

MANTENIMIENTO DEL MOTOR DIESEL 2.7D V6 DEL JAGUAR S-TYPE Y REVISION A LOS 200.000Km

- 1. Objetivo del artículo**
- 2. Motor 2.7D V6 diésel**
- 3. Vehículos que incorporan el motor 2.7D V6 diésel**
- 4. Control del motor 2.7D V6 diésel**
 - 4.1. Ordenador que controla el motor 2.7D V6 diésel**
 - 4.2. Sensores a través de los cuales el ordenador obtiene el estado del motor**
 - 4.3. Actuadores a través de los cuales el ordenador interviene en el funcionamiento del motor**
 - 4.4. Sistema de inyección del motor 2.7D V6 diésel**
 - 4.4.1. Inyectores del motor 2.7D V6 diésel**
 - 4.4.2. Válvulas EGR del motor 2.7D V6 diésel**
- 5. Mantenimiento del motor 2.7D V6 diésel**
 - 5.1. Componentes que se sustituyen cada 24.000 Km**
 - 5.2. Componentes que se sustituyen cada 160.000 Km**
 - 5.3. Componentes que se sustituyen cada 200.000 Km**
 - 5.3.1. Identificación de mal funcionamiento de los inyectores y su sustitución**
 - 5.3.2. Identificación de mal funcionamiento de las válvulas EGR y su sustitución**
 - 5.4. Componentes que se sustituyen cada 240.000 Km**
- 6. Bibliografía de referencia utilizada**
- 7. Manejo de la documentación Jaguar para diagnosticar y resolver un problema**

1. Objetivo del artículo

El objetivo del presente artículo es compartir mi experiencia personal en el proceso de mantenimiento del motor 2.7D V6 diésel de mi vehículo Jaguar S-Type X206 (Model Year 2006), para que les pueda ser de utilidad a otros propietarios de vehículos que monten el mismo motor, facilitando las referencias de los repuestos de sus fabricantes originales, con el consiguiente ahorro que se deriva de la eliminación de los desmesurados coeficientes de transferencia que impone el fabricante del vehículo, la durabilidad del mismo consecuencia de un adecuado mantenimiento usando componentes originales y el proceso de estudio de la documentación que se requiere para poder ejecutar dicho mantenimiento.

Aprovecho para trasladar una breve descripción sobre la implantación del componente de control del motor, 2.7D V6 diésel, pues en mi opinión, si se entiende el funcionamiento del componente de control, es más fácil inferir las disfunciones que ocurren en el componente de potencia, localizarlas e identificar exactamente que hay que reparar o sustituir.

2. Motor 2.7D V6 diésel

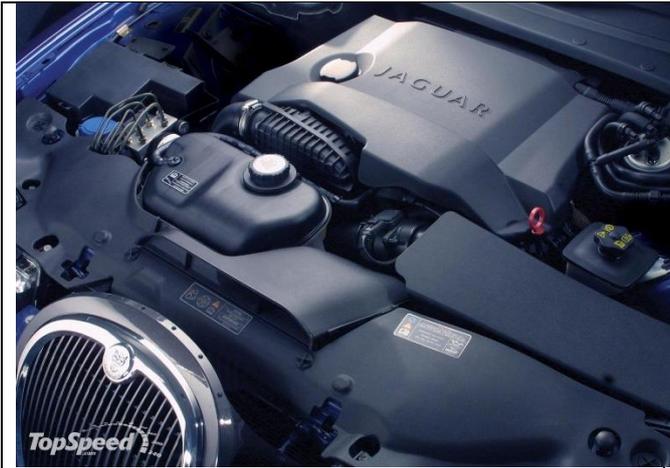
La familia de motores Lion fue desarrollada y fabricada por FORD en su Centro Diésel Dagenham (Inglaterra) para utilizarlos en vehículos Jaguar, Peugeot y Citroën, referido como DT17 por PSA como parte de la "joint venture" entre PSA y FORD en 1999 y como AJD-V6 por parte de FORD para vehículos Jaguar, Land Rover y Ford. Los motores de la familia Lion comparten la misma relación diámetro/carrera. El motor V6 desplaza una cilindrada de 2,7L y el motor V8 desplaza una cilindrada de 3,6L. Hubo una última actualización del motor 2.7 a 3.0 igualmente con 6 cilindros, en el que redujeron la relación de compresión de 17,3:1 a 16:1, probablemente para cumplir mejor con los requisitos EURO4.

El motor 2.7D V6 diésel se empezó a fabricar en 2004 y en el Jaguar S-Type se implantaron 2 versiones distintas, en el X204 (vehículos con Model Year 2005) se implantó una versión que cumple con requisitos de medioambiente EURO 3 y en la versión X206 (vehículos con Model Year 2006, desde 15 de Junio de 2005 hasta el final de fabricación en 2008) que cumple con los requisitos de medioambiente EURO 4. La principal diferencia entre ambas implementaciones en el S-Type es el sistema de escape y la inyección. El presente artículo aborda la implementación que cumple con la norma EURO 4 (que es mi vehículo), por tanto Model Year 2006, que es la que Jaguar instaló adicionalmente al S-Type, en el modelo XJ y en las primeras unidades del modelo XF. Dicho modelo también es el que instaló Citroën y Peugeot.

Las características más relevantes del motor 2.7D V6 diésel son:

- Configuración y cilindrada del motor:
 - Motor de 6 cilindros en V organizados en 2 bloques de 3, desplazados 60°
 - Cilindrada 2.720 cc
 - Diámetro x Carrera: 81,0 mm x 88,0 mm
 - Relación de compresión 17,3:1
- Bloque de cilindros y cárter:
 - Bloque de cilindros en fundición de acero con grafito compacto
 - Fijación atornillada de los componentes del bloque
- Cabezas de cilindros y válvulas:
 - Cabezas en aluminio de alta resistencia
 - Doble árbol de levas en cabeza (DOHC) con 4 válvulas por cilindro
- Aspiración:
 - Doble turbocompresor, uno por cada banco de 3 cilindros (Jaguar, Citroën y Peugeot)
 - Simple turbocompresor, uno para los 2 bancos de 3 cilindros (Land Rover y Ford)
 - Radiador intercooler aire-aire para enfriar el aire comprimido después de los turbos
 - Turbos de geometría variable mediante cruce de álabes en la tobera por actuación electrónica
 - Desactivación de las lumbreras de admisión con cierre por mariposas de actuación electrónica
- Sistema de combustible y gestión del motor:
 - Inyección directa de diésel por rail común (Common Rail)
 - Presión máxima de inyección de 1.650 bares
 - Dos inyecciones por tiempo de explosión, inyección piloto e inyección principal
 - Dos inyecciones por tiempo de escape durante regeneración y limpieza de filtro de partículas
 - Regeneración del filtro de partículas controlado por el ECU midiendo presión diferencial
 - Inyectores piezoeléctricos de tercera generación con toberas de orificios simétricos
 - Toberas de los inyectores con 6 orificios de 145 micrómetros
 - Control del motor mediante ECU (procesador + software) marca VDO

Las siguientes fotos, obtenidas de diferentes fuentes de Internet, ilustran el motor:

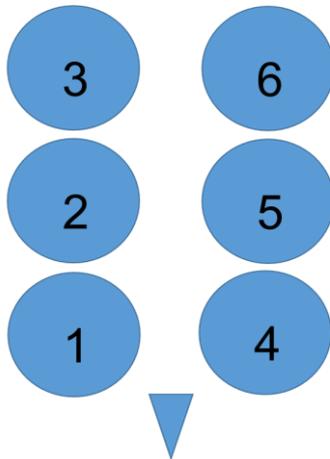


Vista frontal del motor según se abre el capot



Vista cuasi frontal del motor

NUMERACION
CILINDROS

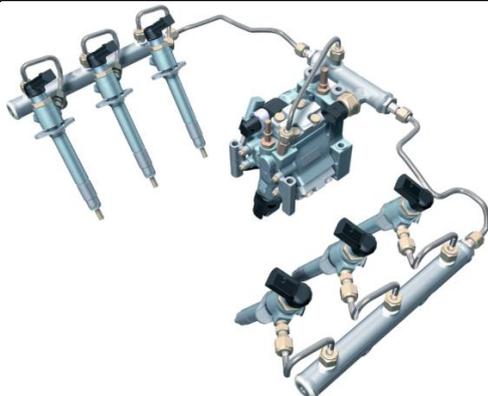


DELANTERA

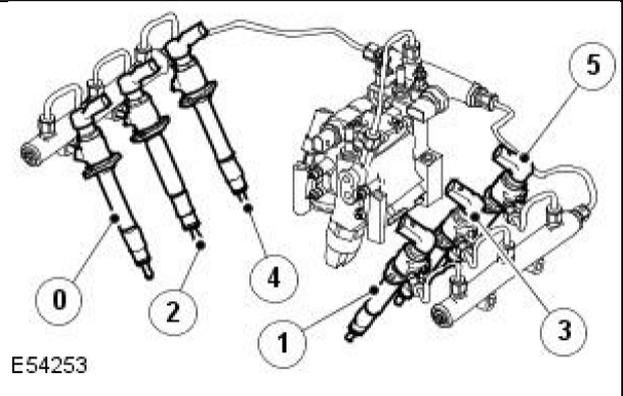
Numeración de cilindros. Vista frontal



Vista frontal motor sin la culata de cilindros 1, 2, 3



Sistema de inyección: bomba e inyectores



Numeración de inyectores. Distinta a los cilindros

Para más detalles ver artículo en Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Ford_AJD-V6/PSA_DT17

3. Vehículos que incorporan el motor 2.7D V6 diésel

Los siguientes vehículos montan el motor 2.7D V6 diésel con inyección y escape que cumple con EURO4:

- Jaguar S-Type X206
- Jaguar XJ
- Jaguar XF
- Citroën C5
- Citroën C6
- Peugeot 407
- Peugeot 607
- Land Rover Discovery 3
- Range Rover Sport
- Ford Territory

Jaguar monta el motor en disposición longitudinal con transmisión trasera. Peugeot y Citroën montan el motor en disposición transversal con transmisión delantera.

4. Control del motor 2.7D V6 diésel

El motor 2.7D V6 es un motor controlado por software, lo que implica, que para conocer su estado utiliza unos dispositivos empotrados en el mismo, referidos como sensores y para intervenir en su comportamiento utiliza unos dispositivos empotrados en el mismo, referidos como actuadores.

El término software es una forma genérica de referir una o un conjunto de aplicaciones informáticas integradas entre sí, con las que se implanta el control. Dichas aplicaciones informáticas son una implementación con soluciones particulares de las ecuaciones diferenciales con las que se modela el comportamiento del motor.

Los valores que, a intervalos regulares de tiempo, se obtienen de los sensores asociados a magnitudes físicas de tipo continuo (temperatura, presión, caudal másico de aire, temperatura del aire exterior, etc.) se obtienen a través de conversores analógico/digital (la entrada es un valor de tensión proporcional a la magnitud física y la salida es un valor numérico que representa dicho valor igualmente proporcional).

Los valores que, a intervalos regulares de tiempo, se obtienen de los sensores asociados a estados de tipo todo/nada (interruptor de pedal de freno pisado, interruptor de sobrepresión en el circuito de alta presión del aire acondicionado, interruptor de falta de presión de aceite, etc.) se obtienen a través de puertos digitales de entrada (indica que la entrada es un valor 1 si está activado y 0 si no está activado).

