los siguientes:

1989: Primer cinco cilindros TDI de 120 CV (88 KW) y 265 Nm. Bomba inyectora de émbolo axial de aprox. 900 bares.

**1991: Cuatro cilindros TDI de 90 CV (66KW) y 182 Nm. Bomba inyectora de émbolo axial de 950 bares.**

1993: Prototipo experimental V8 TDI en coche concepto Audi ASF para el Salón de Frankfurt.

1994: Todos los motores TDI respetan estrictamente los límites de emisiones conforme a la normativa europea EU- Fase 2. Cinco cilindros TDI de 140 CV (103 KW) y 290 Nm. Bomba inyectora de émbolo axial de aprox. 1.000 bares.

**1995: Cuatro cilindros TDI de 110 CV (81KW) y 225 NM. Bomba inyectora de émbolo axial de 1.100 bares. Turbocompresor de geometría variable**

1997: Primer V6 TDI del mundo para turismos con 150 CV (110KW) y 310 Nm. Bomba inyectora de émbolo radial de hasta 1.500 bares y turbocompresor de geometría (VTG). Primer TDI con tecnología de cuatro válvulas por cilindro.

1999: V8 TDI de 225 CV (165KW) y 480 Nm. Sistema de inyección "common rail" de 1.350 bares y turbocompresor de geometría variable, tecnología de cuatro válvulas por cilindro.

Audi ha acumulado en estos últimos diez años un "know how" inmenso en cuanto a la técnica TDI. Gracias a esta ventaja, Audi ha consolidado su liderazgo tecnológico y tiene la capacidad necesaria para aprovechar de la manera más óptima todos los sistemas de inyección directa del combustible que están disponibles en la actualidad, desarrollando productos concretos conforme a las



exigencias y las necesidades de los clientes y de cada mercado. Los sistemas mencionados serían en detalle los siguientes:

En primer lugar, la reputada bomba inyectora de distribución. Esta solución asegura unas características de inyección favorables y tienen la capacidad suficiente para alcanzar actualmente una presión de hasta 1.850 bares. Su acoplamiento técnico al motor es sencillo. Gracias a su diseño, se puede emplear en motores de hasta seis cilindros. Por último, este tipo de bomba permite también una inyección piloto.

En segundo lugar, se dispone de un sistema denominado inyección-bomba, con un módulo compacto para cada cilindro. Este diseño es especialmente apropiado para los motores de tres o cuatro cilindros y provistos de una culata convencional de dos válvulas por cilindro. De todos modos, también se puede utilizar para motores con mayor número de cilindros. Sus ventajas más destacada se refieren a la posibilidad de realizar también una inyección piloto y la capacidad de alcanzar unos valores de presión por encima de los 2.000 bares.

El último sistema a mencionar se denomina "common rail" o conducto común, que se caracteriza por su capacidad para generar de forma continuada, a la vez que posibilita una amplia flexibilidad en cuanto a la conformación de una inyección piloto, principal y posterior con posibilidad para ajustar unos niveles de presión desde los regímenes bajos. Su acoplamiento al motor es también poco complicado. La boquilla inyectora ofrece un diseño muy compacto. Además, este diseño proporciona un amplio potencial de evolución en lo que respecta a la mejora de los niveles de presión. El common rail no se usará en el bloque de 1.9 litros objeto de nuestro estudio.

## **5. El Motor 1.9 TDi**

### **5.1 Evolución del 1.9**

A principios de los 90, Volkswagen junto con Audi, avanzaron el paso más decisivo al introducir la inyección directa en el bloque 1.9. El primer cuatro cilindros diesel con este tipo de inyección apareció en 1991 y fue conocido como TDi. Las iniciales corresponden a Turbocharged Direct Injection. El primer problema con el que se encontraron los ingenieros fue con la mayor emisión de ruidos respecto a motores anteriores con precámara. Pero después de solucionado esto, mediante mejores aislamientos, tan solo quedaron las ventajas. Comparado con el motor de precámara precedente, el TDi conseguía un ahorro de combustible estimado en un 15%, como el problema del ruido había sido ya resuelto, el TDi conseguía obtener ventaja respecto a sus rivales.

Una evolución posterior, consistió en la adopción del turbo de geometría variable, el cual mejoraba la elasticidad del motor TDi, y permitía un aumento de la potencia desarrollada por éste, la cual pasó de 90 CV a 110 CV. Este progreso se mostró a través de la letra "i" en rojo en el logo de los vehículos TDi.

Pero ahí no paró la cosa, Volkswagen siguió desarrollando el bloque TDi, adoptando la inyección de alta presión. Conscientes de que la calidad de la combustión dependía directamente de la presión absoluta con la que el combustible es inyectado en los cilindros, VW decidió adoptar el sistema Inyector-bomba, el cual desde su implantación, fue capaz de garantizar la necesidad de altas presiones de inyección (entre 400 y 2050 bares). Al mismo tiempo, un volumen predeterminado de combustible era inyectado en una inyección piloto antes de la inyección principal - el método ideal para lograr una suave combustión en motores diesel de altas prestaciones -. Las dos letras "Di" en el logo fueron pintadas de rojo, para distinguir los vehículos equipados con el sistema de inyector-bomba.

Como signo del continuo evolucionar tecnológico, ya existen en producción modelos con las tres letras en rojo. Con un intercambiador térmico de muy altas prestaciones (intercooler) y una inyección optimizada, la más potente versión del bloque 1.9 ofrece la increíble y nada despreciable cifra de 150 CV. La mayor potencia dada nunca por un motor Diesel de 4 cilindros en un vehículo de calle. La actual generación de motores de 4 cilindros con dos válvulas por cilindro se produce en tres niveles de potencia, 100, 130 y 150 CV, y son clara evidencia del potencial llevado a cabo por Volkswagen en su gama TDi gracias al uso del principio del inyector-bomba.

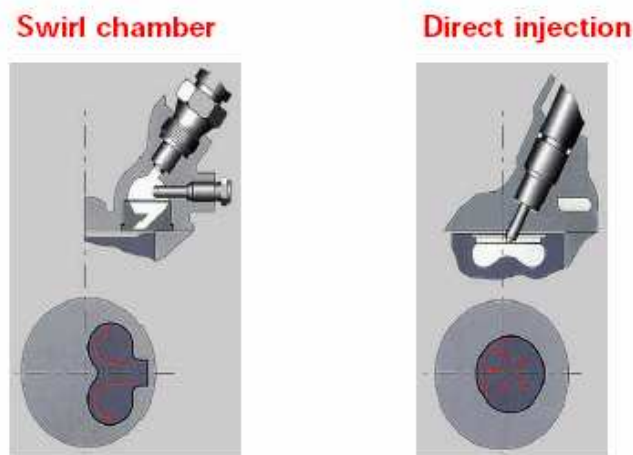
### **5.2: Innovaciones que trajo el 1.9 TDi.**

El motor TDi 1.9 trajo consigo tecnologías nunca vistas o aplicadas para el campo de los turismos con motor Diesel. He aquí algunas de ellas.

- Proceso de inyección directa controlado electrónicamente.

En vez de utilizar un sistema de inyección controlado mecánicamente como se venía haciendo hasta el momento, la tecnología TDi se sirve de un sofisticado sistema de control electrónico que incorpora múltiples sensores y mapas tridimensionales, con el objeto de asegurar las mejores prestaciones posibles del motor en cada condición de operación. El sistema tiene en cuenta la posición del acelerador, la velocidad del motor, la temperatura del líquido de refrigeración y del combustible, la cantidad de aire admitida por el motor, la presión de entrada de combustible, hasta un total de 24 parámetros. Con estos datos se modifican las variables de funcionamiento sin que el conductor tome conciencia de ello. La centralita informa a la bomba inyectora la cantidad precisa a inyectar así como el momento de la inyección.

#### Inyección indirecta vs directa.



- Además el sistema controla la recirculación de gases de escape así como la presión de soplado del turbo para asegurar las mínimas emisiones contaminantes posible.

- Sistema de inyección en dos etapas.

Inyectores de 5 agujeros atomizan el combustible en la cámara de combustión en dos fases, suavizando la evolución de la presión y por tanto el ruido y haciendo al motor más eficiente, de marcha más suave y produciendo menos hollín.

- Conducto de entrada con forma especial generadora de swirl.

Facilita la entrada del aire con un efecto swirl (de giro en espiral horizontal). Esto mejora la eficiencia de la combustión, las emisiones contaminantes, el ruido y el arranque en frío. El turbo comprime el aire de entrada y posteriormente el intercooler enfría el aire el cual va hacia la zona de la válvula con forma especial generadora de swirl. Con el enfriamiento del aire, el motor consigue la mayor eficiencia.

- Convertidor catalítico de diseño especial para Diesel.

El catalizador reduce las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos inquemados.

- Calentadores especiales.

Los TDi usan un modelo especial de calentadores activados al cerrar la puerta del conductor. Esto provee de un precalentamiento, que aumenta el tiempo de calentamiento total frente a lo que venía siendo habitual hasta el momento de empezar a calentar en el momento de accionar el contacto. Esto reduce el tiempo de arranque.

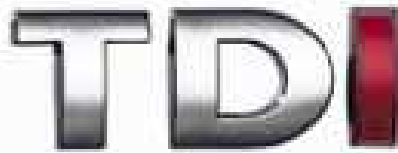
### 5.3. Versiones del 1.9 TDi.

Como hemos visto, a lo largo de los años muchas han sido las evoluciones de este motor. Además en algunas de ellas ha habido mejoras muchas veces no anunciadas y de forma transparente para el usuario, con el objeto de mejorar por lo general los sistemas anticontaminación: Se han conocido los siguientes escalones de potencia:

90, 100, 110, 115, 130 y 150 CV.

La versión **TDi de 90** CV fue la primera, se montó por primera vez en el Audi 80 y Volkswagen Golf.

Con la incorporación del Turbo de geometría variable nació la **versión TDi de 110**, la cual consiguió hacer despegar el concepto TDi por sus prestaciones y bajísimo consumo, a la par que afianzó el prestigio de Volkswagen en mecánicas Turbo Diesel.



Un desarrollo posterior, para cumplir la normativa Euro III, fue el **TDi de 115** CV, ya con inyector bomba y mayores presiones de inyección. Aunque posteriormente el TDi 110 fue adaptado a la normativa y actualmente conviven dentro del grupo VAG en algunos modelos.

El motor **TDi de 100**, mecánicamente similar al TDi 115 fue una estrategia para escalar la gama de motores diesel y con el objetivo de sustituir al “viejo” motor TDi de 90.

Ya recientemente apareció el potente **TDi 130**, mucho más evolucionado y reforzado en sus partes mas exigidas, y con mayor carga electrónica. A falta de datos oficiales, se supone que es el TDi con mayor rendimiento termodinámico de toda la gama.

El **TDi de 150** supone la máxima evolución Diesel del grupo, y es usado en motores deportivos. Cambió el concepto que había hasta la fecha de que un deportivo solo podría tener motor de gasolina. El TDi 150 conseguía iguales o mejores prestaciones con un consumo más bajo (aunque superior al TDi 130, no muy por debajo en prestaciones).

