

18

ANALYSIS OF 5 DIESEL GASES

▼ EN ESTE NÚMERO

| | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN | 2 | NORMATIVA EUROPEA | 8 | TRATAMIENTO DE LOS GASES DE ESCAPE | 11 |
| BREVE CRONOLOGÍA DEL MOTOR DIÉSEL | 2 | REDUCCIÓN DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN EL PROCESO DE COMBUSTIÓN | 9 | ANÁLISIS DE GASES DIESEL | 16 |
| MOTOR ALTERNATIVO DIÉSEL | 3 | | | NOTAS TÉCNICAS | 18 |



EureTechFlash es una publicación de AD International (www.ad-europe.com)

Descarga todas las ediciones EureTechFlash en

www.eurecar.org

INTRODUCCIÓN

Desde la creación de los motores de combustión interna, el rendimiento energético de los propulsores diésel ha sido muy superior al de sus competidores directos, factor que unido al menor coste del combustible utilizado, ha propiciado su hegemonía absoluta en aplicaciones industriales, transporte pesado y movilidad colectiva.

Su aplicación en automóviles ligeros resultó en un principio escasa por su mayor coste, elevado peso, limitada flexibilidad de trabajo y excesiva rumorosidad. La complejidad y precisión de su sistema de alimentación de combustible supuso durante largos años un sobrecoste productivo que finalmente la evolución de las técnicas de mecanizado y la automatización de la maquinaria lograría compensar.

Poco tiempo después, el desarrollo de la electrónica digital y su aplicación en los sistemas de alimentación de los motores, revolucionó el panorama automovilístico mundial, incrementando las prestaciones de los motores diésel de forma espectacular.

La respuesta de los consumidores finales a la combinación economía de funcionamiento superior y prestaciones iguales o mejores, no se hizo esperar, copando los vehículos diésel las estadísticas de ventas durante varios años consecutivos.

La rápida transformación del parque móvil en algunos países del mundo y la masificación de los vehículos diésel en las grandes ciudades se convirtió en pocos años en una realidad de peligrosas consecuencias. Las particulares emisiones del motor diésel lo han convertido en los últimos años en el foco de un problema de salud pública que las autoridades intentan solucionar mediante normas de homologación e inspecciones periódicas cada vez más restrictivas.



El obligado cumplimiento de las normas anticontaminación ha propiciado la evolución técnica de los motores diésel y el desarrollo de nuevos sistemas para la reducción de las sustancias contaminantes, cuyo rendimiento y correcto funcionamiento solo puede ser comprobado por la composición química final de los gases de escape. La proporción y variación de determinadas sustancias resultantes de la combustión permite además diagnosticar algunas anomalías concretas que los programas de autodiagnóstico de los vehículos no logran identificar.

BREVE CRONOLOGÍA DEL MOTOR DIÉSEL



En **1892**, el alemán **Rudolf Diesel** inventa, patenta y asombra al mundo con un **motor de autoignición** que funciona con combustibles pesados, el cual más tarde pasaría a llamarse **motor diésel**. Tras la muerte de su creador el motor diésel incrementó su fama y mejoró su reputación. Su elevado rendimiento lo orientó al mundo de la industria y al transporte pesado en pocos años, tras una primera expansión en aplicaciones militares.

En **1904** se construyó el primer submarino con motor diésel. Combinaba un motor eléctrico para la navegación en inmersión y uno diésel para recargar sus baterías y la navegación en superficie.

En **1920**, se inicia la producción de camiones con motor diésel, y no fue hasta **1930**, donde proliferan las locomotoras diésel gracias, en parte, a la adopción del turbo compresor que incrementaba el rendimiento en casi un 30%. En el año **1939** el 25% del transporte marítimo mundial era de propulsión diésel.

En **1922**, **Robert Bosch**, empezó a desarrollar el sistema de inyección para motores diésel e ideó una gran variedad de bombas de inyección. En **1927** salía la primera remesa de bombas de inyección fabricadas en serie, logrando conquistar el sector de la maquinaria agrícola y los vehículos industriales en poco tiempo.

Comparativamente, un sistema de inyección diésel requería entre **6 y 10 veces más piezas** que un carburador convencional, con un coste muy superior. Posteriormente, la automatización de maquinaria supuso un gran avance en este aspecto con una importante reducción de costes finales. No fue hasta finales de los años 80 la aparición de las primeras **bombas gestionadas electrónicamente**.

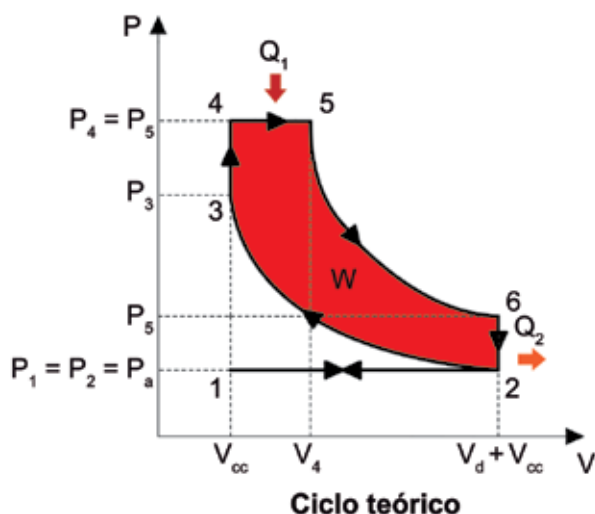
Para superar las limitaciones de las bombas distribuidoras compactas se recuperaron dos „antiguos“ conceptos: el **inyector-bomba**, desarrollado entre el grupo Volkswagen y Bosch, presentado en **1994** (aunque su aplicación en serie no llegó hasta **1998**), y el sistema **Common Rail** por parte de Fiat junto a Magneti Marelli, aunque finalmente fue comercializado en serie por Bosch.

La rápida **evolución de los sistemas de control** electrónico para motores diésel ha **incrementado las prestaciones** acentuando todavía más su consumo reducido y rentabilidad. Tras la cumbre y firma del **Protocolo de Kyoto** para la reducción de los gases de efecto invernadero se incentiva la compra **de vehículos diésel** por su **menor producción de CO₂** frente a los equipados con motores de gasolina.

MOTOR ALTERNATIVO DIÉSEL

Ciclo teórico y real

Los famosos 4 tiempos del motor diésel se pueden entender a través de los siguientes diagramas de trabajo.

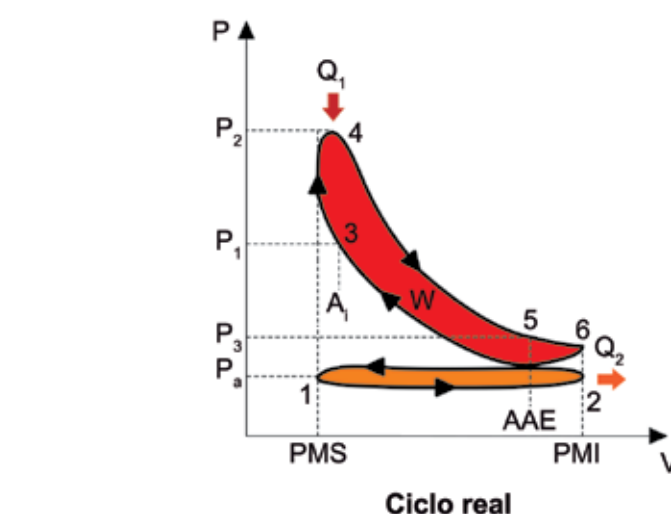


Fase de admisión (1-2): En el ciclo teórico, el inicio de la carrera descendente del pistón junto a la apertura de la válvula de admisión, permite la entrada del aire atmosférico, que llena el volumen creciente del cilindro hasta el PMI (Punto Muerto Inferior), momento en que se cierra la válvula. En el ciclo real, la eficacia de llenado del cilindro se ve afectada por el régimen de trabajo del motor, su frecuencia resonante y la temperatura del aire atmosférico.

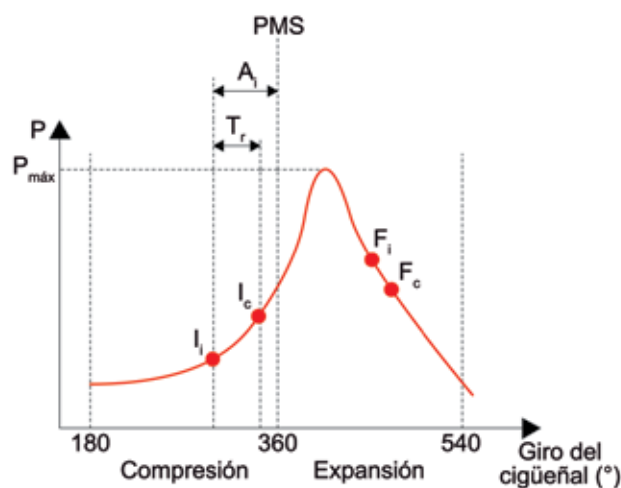
Fase de compresión y expansión (3-4-5): En el ciclo teórico, se introduce el combustible en el interior del cilindro (3-4) que al contactar con el aire comprimido se produce su calentamiento e ignición. La combustión aporta el calor necesario (Q_1) para mantener la presión anteriormente alcanzada mientras dura el suministro de carburante. La alta presión empuja hacia abajo al pistón con fuerza donde el conjunto biela-cigüeñal la transforma en par de giro. Al detenerse la inyección, se reduce la presión y temperatura de los gases (5-6). En este tiempo se recupera la energía invertida en la compresión más la obtenida en forma de calor de la combustión que se transforma en energía mecánica.