Lo mismo ocurre con los actuadores ya sean progresivos (continuos) o todo/nada. Los actuadores de tipo continuo se conectan a conversores digital/analógico y los de tipo todo/nada a puertos digitales de salida.

El periodo de tiempo que transcurre entre los sucesivos valores que se obtienen de los sensores o se envían a los actuadores tiene que ser el mismo (muestreo equidistante), se denomina intervalo de muestreo y tiene que ser como máximo la mitad del tiempo entre sucesivas variaciones de cualquier magnitud o estado físico del que se requiere obtener su valor. En términos de frecuencia, que es la inversa del periodo, la velocidad (frecuencia de muestreo) a la que se obtienen valores (muestras) de los conversores analógico/digitales y puertos digitales de entrada, tiene que ser el doble de la frecuencia máxima con la que varíe la magnitud física o estado a muestrear. Esto se conoce como "Criterio de Nyquist".

Los requisitos descritos anteriormente afectan a la potencia del procesador y a la forma de adoptar soluciones particulares en el proceso de automatización del motor. Un claro ejemplo de violación del Criterio de Nyquist que todos hemos visto en el cine, es cuando empieza a moverse hacia adelante la carreta de los indios, observamos que las ruedas giran hacia adelante (el tiempo que transcurre entre posiciones relativas de radios consecutivos de la rueda es mayor que el tiempo entre fotogramas $1/24$ seg.), pero a partir de una determinada velocidad observamos que la carreta sigue moviéndose hacia adelante, sin embargo, las ruedas empiezan a girar hacia atrás (el tiempo que transcurre entre posiciones relativas de radios consecutivos de la rueda es menor que el tiempo entre fotogramas $1/24$ segundo (el cine genera 24 fotogramas por segundo), de ahí, que se genere tal perversión.

Lo que quiero poner de manifiesto es que el proceso de automatización del control del motor es de alto nivel de complejidad, ya que puede adoptar un número grande de implementaciones distintas para la misma solución, lo que explica la dificultad de atribuir la participación de cada sensor y actuador en el funcionamiento del motor, sin tener la documentación interna de quien desarrolló el software de control.

Esta es la razón por la que se requiere la sonda software (la máquina como la refieren por aquí) para establecer el diagnóstico de cualquier mal funcionamiento del vehículo. Con dicha sonda los fabricantes facilitan una herramienta de diagnóstico sin tener que desvelar ni el “QUE” (información), ni el “COMO” (conocimiento), ni el “POR QUE” (comprensión) del funcionamiento del mismo, necesarios para acotar la disfunción de cualquiera de sus componentes y proceder a su reparación. Esto también explica por qué sólo se sustituyen piezas y no se reparan, simplemente porque falta información, conocimiento y comprensión sobre el vehículo, que el fabricante oculta deliberadamente y no transfiere de manera formalizada.

El control del motor diésel 2.7D V6 está implantado con:

- 1 ECU (Electronical Control Unit) SIEMENS SID 201/4, referido por Jaguar como PCM
- Sensores directamente conectados al ECU PCM. Son entradas al sistema de control
- Actuadores directamente conectados al ECU PCM. Son salidas del sistema de control
- Valores obtenidos por bus CAN de otros ECUs. Son entradas al sistema de control.

4.1. Ordenador que controla el motor 2.7D V6 diésel

El ordenador o ECU (Electronical Control Unit) más el software que corre en él, con el que está implantado el control del motor AJD-V6 2.7D V6 diésel, es una integración ejecutada por SIEMENS, propietario de la marca VDO en la fecha en que se hizo el desarrollo. Jaguar lo refiere como PCM (Powertrain Control Module) para distinguirlo del equivalente para motores de gasolina, que lo refiere como ECM (Engine Control Module), aunque esta distinción no es consistente en toda la literatura Jaguar y requiere interpretar el contexto para saber exactamente el tipo de motor que se está abordando.

El PCM, si bien en su envoltorio, tiene referencias SIEMENS y SIEMENS/VDO, internamente incluye un procesador de 32 bits del fabricante Motorola de la serie MPC5xx.

La integración generada por SIEMENS se conoce como SID 20x (donde x toma valores 1, 3 y 4).

Para profundizar más en estos detalles, buscar manuales y bibliografía relacionada con el “chip-tuning”, tal como:

<http://www.carsets.co.uk>

<http://www.kessv2-alienech.com/es?qclid=CJ2s6aPy98kCFQUewwodxT4NFq>



El PCM tiene las siguientes referencias Jaguar, obtenidas del JEPC (Jaguar Electronic Part Catalog):

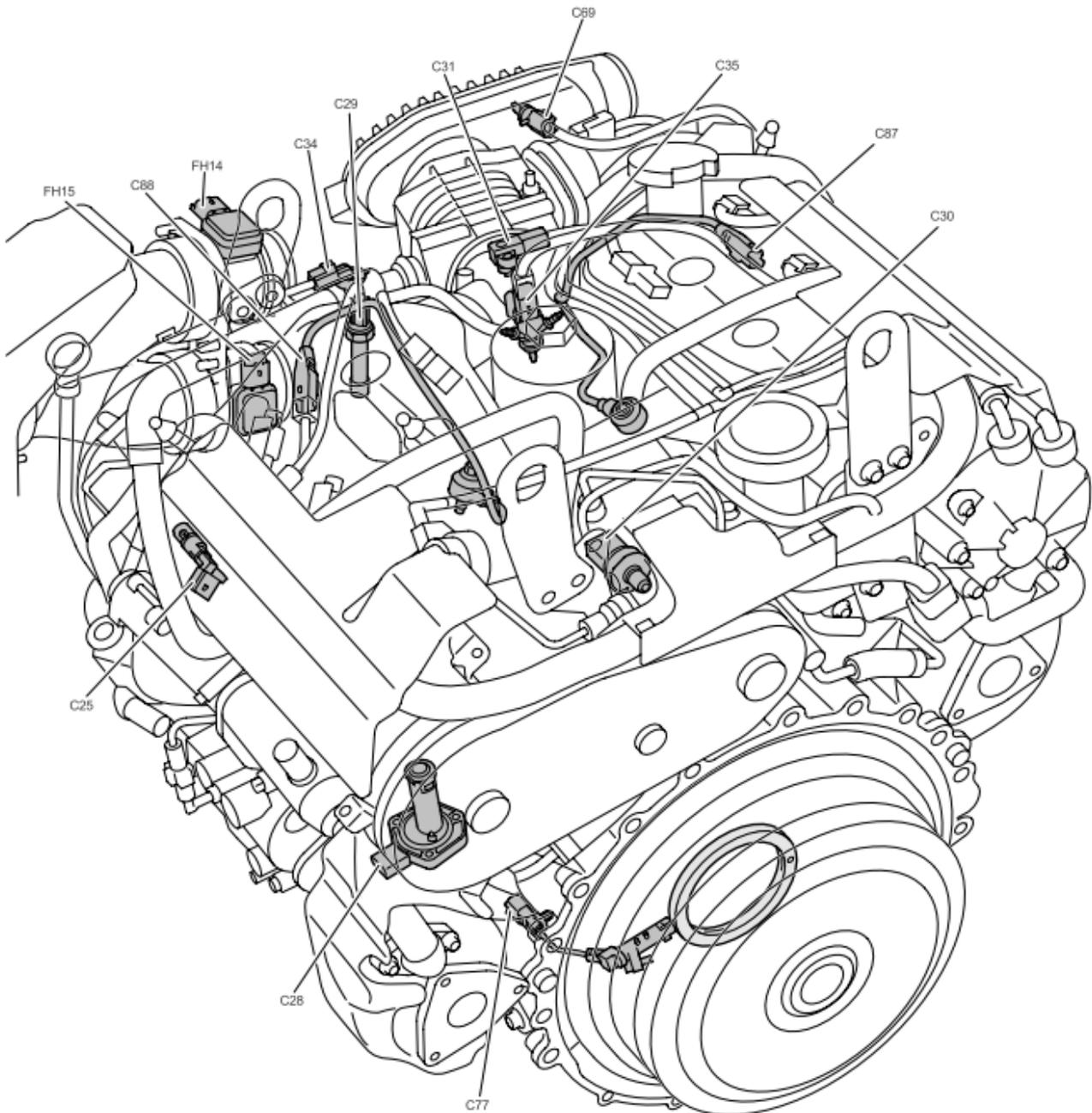
S-TYPE → ENGINE MANAGEMENT/EMISION SYSTEM → ENGINE MANAGEMENT CONTROL MODULE → ELECTRONIC CONTROL MODULE → 7 Engine Control Module → 2.7 Litre turbo diesel:

- From VIN (N13089) To VIN (N21879): C2C25690 (X204, Model Year 2004.75)
- From VIN (N21880) To VIN (N25634): C2C26589
- From VIN (N25635) To VIN (N30015): C2C26869
- From VIN (N30016) To VIN (N52047): C2C38868
- From VIN (N52048) To VIN (N79700): C2C32931 (X206, Model Year 2006)
- From VIN (N79701): C2C36797 (X206, desde 2007 hasta final de fabricación)

Para interpretar correctamente la referencia que corresponde al motor de nuestro vehículo, es necesario mirar la tabla de asociación entre Model Year (Año de Fabricación) y Número de Serie (últimos 6 caracteres del VIN), obtenida del manual de especificaciones técnicas de vehículos Jaguar 2012:

Model Year	VIN inicial	Introducción de los motores
1999.25	L00600	1999.25 – Introducción del motor de gasolina V8 de 4.0 L 1999.25 – Introducción del motor de gasolina V6 de 3.0 L
2000	L31321	
2000.5	L52923	
2001	L86902	
2002.5	M45255	2002.50 – Introducción del motor de gasolina V6 de 2.5 L 2002.50 – Introducción del motor de gasolina V8 de 4.2 L atmosférico y supercargador
2003	M62936	
2004	M94765	
2004.5	N13089	
2004.75	N14071	2004.75 – Introducción del motor diésel V6 de 2.7 L turboalimentado (turbocompresor)
2006	N52048	
2007	N71665	
2008 y final	N80181 - N91220	

Ubicación física de los sensores en el motor 2.7D V6 diésel, obtenido del manual eléctrico S-Type MY 2006.



Motor diésel 2.7D V6 visto en posición longitudinal desde la posición del conductor. Cilindros 1, 2 y 3 a la derecha y 4, 5 y 6 a la izquierda. En primer plano está el volante de inercia que conecta con la caja de cambios manual o automática.

Quien desee profundizar más sobre sensores, sus tipos y su funcionamiento, sin que se requiera excesivos conocimientos de física y cálculo, puede seguir y descargar los cursos del siguiente enlace:

<http://www.aficionadosalamecanica.net/cursos-de-electricidad/>

La siguiente tabla describe los sensores (se recuerda que son entradas al sistema de control) más importantes empotrados en el motor. Hay otros sensores conectados al ECU PCM que no están empotrados en el motor y que se utilizan para gobernar su funcionamiento. La tabla incluye 3 columnas:

Id./Ub.: Identificador acrónimo del sensor, conector y esquema eléctrico en el que se localiza

Señal: Tipo de señal que proporciona: analógica (magnitud continua) o digital (magnitud todo/nada)

Descripción y utilidad: Proporciona una descripción con su referencia original en idioma inglés tal como aparece en los manuales de Jaguar y su traducción conceptual al idioma español, así como una breve descripción de su utilidad.