## 5.4. Características técnicas.

### a) Datos generales.

Tipo de motor	Diesel, 4 cil.	Diesel, 4 cil.	Diesel, 4 cil.	Diesel, 4 cil.	Diesel, 4 cil.	Diesel, 4 cil.
cilindrada (cm <sup>3</sup> )	1896	1896	1896	1896	1896	1896
valvulas (admis / escape)	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2	2/2
Diámetro / carrera (mm)	79,5 / 95,5	79,5 / 95,6	79,5 / 95,7	79,5 / 95,8	79,5 / 95,9	79,5 / 95,10
Potencia máxima CV /rpm	90 /4000	110 /4150	100 /4000	115 /4000	130 /4000	150 /4000
Par máximo Nm /rpm	202 /1900	235 /1900	240 /1800	285 /1900	310 /1900	320 /1900
Relación de compresión	19,5	19,5	19	18,5	19	18,5
Rendimiento termodinámico (%)	41,5	43	-	-	-	-
Preparación de la mezcla	iny directa	iny directa	iny directa	iny directa	iny directa	iny directa
Turbo Fijo / Variable	Fijo	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
Bomba	Rotativa	Rotativa	Iny Bomba	Iny Bomba	Iny Bomba	Iny Bomba
Consumo en carretera (l/100km)	4	4	4,3	4,2	4,3	4,3
Catalizador	de oxidación	de oxidación	de oxidación	de oxidación	de oxidación	de oxidación

### b) Sistema de combustible.

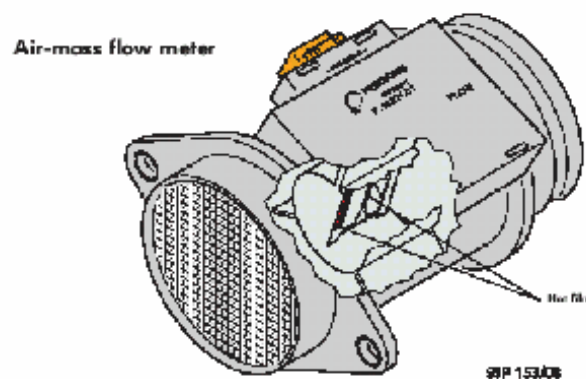
El combustible es traído desde el filtro de combustible hasta la bomba de combustible por un tubo de plástico. Actualmente existen tres sistemas de inyección en producción, de los cuales uno de ellos, el common rail no es utilizado por los TDi. La bomba provee combustible secuencialmente a los inyectores a alta presión (entre 900 y 2050 bares) y con arreglo a las órdenes electrónicas se ajusta el momento y la cantidad de inyección. El exceso de combustible se hace retornar al depósito a través de un conducto habilitado al efecto. Los TDi de 90 y 110 CV usan una bomba rotativa distribuidora Bosch modelo VP 37 controlada electrónicamente, situada en la parte delantera del motor y accionada por la correa de la distribución. Distribuye el combustible a cada inyector a través de tuberías de acero capaces de aguantar altas presiones. Posteriormente hablaremos más de la bomba de inyección.

Cada inyector tiene un muelle calibrado el cual levanta un émbolo, que descubre los 5 orificios de muy pequeño diámetro. Este sistema permite operar en dos fases, la primera de ellas es de baja presión seguida de la inyección principal a alta presión. El resultado de esto es una combustión progresiva del combustible, lo que reduce el nivel sonoro del motor. El inyector número 3 es especial ya que tiene captador de alzada de aguja.

Los motores TDi 100, 115, 130 y 150 usan el llamado inyector-bomba. En estos motores cada cilindro tiene su propia bomba de alta presión que es accionada por el mismo árbol de levas que opera las válvulas de admisión y escape. Al accionarse el mecanismo, y en el momento determinado, una válvula de solenoide se activa y permite la salida del gasoil a muy alta presión hacia el cilindro. Cuando cesa la corriente eléctrica, la válvula se cierra y la inyección cesa. Esta unión entre bomba e inyector permite un mejor control de la inyección al eliminar el camino intermedio entre ambas. Posteriormente se ampliará la información.

### c) Sistema de admisión de aire.

El aire se admite a través de un filtro de aire convencional, y pasa a través del MAF (mass-air-flow meter) o medidor de caudal de aire. Un hilo caliente en los modelos más antiguos o una película caliente en los más modernos es el contenido de este sensor y se mantiene a una temperatura constante. La corriente necesaria para mantener esta temperatura es la indicación de cuánto caudal de aire está pasando a través del elemento.



De aquí, el aire entra en el grupo turbo compresor, en la parte del compresor donde se comprime. Esta compresión eleva la temperatura del aire de entrada, por tanto se le hace pasar a través de un pequeño intercambiador térmico (intercooler). Esto incrementa la densidad del aire de forma que sea lo más denso posible para permitir mayor potencia. Desde aquí, el aire frío y comprimido es mezclado con una proporción de gas residual (EGR) con el objeto de minimizar las emisiones de  $\text{NO}_x$ .

Esta mezcla va entonces hacia los cilindros. Los motores más modernos disponen de una mariposa antes de los cilindros con el objeto de evitar las vibraciones de los últimos ciclos sin combustible al apagar el motor. Se cierra el paso del aire y por tanto no se comprime aire.

### d) Motor.

El motor de 4 cilindros en línea posee un bloque de fundición de hierro y una culata de aluminio con dos válvulas por cilindro. En un motor diesel apenas supone beneficio usar 4 válvulas por cilindro, salvo por el hecho de permitir situar al inyector exactamente en el centro de la cámara de combustión y montado verticalmente.

La cilindrada es  $1896 \text{ cm}^3$  y las cotas son las citadas en el apartado correspondiente. La relación de compresión tampoco es igual en todas las versiones y aparece reflejada en la tabla. Un chorro de aceite lubrica y refrigera la base de los

pistones y el cigüeñal tiene cinco apoyos y 8 contrapesos. Las bielas son de acero forjado, de sección en I, con tapas de corte recto.

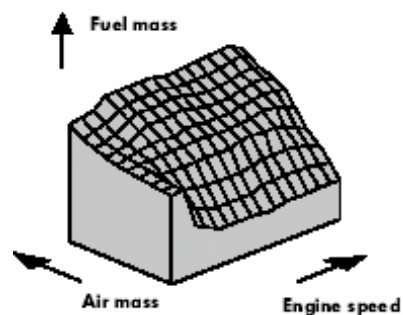
La correa de la distribución posee tensores semiautomáticos. Las válvulas de escape están reforzadas para aguantar las elevadas temperaturas. El diagrama es el siguiente: RAA: 16°, RCA: 25°, AAE: 28°, ACE: 19°.

Así mismo, el circuito de la EGR, tiene un intercambiador térmico que reduce la temperatura del gas en unos 219 grados.

El motor está suspendido en unos silentbloks, los cuales aíslan el resto del coche de ruidos y vibraciones y absorben la torsión del motor durante aceleraciones.

#### e) Controles del motor.

El motor TDi posee un diseño “drive by wire”, esto es que no hay conexión mecánica entre el pedal del acelerador y ningún elemento mecánico. Al apretar el acelerador se envía una señal a la ECU (engine computer unit), unidad de control, indicando que se desea más potencia. La ECU tiene en cuenta la posición del acelerador y la velocidad del motor y decide cuanto combustible demanda el conductor. Posteriormente compara esa demanda con la señal del MAF e inyecta en consecuencia siempre con el límite de emisión de humos como tope máximo.

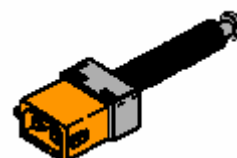


Si se detectara una acción sobre el pedal de freno, el sistema inyectaría lo correspondiente a régimen de ralentí, sea cual fuere la posición del acelerador. La ECU también puede variar el momento de la inyección para obtener el mejor compromiso entre potencia, economía y emisiones. La cantidad de inyección y la velocidad del motor determinan el avance a la inyección. Un sensor localizado en el inyector número 3, permite conocer a la ECU el momento actual de avance de inyección, junto con un sensor de posición de cigüeñal. Los datos son modificados en función de otros sensores de temperatura, presión, límite de presión del turbo, velocidad, etc, hasta conseguir 25 mapas tridimensionales diferentes.