El modo en que se introduce el combustible y el desarrollo de la combustión son los factores que más afectan a la ejecución real del ciclo diésel. El tiempo de trabajo se subdivide en tres periodos claramente diferenciados: la demora de ignición, el tiempo de retraso (T_r) y la ignición.

Fase de escape (6-2-1): La apertura de la válvula de escape, en el ciclo teórico, permite el vaciado del cilindro por la reducción de volumen que produce la carrera ascendente del pistón. La expulsión de los gases de escape, supone una pérdida de calor por la salida de estos del cilindro. Tras el tiempo de escape se repite el ciclo de forma continua, de modo que en una de cada cuatro carreras se obtiene trabajo mecánico positivo.



Fase de compresión (2-3): En el ciclo teórico, la carrera ascendente del pistón con las válvulas cerradas reduce el volumen del cilindro. El aumento de presión provoca el calentamiento del gas (aire atmosférico) hasta alcanzar en el PMS (Punto Muerto Superior) una temperatura muy superior a la necesaria para la inflamación del combustible. La compresión del aire requiere un aporte energético. En el ciclo real, la presión y temperatura provocadas por la compresión se ven afectadas por la velocidad de trabajo del motor y la temperatura de las paredes del cilindro (sistema de refrigeración).



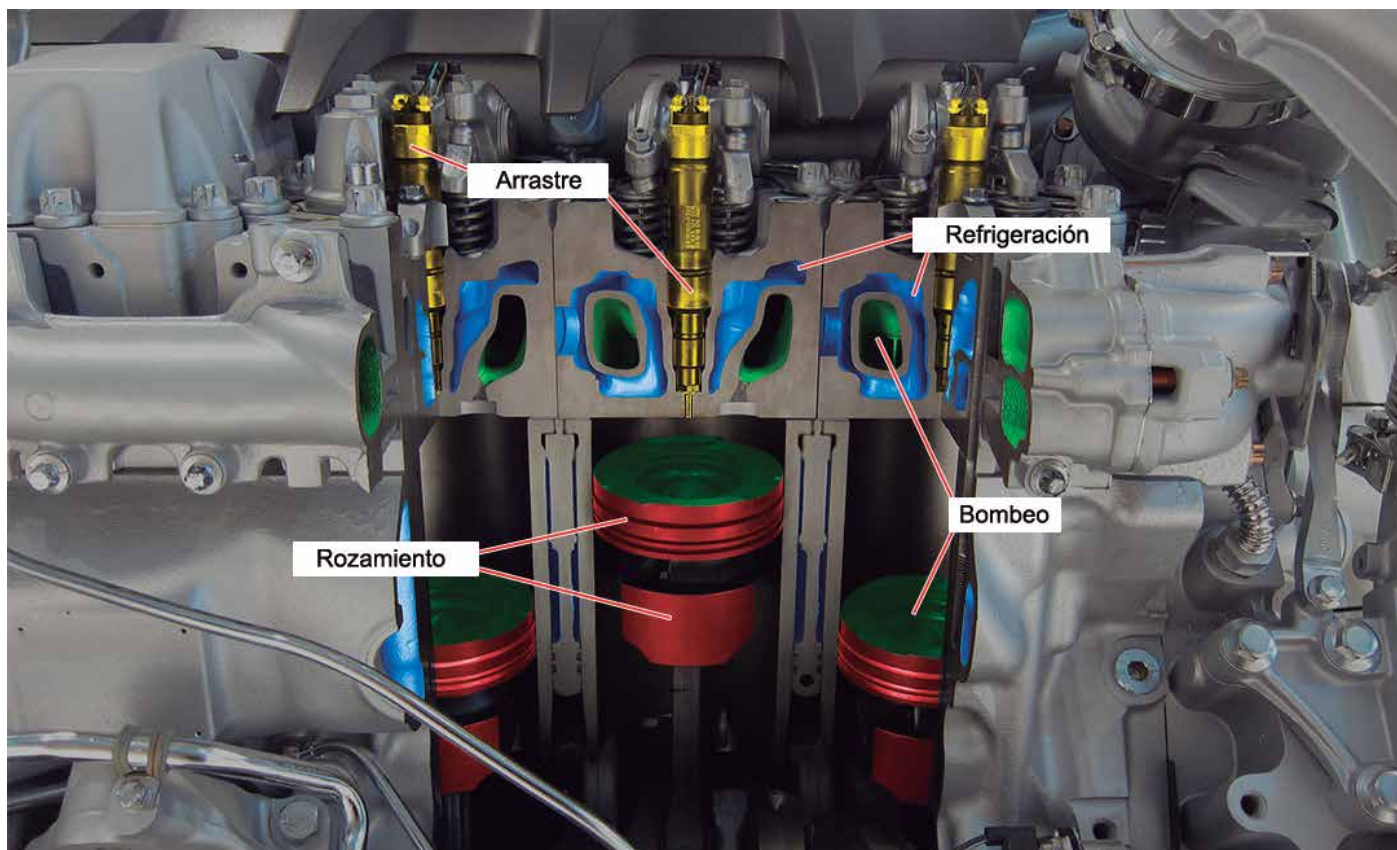
En ciclo real, al finalizar la carrera de trabajo, parte de los gases se conduce automáticamente hacia el exterior a través de la válvula de escape por la presión residual existente al final del tiempo de combustión, lo cual significa que parte del calor obtenido del combustible se pierde por el conducto de escape. La apertura de la válvula de escape (AAE) antes del PMI resulta casi obligatoria para conseguir el vaciado efectivo del cilindro, puesto que el avance en el cierre de la misma (ACE) es inevitable por cuestiones mecánicas.

Pérdidas energéticas del motor

Además de los defectos del ciclo diésel real, hay que considerar los inconvenientes que su ejecución práctica en motores alternativos implica. Las imposiciones físicas del diseño mecánico, el comportamiento térmico de los materiales y el trabajo a régimen variable conllevan pérdidas que afectan al rendimiento final, de modo que del total de

la energía térmica liberada por la combustión, tan solo una parte se transforma en energía mecánica disponible para realizar el trabajo de impulsión del vehículo o cualquier otro tipo de trabajo.

Las pérdidas energéticas más destacables de los motores diésel se producen por:

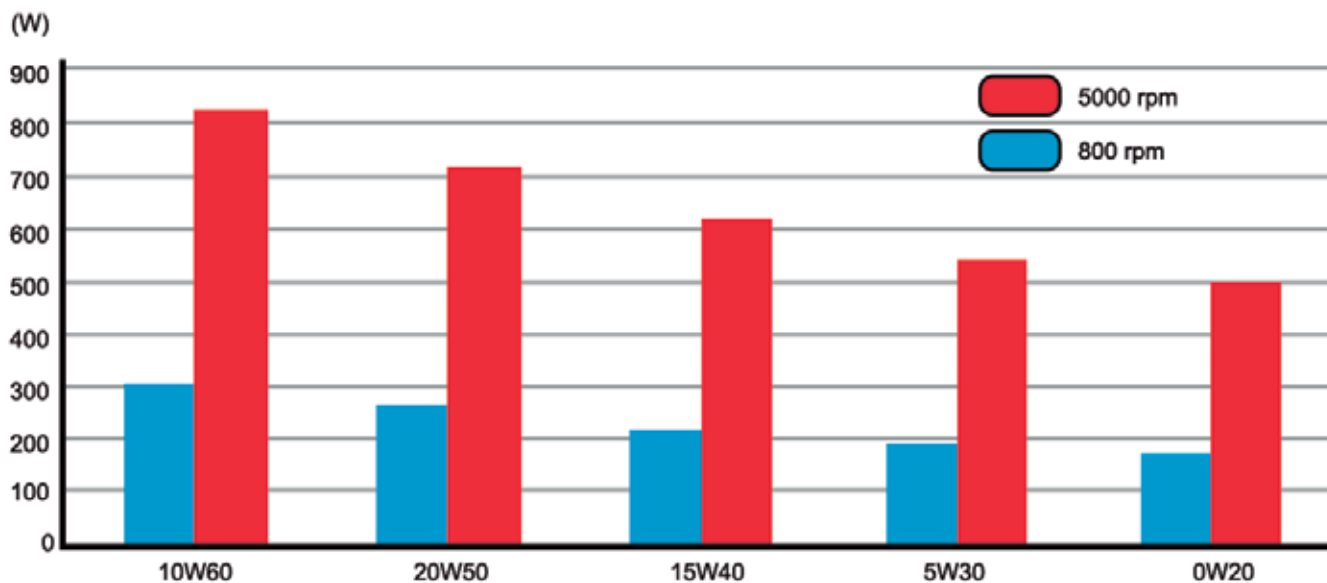


Refrigeración: Los metales que constituyen los motores son “inestables” a la temperatura que da pie a la combustión del gasoil (existe riesgo de dilatación y fusión), lo que precisa de un sistema de refrigeración. El calor evacuado por el sistema de refrigeración no produce el aumento de temperatura y presión de los gases, siendo por tanto una pérdida que se produce principalmente en el tiempo de combustión-expansión y en menor medida en el de compresión.