SENSORES DEL MOTOR DIESEL 2.7D V6 (página 73 del manual eléctrico S-Type 2006, Fig. 03.7 y Fig. 3.8)		
Id./Ub.	Señal	Descripción y utilidad
CKP C77 Fig.3.7	Analógica	CKP: Crankshaft Position Sensor Sensor de posición del cigüeñal Se utiliza para sincronizar la inyección
CMP C25 Fig.3.7	Analógica	CMP: Camshaft Position Sensor Sensor de posición del árbol de levas del banco de cilindros 2 Se utiliza para sincronizar el tiempo de explosión de cada cilindro
FRP C30 Fig.3.7	Analógica	FRP: Fuel Rail Pressure Sensor Presión de la rampa de combustible en el Common Rail. La tensión aumenta al aumentar la presión Se utiliza para regular el caudal de diésel que envía la bomba de alta presión al Common Rail
KS1 C87 Fig.3.7	Analógica	KS1: Knock Sensor 1 RH Bank Sensor Sensor de picado 1 de banco de cilindros 1 (cilindros 1, 2, y 3). La tensión diferencial aumenta con el temblor Se utiliza para identificar excesivo avance de la inyección piloto y regular la principal en cada explosión
KS2 C88 Fig.3.7	Analógica	KS2: Knock Sensor 2 LH Bank Sensor Sensor de picado 2 del banco de cilindros 2 (cilindros 4, 5 y 6) Se utiliza para identificar excesivo avance de la inyección piloto y regular la principal en cada explosión
MAF1 FH14 Fig.3.7	Analógicas	MAF1+IAT1: Mass Air Flow + Intake Air Temperature Sensors Sensor de caudal másico + Sensor de temperatura del aire de entrada al banco de cilindros 1 (1, 2 y 3) Se utilizan ambos sensores para regular la inyección y el turbo del banco de cilindros 1 (1, 2 y 3)
MAF2 FH15 Fig.3.7	Analógicas	MAF2+IAT2: Mass Air Flow + Intake Air Temperature Sensors Sensor de caudal másico + Sensor de temperatura del aire de entrada al banco de cilindros 2 (4, 5 y 6) Se utiliza el sensor MAF para regular la inyección y el turbo del banco 2 cilindros: 4, 5 y 6. No se usa el IAT2
ECT C34 Fig.3.7	Analógica	ECT: Engine Coolant Temperature Sensor Sensor de temperatura del refrigerante del motor Se utiliza para controlar inyección, electro-ventilador de velocidad variable y caldera de calentamiento auxiliar
EOT C28 Fig.3.7	Analógica	EOT: Engine Oil Temperature Sensor de temperatura del aceite de lubricación del motor. La tensión disminuye al subir temperatura Se utiliza para pasar el modo de control de bucle abierto a bucle cerrado (sistema realimentado)
ACT C69 Fig.3.7	Analógica	ACT: Air Charge Temperature Sensor Sensor de temperatura en el cuerpo de admisión, previo al paso por la mariposa del mismo Se utiliza para regular la inyección, función de la temperatura del aire que está pasando
EFT C35 Fig.3.7	Analógica	EFT: Engine Fuel Temperature Sensor Sensor de temperatura del combustible de retorno de los inyectores del motor Se utiliza para determinar si hay que derivar el diésel de retorno de los inyectores al radiador de enfriado
MAP C3 Fig.3.7	Analógica	MAP: Manifold Absolute pressure Sensor de presión absoluta de aire en el cuerpo de admisión, posterior al paso por la mariposa Se utiliza para regular la inyección
FRP C30 Fig.3.7	Analógica	FRP: Fuel Rail Pressure Sensor Sensor de presión en el rail común (Common Rail), presión de alimentación de los inyectores Se utiliza para regular la apertura de los inyectores y el caudal de la bomba de alta presión
ETB C39 Fig.3.7	Analógica	ETB: EGR Throttle Body Position Sensor de posición de la mariposa del cuerpo de admisión. La tensión toma valores de 0 a 5V Se utiliza para monitorizar la apertura de la mariposa del cuerpo de admisión en el paso de aire
OPS C29 Fig.7.1	Digital	OPS: Oil Pressure Switch Interruptor que señala falta de presión de aceite Se utiliza para proteger el motor en caso de falta de presión de aceite suficiente para lubricarlo
ISW CA4 Fig.3.7	Digital	ISW: Inertia Switch Interruptor de inercia que se activa por golpe frontal. Se abre el circuito cuando se activa Se utiliza para cortar la alimentación de la bomba de combustible empotrada en el depósito
DPPF FH311 Fig.3.7	Analógica	DPPF: Diesel Particle Filter Differential Pressure Sensor Sensor de presión diferencial del filtro de partículas diésel del tubo de escape Se utiliza para monitorizar la colmatación del DPF y activar la regeneración del mismo.
BSW1 CA37 Fig.3.7	Digital	BSW1: Brake On/Off Switch Interruptor del pedal de freno que identifica activado/desactivado Se utiliza para identificar cuando se pisa el pedal del freno (está duplicado)
EGR1 C70 Fig.3.7	Analógica	EGR1: Exhaust Gas Recirculation 1 (Bank 1) Monitorización de apertura de la válvula de recirculación de gases del banco de cilindros 1 (1, 2 y 3) Se utiliza para saber en qué posición está abierta la válvula
EGR2 C71 Fig.3.7	Analógica	EGR2: Exhaust Gas Recirculation 2 (Bank 2) Monitorización de apertura de la válvula de recirculación de gases del banco de cilindros 2 (4, 5 y 6) Se utiliza para saber en qué posición está abierta la válvula
APP1 CA88 Fig.3.7	Analógica	APP1: Accelerator Pedal Position Sensor 1 Sensor de posición 1 del acelerador Se utiliza para indicar la aceleración que se demanda al motor
APP2 CA88 Fig.3.7	Analógica	APP2: Accelerator Pedal Position Sensor 2 Sensor de posición 2 del acelerador (entra en funcionamiento como a mitad del pedal) Se utiliza para indicar al control que se demanda aceleración de emergencia al motor
DPFT GB10 Fig.3.8	Analógica	DPFT: Diesel Particulate Filter Temperature Sensor Sensor de temperatura del filtro de partículas diésel insertado en medio de los tubos de escape Se utiliza para verificar el funcionamiento de la regeneración del DPF
CCUT1 GB9 Fig.3.8	Analógica	CCTB1: Catalytic Converter Upstream Temperature Bank 1 Sensor Sensor de temperatura al principio del catalizador del banco de cilindros 1 (1, 2 y 3) Se utiliza para monitorizar y controlar las emisiones
CCDT1 GB7 Fig.3.8	Analógica	CCTB1: Catalytic Converter Downstream Temperature Bank 1 Sensor Sensor de temperatura al final del catalizador del banco de cilindros 1 (1, 2 y 3) Se utiliza para monitorizar y controlar las emisiones

CCUT2 GB8 Fig.3.8	Analógica	CCTB1: Catalytic Converter Upstream Temperature Bank 2 Senor Sensor de temperatura al principio del catalizador del banco de cilindros 2 (4, 5 y 6) Se utiliza para monitorizar y controlar las emisiones
CCTD2 GB6 Fig.3.8	Analógica	CCTB1: Catalytic Converter Downstream Temperature Bank 2 Senor Sensor de temperatura al final del catalizador del banco de cilindros 2 (4, 5 y 6) Se utiliza para monitorizar y controlar las emisiones
ACP FH110 Fig.3.8	Digital	ACP: Air Conditioning Pressure Sensor Sensor de presión en el circuito de alta presión a la salida del compresor del aire acondicionado Se utiliza para monitorizar el buen funcionamiento del aire acondicionado
BSW2 CA36 Fig.3.8	Digital	BSW2: Brake On/Off Switch Interruptor del pedal de freno que identifica activado/desactivado Se utiliza para identificar cuando se pisa el pedal del freno (está duplicado)
SWSC SQ3 Fig.3.8	Digital	SWSC: Steering Wheel Speed Control Interruptores de control de velocidad de crucero (no adaptativo) Se usa para gestionar (activar, cancelar, aumentar, disminuir) la velocidad de crucero

4.3. Actuadores a través de los cuales el ordenador interviene en el funcionamiento del motor

El ECU PCM tiene directamente conectados actuadores con los que ejecuta la estrategia de control sobre el motor, independientemente de que ésta se haya generado en bucle abierto (cuando el motor aún está frío) o en bucle cerrado (cuando el motor ya ha alcanzado la temperatura idónea de funcionamiento) y utiliza los valores proporcionados por los sensores directamente conectados y por otros ECUs. La activación puede ser por control directo, cuando requiere tiempo de respuesta inmediato (sin retardos) o indirecto a través de un relé, cuando el tiempo de respuesta no es crítico o el consumo de corriente es excesivo.

Actuador:

Es un dispositivo de potencia empotrado en una máquina para interactuar con ella, siguiendo las instrucciones que le proporciona un ordenador (en este caso el ECU PCM). Los actuadores pueden ser de tipo continuo (apertura de la mariposa del cuerpo de admisión de aire, apertura de las válvulas EGR, etc.), o de tipo todo/nada (cerrado de las lumbreras de admisión cuando se levanta el pie del acelerador, activación de la bomba de combustible empotrada en el depósito, etc.).

Hay 2 tipos de actuadores empotrados en el motor, los que su respuesta es crítica y los que no lo es tanto. Los actuadores cuya respuesta es crítica, tienen adosado un sensor que permite medir de forma inmediata si el actuador ha ejecutado la orden que se le ha dado y con el valor que se le ha ordenado. Un ejemplo son las válvulas EGR, otro ejemplo es la apertura de la mariposa del cuerpo de admisión.

Los actuadores de tipo continuo requieren ser excitados con señales analógicas o pulsos codificados con ancho variable (PWM) y los de tipo todo/nada requieren ser excitados con señales digitales. Las señales analógicas las genera el ECU a través de conversores digital/analógico de salida y las señales digitales las genera a través de puertos digitales de salida.