Sensor de embrague

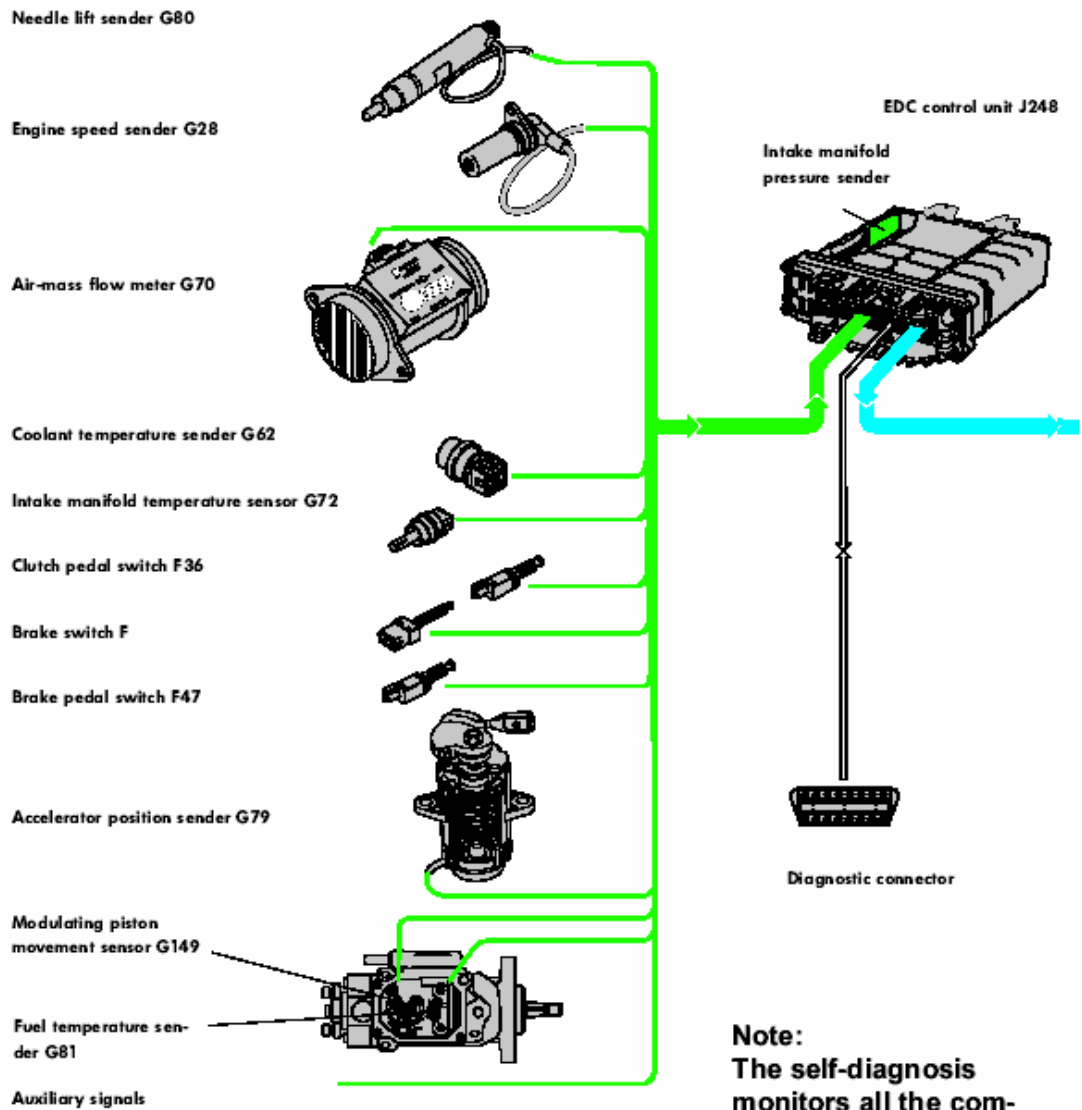


Sensor de pedal de freno





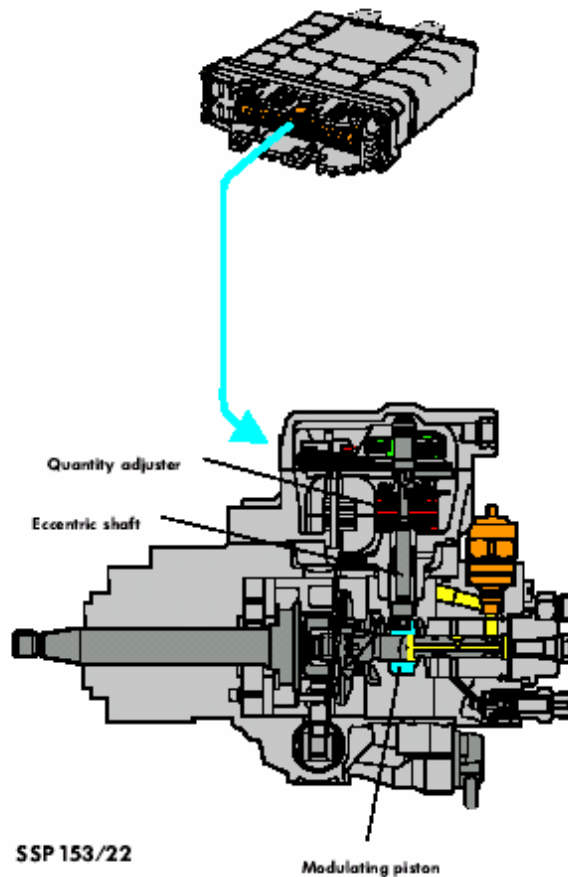
## Sensors



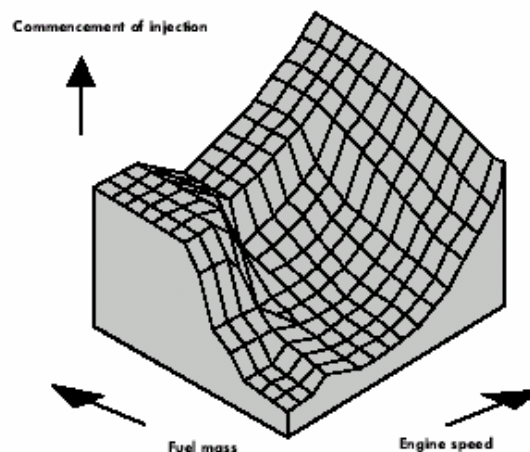
10

En la figura se aprecian los sensores principales con los que cuenta la UCE.

Como hemos dicho, a través de los sensores, la ECU determina la cantidad de combustible necesaria y envía a la bomba inyectora la señal que indica cuánto y cuando ha de inyectar (avance). Se puede apreciar en el siguiente esquema.



Para el comienzo de la inyección, el parámetro fundamental es la velocidad del motor, así como la cantidad a inyectar. Este parámetro se corrige posteriormente a través de los sensores de temperatura del motor. Todo ello se ajusta empíricamente para conseguir buenos resultados en prestaciones, emisiones y suavidad. El mapa es el siguiente:

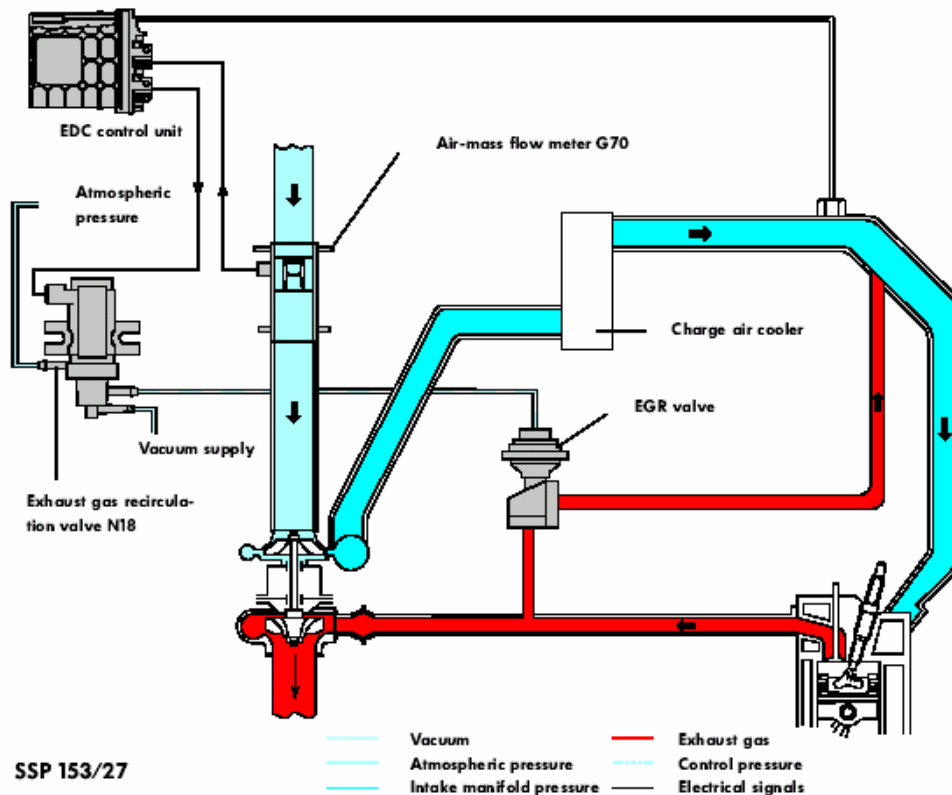


La recirculación de gases EGR también es controlada por la ECU. Los motores Diesel carecen de mariposa para limitar la cantidad de aire admitido. Esto significa que hay más oxígeno en los cilindros del que puede ser usado durante la combustión. Las altas temperaturas en el cilindro pueden hacer combinar químicamente este exceso de oxígeno con nitrógeno de forma que se originan óxidos de nitrógeno (genéricamente llamados  $\text{NO}_x$ ). Recirculando gas de escape se consigue reducir la proporción de oxígeno en la admisión, bajando de esta manera la temperatura de la combustión y disminuyendo la cantidad de  $\text{NO}_x$  generados.

Si la ECU determina, basada en la temperatura del refrigerante, la altitud, la velocidad del motor y otras variables, que la operación del motor podría producir altos niveles de  $\text{NO}_x$ , entonces haría funcionar un solenoide, el cual aplica vacío a la válvula EGR haciendo que se abra. En caso contrario actuaría para cerrar el paso de EGR. Por otro lado, demasiada recirculación favorece la producción de CO y hollín. La ECU regula la apertura de la EGR para mantener un equilibrio.

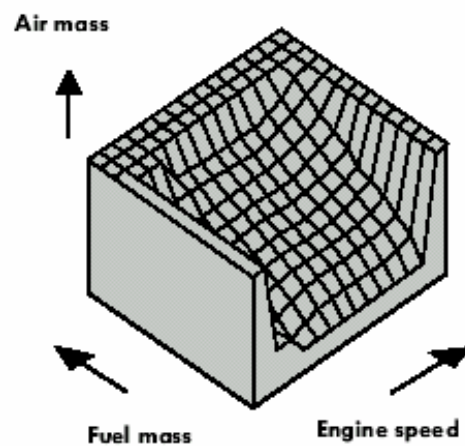
En la figura podemos apreciar el esquema del sistema EGR.

#### Regulation of exhaust gas recirculation (schematic diagram)



Para el control de la cantidad de EGR recirculado, la ECU cuenta con un mapa. Contiene la cantidad necesaria de masa de aire para punto de funcionamiento del motor. Depende de la velocidad del motor, de la cantidad de combustible inyectada y de la temperatura del motor. La unidad de control reconoce a través del sensor de masa de aire, cuándo el aire aspirado es demasiado alto para el motor en su estado de funcionamiento particular. Para compensar cualquier desviación, más gas de escape del requerido es suministrado. Si esta cantidad es demasiado alta, la masa de aire entrante decrece. La unidad de control entonces reduce la proporción de gases de escape.

En la siguiente figura podemos observar el mapa comentado. Vemos que la cantidad de masa de aire crece con la cantidad de combustible suministrado.

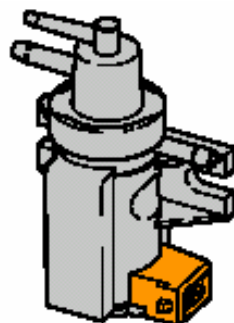


La válvula de recirculación de gases de escape N18, convierte la señal suministrada por la UCE (una señal de pulsos) en un vacío de control (dependiente de la frecuencia de la señal) sobre la válvula EGR (no confundir ambas).

La válvula EGR está montada entre el colector de escape y la pipa de admisión. Cuando es sometida al vacío que le suministra la válvula de recirculación de gases N18, se abre y permite al gas de escape pasar al colector de admisión.

En las figuras vemos la válvula de recirculación de gases N18 (de control) y la EGR.

Válvula de recirculación N18

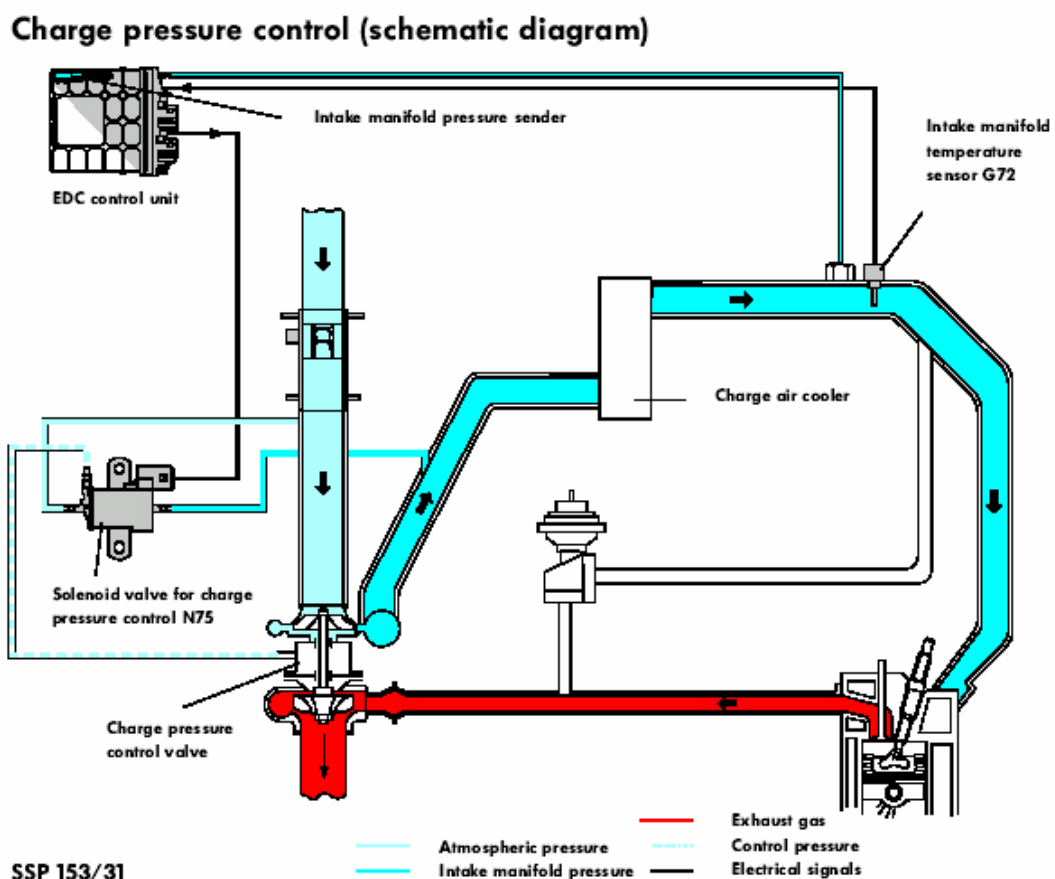


Válvula EGR



Otra funcionalidad de la ECU es controlar y limitar la presión máxima a la que sopla el turbo. La válvula de solenoide N75 aplica presión a la válvula de control de presión de carga del escape, también llamada Waste Gate. La válvula N75 recibe la señal eléctrica de la ECU. La presión de carga es regulada de acuerdo a un mapa característico. La retroalimentación de la presión actual en la pipa de admisión es conseguida por una conexión de un tubo que va de la pipa de entrada hasta un sensor en la UCE. Si existiese una desviación del punto programado, la presión es llevada de nuevo a su valor. La presión de carga es también corregida en la UCE por los datos de temperatura de admisión, para tener en cuenta los efectos de la temperatura en la densidad del aire de admisión. Para asegurar que la masa suministrada al motor es casi constante, el mapa de presión de la UCE es corregido dependiendo de la presión ambiental, usando el sensor de altitud F96. La presión es reducida en altitudes por encima de 1500 metros para prevenir un sobrerégimen del turbocompresor correspondiente a un aire demasiado poco denso.