Bombeo: La sección de apertura de las válvulas resulta limitada por el diseño de los cilindros y las levas, pudiendo suponer una restricción al flujo de llenado y vaciado del cilindro en algunos momentos. La densidad del aire de admisión y de los gases resultantes de la combustión son determinantes en este aspecto. Cuando la variación de volumen del cilindro en los tiempos de admisión y escape resulta mayor que el caudal de gas que permiten las válvulas, se producen una fuerzas sobre la cabeza del pistón contrarias a la dirección de su movimiento, creando una resistencia que debe ser vencida con aporte de energía mecánica.

Arrastre: La presurización del combustible para su inyección, la lubricación de los elementos móviles del motor y la refrigeración del conjunto se realizan por norma general por bombeo de líquidos. Para accionar a estos elementos móviles se suele aprovechar una parte de la fuerza de giro del motor, que por otro lado genera pérdidas de potencia en este.

Rozamiento: El rozamiento y las fuerzas de fricción entre elementos que trabajan en contacto resultan inevitables en algunos componentes del motor que trabajan sin lubricación. Incluso en los elementos que disponen de lubricación, la viscosidad del lubricante genera fuerzas contrarias al movimiento de valor creciente en función de la velocidad de trabajo.



Particularmente en los segmentos de los cilindros por su elevada velocidad de desplazamiento y en los cojinetes de biela y bancada por la gran superficie de contacto las pérdidas por rozamiento pueden llegar

a ser considerables. El accionamiento mediante correas de distribución o auxiliares implica también cierta fricción.

Combustión de los hidrocarburos

El calor necesario para aumentar o mantener la presión en el interior de los cilindros del motor se obtiene en los motores diésel de la oxidación de los diferentes hidrocarburos presentes en el gasóleo por su reacción con el oxígeno del aire atmosférico (O_2).



Posteriormente, la combinación del oxígeno con el carbono produce dióxido de carbono CO_2 , mientras que su unión con el hidrógeno forma agua (H_2O) cuando la reacción química es completa y perfecta.

Para ello se deben cumplir **dos condiciones básicas**, que aunque químicamente resultan bastante simples no siempre se dan en los motores rápidos.

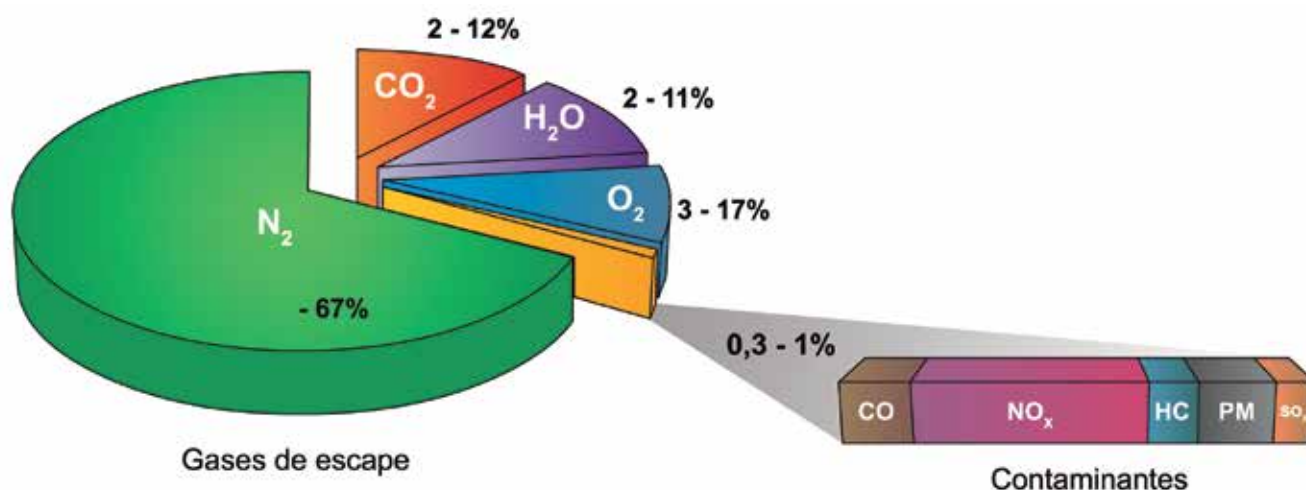
1ª Proporcionalidad entre los elementos reactivos: El motor diésel necesita 14,5 gramos de aire por cada gramo de combustible (**14,5:1**) para poder oxidar por completo el gasoil (relación estequiométrica). Según esta proporción se puede calcular la energía calorífica liberada y la masa de los productos resultantes al final de la reacción.

2ª Temperatura suficiente: Para que la reacción de oxidación se desencadene se requiere un aporte de energía inicial para elevar la temperatura de los hidrocarburos (C_xH_x) por encima de su temperatura de inflamación. El gasóleo líquido debe pasar a estado gaseoso, momento en que las fuerzas de atracción entre sus moléculas desaparecen y los hidrocarburos se pueden mezclar con el aire (oxígeno). La imposibilidad de lograr una combustión perfecta y homogénea, hace que los motores diésel trabajen con un exceso de aire, aun así, en determinadas condiciones de funcionamiento se producen combustiones parciales (incompletas) que, además de reducir el rendimiento, provocan la generación de monóxido de carbono (CO), hidrocarburos ligeros (HC's) y partículas sólidas.

Polución diésel

El ciclo de trabajo diésel „real“ difiere sustancialmente del „teórico“ como consecuencia del cambio de estado del combustible o las pérdidas de calor entre otros. La ejecución práctica del mismo, particularmente en el tiempo de combustión, añade además los defectos asociados a las limitaciones impuestas por el sistema de alimentación, la elevada velocidad de trabajo y algunas reacciones químicas no pre-

vistas inicialmente. Aun trabajando con exceso de aire, la oxidación de los hidrocarburos puede resultar imperfecta en algunas zonas, lo cual además de reducir el rendimiento calorífico del proceso, implica la aparición de monóxido de carbono (**CO**), partículas sólidas (**PM**) e hidrocarburos (**HC**) en estado gaseoso en los gases de escape.



Además, la presencia en la cámara de combustión de determinadas sustancias „teóricamente“ no participantes en la reacción de combustión, posibilita el desarrollo en paralelo de reacciones químicas parásitas, con sus correspondientes productos finales (**NO_x** y **SO_x**). Por todo lo anterior, los gases de escape de los motores diésel rápidos actuales contienen una pequeña fracción de sustancias contaminantes, que por lo general no supera el 1% del total, siendo la parte restante el dióxido de carbono (**CO₂**) y el vapor de agua (**H₂O**) resultantes de la oxidación correcta y completa de los hidrocarburos, más el aire excedente no participante en la combustión (**N₂** y **O₂**).

La proporción relativa entre los gases no contaminantes depende principalmente del estado de carga del motor y la voluntad del conductor (regulación régimen/carga), que determinan la cantidad de combustible inyectada y su proporción con respecto a la masa de aire que llena los cilindros. La producción de sustancias contaminantes se debe en mayor medida a las condiciones en que se desarrolla la combustión, claramente condicionada por las variaciones de temperatura, presión y turbulencia en el interior de la cámara de combustión que comporta el trabajo a régimen y carga variables, y las limitaciones propias del sistema de inyección del combustible.

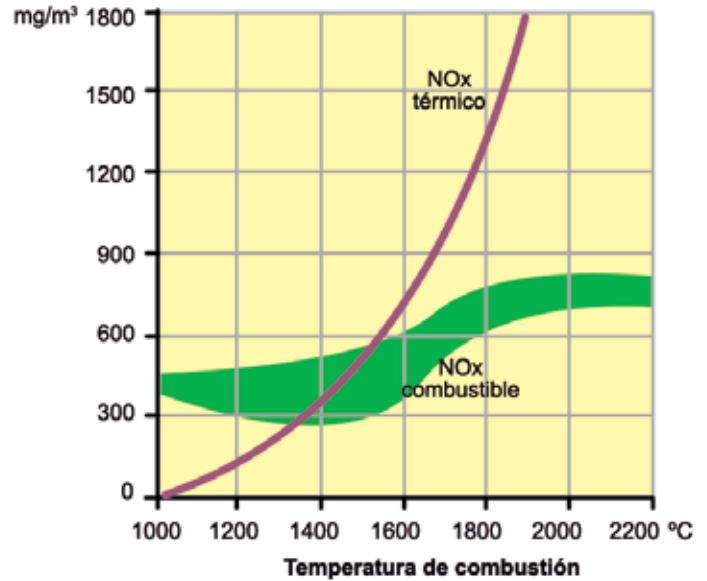
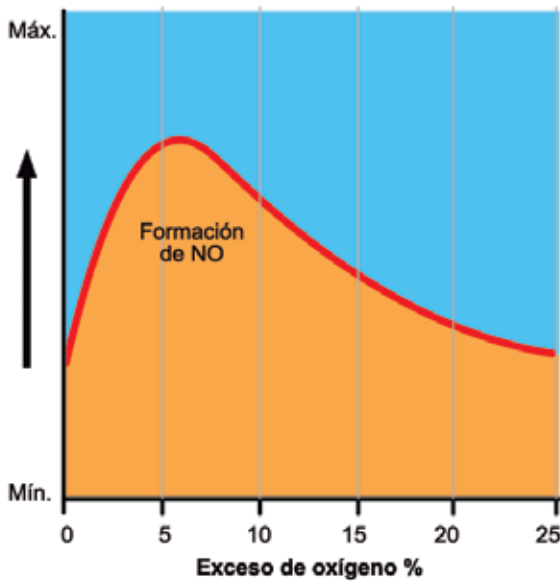
Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Se produce por la combustión completa del carbono y cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. No resulta nocivo para los seres vivos, sin embargo, un incremento de su concentración en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala debido al denominado efecto invernadero. El 41% de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico (resultado de la actividad humana) que se emiten cada año se atribuyen de forma directa al transporte, del cual la mayor parte es propulsado por motores diésel.