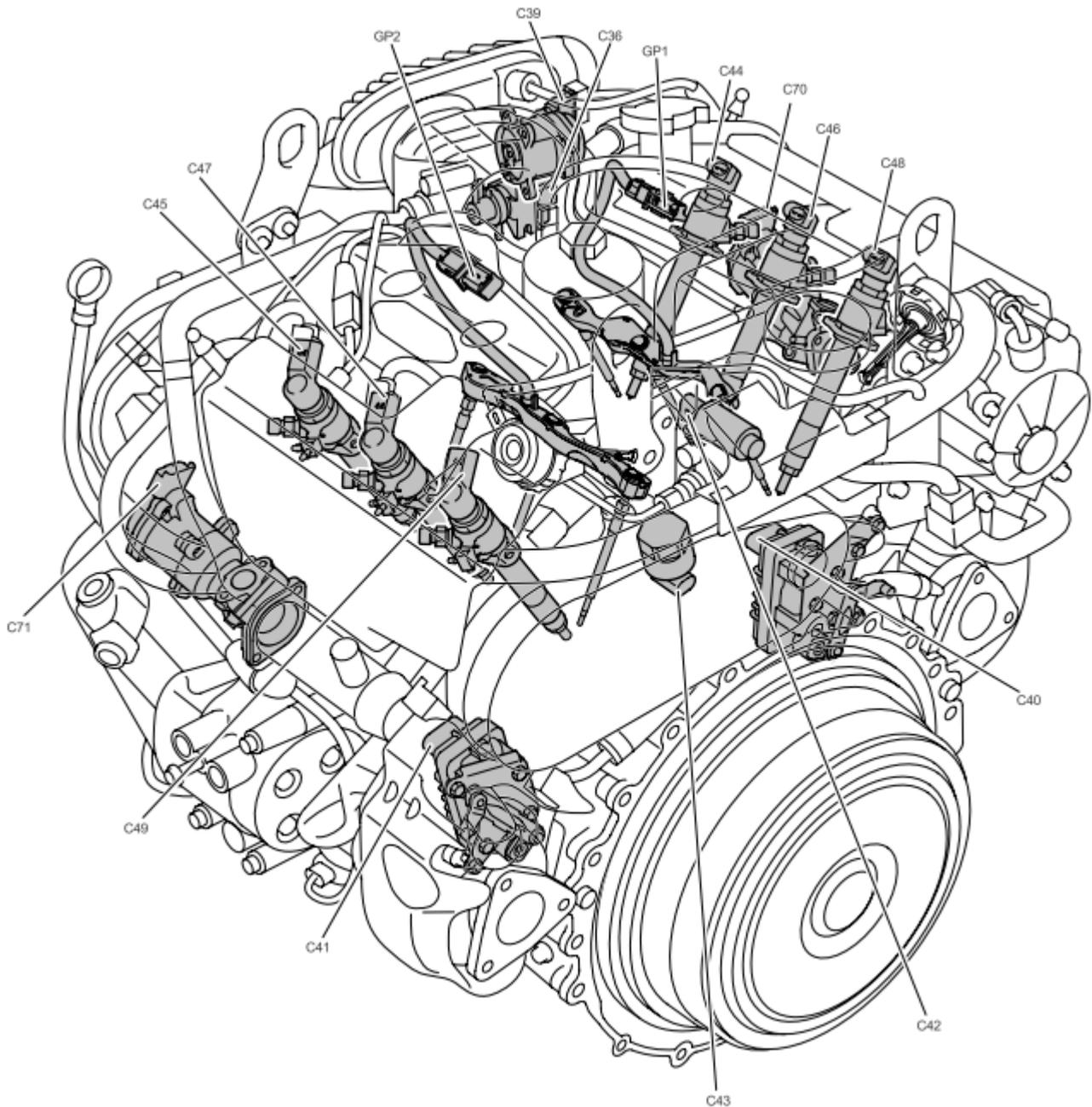
En todos los modelos de vehículos Jaguar cualquier orden siempre se ejecuta de forma indirecta, es decir, cuando pulsamos un botón se informa al ordenador que gobierna o controla el componente sobre el que se quiere ejecutar la acción y es el ordenador quien determina, en base a las reglas programadas en el software de control, si dicha acción es ejecutable y en qué forma. Un ejemplo que ilustra muy bien este funcionamiento, es el freno eléctrico de estacionamiento, si vamos circulando a más de 5Km/h y tiramos de él, no nos hará caso, salvo que tiremos de forma continua sin soltarlo, sin embargo, si la velocidad es inferior a 5Km/h clavará el freno de estacionamiento sobre las ruedas traseras.

Como las reglas con las que el software determina el comportamiento de un componente o subsistema del vehículo interviniendo con los actuadores, Jaguar no las hace públicas, se sugiere no realizar pruebas en condiciones que generen riesgo para terceras personas, para nosotros mismos o incluso para el vehículo.

Medir el comportamiento de un actuador externamente requiere conocer el tipo de señal con la que se controla (señal analógica y su rango o tren de pulsos con ancho variable y modulación proporcional (PWM) o señal digital) y disponer del equipamiento de instrumentación para realizar la medida. Esta función de medida la emula la sonda software que proporciona el fabricante (la máquina), pero dicha estrategia nos proporciona el valor calculado internamente y no garantiza medir correctamente el comportamiento del actuador, ya que podría estar mal el conversor digital/analógico del ECU o podría estar mal el componente eléctrico del actuador o podría estar mal el componente mecánico del actuador.

El equipo de instrumentación que permite medir externamente la señal de control de cualquier actuador es un osciloscopio con memoria y ancho de banda, mínimo 4 veces el ancho de banda de la señal de mayor frecuencia (la más rápida).

Ubicación física de los actuadores en el motor 2.7D V6, obtenido del manual eléctrico S-Type MY 2006.



Motor diésel 2.7D V6 visto en posición longitudinal, desde la posición del conductor. Cilindros 1, 2 y 3 a la derecha y cilindros 4, 5 y 6 a la izquierda. En primer plano está el volante de inercia que conecta con la caja de cambios manual o automática.

Los actuadores en general son dispositivos movidos por motores eléctricos muy precisos, tal es el caso de las 2 válvulas EGR que incluyen sendos motores paso a paso (steep-motor) que se activan mediante un tren de pulsos modulados en ancho (PWM).

La siguiente tabla describe los actuadores (se recuerda que son salidas del sistema de control) más importantes empotrados en el motor y conectados al ECU PCM. La tabla incluye 3 columnas:

Id./Ub.: Acrónimo del actuador, conector y esquema eléctrico en el que se localiza

Señal: Tipo de señal que requiere: analógica (señal continua), tren de pulsos modulados en amplitud (PWM) y digital (señal todo/nada)

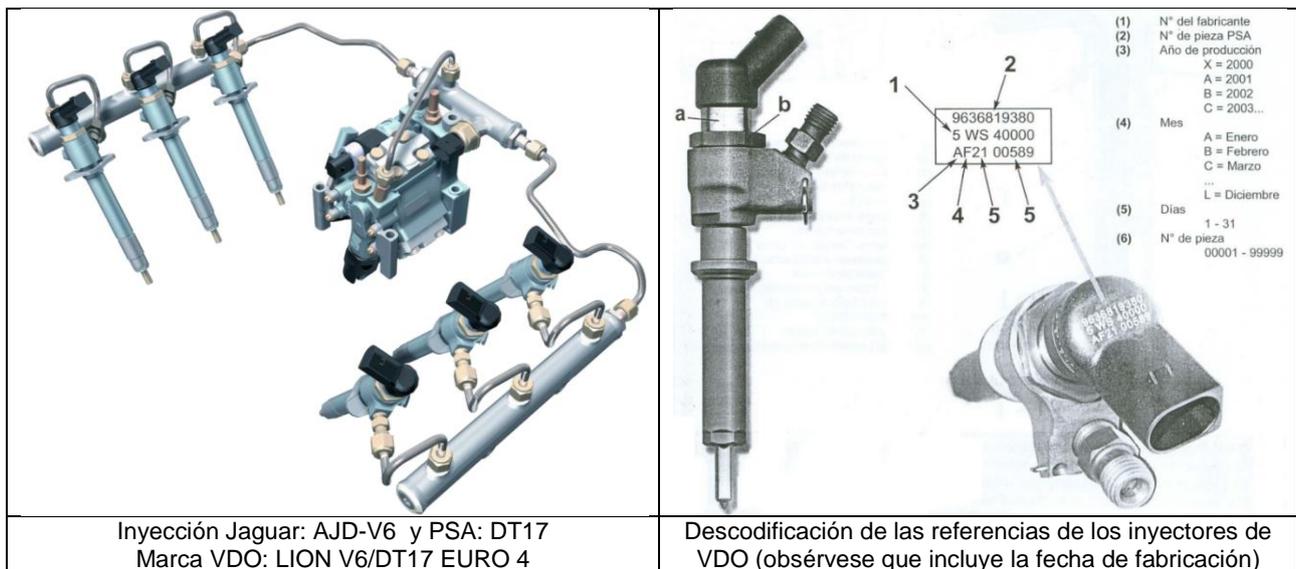
Descripción y utilidad: Proporciona una descripción con su referencia original en idioma inglés, tal como aparece en los manuales de Jaguar y su traducción conceptual al idioma español, así como una breve descripción de su utilidad.

ACTUADORES DEL MOTOR DIESEL 2.7D V6 (página 73 del manual eléctrico S-Type 2006, Fig. 03.7 y Fig. 3.8)		
Id./Ub.	Señal	Descripción y utilidad
REA1 C40 Fig.3.7	Analógica	REA1: Rotary Electronic Actuator 1 Actuador electrónico de rotación de los álabes de la tobera del turbo 1 para regular velocidad de giro turbina Se utiliza para aumentar o disminuir la presión con que sopla el turbo (mayor o menor caudal de aire)
REA2 C41 Fig.3.7	Analógica	REA2: Rotary Electronic Actuator 2 Actuador electrónico de rotación de los álabes de la tobera del turbo 2 para regular velocidad de giro turbina Se utiliza para aumentar o disminuir la presión con que sopla el turbo (mayor o menor caudal de aire)
IPDS C87 Fig.3.7	Digital	IPDS: Inlet Port Deactivation Solenoid Solenoid de desactivación de las lumbreras en los colectores de admisión Se utiliza para cortar la entrada de aire a los cilindros cuando se deja de acelerar (transductor neumático)
EGR1 C70 Fig.3.7	Analógica PWM	EGR1: Exhaust Gas Recirculation 1 (Bank 1) Abre la válvula de recirculación de gases del banco de cilindros 1 (1, 2 y 3). Esta apertura está monitorizada Reintroduce parte de los gases de escape en el colector de admisión para varios propósitos
EGR2 C71 Fig.3.7	Analógica PWM	EGR2: Exhaust Gas Recirculation 2 (Bank2) Abre la válvula de recirculación de gases del banco de cilindros 2 (4, 5 y 6). Esta apertura esta monitorizada Reintroduce parte de los gases de escape en el colector de admisión para varios propósitos
INJC1 C44 Fig.3.8	Analógica	INJC1: Injector of Cylinder 1 Inyector piezoeléctrico del cilindro 1. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ0 (0) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 1
INJC2 C46 Fig.3.8	Analógica	INJC2: Injector of Cylinder 2 Inyector piezoeléctrico del cilindro 2. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ2 (2) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 2
INJC3 C48 Fig.3.8	Analógica	INJC3: Injector of Cylinder 3 Inyector piezoeléctrico del cilindro 3. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ4 (4) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 3
INJC4 C45 Fig.3.8	Analógica	INJC4: Injector of Cylinder 4 Inyector piezoeléctrico del cilindro 4. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ1 (1) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 4
INJC5 C47 Fig.3.8	Analógica	INJC5: Injector of Cylinder 5 Inyector piezoeléctrico del cilindro 5. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ3 (3) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 5
INJC6 C49 Fig.3.8	Analógica	INJC6: Injector of Cylinder 6 Inyector piezoeléctrico del cilindro 6. La referencia interna del inyector para errores DTC es INJ5 (5) Se utiliza para inyectar combustible a razón de 2 inyecciones por tiempo de explosión en cilindro 6
GPCM FH20 Fig.3.8	Digital	GPCM: Glow Plug Control Module Módulo al que están conectadas las bujías incandescentes de precalentamiento para arranque en frío Se utiliza para calentar las cámaras de combustión y facilitar la detonación cuando el motor está frío
ACCCR Fig.3.8	Digital	ACCCR: Air Conditioning Compressor Clutch Relay Relé de activación del embrague eléctrico del compresor de aire acondicionado Se usa para conectar y desconectar el compresor de aire acondicionado acorde a la demanda
CFM FH120 Fig.3.8	Analógico PWM	CFM: Cooling Fan Module Módulo de control empotrado en el electro-ventilador adosado al conjunto de radiadores frontales Se utiliza para hacer girar el electro-ventilador a la velocidad (variable) más conveniente para enfriar
FLPR Fig.3.8	Digital	FLPR: Fuel Lift Pump Relay Relé de activación de la bomba de suministro de diésel sumergida en el depósito de combustible Se utiliza para alimentar la bomba de alta presión de la inyección con diésel procedente del depósito
VCV C42 Fig. 3.8	Analógica PWM	VCV: Volumetric Control Valve Válvula de control volumétrico empotrada en la bomba de inyección de alta presión Se utiliza para regular el caudal de diésel que impulsa la bomba de alta presión
PCV C43 Fig.3.8	Analógica PWM	PCV: Pressure Control Valve Válvula reguladora de presión empotrada en la bomba de inyección de alta presión Se utiliza para regular la presión en el rail común (Common Rail) al que están conectados los inyectores