El esquema es el siguiente:



Otras funciones de la ECU son las siguientes:

Control de velocidad del motor al ralentí:

De la señal de velocidad del motor, la cual es suministrada a la ECU cuatro veces por revolución, ésta reconoce desviaciones de la velocidad prefijada para el ralentí. El sistema que ajusta la cantidad de combustible en la bomba inyectora recibe la señal inmediatamente. La velocidad de ralentí es así mantenida constante en todos los estados de operación, por ejemplo cuando se activan consumidores eléctricos o el sistema de aire acondicionado.

Control de regularidad de marcha:

Para asegurar que el motor funciona regularmente, la cantidad de inyección de cada cilindro se regula de tal forma que la señal de velocidad del motor es uniforme.

Velocidad máxima del motor.

Cuando la velocidad máxima del motor se alcanza, la UCE reduce la cantidad de combustible inyectado para proteger al motor frente a sobrerégimen.

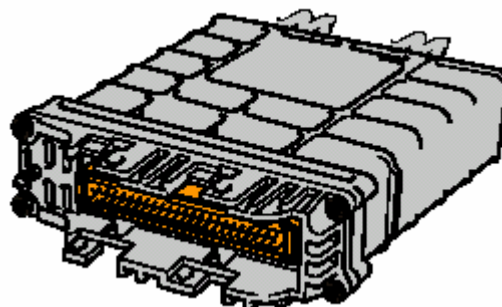
Arranque en frío.

La cantidad necesaria de combustible para el arranque del motor depende de la temperatura del refrigerante. La UCE determina la cantidad correcta para mantener las emisiones a un nivel bajo.

Monitorización del sistema:

La UCE se autocontrola a sí misma y a los sensores y actuadores durante la marcha del vehículo. Un testigo se enciende en el cuadro de instrumentos si ocurre algún fallo.

La UCE o unidad electrónica de control  
Bosch MSA 15.



## f) Algunos datos adicionales.

### Lubricación:

Bomba de aceite de engranaje interior accionada desde el cigüeñal por una cadena. Está situada debajo del bloque motor y fijada sobre el mismo.

Presión de aceite a 80°:

- al ralentí: 1 bar mínimo.
- a 2000 rpm: 2 bar mínimo.

Tarado de la válvula de descarga: 12 bar.

Capacidad del aceite motor (con filtro): 4,5 litros.

Vaciado por aspiración autorizado.

Consumo admisible: 1 litro / 1000 kms.

Especificaciones: según el motor, desde VW 505 00 hasta VW 505 05.

Periodicidad de mantenimiento: sustitución cada 15.000. kms o cada año.

### Refrigeración:

Vaso de expansión: presurización 1,4 a 1,6 bar.

Refrigeración del aceite motor por intercambiador de aceite/agua.

Termostato:

Temperatura de comienzo de apertura: 87°

Temperatura de fin de apertura: 102°.

Líquido de refrigeración: Capacidad 5 litros.

### Alimentación:

Filtro del aire: sustitución cada 60.000. kms.

Turbocompresor:

Turbocompresor clásico con válvula de descarga comandada electrónicamente para el motor TDi de 90. Garrett GT15

Turbocompresor de geometría variable de álabes colocados alrededor de la turbina de escape que permiten la regulación de la presión de admisión por una válvula controlada electrónicamente. Garrett VNT 15 (motor TDi de 110)

Presión de sobrealimentación en 3ª de 1500 a 3000 rpm:

Motor TDi de 90: 0,8 a 1,05 bar.

Motor TDi de 110: 0,85 a 1,2 bar.

Motor TDi de 150: 1,5 bares

Del resto no hay datos.

Bomba de inyección (para TDi 90 y 110 con bomba clásica):

Rotativa gestionada electrónicamente.

Bosch VE4/10E2075R650 o VP37.

Orden de inyección 1-3-4-2 (nº 1lado distribución).

Régimen de ralentí: 850 a 950 rpm

Régimen máximo: 4800 a 5200 rpm en TDi 90 y  
4900 a 5100 rpm en TDi 110.

Inyector-bomba en TDi 100, 115, 130 y 150.



## g) El Turbo en el TDi.

### Funcionamiento de un turbo:

Los gases de escape del motor, antes de salir a la atmósfera, como sería normal en un motor de aspiración atmosférica, son obligados a pasar por la garganta de la carcasa de la turbina donde son acelerados por la forma de esta y así aprovechar su energía para hacerla girar. Una vez que han cedido su temperatura y presión (energía), son expulsados al exterior a través del sistema de escape.

La turbina va unida solidariamente por un eje al compresor, cuya finalidad consiste en tomar el aire de la atmósfera desde el filtro de aire y introducirlo a sobrepresión.

Por lo tanto se está introduciendo en los cilindros aire comprimido, consiguiendo con ello un llenado perfecto y una mayor masa de aire que permita una combustión más rica en oxígeno y una mejor refrigeración del pistón, cilindro y cámara.

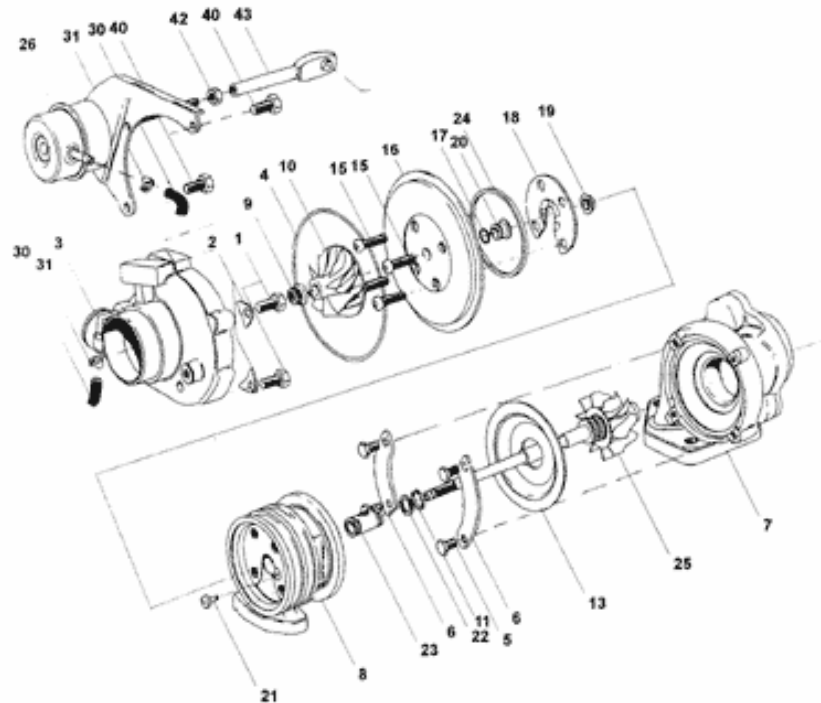
### TDi 90.

El motor TDi de 90 CV usa un turbocompresor convencional modelo Garrett GT15 con válvula de descarga interna. Cuando la velocidad del turbo es menor a la óptima del turbo por diseño, el turbo no sopla correctamente, sino que da menor presión de la de diseño. Poco se puede hacer para evitar esta falta de empuje a bajos regímenes. Cuando la velocidad del motor sube, también la del turbo ya que a causa de la mayor energía de los gases de escape, la turbina gira más rápidamente, comprimiéndose más aire. Cuando el nivel de soplado comienza a ser excesivo, el control del motor acciona la válvula de descarga de forma que los gases de escape, o parte de ellos no pasan por la turbina y por tanto no efectúan trabajo. Cuando la presión ha descendido, la ECU lo detecta y permite generar otra vez más presión.

Su esquema es muy simple.



A continuación vemos un despiece de este modelo de turbo.

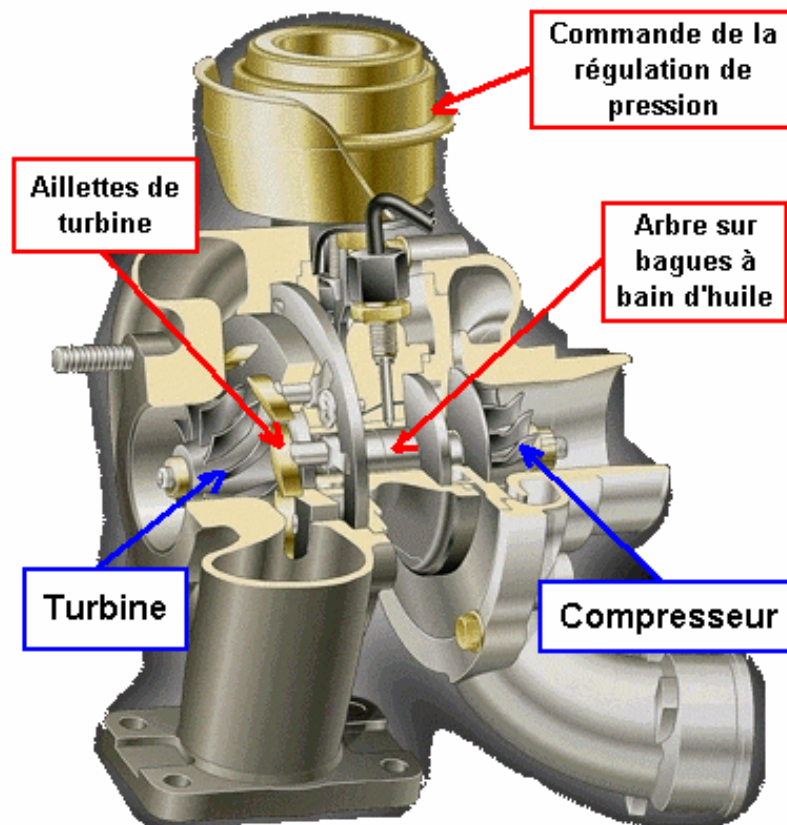
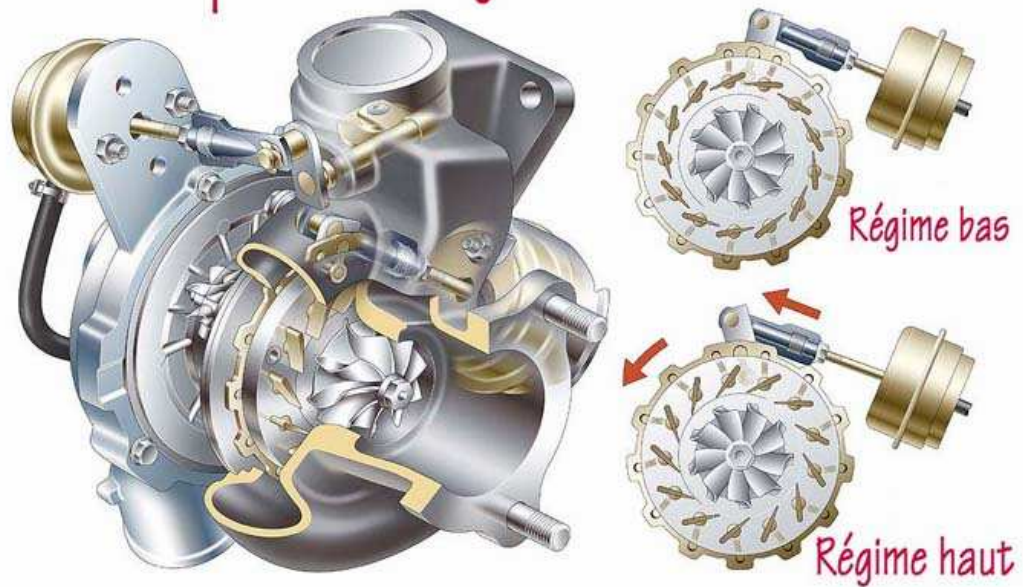