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) que se producen durante la combustión representan aproximadamente el 50% del total de las emisiones contaminantes de los motores diésel modernos y se han convertido en los últimos tiempos en su principal desventaja.

En concentración suficiente reduce la proporción de O₂ en el aire y daña los tejidos húmedos (sistema respiratorio particularmente) pudiendo causar asfixia en función de la concentración. El monóxido de nitrógeno es un gas de toxicidad baja a la concentración que se encuentra en la atmósfera, mientras que el dióxido de nitrógeno es un gas de olor fuertemente irritante y asfixiante. La combinación del NO₂ con la humedad del aire forma ácidos nítrico y nitroso, los cuales en forma de lluvia ácida afectan a los organismos vivos, alteran la composición del mineral de los suelos y erosionan los materiales e instalaciones.

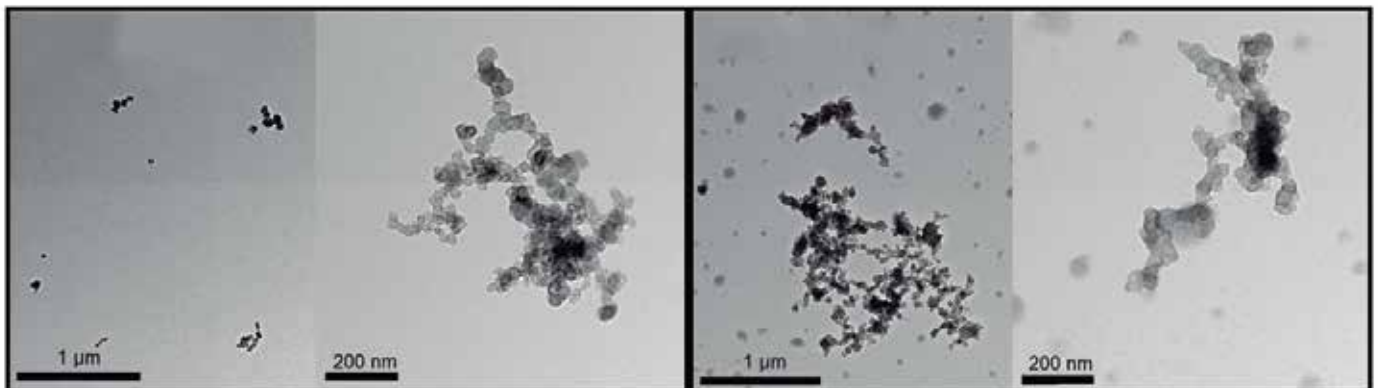


Hidrocarburos (HC)

Sus emisiones provienen del combustible no quemado, como consecuencia de una combustión incompleta. Los HC se manifiestan en diferentes combinaciones según el tipo de combustible y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de los hidrocarburos emitidos a la atmósfera provocan efectos leves sobre la salud tales como irritación de los órganos sensoriales, otros tales como el benceno pueden resultar mucho más dañinos y peligrosos pues son cancerígenos.

Monóxido de Carbono (CO)

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme CO en lugar de CO_2 . La aparición de mayores concentraciones de monóxido de carbono en los gases de escape indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno. El CO, es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico, que puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. En concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo. Concentraciones superiores de CO al 0,3% en volumen resultan mortales.



Partículas sólidas (PM)

Son emisiones fácilmente perceptibles por el denso humo negro que generan. Se producen durante una combustión incompleta rica en combustible (gasoil, CH) cuando el motor trabaja a plena carga y a regímenes bajos y medios. Esto sucede cuando se inyecta una gran cantidad de combustible y parte de él no encuentra en sus inmediaciones un volumen suficiente de oxígeno como para completar la oxidación, lo que genera largas cadenas de hidrocarburos parcialmente oxidados tras la combustión que tienden a reagruparse para formar hollín (carbonilla).

El hollín está compuesto de pequeñas partículas (hasta 100 nanómetros) de carbono impuro pulverizado de un tono más oscuro que la ceniza. Al ser tan pequeñas cuando se inhalan se cuelan dentro del torrente sanguíneo siendo transportadas a las células junto a sus nutrientes, esto genera en las células alteraciones que posteriormente pueden desembocar en cáncer. Otros efectos sobre la salud cuando las partículas quedan en suspensión en la atmósfera son las alergias, el asma y los problemas respiratorios.

Dióxido de azufre (SO₂)

Tiene su origen en el contenido de azufre existente en el combustible (gasoil), debido a que es un elemento natural del petróleo crudo. La concentración de azufre puede variar dependiendo de la calidad del tipo de crudo. Cuanto más pesado es el combustible mayor contenido de azufre tiene y peor es su calidad, dado que el azufre no participa en la combustión para generar energía.

Es un gas incoloro y de olor penetrante que al combustionar se origina como subproducto el dióxido de azufre. Se trata de un elemento perjudicial para el medio ambiente porque en contacto con el aire se

oxida transformándose en sulfato y ácido sulfúrico quedando suspendido en pequeñas partículas que finalmente se precipitan causando la lluvia ácida. El SO₂ causa en las personas irritaciones y disfunciones en el sistema respiratorio (pulmones y fosas nasales). Además, el azufre degrada el aceite rápidamente y reduce la eficiencia del filtro de partículas contribuyendo a que el motor incremente las emisiones de hollín. Para disminuir las emisiones de SO₂, hay que obligar a los fabricantes de combustible a refinar el crudo reduciendo al máximo su concentración en azufre.

NORMATIVA EUROPEA

En la Unión Europea, existe una legislación que regula los límites de emisiones producidas por los motores de combustión interna a través de una serie de normas y directivas, el cual es de obligado cumplimiento para todos aquellos vehículos nuevos vendidos dentro de los estados miembros. Las emisiones del monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC) y partículas de hollín (PM), están reguladas para la mayoría de los vehículos, aplicándose normas diferentes según las características de los mismos.

Un fruto de la legislación anteriormente mencionada, es el programa CAFE (Clean Air For Europe), diseñado para mejorar la calidad del aire con la obligación de disminuir las emisiones producidas por el sector del transporte, a través de normas y directivas. A lo largo de los años estas normas y directivas han ido endureciéndose, cada vez más, a causa de la contaminación medioambiental; son las conocidas EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 y EURO 6, cada una más estricta que la anterior.

| Diesel | | | | | | |
|--|--------------------|------|----|----------------------|-----------------|----------------------|
| Tipo | Fecha | CO | HC | HC + NO _x | NO _x | PM |
| Euro 1 | Julio de 1992 | 2,72 | - | 0,97 | - | 0,14 |
| Euro 2 | Enero de 1996 | 1 | - | 0,7 (*) - 0,9 (**) | - | 0,08 (*) - 0,10 (**) |
| Euro 3 | Enero de 2000 | 0,64 | - | 0,56 | 0,50 | 0,050 |
| Euro 4 | Enero de 2005 | 0,50 | - | 0,30 | 0,23 | 0,025 |
| Euro 5 | Septiembre de 2009 | 0,50 | - | 0,23 | 0,18 | 0,005 |
| Euro 6 | Septiembre de 2014 | 0,50 | - | 0,17 | 0,08 | 0,0045 |
| * Motor de inyección indirecta ** Motor de inyección directa | | | | | | |

La traslación de la evolución de las normas y pruebas de gases para la homologación, cada vez más completas y restrictivas, a **las inspecciones técnicas obligatorias** en cada país no es directa. Aunque existe cierta relación en los valores máximos permisibles de CO, no son objeto de control periódico todas las sustancias contaminantes contempladas en la norma, ni se utilizan los mismos sistemas o medios de evaluación/medición.

Por tal de asegurar el correcto cumplimiento de las normas anticontaminación, se crea la normativa **EOBD (European On Board Diagnostics)**, sistema de diagnóstico que incorpora el vehículo para controlar los sensores del vehículo, registrar los valores de medición, memo-

rizar las averías de los componentes de la gestión del motor y ver parámetros relacionados con los sistemas antipolución.