4.4. Sistema de inyección

La inyección del motor 2.7D V6 está compuesta por:

- 1 Bomba de alta presión
- 1 Rail común (Common Rail) compuesto por 2 ramas, una por banco de cilindros
- 6 Inyectores piezoeléctricos
- 1 Circuito de retorno del diésel sobrante de los inyectores
- 1 Filtro de aire común a la alimentación de los 2 turbos
- 1 Cuerpo de admisión de aire
- 2 Colectores de admisión
- 2 Colectores de escape
- 2 Válvulas de recirculación de gases (EGR)
- 2 Turbocompresores movidos por los gases de escape
- 2 Catalizadores
- 1 Filtro de partículas diésel
- Todos los sensores del motor
- Todos los actuadores del motor



Inyección Jaguar: AJD-V6 y PSA: DT17
 Marca VDO: LION V6/DT17 EURO 4

Descodificación de las referencias de los inyectores de VDO (obsérvese que incluye la fecha de fabricación)

No es posible atribuir la participación de los diferentes sensores del motor en la inyección, porque no está accesible la documentación ni por parte de Jaguar, ni por parte de SIEMENS/VDO (fabricante del ECU, del software de control del ECU, de la bomba de inyección, de los inyectores y de casi todos los sensores y actuadores que incluye el motor 2.7D V6).

En último extremo lo que tiene que establecer de forma muy precisa el ECU, es el tiempo que está abierto cada inyector, ya que éste determina la cantidad de diésel que ingresa al cilindro en cada inyección, respetando la relación estequiométrica de la reacción química (14,5g de aire por cada 1g de diésel) y sin que ésta supere el umbral de temperatura a partir de la cual se generan los indeseables óxidos de Nitrógeno, que son letales para la salud.

Como la casuística a resolver en la inyección es muy grande, se calcula externamente (en un banco de pruebas) lo que se conoce como "mapa de inyección" y se tabula. Lo que de verdad realiza el software del ECU es seleccionar que escenario se acopla mejor con los valores que aportan en cada instante de tiempo los sensores, para seleccionar de la tabla los valores con los que establecer el comportamiento de los actuadores.

Sin saber exactamente con que peso participan los diferentes sensores en el comportamiento de los actuadores para gobernar la inyección del motor 2.7D V6 diésel, a partir del modelo general de inyección directa con válvulas en cabeza, se puede intuir cuales son los de mayor relevancia, con el fin de focalizar en ellos nuestro mayor esfuerzo de mantenimiento:

- MAF 1 y 2: Sensor de caudal mássico: permite calcular la masa de aire que está pasando por cada conducto que va a cada uno de los 2 turbos, corregida por la altura sobre el nivel del mar.
- IAT1: Sensor de temperatura del aire de entrada asociado al MAF 1: permite calcular la masa de aire, ya que ésta depende de la temperatura (también de la altura sobre el nivel del mar).
- ETB: Cuerpo de admisión con mariposa: permite regular el caudal total de aire que ingresa en los 2 colectores de admisión. Incluye actuador motorizado con sensor de posición para su monitorización.
- MAP: Sensor de presión absoluta: contribuye a refinar el cálculo de la masa de aire, ya que ésta también depende de la presión a la que esté sometido.
- INYECTORES: actuador que inyecta el diésel pulverizado a razón de 2 inyecciones (una primera piloto y una segunda principal) por cada tiempo de explosión y en el caso de ser necesaria la regeneración activa del filtro de partículas diésel (DPF) del sistema de escape 2 inyecciones más en cada tiempo de escape, para que dicho diésel se queme en el DPF, generando una temperatura de hasta 1000°C que incinera todas las partículas acumuladas y limpia el DPF.
- EGR 1 y 2: Válvula de recirculación de gases de escape al colector de admisión: permite regular la temperatura de la detonación mediante el control de oxígeno y emular el volumen variable aparente de los cilindros. Incluye actuador motorizado con sensor de posición para su monitorización
- REA 1 y 2: Actuador que rota la posición de los álabes de la tobera del turbocompresor: permite modificar el ángulo de ataque de los gases de escape sobre la turbina del turbocompresor para regular la velocidad de giro del eje, por tanto, la presión de soplado sobre el cuerpo de admisión.
- DPFP: Sensor de presión diferencial del filtro de partículas diésel del escape: identifica el nivel de colmatación del DPF, por tanto determina cuando ejecuta la regeneración activa del mismo.

4.4.1. Inyectores

Los inyectores son los actuadores responsables de la ejecución de la inyección del diésel en cada cilindro del motor durante el tiempo de explosión (y cuando se requiere regenerar el DPF, durante el tiempo de escape). Cada inyector consta de 3 partes:

- Cabeza: contiene el componente piezo-eléctrico que abre y cierra el inyector. Se conecta al ECU
- Cuerpo: contiene la regulación hidráulica. Se conecta al circuito de alimentación y retorno de diésel
- Tobera: contiene la válvula y difusor para inyectar el diésel pulverizado dentro del cilindro



Despiece de un inyector del motor 2.7D V6. De izq. a derecha: tobera, cuerpo y cabeza

Los inyectores que usa el motor 2.7D V6 son piezo-eléctricos de la marca VDO, originalmente su titular era SIEMENS, actualmente VDO pertenece a CONTINENTAL.

Los inyectores piezoeléctricos (tercera generación) tienen la ventaja frente a los electromecánicos (segunda generación), que aportan mayor velocidad de reacción (es mucho más rápido en respuesta un cristal que la bobina de un solenoide), lo que permite abrir y cerrar el inyector 2 veces en cada tiempo de explosión.

La anterior estrategia ha permitido disminuir el ruido generado por el motor diésel, al tiempo que aumentar su rendimiento (actualmente mayor que el de la gasolina), que se traduce en un mayor número de Km recorridos con un menor volumen de combustible consumido.

La tabla de referencias cruzadas para los inyectores entre VDO y JAGUAR es la siguiente:

Inyectores para motor 2.7D V6 diésel (Jaguar S-Type X206) norma: EURO4					
	Ref. Ford	Ref. JAGUAR	Ref. PSA	Ref. VDO	Norma
Inyector piezoeléctrico completo	5U3Q9K546AA	C2C23973	1980H1	A2C59511316	Euro4
Junta de cobre Corta-fuego	4S7Q9M577AA	C2S21181	198167	X11-800-002-002Z	----
Bomba de alta presión Alimentación Common Rail	1334919	JDE3099	1334919	A2C59511314	Euro4

La tabla anterior la he construido a partir del catálogo de VDO, descargable en el siguiente enlace:

http://www.vdo.es/media/187739/flc_ver_1_distrib_es_catalogo_common_rail_es.pdf



Caja en que viene una bolsa sellada con el inyector VDO A2C595113316 para motor 2.7D V6 Euro4

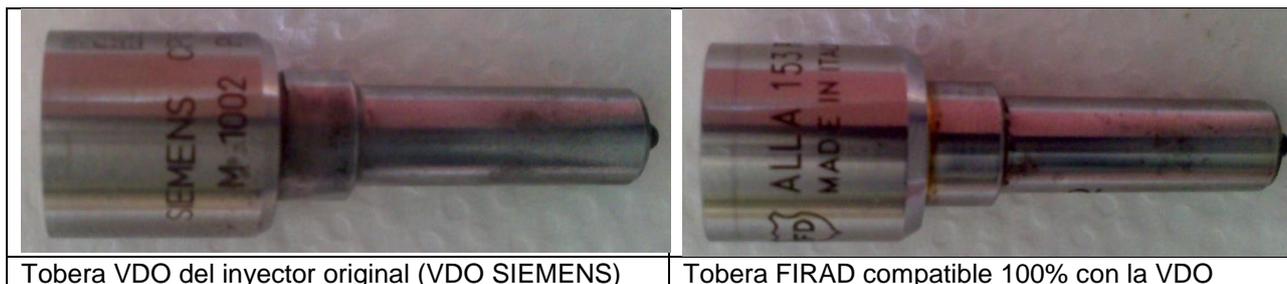
Cuando se deteriora la tobera del inyector, Jaguar indica que no vende por separado dicha tobera, sin embargo si vende inyectores reparados. Hay un fabricante italiano FIRAD que fabrica toberas compatibles con los inyectores VDO A2C59511316 y requisitos EURO4.

La tabla de referencias cruzadas entre toberas de VDO y FIRAD es la siguiente:

Toberas para inyectores VDO A2C59511316 (Jaguar S-Type X206) norma: EURO4				
	Ref. SIEMENS VDO	Ref. FIRAD	Norma	Nº orificios
Tobera para inyector Piezoeléctrico VDO	CP05 116 33260 M 1002 P 153 S/N	ALLA 153 PM 1002 F0913 P5	Euro4	6 de 145 micrómetros

La compatibilidad entre ambas toberas se puede consultar en la web de FIRAD:

http://www.firad.it/dettaglio_art.php?id=3975&lang=ES



Cuando en un inyector se ha estropeado el componente piezo-eléctrico, es necesario sustituirlo completo. En el normal mantenimiento, solo hay que sustituir las toberas, que es lo que se degrada.

Para minimizar el nivel de ruido intrínseco de un motor diésel, en el motor 2.7D V6 diésel, la inyección por cada tiempo de explosión se divide en 2 fases:

- Preinyección inicial pequeña (inyección piloto), que provoca una baja combustión para generar un ambiente agresivo para la siguiente inyección (alta temperatura y siembra de radicales)
- Inyección principal, que al ejecutarse en un ambiente agresivo es muy eficiente y disminuye el ruido. (Los actuales motores diésel usan hasta 4 inyecciones por tiempo de explosión).

Se monitoriza la evolución de la preinyección usando 2 sensores de picado, fijados en las 2 cabezas de los 2 bloques de cilindros, que miden el temblor que hubiese generado (los sensores son 2 acelerómetros), para determinar si se ha excedido el avance de inyección y corregirla de forma dinámica.