### TDi 100, 110, 115, 130 y 150.

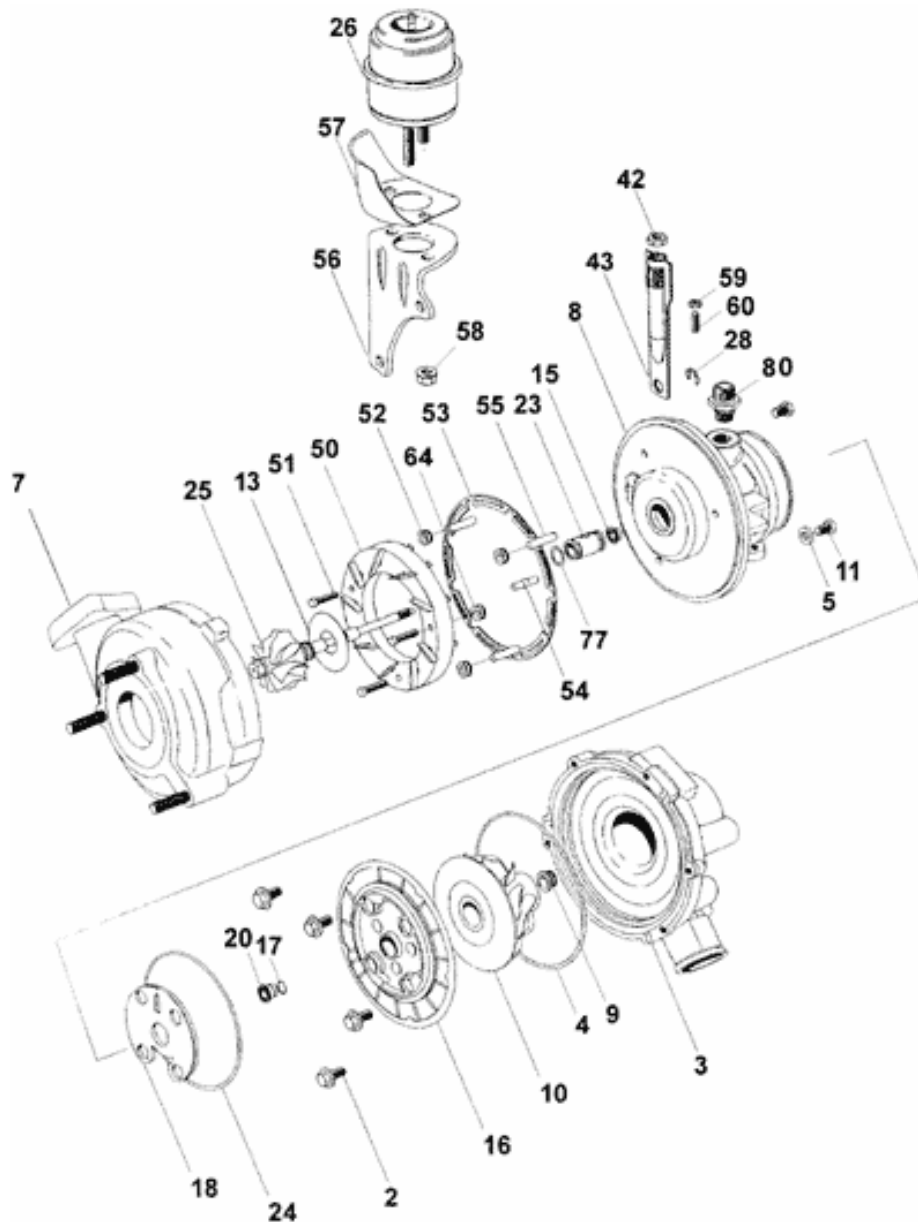
Para mejorar las prestaciones del turbocompresor en las condiciones alejadas del punto de diseño, los motores TDi excepto el de 90 CV, incorporan un turbo compresor de geometría variable, modelo Garrett VNT15. El TDi 130 y 150 usa un Garrett VNT17, de mayor tamaño. Este tipo de turbo no dispone de wastegate o válvula de descarga, y todos los gases de escape pasan a través de la turbina en cualquier condición. Cuando el motor gira despacio, la posición de los álabes dentro de la turbina se mueve para dirigir los gases a través de la turbina con un pequeño ángulo, pero con gran velocidad. Esto hace que la turbina gire rápidamente y por tanto el turbocompresor pueda alcanzar el punto de diseño y por ende de mayor soplado antes. Si la velocidad del motor aumenta y los gases de escape se incrementan la presión de soplado empezará a subir. Esto es detectado por la UCE la cual actuará sobre la posición de los álabes abriendo el ángulo de estos. Ello permite que se transmita menos energía al rodete de la turbina, por lo que la presión baja. Comparado con el diseño fijo visto en el TDi de 90, este sistema permite alcanzar el punto de diseño en menor tiempo y a más bajas revoluciones del motor, y permite una operación más eficiente con una reducida presión de escape a altas revoluciones del motor. Además la turbina está construida en el colector de escape, en vez de ser una pieza separada, con lo cual se eliminan posibles puntos de fuga. Las presiones de soplado vienen en el apartado correspondiente a la alimentación.

En las siguientes figuras se puede apreciar el funcionamiento interno del turbo de geometría variable así como la posición de los álabes según el régimen.

## Turbo compresseur à géométrie variable VTG



A continuación el despiece. Observar el plato donde se alojan los álabes, no existentes en el modelo anterior. Lo que en el modelo anterior era una “caracola” para controlar el flujo de gases que se iba directamente al escape (wastegate), en este modelo es el accionamiento de la geometría variable.



El motor TDi de 130 y 150 CV utiliza un turbo Garrett VNT17, de mayor tamaño al VNT15, pero de similares características técnicas.

Unido al turbo se encuentra el sistema del intercooler. No es más que un radiador que permite enfriar el aire comprimido por el turbo. En el caso del motor TDi es un sistema aire-aire. El rendimiento del intercooler, en el caso del TDi de 150 CV es del 86%.

## h) Los sistemas de inyección de los TDi.

Dos son los sistemas de inyección usados en el motor TDi. Por una parte, para los motores TDi 90 y TDi 110, se utiliza la bomba rotativa (o radial). Para los motores más modernos (TDi 100, 115, 130 y 150), se usan unidades inyector-bomba. No vamos a entrar mucho en las particularidades técnicas por no ser objeto del estudio.

### Bomba rotativa:

En este sistema se basa en la tecnología convencional de los Diesel de inyección directa, de modo que es una bomba rotativa del tipo VP 37 de Bosch (para el TDi 90) y una bomba VP 44 (para el TDi 110), la que dosifica y distribuye el combustible a cada cilindro. Dicha bomba ha visto sustituidos sus antiguos sistemas mecánicos encargados de la dosificación del combustible y la variación del avance a la inyección por unos elementos electrónicos que van a permitir mayores precisiones y, por tanto, mayores potencias y reducciones en los consumos.

Para el TDi de 90 se anunciaban 900 bares de presión, mientras que en el TDi de 110 la presión sube a 1350 bares. Los inyectores utilizados, de tipo convencional, poseen 5 agujeros de salida.

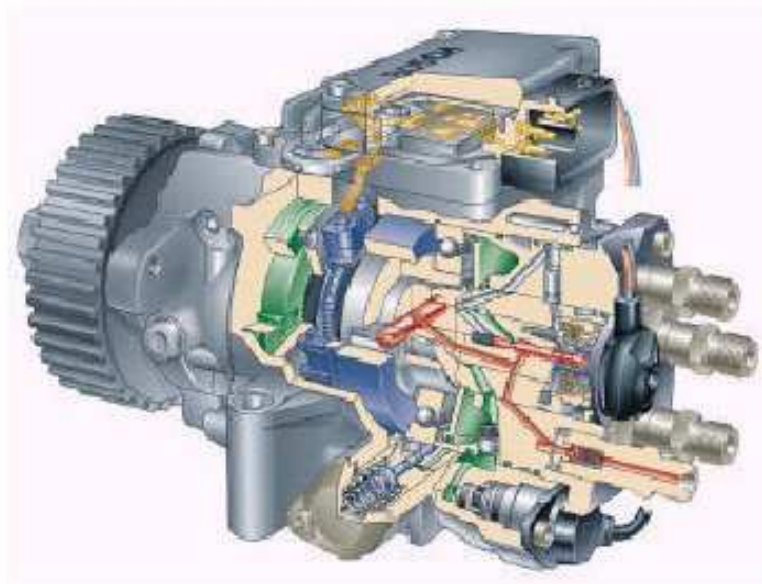


Imagen de una bomba rotativa.

### Inyector bomba:

El sistema bomba-inyector creado por Bosch emplea para cada cilindro un grupo independiente compuesto por un elemento de bombeo, un inyector y una válvula electrónica de control.

Su principal ventaja es que reduce el trayecto que recorre el gasóleo desde la bomba hasta que llega a la salida del inyector. Una leva adicional del árbol de levas del motor acciona el elemento de bombeo, haciendo que suba la presión en una cámara conectada al inyector, mientras que la válvula electrónica de control regula la apertura de la lumbrera de descarga de la cámara al circuito de retorno cuando debe producirse la inyección, y lo vuelve a abrir cuando el combustible ya ha sido suministrado. El inyector posee 6 agujeros u orificios.

A causa del mayor volumen que ofrecen los grupos que han de acoplarse a las culatas y de la necesidad de que éstos se accionen mecánicamente, necesita de espacios más amplios y de un diseño específico de los motores. Conviene que éstos sigan un esquema de distribución con árbol de levas en cabeza para facilitar el trabajo del grupo inyector-bomba. Hasta el momento no ha sido posible compatibilizarlo con las 4 válvulas por cilindro, aunque Volkswagen investiga en el tema.

Los incrementos de presión posibles mediante este sistema, en comparación con los tradicionales, permiten mejor pulverización y una combustión más limpia y efectiva. Por otra parte, el consumo desciende debido al mejor aprovechamiento del combustible. En concreto, este sistema es el primero que genera una presión de inyección en turismos superior a 2050 bares. VW decidió adoptar el sistema inyector-bomba que, desde un principio, garantizó las altas presiones de inyección necesarias y un proceso de combustión suave para un motor de altas prestaciones.