La reducción de las emisiones contaminantes impuesta por las normativas solo es posible de dos modos:

- Evitando su producción.
- O forzando su transformación química en sustancias o compuestos no contaminantes.

REDUCCIÓN DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN EL PROCESO DE COMBUSTIÓN

Evolución de los motores diésel

La demanda creciente de vehículos diésel en el mercado Europeo en detrimento de los de gasolina, junto a las cada vez más restrictivas normas de homologación, han propiciado la gran evolución técnica de estos propulsores acaecida durante las tres últimas décadas. Existe una necesidad de aumentar el rendimiento energético del motor que, a la vez, reduce el consumo de combustible y de forma directa la reducción de CO₂ producido. Para ello se procura trabajar dos aspectos principalmente: el control de combustión y la reducción de las pérdidas energéticas directas e indirectas.

Las soluciones adoptadas más destacables son:

- **Sobrealimentación del motor:** Mediante turbocompresor con válvula de descarga, de geometría variable o sistemas de doble etapa. Existen en la actualidad motorizaciones tri-turbo, aunque su presencia en el mercado es mínima.
- **Regulación del inicio de la inyección y la cantidad de combustible dosificada:** Empleando sistemas de control de inyección controlados electrónicamente e inyectores de respuesta cada vez más rápida y dosificación más precisa, trabajando con presiones de inyección progresivamente más altas e inyectores con mayor número de orificios de inyección de tamaño más reducido, realizando la inyección directamente en el centro de la cámara de combustión y el aporte de combustible de forma discontinua.
- **Control de la turbulencia en la cámara de combustión:** Con conductos de admisión múltiples y secciones de paso de gas variable.
- **Refrigeración modulable gestionada electrónicamente.** Rendimiento del sistema optimizado en función de la carga motor, la temperatura ambiente y de los gases de escape para evitar el enfriamiento excesivo de la cámara de combustión. Refrigeración activa de la cabeza de los pistones por chorro de aceite controlada electrónicamente.
- **Reducción de la fricción en los componentes del tren alternativo del motor y la distribución:** Segmentos y cilindros fabricados con materiales específicos, distribución por cadena o correa en baño de aceite, árboles de levas sobre casquillos antifricción y pistones con recubrimiento de bajo rozamiento.
- **Lubricantes de baja viscosidad y presión de lubricación regulada electrónicamente:** Presión / caudal de aceite variable según las condiciones de trabajo del motor.
- **Control de carga del alternador inteligente:** Rendimiento del generador regulado electrónicamente en función del estado de carga de la batería y del par motor requerido por el conductor.
- **Reducción del consumo eléctrico del sistema de control del motor:** Se utilizan sensores y actuadores que requieren para su trabajo menor tensión e intensidad de corriente. La transmisión de señales en formato digital aumenta la precisión y fiabilidad de la información a la vez que reduce el consumo eléctrico.
- **Calentamiento activo del motor:** Reducción del tiempo necesario para alcanzar la temperatura óptima de servicio. La anulación del flujo de refrigeración y la activación de las bujías de incandescencia tras la puesta en marcha en frío facilitan el rápido calentamiento de la cámara de combustión, reduciendo el consumo de combustible.



Bajas revoluciones



Actuador de control de turbulencia



Altas revoluciones

Reducción de NO_x

El oxígeno y nitrógeno en la cámara de combustión, es comparativamente mayor en un motor diésel sobrealimentado que en uno atmosférico de la misma cilindrada y en consecuencia las emisiones de NO_x. Sin embargo, las emisiones de CO y HC son menores. La solución adoptada por los fabricantes para reducir, en la medida de lo posible, la formación de NO_x en estas circunstancias sin pérdida de rendimiento térmico, consiste en reconducir parte de los gases de escape nuevamente al circuito de admisión de aire del motor mediante una técnica denominada **EGR** (recirculación de gases de escape).

Se logra obtener las siguientes ventajas:

- Reducir el enfriamiento por renovación de carga.
- Reducir la cantidad de oxígeno con respecto al nitrógeno a la misma vez que enriquece la mezcla.
- Favorecer la dispersión, penetración y gasificación del combustible.
- Ralentizar el proceso de combustión.
- Disminuir las emisiones de HC's y CO cuando la carga es muy baja (ralentí).

Al mismo tiempo, se adquieren las siguientes desventajas:

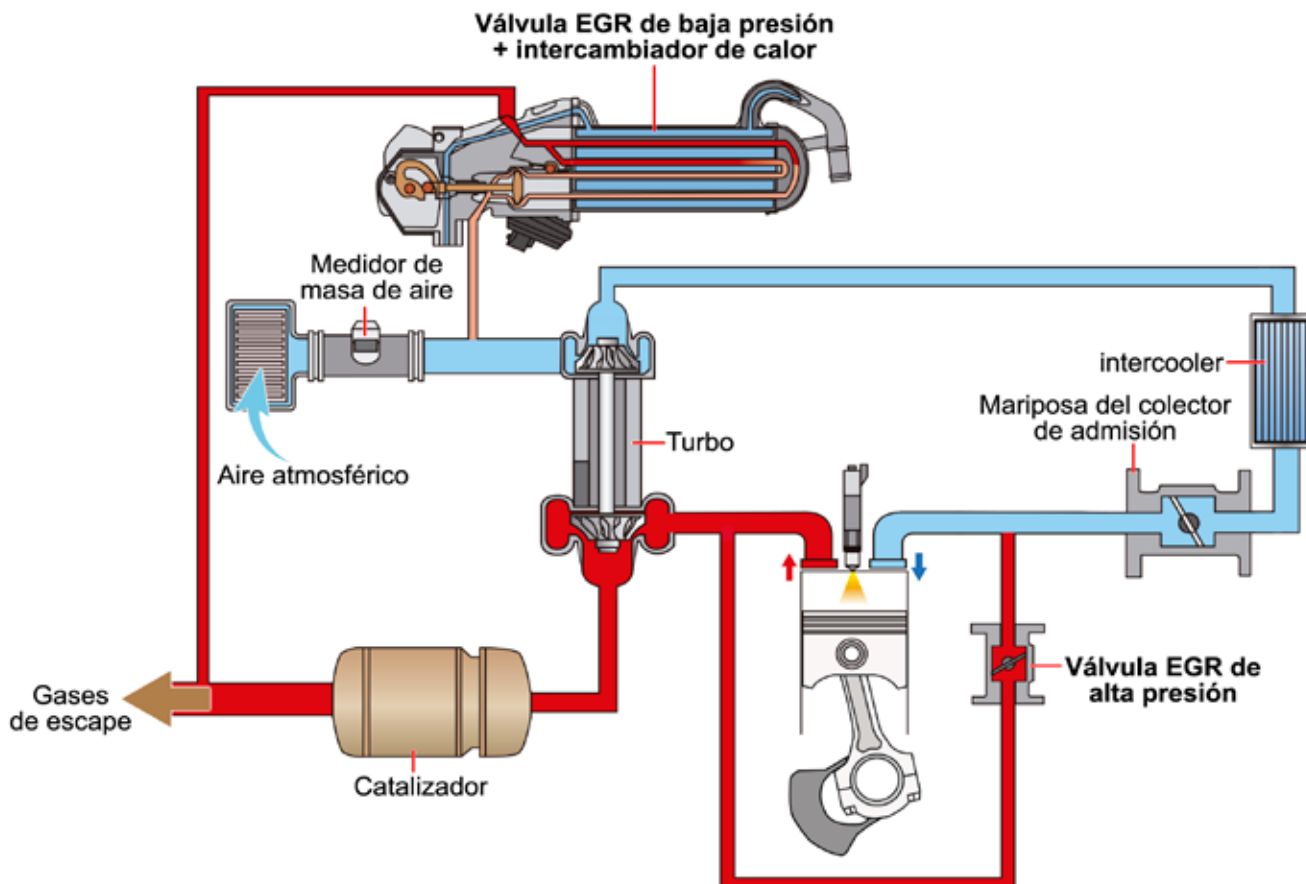
- Se ensucia el circuito de admisión con carbonilla que dificulta el llenado de los cilindros.
- Aumenta la producción de partículas debido a la falta de oxígeno y baja temperatura.

Evolución del sistema EGR

El sistema se centra en **mejorar su precisión e incrementar el margen de trabajo**. Los primeros sistemas solo **trabajaban a ralentí** mientras que en la actualidad el sistema permanece activo salvo cuando se trabaja con carga realmente elevada. La masa de gases recirculados se utiliza también durante la fase de calentamiento del motor para **alcanzar la temperatura de servicio lo antes posible**. El caudal de gases recirculados en los sistemas de EGR **reduce el flujo de gases sobre la turbina de escape del turbocompresor** perjudicando su capacidad de soplado a bajo régimen y la velocidad de respuesta.

En los sistemas de **doble EGR** los gases de escape de baja presión se conducen al lado de aspiración del turbocompresor, asegurando la cantidad necesaria en carga, con afectación mínima sobre el rendimiento del turbocompresor. La energía cinética que aportan al rotor en su paso por la turbina de escape es la misma que cogen en el lado de aspiración y compresión. La reconducción de los gases de escape, una vez procesados por los sistemas de polución (circuito de baja presión), **impide la presencia de partículas sólidas (PM)** en el gas de carga y reduce todavía más el contenido de oxígeno. Parte del O₂ no participante en la combustión ha sido combinado con otros elementos en el catalizador (transformación de CO en CO₂ y de HC's en CO₂ + H₂O), por lo cual **su concentración es todavía más reducida**.