Otro aspecto crítico de la inyección para el buen funcionamiento de la combustión, es la vaporización del diésel dentro de los cilindros. Cuanto menor sea el diámetro de las gotitas de diésel que se generan al inyectar el diésel en el cilindro, mejor será la combustión, ya que se facilita la exposición de las moléculas de diésel a las moléculas de oxígeno (hay otros determinantes como la geometría de la cabeza de los pistones para generar turbulencias, que no vamos a considerar, porque nuestro objetivo es el correcto mantenimiento del motor 2.7D V6 y no su diseño). Ello requiere que los orificios de las toberas de los inyectores sean de un diámetro muy pequeño, que solo es factible si la presión de inyección es muy grande (caudal = sección x velocidad, siendo la velocidad función de la presión mediante la ecuación de Bernuilli).

Con los condicionantes anteriores es importante que los orificios de las toberas no se obstruyan y que no se deforme su geometría:

- La obstrucción de los orificios depende de las partículas, agua y parafinas que contenga el diésel, que se retienen en el filtro de combustible y de la capa de aditivos que incluya el diésel para evitar la adherencia de estos componentes a los conductos por los que pasa.
- La geometría de los orificios depende de la capa de aditivos que incluya el diésel para evitar la cavitación (fenómeno que se genera por cambio brusco de dirección en un fluido a alta presión).

De los anteriores requisitos (adicionalmente a minimizar la cantidad de cenizas generadas por el quemado del aceite de lubricación de los pistones y el biodiesel del gasóleo), para no atascar el filtro de partículas diésel (DPF) del sistema de escape se infiere la necesidad de:

- Utilizar diésel tipo Premium con el mayor índice cetano posible (para favorecer la detonación)
- Utilizar como aceite del motor SAE 5W/30 ACEA C1 (requisitos de FORD para el motor 2.7D V6)
- Sustituir filtro de aceite, filtro de aire y filtro de combustible en cada cambio de aceite

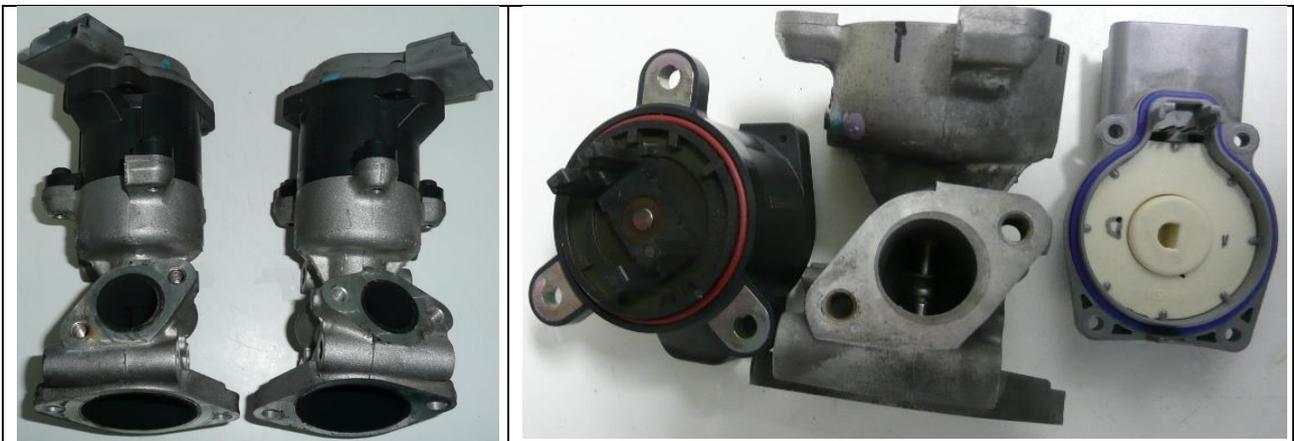
4.4.2. Válvulas EGR

Las válvulas EGR forman parte de la estrategia del buen funcionamiento del motor 2.7D V6 diésel, ya que se ocupan de:

- Regular la cantidad de gases de escape que se recirculan al colector de admisión para controlar la cantidad de oxígeno disponible para la detonación, por tanto, la temperatura que alcanza ésta y por extensión la generación de óxidos de nitrógeno
- Regular la geometría variable adaptativa del motor. Un motor diésel con unos cilindros de volumen constante, se transforman en volumen variable inyectando gases (supuestamente inertes) de la combustión anterior, simplemente para ocupar espacio y que la detonación se efectúe en un volumen óptimo para la cantidad de aire/diésel a detonar.
- Como los gases a recircular se hacen atravesar por sendos radiadores (bañados en refrigerante del motor con distribución exclusiva desde la bomba de agua), que anteceden a las EGR, regulan la temperatura de las cabezas de los pistones.

Las válvulas EGR constan de 3 partes:

- Válvula cónica que abre y cierra para habilitar el paso de gases de escape
- Motor paso a paso fijado a la válvula que la abre y la cierra desplazándola longitudinalmente
- Reostato acoplado mecánicamente al motor que proporciona una resistencia inversamente proporcional a la apertura de la válvula, incluye un resorte que se opone al giro del motor y que en situación de reposo, mantiene cerrada la válvula.

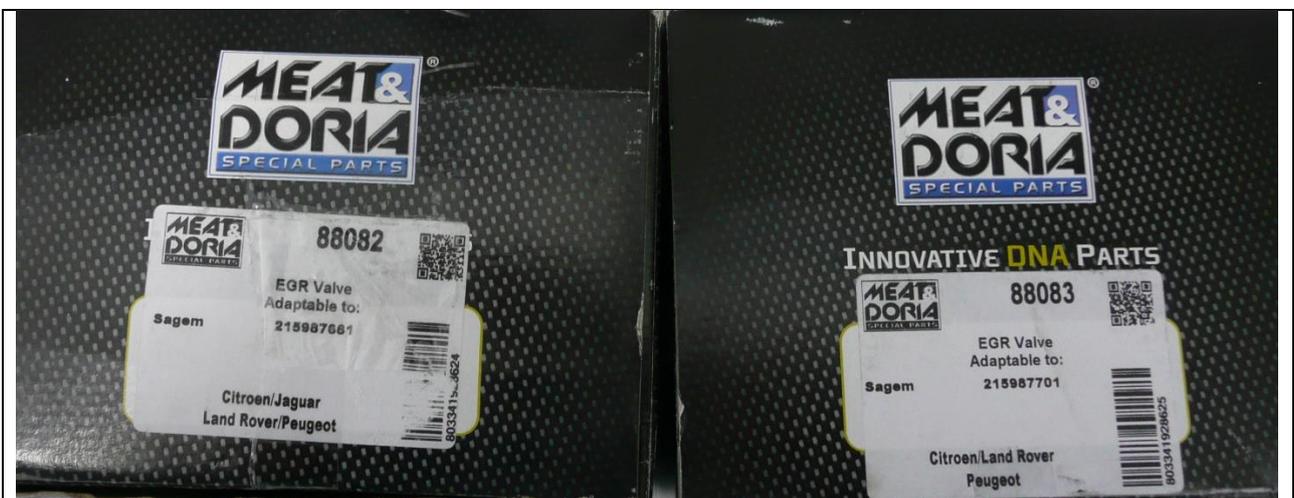


Las 2 válvulas EGR del motor 2.7D V6

Válvula EGR despiezada: motor, válvula y reostato

La tabla de referencias cruzadas entre Jaguar y MEAT&DORIA es la siguiente:

Válvulas EGR para motor 2.7D V6 diésel		
	Ref. Jaguar	Ref. MEAT&DORIA
Válvula EGR banco izquierdo (1)	C2C40183	88082
Válvula EGR banco derecho (2)	C2C40184	88083



Cajas en las que vienen las válvulas EGR de repuesto

5. Mantenimiento del motor 2.7D V6 diésel

El mantenimiento del motor 2.7D V6 diésel requiere sustituir:

- De forma sistemática y con la regularidad de kilometraje o tiempo establecida por Jaguar de todos los componentes fungibles de la lubricación filtrado y la distribución.
- A demanda cuando se identifica que funciona mal la inyección, las toberas de los inyectores y las válvulas EGR. El deterioro de las EGR se debe sobre todo al funcionamiento del motor a bajas revoluciones. En países como Alemania que está permitido circular a elevadas velocidades es una avería con una baja incidencia.

5.1. Componentes que se sustituyen cada 24.000 Km

Las especificaciones técnicas de los productos que hay que utilizar para los fungibles se establecen en el manual de especificaciones técnicas de vehículos Jaguar, que se puede descargar el de 2009 de aquí:

http://jagrepair.com/images/AutoRepairPhotos/vsb_09_2009.pdf

Para el motor 2.7D V6 diésel, Jaguar modificó las especificaciones del aceite en el manual de 2012. Este no está disponible para descargar de forma gratuita (se puede comprar en <http://www.jagdocs.com>).

Cada 24.000 Km hay que sustituir:

- Aceite sintético de lubricación del motor
- Filtro de aceite del motor
- Filtro de entrada de aire al motor
- Filtro de combustible diésel para alimentar el motor
- Filtro de carbón activo para filtrar la entrada de polen al habitáculo
- Escobillas de los limpiaparabrisas

Independientemente de las diferentes marcas y modelos que hay en el mercado, a continuación indico los que utilizo yo:

- Aceite: SAE 5W30 ACEA C1, marca Motul 8100 Eco-Clean + C1 5W30
- Filtro de aceite (cartucho): MANN-FILTER - HU 934/1 x
- Filtro de aire: MANN-FILTER - C 30 115
- Filtro de combustible diésel: MANN-FILTER - WK 829/5
- Filtro del habitáculo de carbón activo: MANN-FILTER - CUK 26 003
- Limpiaparabrisas: Escobilla Trico EF453 (acompañante) y Escobilla Trico EF603 (conductor)

El filtro de combustible lo cambio cada 2 cambios de aceite (48.000 Km). Es importante cerrar la válvula de purgado de agua del filtro, de lo contrario, no se ceba y no pasa el diésel.

Yo compro el aceite en latas o envases de 5 litros y como el cambio requiere 6,6 litros y algo que pueda gastar en 24.000 Km, pues de vez en cuando compro 2, para cuando me queden menos de 2 litros y haya que hacer el cambio de aceite

El aceite y las escobillas del limpiaparabrisas los compro por Internet en:

<http://www.pidenosaceite.es/>

Telf. 918012003 y 638487260

Los filtros los compro por Internet en:

<http://www.oscaro.es>

Telf. 902109574

5.2. Componentes que se sustituyen cada 160.000 Km

A los 168.000Km (105.000 Millas) hay que sustituir el conjunto de distribución, formado por:

- 1 Correa dentada que sincroniza el cigüeñal con los árboles de levas
- 1 Polea-tensor excéntrica con la que se regula la tensión de la correa
- 1 Tornillo de cabeza hexagonal que fija la polea excéntrica
- 2 Poleas locas que actúan de puntos de apoyo en el guiado de la correa de distribución

Por razones de oportunidad, debido a que hay que quitar la correa multifunción para poder sustituir el conjunto de distribución, se sustituye dicha correa también, si bien, su periodo de sustitución es de 240.000Km (150.000 Millas).

Igualmente por razones de oportunidad y relativamente bajo coste, ya que buena parte de la mano de obra necesaria está incluida en el conjunto de distribución, se sustituye la bomba de agua.