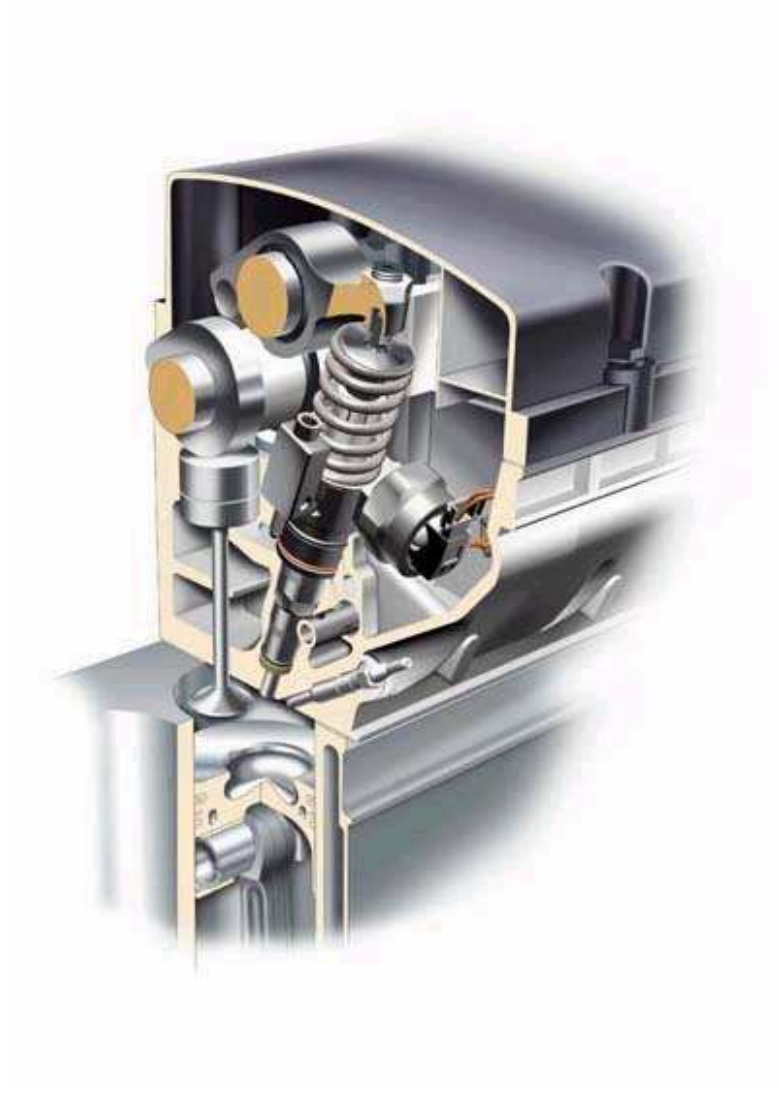
El logotipo con las letras “d” e “i” en rojo diferencian a los motores de sistema bomba-inyector. Sus potencias, son, como ya hemos dicho 100, 115, 130 y 150 CV.

Al efectuar la transición a los sistemas de inyección por inyectores-bomba, los ingenieros de Volkswagen llegaron a la conclusión de que el aumento de la presión de inyección por encima de los niveles empleados hasta el momento era el responsable de los siguientes resultados:

- incremento de la presión efectiva media del motor,
- mejoras en potencia y par
- disminución en las emisiones de partículas

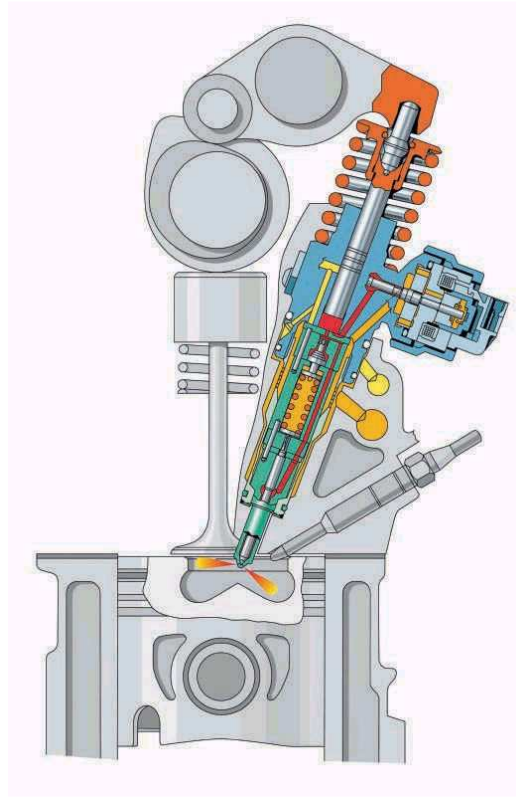
El novedoso sistema se presentó en 1998 con el modelo Passat TDi 115.

A continuación veremos algún esquema del sistema:

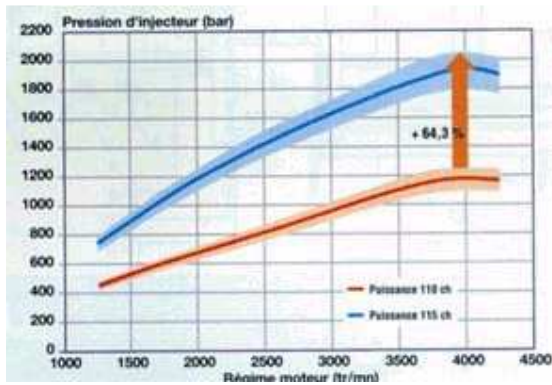


Se aprecia claramente que el balancín va movido por una leva del árbol de levas.

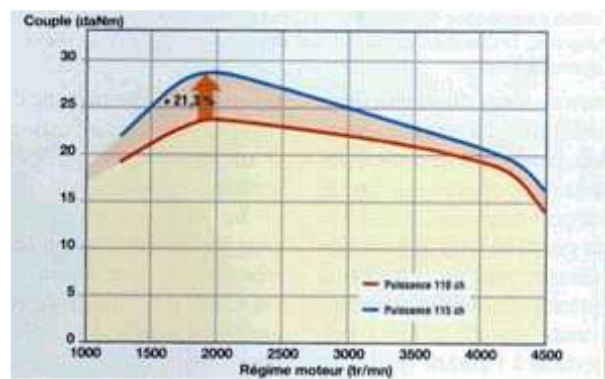
En la siguiente imagen se observará con más detalle el sistema.



A continuación veremos dos gráficas muy interesantes sobre la diferencia en presión de inyección y entrega de par de los motores TDi 110 (en rojo) y TDi 115 (en azul). Recordemos que el TDi 110 llevaba bomba rotativa y el TDi 115 inyector-bomba.



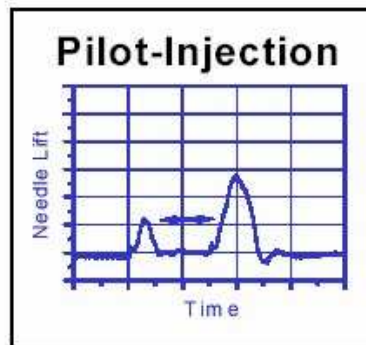
Ganancia en presión de iny.



Ganancia en par



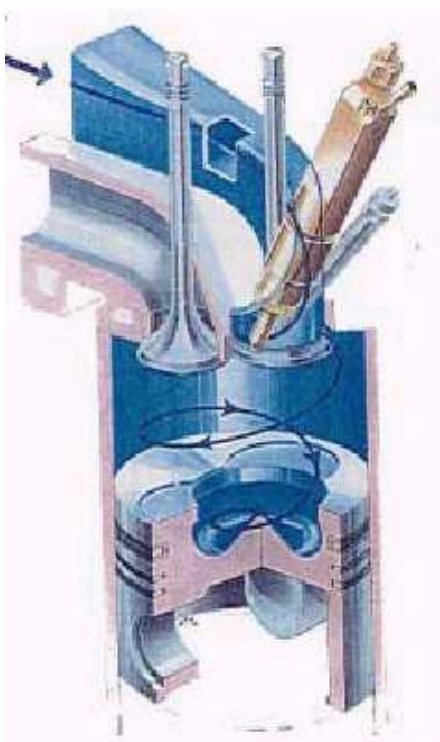
Volkswagen fue pionera en el sistema de inyección piloto. Esto consiste en inyectar una cierta cantidad de combustible antes de la inyección principal con el objeto de “caldear” la cámara de combustión y favorecer el quemado inmediato de la inyección principal. Para comprenderlo nos ayudaremos de un dibujo.



En el esquema se representa la alzada de la aguja (proporcional a la cantidad de combustible inyectado) frente al tiempo.

No obstante, para que la combustión se realice lo más perfectamente posible y poder aprovechar las ventajas de la alta atomización dada por sistemas como el inyector bomba, es necesario dotar al aire de una cierta turbulencia, de modo que la recombinación sea aun mejor, aun a expensas de cierta reducción del rendimiento volumetrico.

En el caso de los motores TDi, el efecto creado se llama Swirl, y consiste en que el aire entra girando en un torbellino paralelo a la cabeza del pistón. Lo vemos con una figura:



Como se ve, el torbellino arrastra al combustible que sale de cada uno de los 5 agujeros de los inyectores, lo que crea un arco de circunferencia con gasoil vaporizado.

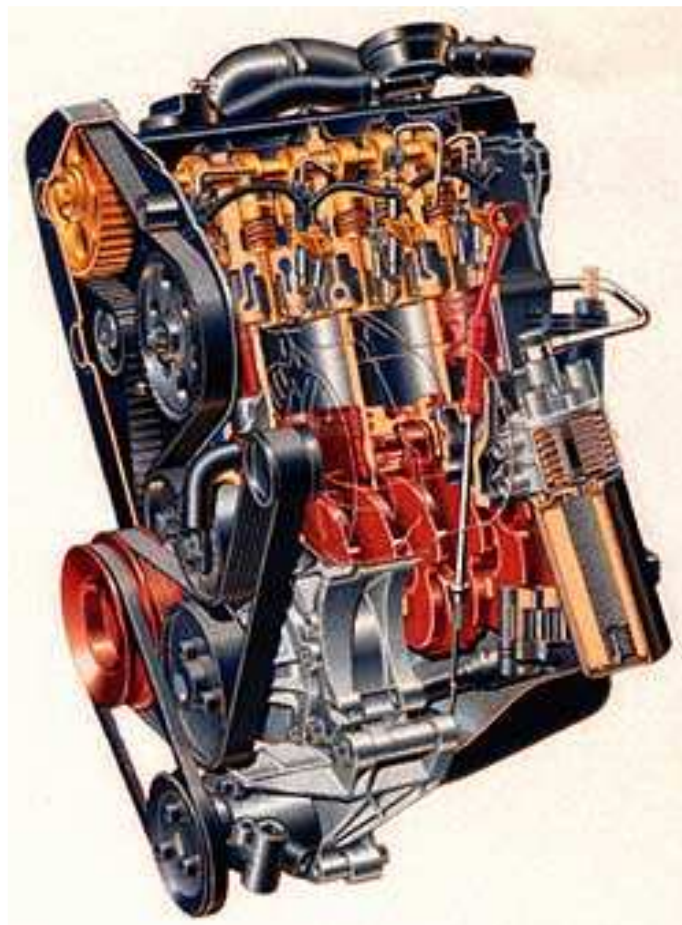
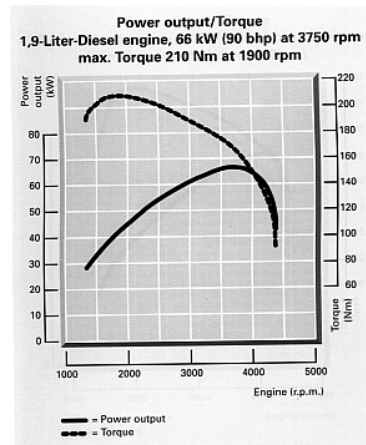
i) Ampliación características de cada versión TDi.

TDi de 90.

Como hemos venido comentando, este motor fue el primero de la gama. Fue el que introdujo la inyección directa controlada electrónicamente. Como ya se vio, incorpora un turbo fijo. Solo cumple la normativa EURO 2.



Imagen del motor (arriba)  
Curva de par y potencia (derecha)  
Transparencia del motor (abajo)



## TDi de 110

Fue el segundo motor en aparecer como evolución del TDi de 90. Su principal avance fue la incorporación del turbo de geometría variable, ya visto con anterioridad. Además se aumentó la presión de inyección. Cumple la normativa Euro 2.