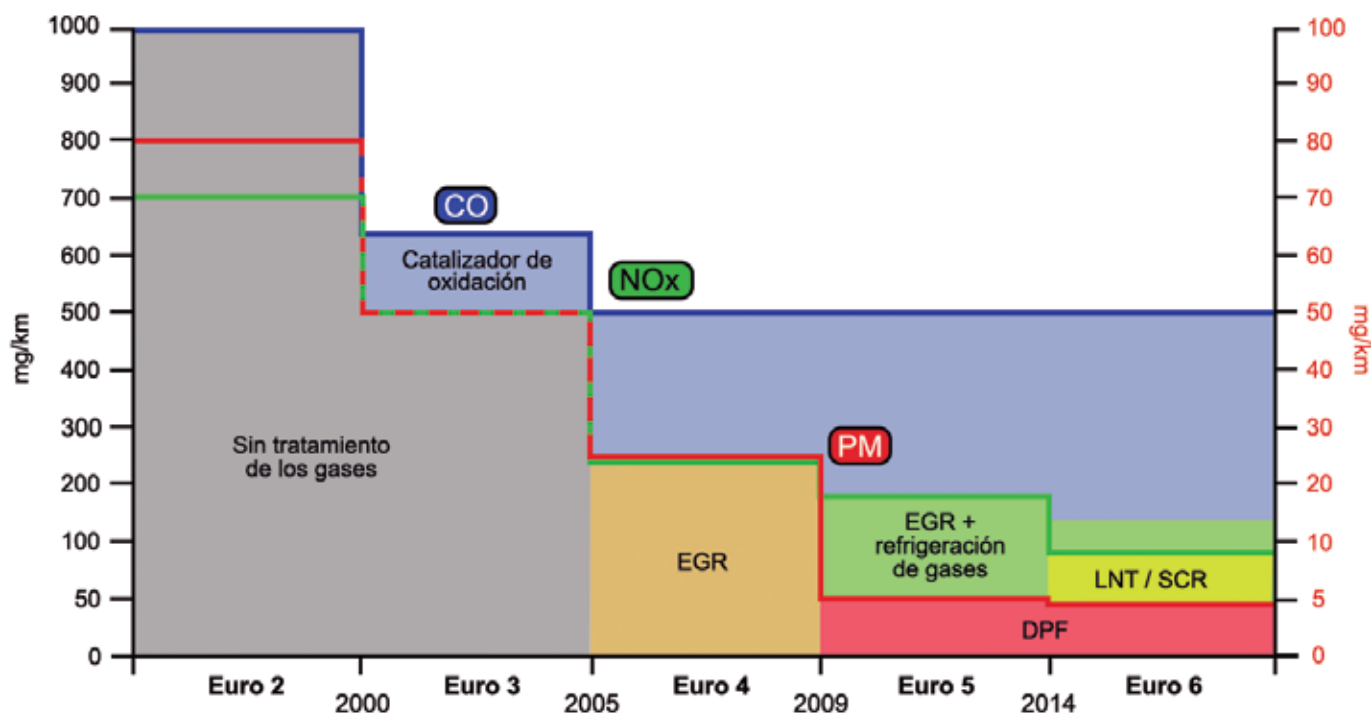
Con el fin de reducir todavía más los óxidos de nitrógeno se procede a enfriar los gases de escape, con el motor caliente, haciéndolos pasar por un radiador de recirculación de gases de escape, refrigerado por agua.



TRATAMIENTO DE LOS GASES DE ESCAPE

Las soluciones técnicas que intentan los fabricantes para la mejora de la combustión, no resultan ser suficientes para cumplir con las restricciones exigidas en las pruebas de homologación. Desde hace años para lograr la homologación, se debe procurar la conversión de las sustancias contaminantes resultantes de la combustión en sustancias no perjudiciales para la salud o el medio ambiente, mediante sistemas de reducción o transformación química.

La diferente naturaleza tanto física como química de los contaminantes producidos por los motores diésel, implica para su transformación, la necesidad de elementos y sistemas tanto pasivos como activos, específicos para la reducción de cada uno de ellos.

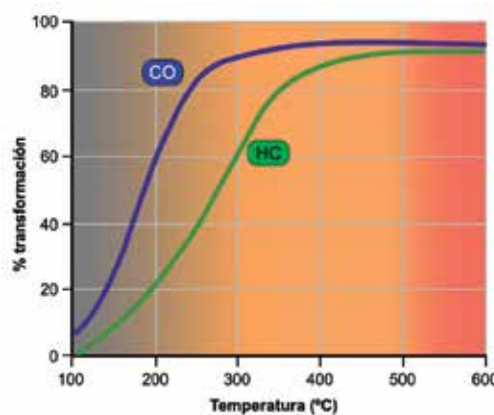


El desarrollo, aplicación o evolución de los sistemas antipolución existentes hasta la actualidad se corresponde en muchos casos con la aplicación de las nuevas normativas, bien por la inclusión en las pruebas de sustancias anteriormente no contempladas o por la gran reducción exigida a las ya normalizadas.

Los sistemas de transformación y depuración de los gases de escape empleados son por orden cronológico de introducción los siguientes:

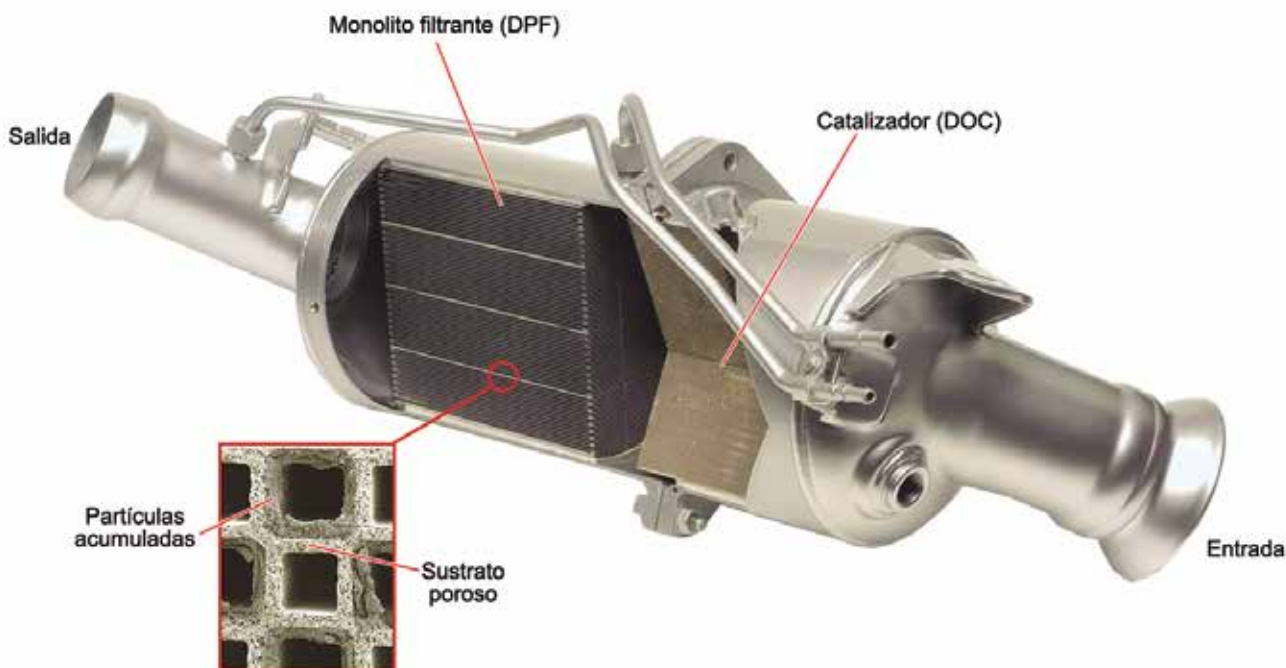
Catalizador de oxidación (DOC)

Los gases contaminantes producidos por la combustión, generalmente los CO y HC, sufren una transformación química dentro del catalizador de oxidación, incorporado en los motores diésel. Este catalizador, oxida el monóxido de carbono y los hidrocarburos no quemados transformándolos en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). A la entrada del catalizador, a parte de los gases CO y HC, está también presente el NO_x que en un principio se puede reducir su cantidad a través de un sistema de recirculación de gases de escape.



El catalizador de oxidación está formado por una caja de acero inoxidable y un monolito de cerámica en su interior. El cuerpo cerámico dispone de un entramado de celdas cuya superficie está recubierta con una capa de óxido de aluminio vaporizada con platino y paladio. Los gases de escape atraviesan a estas celdas y calientan el catalizador, comenzando la conversión de contaminantes en compuestos inertes. Los metales nobles son los que oxidan los gases de escape, consiguiendo así la disminución del monóxido de carbono y de los hidrocarburos sin quemar.