La tabla de referencias cruzadas entre Jaguar y DAYCO es la siguiente:

Componente	Ref. Jaguar	Ref. DAYCO
Kit de distribución completo (1 correa + 1 polea-tensor + 2 poleas locas)	C2C24828	KTB399
1 Correa distribución + 1 polea-tensor	C2C41082	KTB694
1 Polea loca para guiado de la correa de distribución	JD61536	ATB1011
1 Correa multifunción de arrastre para alternador, compresor aire, etc.	XR844334	6KP1985S

Los detalles sobre esta operación se pueden leer en el artículo que escribí cuando sustituí dicho conjunto: <http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=7949&sid=6407d119182c196c7fa249d32c79ac9c>

Aunque la caja de cambios automática ZF 6HP26 es un componente independiente del motor, se debe sustituir el ATF a los 160.000 Km, tal como detalla el manual de reparación, que se puede descargar del siguiente enlace:

<http://overcoiled.com/cars/Aston/ZF%20Repair%20Manual.pdf>

Se deben utilizar los productos que detalla el fabricante ZF de la misma, que afectan a:

- Fluido ATF Lifeguard 6 (se requieren 7 botellas de 1L, ya que requiere unos 6,5L)
- Conjunto de filtro-cárter que incluye juntas y tornillería
- Casquillo de plástico que incluye juntas tóricas de estanqueidad para paso de cables

El catálogo con las referencias de los productos se puede descargar del siguiente enlace:

http://www.zf.com/media/media/document/int_print_catalogs_documents/usa_4/6HP26-28_Catalog.pdf

5.3. Componentes que se sustituyen cada 200.000 Km

Sobre los 200.000 Km o incluso antes, si identificamos que el motor cabecea y no va redondo, hay que hacer una operación de mantenimiento que afecta a:

- Sustitución de las toberas de los 6 inyectores
- Sustitución de las 2 EGR

Esta regla no es fija, sino que dependerá por este orden de:

- Tipo de diésel que hayamos utilizado (Normal o Premium)
- Por donde se haya realizado el kilometraje (ciudad, autopista, híbrido)
- Regularidad en el cambio de aceite y filtros y calidad de los mismos

El tipo de diésel afecta no por lo que tiene sino por lo que le falta, que es la capa de aditivos que contribuye a que en la combustión se generen menos cenizas. Al diésel normal le falta la capa de aditivos que neutraliza el biodiésel (lo ideal sería que no incluyese biodiésel, pero socialmente es necesario reciclar, así que tanto el diésel normal como el diésel Premium, incluyen un 7%), evitando que genere chapapote que atasca por donde pasa, incluida la inyección, las EGR y el DPF.

Desafortunadamente no está regulado que debe incluir el diésel Premium respecto del Normal, ya que ambos les aplica la misma definición en la regulación, por tanto, queda a merced de las petroleras que le añaden y que no le añaden. Yo le he echado de todos los diésel Premium y el que mejor le sienta es el Ultimate de BP (esto es una opinión personal y probablemente subjetiva).

La forma en cómo se haya realizado el kilometraje, afecta sobre todo a las condiciones de estabilidad térmica y de régimen de giro, próximas a las condiciones óptimas bajo las que se diseñó el motor. La fatiga mecánica de cualquier máquina aumenta con la variación de los parámetros para los que se optimizó el diseño (primera derivada) y mucho más con la variación de la variación (segunda derivada). A modo de ejemplo, si somos nerviosos con el acelerador y el freno, se degradará antes el motor y mucho más la caja de cambios.

Si cambiamos el aceite con la regularidad que requiere el esfuerzo al que se somete el motor (lo del kilometraje recorrido es una aproximación promedio), poniéndole lo que indica el fabricante del mismo (Ford/PSA), no sólo en cuanto a grado de viscosidad (valor SAE), sino en cuanto a capa de aditivos (valor ACEA) y lo mismo con los filtros (aceite, aire y combustible), estaremos tomando contra-medidas que atenúen la fatiga mecánica generada por el uso.

5.3.1. Identificación de mal funcionamiento de los inyectores y su sustitución

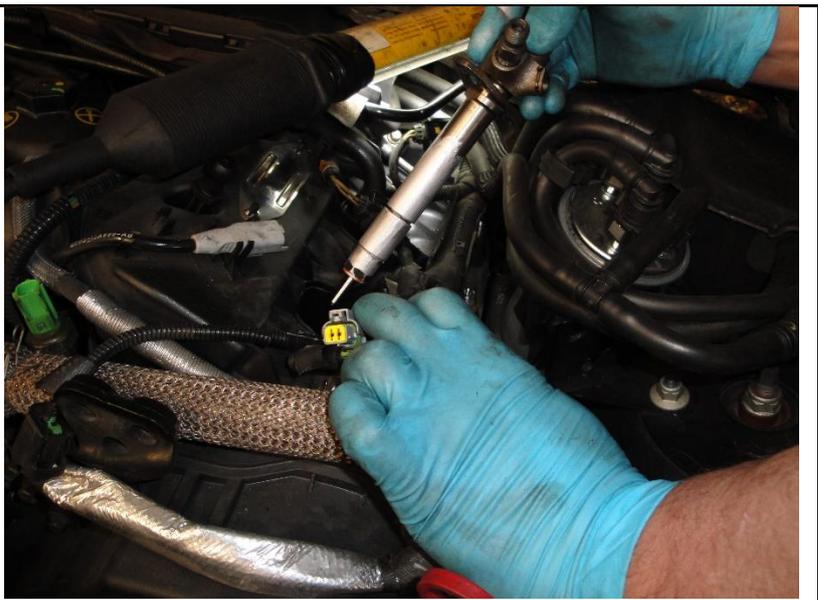
Cuando los inyectores están degradados o deteriorados el motor le cuesta arrancar (no arranca al primer toque de la llave), se vuelve lento en su respuesta, incluso si un inyector funciona mal y no cierra bien, por tanto gotea, para evitar que dicho problema provoque una avería, consecuencia de la temperatura puntual que alcanzaría una gota de diésel incandescente cayendo sobre la cabeza del pistón, el ECU PCM desactiva dicho inyector, lo que provoca que el motor se desequilibre y adquiera cierto temblor (se nota que no va redondo).

El problema descrito puede ser debido a que la válvula de la tobera cierra mal o que el componente eléctrico funcione mal. En el primer caso el componente a sustituir será la tobera, en el segundo caso el inyector completo. La dificultad de identificar la causa real del problema, desaconseja la compra de inyectores reparados.

La mejor estrategia es sustituir las 6 toberas todas juntas y si persiste algún temblor, identificar el inyector que falla su componente eléctrico (piezo-eléctrico) y sustituirlo. Esto solo es posible abordarlo usando una sonda software y requiere confirmar el diagnóstico. La razón es que para identificar el inyector que falla, el ECU PCM cuenta el tiempo que transcurre entre explosiones consecutivas, por tanto, es una aproximación indirecta. Este fallo se puede identificar externamente en el banco de pruebas de un taller especializado.

Sustituir las toberas requiere ir a un taller especializado en inyección y que tenga el siguiente equipamiento de instrumentación:

- Máquina que emule la bomba de alta presión en el rango 35 a 1600 Bares que es el rango en el que tiene que funcionar el inyector
- Máquina que emule el ECU PCM para inyectores piezo-eléctricos con la que abrir y cerrar el inyector eléctricamente
- Tubo de metacrilato y pantalla protectora para inspeccionar visualmente la descarga del inyector
- Recipiente calibrado para recoger y medir el excedente de diésel



Inyector estropeado, cierra mal

Reinstalar los inyectores a los que se les ha sustituido la tobera

<p>E54253</p>	<p>NUMERACION CILINDROS</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; text-align: center;">4</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">▼ DELANTERA</p>	3	6	2	5	1	4	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>0</td></tr> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>1</td></tr> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>2</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>6</td></tr> </table>	1	4	2	5	3	6
3	6																				
2	5																				
1	4																				
0																					
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
1																					
4																					
2																					
5																					
3																					
6																					
Numeración de inyectores	Numeración de cilindros	Nº Inyector	Nº Cilindro																		

He sustituido las toberas en un taller especializado en inyección de la franquicia Bosch, lo busqué y localicé por Internet, siendo la adquisición de las toberas por cuenta de dicho taller:

Electro-inyección Coslada S.L.
C/ Copérnico 11, Coslada
MADRID
Telf. 91 669 69 26
Persona de contacto: José Carneros (jose.carneros@electroi.es)
<http://electroi.es>

Importador de toberas FIRAD en España:

D.P.S. (Diesel Parts Supplier)
Carretera de Camposancos Nº 92, Bajo
36213, Carretera de Vigo a Pontevedra - PONTEVEDRA
Telf. 88 613 55 45
<http://www.dieselpartss.com>

Importador de inyectores nuevos VDO en España

ABRERA Recambios Diésel S.L.
Casamada, 6A local
08630 ABRERA - BARCELONA
Telf. 93 182 70 14
Persona de contacto: Jordi Benito

Los inyectores VDO en el motor 2.7D V6 diésel no requieren ser codificados (transferir el valor de calibración de fábrica a diferentes presiones y que suele ir en una etiqueta que acompaña a los inyectores en formato de código de barras o QR), el ECU PCM incluye un mecanismo de auto-aprendizaje, consistente en arrancar el motor y dejarlo funcionar a ralentí durante 1 minuto.

5.3.2. Identificación de mal funcionamiento de las válvulas EGR y su sustitución

Cuando las válvulas EGR están deterioradas, lo que ocurre es que no cierran, esto provoca que se estén recirculando gases a cualquier régimen de giro del motor, lo que se transforma en falta de respuesta del motor, que se identifica con la siguiente prueba:

1. Arranca bien al primer toque de la llave (esto es para discriminar que no sean los inyectores)
2. Aceleramos el vehículo hasta alcanzar la velocidad de 120Km/h
3. Circulando a 120Km/h en carretera llana o ligeramente con pendiente de subida, retiramos el pie del acelerador.
4. Si la aguja del tacómetro cae de golpe, no suavemente sino de golpe, unas 300 rpm y al volver a acelerar notamos que el motor es muy lento en la recuperación y la aguja del tacómetro sube de golpe, podemos afirmar que las EGR están deterioradas y es necesario sustituirlas.
5. También notaremos que ha aumentado el consumo medio de combustible en el mismo tipo de trayecto (debido a que una parte del mismo no se quema en la combustión por falta de oxígeno).
6. Empieza a aparecer con mucha frecuencia el FUNCIONAMIENTO RESTRINGIDO
7. Arranca con excesiva frecuencia la regeneración activa del filtro de partículas diésel DPF, que identificamos por un olor característico como a chamusquina y calor que sale de debajo del vehículo (el filtro de partículas diésel DPF, está como a la mitad de los bajos del vehículo).

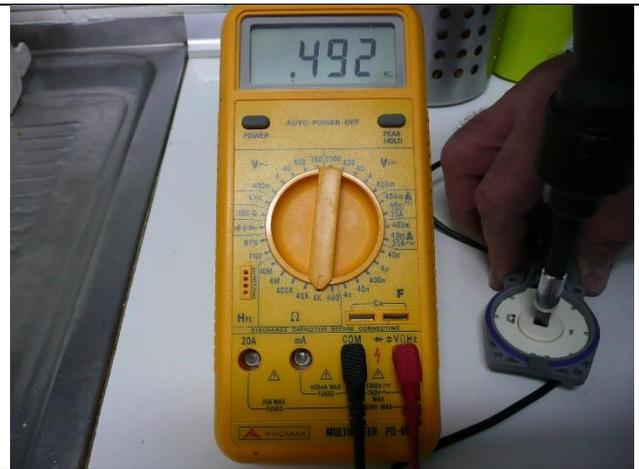
Se podría pensar que las EGR se atascan de carbonilla y que no dejan pasar los gases, pero nada más lejos de la realidad, lo que se deteriora no es ni la válvula, ni el motor (al menos utilizando diésel Premium), sino el reóstato mediante el cual la EGR informa al ECU PCM hasta donde se ha abierto.