Imagen del motor (arriba)

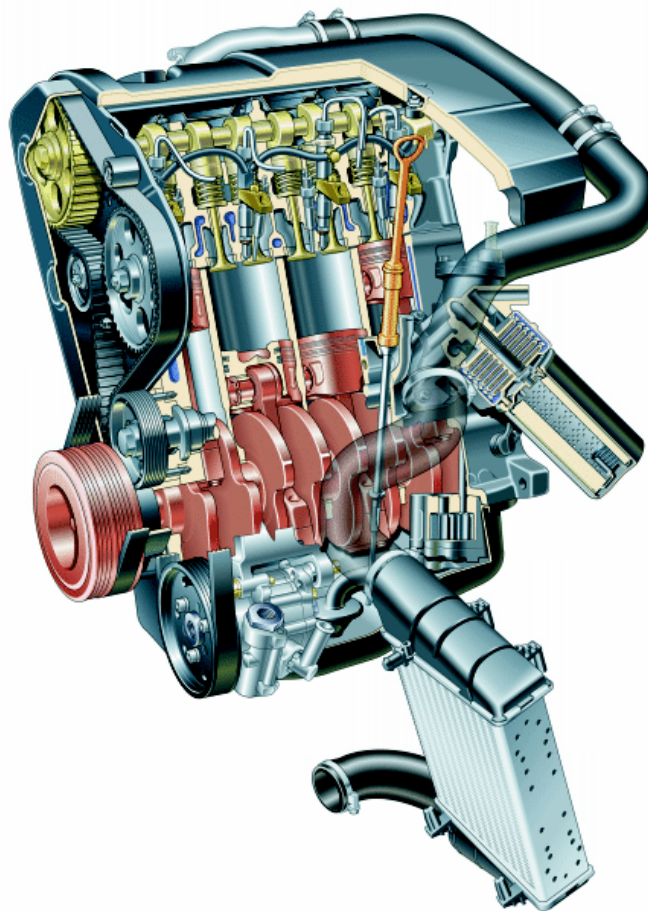
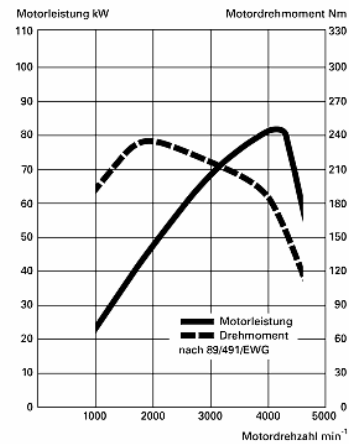
Curva de par y potencia (derecha)

Transparencia del motor (abajo)

### 1,9 Liter-Vierzylinder-TDI-Motor

Turbolader mit Variabler Turbinengeometrie

1.896 cm<sup>3</sup>  
81 kW (110 PS) bei 4.150 min<sup>-1</sup>  
235 Nm bei 1.500 min<sup>-1</sup>



## TDi de 100

Este motor aparece como intento de sustituir al veterano TDi de 90, ya que no cumplía con la normativa anticontaminación vigente Euro 3. En realidad es una versión suavizada del TDi de 115 ya que comparte todos sus elementos como son el inyector-bomba y su turbo de geometría variable.

Debido a su similitud con el TDi de 115, todo lo contado allí sirve para éste salvo por la diferente gestión electrónica que le hace rendir menos potencia y par.



## TDi de 115

Este modelo nació con el objetivo de reemplazar al exitoso TDi de 110. La razón del cambio fue que el TDi de 110 no cumplía la normativa anticontaminación que entró en vigor en el año 2000. En lugar de modificarlo para que la cumpliera, Volkswagen partió de este motor para hacer uno completamente nuevo, que se distingue por el empleo –por primera vez- del sistema inyector-bomba. Como ya vimos en el apartado correspondiente a este sistema, este motor tiene más fuerza a cualquier régimen que el de 110. El motor tiene también mayor rendimiento, pero no se aprovecha para mejorar el consumo, sino para mejorar las prestaciones. El consumo permanece prácticamente igual. Aparte del nuevo sistema de inyección, la presión del turbo subió una décima de bar.

Estructuralmente, las bielas son de acero forjado de sección en I, las tapas de cierre son de corte recto en los motores de 90/110 y obtenidas por rotura en los de 115, lo que asegura un mejor contacto entre las piezas y con ellos menores tensiones y mayor capacidad de soportar los esfuerzos de compresión y tracción.

El motor de 115 CV, debido a su mayor presión de combustión, adopta un pie de biela trapezoidal, lo que evita el contacto entre materiales, por adelgazamiento de la película de aceite, sin necesidad de elevar la presión de aceite de engrase lo que aumentaría innecesariamente las pérdidas por su accionamiento.

## TDi de 130

Es, sin lugar a dudas, la nueva estrella de la gama. Sus cotas son idénticas a las de la versión de 100 CV, pero quizá este 130 CV sea la versión más equilibrada por consumo y prestaciones, ya que parte de un rediseño total del bloque y sus bajos (es un motor prácticamente nuevo y no sólo apretado) para soportar mejor sus nuevas cargas, asegurando así su acreditada fiabilidad. Así, el intercooler es más grande, el turbocompresor variable (Garrett VNT17) cambia de geometría, con mayor presión y tamaño (una turbina con álabes de más paso y una salida de mayor diámetro), y estrena nuevos difusores de inyección de mayor caudal. Pistones, bielas y cigüeñal son nuevos y reforzados, lo mismo que el bloque y la culata, mientras que del engrase se encarga una nueva bomba de aceite con un 25% más de caudal, amén de lubricar a chorro la parte interna de los pistones para refrigerarlos mejor. Ello unido a una nueva gestión electrónica del motor da como resultado no sólo 15 CV más, sino un par máximo de 31,6 mkg frente a 29 mkg antes, siempre al régimen de 1.900 rpm.

La curva de par y potencia la vemos a continuación, así como un detalle del turbo.

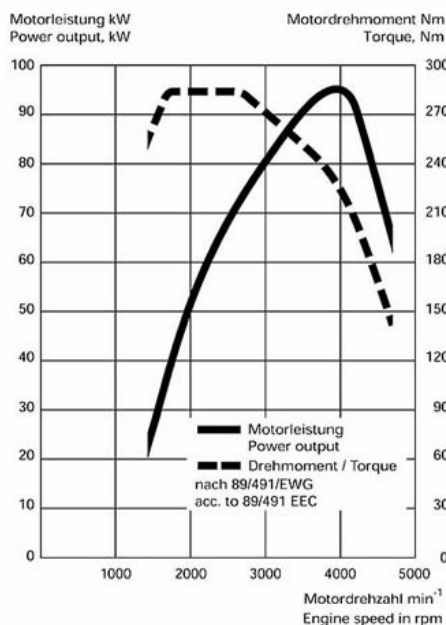
### 1,9 Liter-Vierzylinder-TDI-Motor

mit Pumpe-Düse-Hochdruckeinspritzung



1.9 litre four cylinder TDI engine  
with high-pressure pump-injector fuel injection

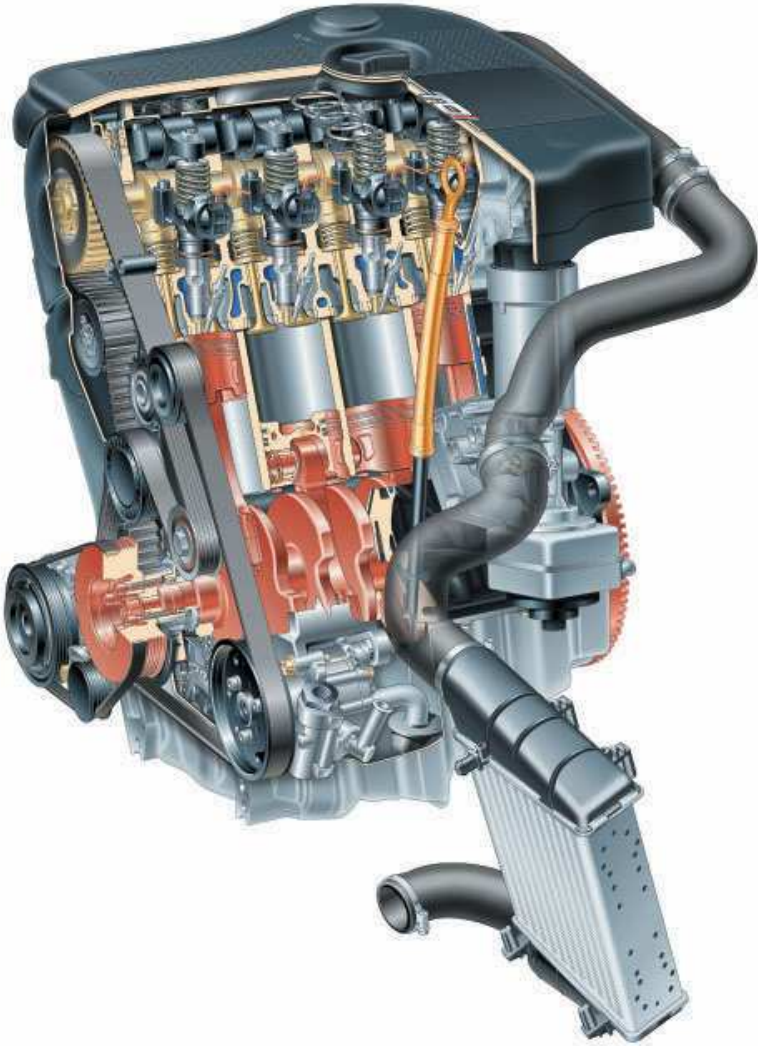
1.896 cc  
96 kW (130 bhp) at 4,000 rpm  
285 Nm from 1,750 to 2,500 rpm



VW Golf TDi  
130 CV



Transparencia del motor TDi 130. Se pueden apreciar claramente los módulos inyector-bomba, así como el eficaz intercooler.



## TDi de 150

El origen de este motor es el TDi de 130. La ganancia en potencia viene por el ya comentado turbo de geometría variable modelo Garrett VNT17 con álabes rediseñados. El intercooler también aumenta en su eficacia (86%) y tamaño. Este nuevo motor incluye importantes refuerzos internos, nuevas bielas y pistones, mayor capacidad de lubricación, una refrigeración más uniforme e, incluso, un cigüeñal afinado a su nuevo uso. Este motor se reserva como versión más potente y deportiva en diesel de algunas gamas de automóviles, como el Seat Leon, Toledo, o el Volkswagen Golf y Bora.



Vista del vano motor de un TDi 150

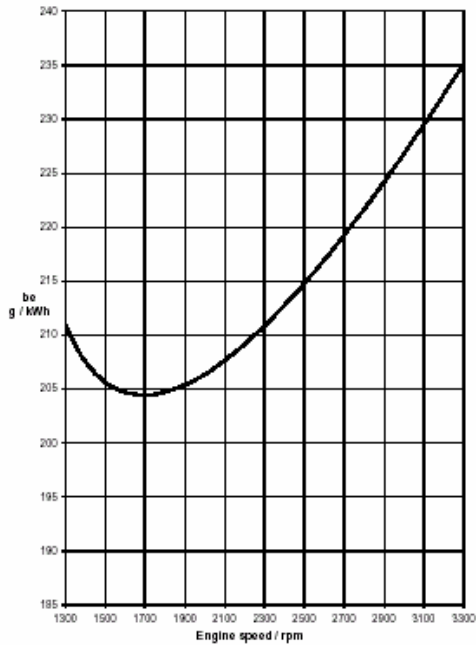


Las versiones más deportivas, con el TDi 150 se reservan las tres letras rojas.

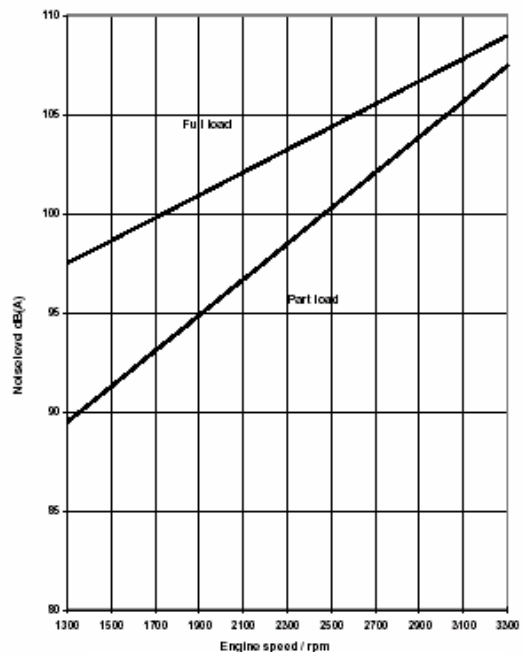


j) Algunas curvas características del motor TDi.