Los catalizadores de oxidación se montan lo más cerca posible del motor para que consigan rápidamente la temperatura necesaria para realizar su función de forma eficiente. La reacción química de oxidación del monóxido de carbono y de los hidrocarburos es eficaz con temperaturas superiores a 200 °C.



Filtro de partículas (DPF)

Tiene la misión de filtrar y almacenar las partículas de hollín que se producen durante el proceso de combustión del motor. También asegura la combustión de las partículas de hollín durante la fase regeneración.

El filtro de partículas está formado de un cuerpo cerámico de carburo de silicio que va alojado en una carcasa de metal. En el interior, los gases de escape circulan por unos pequeños conductos paralelos cerrados de forma alternativa. Estas paredes son porosas para los gases de escape pero no para las partículas de hollín que quedan retenidas. Las paredes del cuerpo cerámico están recubiertas de una combinación de platino y óxido de cerio. El contacto de los gases con

el recubrimiento de platino genera dióxido nítrico (NO₂), el cual provoca una oxidación de las partículas de hollín por encima de los 350 °C, produciéndose una regeneración pasiva en el filtro.

El óxido de cerio contenido en el recubrimiento acelera la regeneración térmica con oxígeno (O₂) a temperaturas por encima de los 580 °C. Esto sucede cuando la regeneración es activada por la unidad de mando del motor. Para activar la regeneración, se tiene en cuenta la medición que realiza el sensor de presión diferencial. Este mide la presión de entrada y salida del filtro de partículas e informa a la unidad de mando de motor donde es determinado el grado de saturación de éste.

Sistemas de reducción de NO_x LNT

Se trata de un sistema acumulador/ catalizador que retiene los NO_x. Está formado por un monolito de estructura reticular cuadrada abierta con un recubrimiento de platino y óxido de bario, que se coloca detrás del catalizador DOC y generalmente delante del DPF.

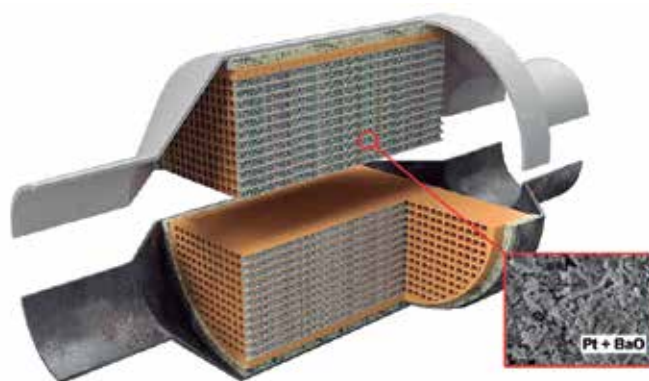
En los periodos de mezcla pobre ($\lambda > 1$) el platino atrae a los NO_x que se forman durante la combustión y facilita la oxidación del NO combi-

nándolo con el O₂ excedente de la combustión para formar NO₂. Por proximidad física, el óxido de Bario (BaO) capta los NO_x para formar nitritos Ba(NO₃)₂, por lo cual esta fase se denomina de **absorción**.

La unidad de mando del motor evalúa la proporción de NO_x después del acumulador, a través de un sensor de NO_x. La proporción elevada de NO_x indica la saturación del filtro, por lo cual se debe proceder

a su restitución transformando los NO_x retenidos en N_2 y H_2O . Para ello, la unidad de control del motor **enriquece** brevemente la proporción combustible/aire hasta superar la capacidad de transformación instantánea del catalizador DOC. La presencia de **HC's** y **CO** en el acumulador unida a la baja presencia de O_2 provoca la descomposición de los nitritos y la liberación de N_2 cuando su oxígeno se combina con el **CO** para formar CO_2 o con el carbono y el hidrógeno de los **HC's** formando CO_2 y H_2O . El Bario vuelve de este modo a su estado original (**BaO**), recuperando su capacidad de absorción y acumulación de NO_x .

Durante la fase de reducción aumenta momentáneamente la producción de partículas sólidas, CO e hidrocarburos durante la combustión, **suponiendo también un incremento en el consumo de combustible**. El rendimiento del catalizador LNT resulta máximo entre **150 y 450°C** y disminuye particularmente en las fases de regeneración del filtro DPF por la elevada temperatura de los gases de escape necesaria durante periodos de tiempo prolongados.



Sistemas de NO_x SCR

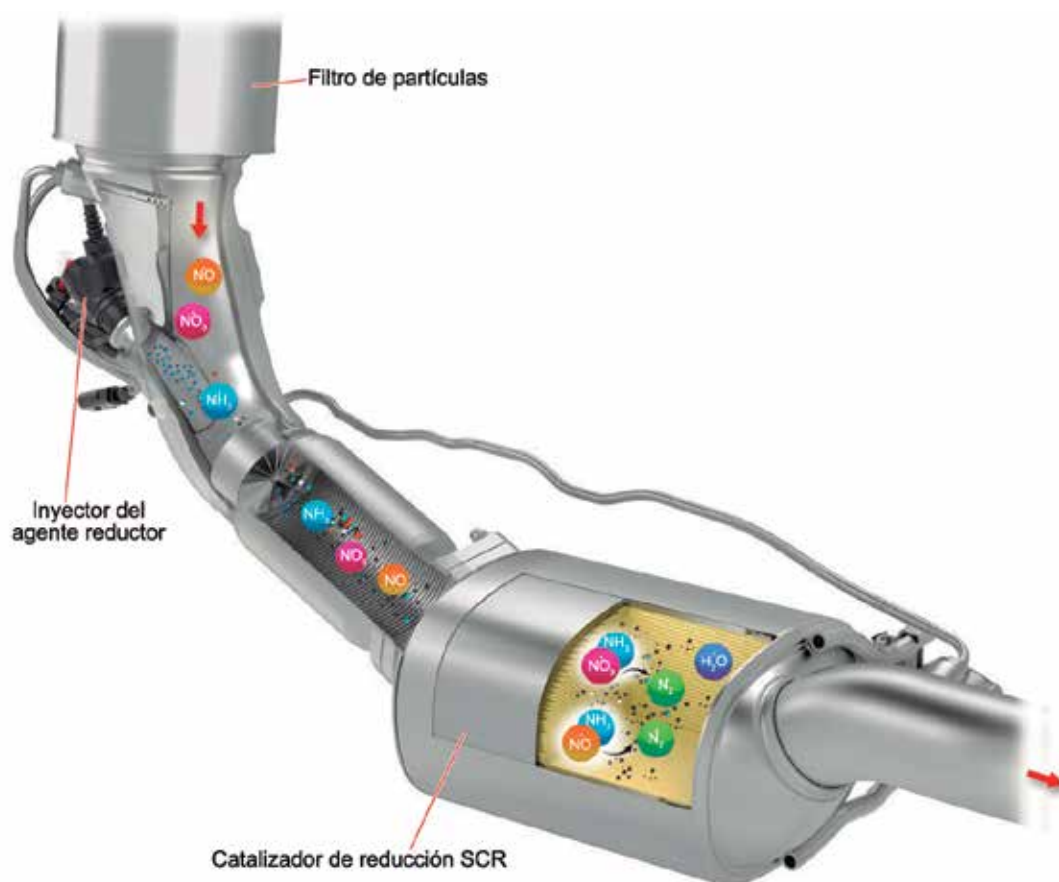
El sistema descrito anteriormente incrementa la producción de partículas sólidas (PM) y su acumulación en el filtro DPF, lo cual implica regeneraciones más frecuentes e incrementa el consumo de combustible. La otra alternativa empleada actualmente por la mayoría de fabricantes de vehículos ligeros se basa en la tecnología SCR (Selective Catalytic Reduction).

La característica principal de este sistema, es la utilización adicional del agente reductor AdBlue para su funcionamiento. Se inyecta, en el flujo de gases de escape, los elementos químicos necesarios (AdBlue) a través de un inyector para lograr la transformación continua de los NO_x en N_2 y H_2O . El agente reductor AdBlue, es transformado en amoníaco (NH_3) por termólisis, es decir, una reacción química con-

dicionada por el calor y por hidrólisis (reacción química condicionada por el agua).

- **Termólisis:** $(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NHCO}$
- **Hidrólisis:** $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$

De este modo se consigue en función de la temperatura de los gases de escape una reducción de entre el 90 y el 95% de los NO_x producidos por el motor. Los sistemas SCR, principalmente, se componen de un catalizador específico, un circuito hidráulico y los elementos sensores y actuadores necesarios para regular la cantidad de aditivo inyectada en el escape en función de la concentración de NO_x .