Midiendo externamente con un Óhmetro (que es equivalente a lo que hace el ECU PCM para monitorizar), lo que se observa al girar manualmente el reóstato (lo mismo que hace el motor eléctrico paso a paso) es que pierde continuidad eléctrica (circuito abierto), probablemente por desgaste de la ballestilla del potenciómetro sobre el bobinado o cuerpo de la resistencia y la interpretación que hace el ECU PCM es que la EGR no se ha abierto (la resistencia disminuye con la apertura) y fuerza a abrirla más, lo que se traduce en que haya muy poco oxígeno, por exceso de gases recirculados, para ejecutar la combustión.

Esto provoca una respuesta muy lenta, desaparición de la brillantez del motor, que en el caso de cambio automático requiere forzar manualmente el cambio a una marcha más baja y en términos de mensajes, además de FUNCIONAMIENTO RESTRINGIDO pueden aparecer otros sin relación aparente con las EGR.



Estando la EGR totalmente cerrada, el reóstato presenta una resistencia de 2685 Ohm



Estando la EGR totalmente abierta, el reóstato presenta una resistencia de 492 Ohm



Moviendo el reóstato con el motor paso a paso



Válvula, motor y reóstato de la EGR

Cuando realicé la prueba de medir con un óhmetro me surgió la idea: “desmonto el reóstato y lo limpio, sin necesidad de tener que desmontar la EGR”. Ya anticipo que nada más lejos de la realidad porque el reóstato incluye internamente un resorte/muelle, que en reposo fuerza el cierre de la EGR y una vez que se desmota la parte eléctrica, hay que desmontar el motor para poder insertar el eje con forma de media luna.

Obsérvese que he realizado diferentes marcas con un rotulador para poder montar de nuevo la EGR con todos los componentes en la posición correcta.

He sustituido las 2 EGR, comprándolas por Internet a ABRERA DIESEL (el mismo que el de los inyectores VDO nuevos) y después me las sustituyó Agustín (taller de confianza que conocí a través de TheShadow):

Talleres JMZ
 C/ Cerámica 90, patio 7
 28038 Madrid
 Telf: 910133981, 695504262

5.4. Componentes que se sustituyen cada 240.000 Km

Cada 240.000 Km (aún no he llegado), se sustituye el conjunto de arrastre de la bomba de inyección de alta presión y la correa multifunción.

Como la correa multifunción la hemos sustituido, por razones de oportunidad, con el conjunto de distribución, solo será necesario sustituir el conjunto de arrastre de la bomba de inyección, formado por:

- Correa
- Polea de ajuste de tensión

La tabla de referencias cruzadas entre Jaguar y DAYCO es la siguiente:

Componente	Ref. Jaguar	Ref. DAYCO
Kit completo de arrastre de bomba inyección (1 correa + 1 polea-tensor)	C2C24601	KTB440
1 Correa de arrastre de la bomba de inyección	---	94989
1 Polea para ajuste de la tensión de la correa	---	ATB1012

6. Bibliografía de referencia utilizada

Para la elaboración del presente artículo he utilizado la siguiente bibliografía y documentación:

- Manual de especificaciones técnicas de vehículos Jaguar 2009 y 2012 (comprado)
http://jagrepair.com/images/AutoRepairPhotos/vsb_09_2009.pdf
- S-TYPE Sedan Gasoline and Diesel 2006 Model Year, VIN: N52048 onwards
<http://jagrepair.com/images/AutoRepairPhotos/CarPDFFiles/S-Types/S-Type-Electrical-2006on.pdf>
- Workshop Manual S-TYPE 2002.5 MY On
<http://jagrepair.com/images/AutoRepairPhotos/CarPDFFiles/S-Types/S-Type%202002.5-2008-FSM-Workshop.pdf>
- S-TYPE 2.7 V6 Diesel Engine Introduction 2004.75 Model Year (comprado)
http://www.jagdocs.com/index.php?main_page=product_info&cPath=69_82&products_id=369
- Conceptos de inyección y descodificación de las referencias de los inyectores VDO
<https://tomasautoiessanblas.files.wordpress.com/2015/03/common-rail-siemens-sid-802-alumno-r.pdf>
- Estequiometría en la reacción química de motores de combustión interna
http://www.apem.com/tecnica/0_funcionamiento/quemarmezclas/quemarmezclas_p.html
- Combustión interna en motores diésel
http://www.apem.com/tecnica/0_funcionamiento/combustion/combustion_p1.html
- Documentación para el alumno de los cursos de formación Jaguar
<http://jagrepair.com/JaguarTrainingGuides.htm>

7. Manejo de la documentación Jaguar para diagnosticar y resolver un problema

La documentación facilitada por Jaguar requiere de un proceso de aprendizaje y familiarización con la metodología de su presentación para su manejo.

Obtener referencia de ingeniería interna de Jaguar de nuestro modelo:

Lo primero que tenemos que aprender a identificar es la referencia de ingeniería Jaguar de nuestro vehículo. El S-Type dispone de 4 referencias de ingeniería: X200, X202, X204 y X206 que son comunes a cualquier motorización ya sea de gasolina o diésel. El único documento donde están descritas estas referencias para todos los modelos de la época en que Jaguar perteneció a FORD (1998 a 2008) es: Jaguar Advanced Electrical Systems & Diagnostics 1997 - 2008 #688, (en página 6 del lector de PDF) http://jagrepair.com/images/Training%20Guides/688-JAG_10-08.pdf

Como el único identificador que tiene el vehículo para mapearlo con la referencia de ingeniería es su número de serie (últimos 6 caracteres del VIN), hay que ayudarse del manual de especificaciones técnicas de vehículos Jaguar para atribuir lo que Jaguar refiere como "Model Year". Para el caso del S-Type ver página 10 (del lector de PDF), en la que detalla en que Model Year arranca el n° de serie. El Model Year no se corresponde con el año del calendario, puede anticiparse o incluir más de uno, tal es el caso del S-Type X206, que se corresponde con Model Year 2006 (posición 10 del VIN=6) y que aplica a todos los vehículos fabricados desde mediados de Junio de 2005 hasta el final de su fabricación en 2008.

Manejo del manual eléctrico y de electrónica de control:

El manual eléctrico (se aborda el de 2006) dedica las primeras hojas del mismo a describir como se tiene que leer e interpretar, así, después del índice, en la página 8 (del lector de PDF, 4 del documento impreso) proporciona la descripción de casi todos los acrónimos que utiliza.

Los cables están organizados por mazos, referidos por 2 letras, cuyo nombre completo está descrito en la página 14 (del lector de PDF).

Los hilos conductores en los esquemas están representados por líneas en las que el color de su cubierta está representado por 1 o 2 letras, en el caso de 2 letras, significa que la cubierta es de 2 colores, los que representa cada letra según la tabla de la página 14 (del lector de PDF).

Los símbolos utilizados en los circuitos están descritos en la página 13 (del lector de PDF)

Los símbolos de referencia a otros esquemas en otras páginas, que aparecen en el pie de página de cualquier estema, se describen en la página 13 (del lector de PDF).

Los símbolos que describen los pines de los módulos de control están en la página 13 (del lector de PDF).

En la página 16 (del lector de PDF) está el esquema de principio del control del vehículo, dicho esquema incluye la arquitectura de buses y los ECU que se conectan a cada uno de ellos. Todos los buses empiezan en el conector DLC al que se conecta la sonda software OBDII, salvo el D2B, al que se accede por el SCP.

Un esquema cualquiera, para indicar la conexión con otros esquemas, termina las líneas en un cuadrado o en un círculo, que incluyen un identificador en su interior. Para saber en qué página se encuentra dicho esquema, vamos al pie de página y buscamos en que Figura (esquema) se encuentra el identificador que buscamos.

Cada esquema (referido como Figura) va precedido de una hoja de datos con una descripción muy escueta del nombre de la señal que transporta cada circuito representado por una línea en su acceso al controlador. Si dentro del controlador asociado al pin por el que accede la señal hay un triángulo con una "i" (input) dentro, indica que la señal es una entrada al controlador, si hay un triángulo con una "o" (output) dentro, indica que es una salida del controlador, si hay un triángulo con una "s" dentro, indica que es el bus SCP, si hay un triángulo con una "c" dentro, indica que es el bus CAN, tal como está descrito en la página 13 (del lector de PDF) en dicho manual.

En el manual eléctrico de 2006 Jaguar ha eliminado los 2 apéndices, que se pueden recuperar del manual eléctrico de 2005, con los mensajes que se intercambian entre sí por bus SCP (Standard Corporate Protocol) y por bus CAN (Control Area Network) los diferentes ECUs para su integración. A la vista de dichos mensajes se puede intuir como participa un ECU en el comportamiento de otro. En el manual eléctrico de 2005 indican que se han eliminado los mensajes sobre el funcionamiento del sistema antirrobo, que cuando se activa, bloquea el funcionamiento del motor y es necesario obtener los contra-códigos de Jaguar para desbloquearlo. Sugiero su lectura.

Manejo del manual de taller:

Este manual es bastante farragoso y hay que manejarse a través del índice o buscando con el lector de PDF. Si realizamos la búsqueda con el lector de PDF, nos tenemos que asegurar que lo encontrado pertenece a nuestro modelo, por tanto, debemos retroceder hasta la entrada de índice más próxima para asegurarnos que lo encontrado le resulta de aplicación.

Manejo de catálogo electrónico de piezas de repuesto jaguar (JEPC):

Este programa permite obtener las referencias de los repuestos que pretendemos comprar. La referencia de entrada es el N° de serie del vehículo, por tanto, tenemos que tener el VIN a mano.

Espero que os sea útil

Javier Álvarez

Miembro de foro jaguar.es con el NIC: jalvarez, <http://www.forojaguar.es>

Otros artículos del mismo autor sobre el Jaguar S-Type 2.7D V6 diésel:

CONTROL Y AUTOTEST ETM JAGUAR S-Type y otros modelos

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=23&t=7832&sid=4bd59529cdb6a662aaa8fd896080b424>

DOCUMENTACIÓN SOBRE JAGUAR S-TYPE 2.7D V6 (autoría compartida con Citronio)

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=7572&sid=4bd59529cdb6a662aaa8fd896080b424>

CAMBIO KIT DISTRIBUCION JAGUAR S-TYPE 2.7D V6

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=7949&sid=4bd59529cdb6a662aaa8fd896080b424>

SUSTITUCION FRENOS JAGUAR S-TYPE

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=8019&sid=4bd59529cdb6a662aaa8fd896080b424>

REPARACION CONEXIÓN FLEXIBLE CATALIZADOR EN S-Type 2.7D V6

<http://www.forojaguar.com/foro/viewtopic.php?f=34&t=8847&sid=4bd59529cdb6a662aaa8fd896080b424>