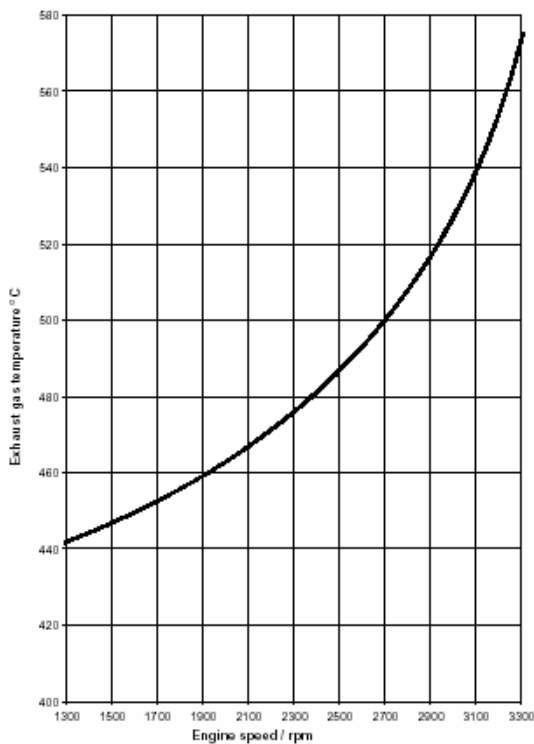
Aparte de las curvas de potencia vistas en los modelos en los que ha sido posible encontrarlas, disponemos de otras curvas que a continuación detallaremos:



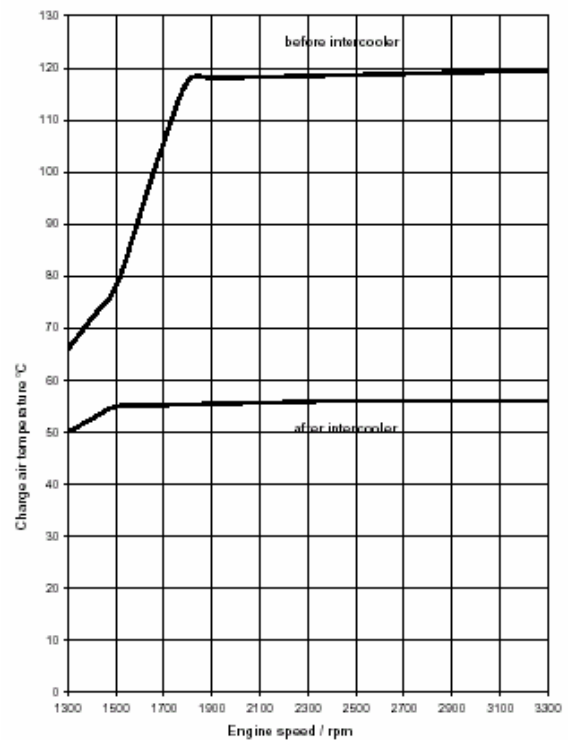
Curva de consumo específico



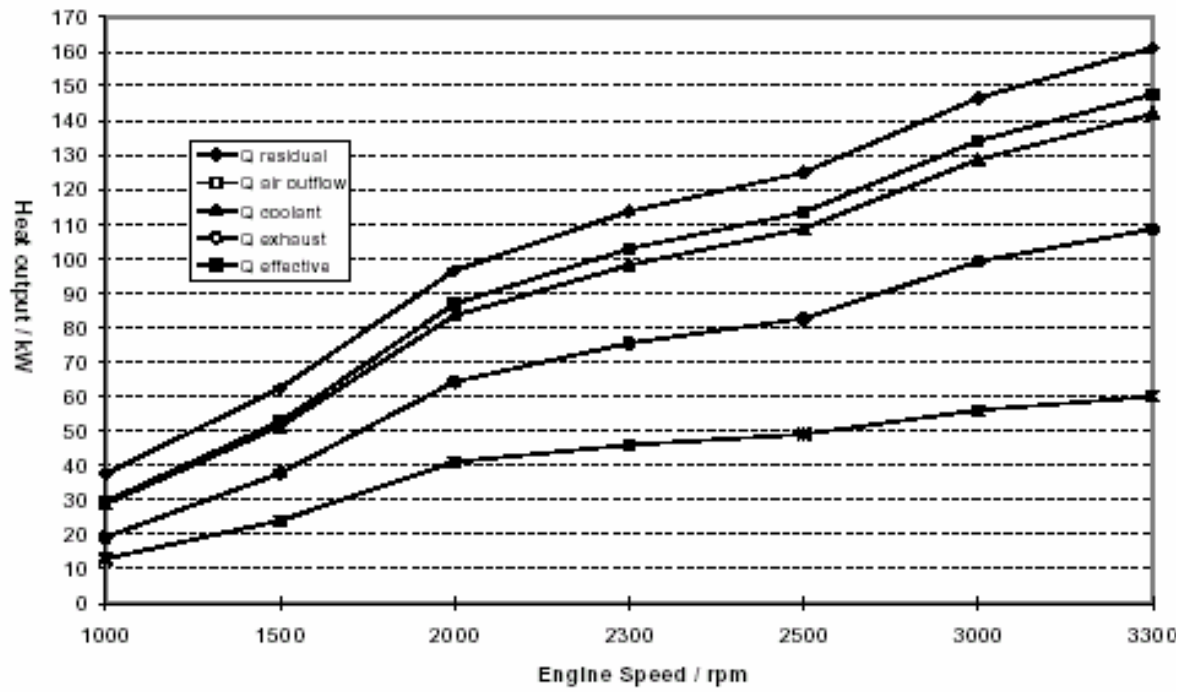
Curva de nivel sonoro



Curva T<sup>a</sup> gas escape



Curva T<sup>a</sup> aire de admisión antes y después del intercooler



Curva que representa la procedencia de las pérdidas de calor del motor y su cuantía.

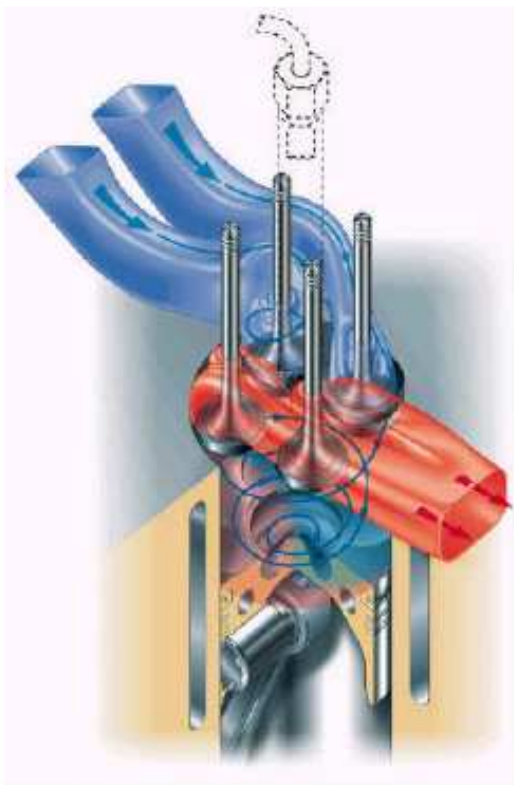
## 5.5 El futuro TDi.

Volkswagen ya está ultimando lo que sería su próxima generación de motores TDi. Todavía no hay datos concretos, pero parece que Volkswagen se decantará por usar la técnica 16V para conseguir una mejor respiración a altas vueltas y no sobrecargar en exceso al turbocompresor. La cilindrada se verá incrementada de 1.9 litros hasta 2.0 litros.

Podría haber un TDi 2.0 16V con 136 CV y otro con 160 CV en sus versiones iniciales.

Al parecer, el problema de situar una unidad inyector-bomba en una culata de 4 válvulas por cilindro se ha solventado o está en vías de hacerlo.

A continuación veremos unas imágenes sobre una cámara de combustión con 4 válvulas (no es la definitiva porque no aparenta tener inyector-bomba) así como otra de la posible culata que integraría también el inyector-bomba.



Como conclusión final, comentar la gran importancia que ha tenido este motor para el desarrollo final del motor diesel en automoción, llegando como vimos, a motorizar a modelos de cierto corte deportivo, lo que hace algunos años hubiera resultado extraño a la par que inviable, debido a los pobres valores de potencia por unidad de cilindrada que se obtenían.

## **6. Bibliografía.**

- Revistas especializadas (Autopista, Coche Actual, Motor 16...)
- Catálogos de vehículos (Golf, Bora, Passat, Leon....)
- Apuntes de la asignatura Motores Térmicos.
- Las siguientes páginas web y algunas otras no citadas.

[http://www.vwvortex.com/news/09\\_00/09\\_19/index.shtml](http://www.vwvortex.com/news/09_00/09_19/index.shtml)

<http://media.seat.com/esp/bol2/carpeta/>

<http://www.xouba.com/coia/seccion.asp?seccion=100>

<http://www.stealthtdi.com/VWDieselHistory.html>

<http://www.babiloneca.com/motoresDI.html>

[http://www.audiworld.com/news/99/tdi/a4\\_tdi.shtml](http://www.audiworld.com/news/99/tdi/a4_tdi.shtml)

<http://www.micoche.com/cochenuuevo/carnet/MODELOS/vw/Golf/index.htm>

<http://www.micoche.com/cochenuuevo/carnet/MODELOS/vw/Golf-noticias.htm>

<http://users.vnet.net/w123d/w123d/articles/future.htm>

<http://www.dooyoo.es/dooyoomag/dooyoomag7/articulo.html>

<http://www.audinews.info/engines/>

<http://vagboy.online.fr/>

<http://www.audiworld.com/news/00/newa4/content6.shtml>

[http://www.audiworld.com/news/99/tdi/1\\_9\\_cylinderhead.jpg](http://www.audiworld.com/news/99/tdi/1_9_cylinderhead.jpg)

<http://perso.wanadoo.fr/fbicocchi/turbo1.htm>

<http://www.audiworld.com/search/index.html>

<http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?cat=3&codigoDoc=170>

<http://www.audiworld.com/news/00/120100/content.shtml>

<http://users.vnet.net/w123d/w123d/articles/emissions.htm>

<http://www.stealthtdi.com/Reviews.html>

<http://www.sp-vms.com/vmsen/auto/mahle/mne99-1/e99-1-4r.htm>

<http://www.beetlebuzz.com/fsept.html>

<http://www.xouba.com/coia/seccion.asp?seccion=100>

<http://www.audiworld.com/news/00/newa4/tdi2.jpg>

<http://media.seat.com/en/leoncupraxis/ingles/tdi150/>

<http://www.tdiclub.com/TDIFAQ/>

[http://marca.recoletos.es/marca\\_motor/pruebas/dicembre01/peugeot307vwgolf/diferenciastecnicas.html](http://marca.recoletos.es/marca_motor/pruebas/dicembre01/peugeot307vwgolf/diferenciastecnicas.html)

<http://www.turbomaster.com/>

<http://www.redtecnicautomotriz.com/Recorrido/Articulos/Junio01.asp>

[http://www.vw-industrial.com/eng/produkt/prod\\_index.html](http://www.vw-industrial.com/eng/produkt/prod_index.html)

[http://www.vwtexas.com/vw\\_engines/tdi.asp](http://www.vwtexas.com/vw_engines/tdi.asp)