Eure!Car[®]

CERTIFIED MASTERCLASSES

techn

auto



bilsteingroup[®]



SWAG



BOSCH



brembo

Continental



KYB

Our Precision, Your Advantage

MAHLE

**MANN
FILTER**

PHILIPS

SCHAEFFLER

SKF[®]



Brand of NTN corporation

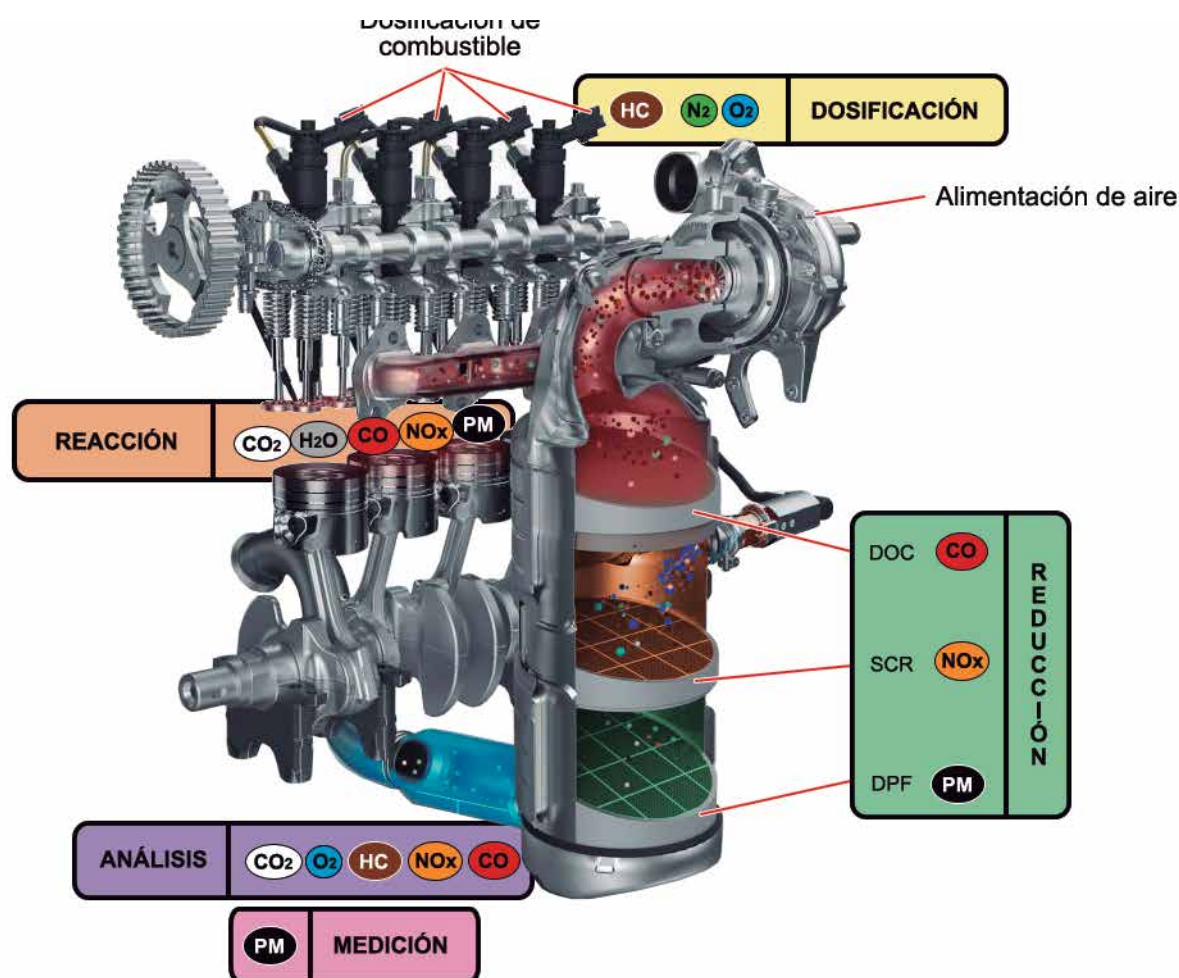
Technical education for professional automotive repairers

www.eurecar.org



ANÁLISIS DE GASES DIÉSEL

Control de emisiones de escape en motores diésel



La finalidad principal del análisis de gases en los motores diésel actuales es el control de la efectividad de los diferentes sistemas anticontaminación, cuyo mal funcionamiento puede o no afectar al normal desempeño del motor y ser tanto causa como consecuencia directa de diferentes averías.

Los valores máximos de sustancias contaminantes aceptables para cada vehículo dependen lógicamente de los sistemas anticontaminación equipados y la norma de homologación exigible, debiéndose tener en cuenta que la capacidad de reducción de algunos de ellos no es absoluta y que su efectividad depende en muchos casos de la temperatura de trabajo y otros factores externos.

El trabajo de los sistemas activos de anticontaminación depende además de su correcta regulación por parte de una unidad de control, función que debe ser comprobada mediante instrumentos de diagnóstico.

A diferencia de los motores de gasolina, en que la composición final de los gases de escape es prácticamente la misma en todo el régimen de trabajo independientemente de la carga, en los motores diésel se debe realizar en distintas condiciones de trabajo y contemplando las emisiones de NO_x.

La formación de partículas sólidas, la mayor parte de ellas invisibles, debe ser tomada en cuenta también como paso previo a la medición de los gases. Además del obligatorio control de opacidad de humos o la comprobación de eficacia de los sistemas antipartículas, la producción de partículas en exceso es un claro indicador de problemas de dosificación o combustión. La formación de partículas sólidas modifica el resultado químico de la combustión, disminuye la producción de CO₂ e incrementa la cantidad de O₂ excedente, con lo cual facilita la formación de NO_x si la temperatura es suficiente.

Equipo de medición de opacidad

La posible producción durante la reacción de combustión tanto de gases como de partículas sólidas, característica de los motores diesel, implica la necesidad de utilizar dos instrumentos de medición independientes para su evaluación.

La cantidad de partículas sólidas se comprueba desde hace años mediante **opacímetros** con el motor en fase de aceleración desde régimen mínimo hasta alcanzar el límite de giro superior. De este modo, la masa de aire que ingresa en los cilindros en cada ciclo de trabajo

aumenta hasta cierto régimen (máxima eficacia de llenado y momento de par máximo) para reducirse progresivamente después. En estas condiciones, la masa de combustible inyectada en cada ciclo se regula en la cantidad máxima durante la aceleración y debe reducirse después para limitar el régimen del motor.

La posibilidad de formación de partículas sólidas si el llenado de aire o la dosificación de combustible resultan incorrectos o existen fallos de

combustión es máxima en estas circunstancias, puesto que se realiza la comprobación a régimen variable, en enriquecimiento extremo y en reducción de caudal a alta velocidad.

En la actualidad la mayoría de opacímetros comercializados trabajan en combinación con un ordenador personal fijo o portátil, que realiza las funciones de cálculo y visualización de los resultados medidos.



Análisis de 5 gases

Los sistemas de medición de sustancias contaminantes que se utilizan durante las pruebas de homologación son de medición absoluta y acumulativa, ya que las normativas contemplan las cantidades máximas permisibles por km (sobre banco o en circulación real) en diferentes condiciones y ciclos de funcionamiento. La medición absoluta (en masa) de sustancias cuando se trata de gases, requiere volúmenes de acumulación y sistemas de separación o detección cuyo coste resulta muy elevado, por lo cual resultan prácticamente inaccesibles para el taller de reparación.

En cambio, los analizadores de gases de escape diésel disponibles y asequibles para el taller son herramientas de medición proporcional, que trabajan determinando la composición relativa de un flujo de gas en condiciones de caudal estabilizado continuo y suficiente.

Los analizadores de gases aptos para vehículos diésel deben evaluar los elementos siguientes:

- **CO₂**: Producto de la combustión completa del combustible dosificado, la transformación del CO en el catalizador a CO₂, y la formación de CO₂ por descomposición del AdBlue en los sistemas de NO_x SRC.
- **O₂**: Excedente de la combustión que no ha participado en los procesos de transformación de las sustancias contaminantes.
- **CO**: Producto de la combustión incompleta de los hidrocarburos que debe ser transformado a CO₂ en el catalizador.
- **HC**: Combustible gasificado que debe ser oxidado en el catalizador DOC.
- **NO_x**: Resultante de la combinación del O₂ y el N₂ durante la combustión o en el catalizador DOC. Su producción se limita mediante la EGR o se transforman en N₂ y CO₂ mediante sistemas LNT o SCR.

Con los 4 valores iniciales se puede calcular matemáticamente la proporción aire/combustible (factor λ) dosificada basándose en la proporción de los gases resultantes de la combustión y en los hidrocarburos no quemados. Resulta necesario tener en cuenta también la formación de H₂O como producto de la combustión. La diferente composición química de la gasolina y del gasoil implica cálculos diferentes para determinar el factor λ sobre cada uno de estos motores.

La mayoría de analizadores de 5 gases, son compatibles con ambos combustibles (previa configuración por parte del usuario), sin embargo los más antiguos de 4 gases no suelen disponer de esta opción. Los valores que muestran estas máquinas, son referidos en % volumétrico con respecto al total instantáneo de la muestra (valor 100) o en número concreto de partículas sobre una cantidad predefinida de la muestra analizada (ppm-partículas por millón), estableciendo de este modo la proporcionalidad matemática de las diferentes sustancias con respecto a un parámetro común y entre ellas (volumen total o un millón de partículas respectivamente).

Por norma general indican en ppm las sustancias cuya proporción en el volumen total resulta tan baja que requeriría demasiados decimales (NO_x y HC's) para resultar significativa. 100ppm equivalen a 0.01%. La referencia al total de la muestra gaseosa como denominador común permite el análisis comparativo entre los gases de escape para determinar si su variación y proporción en diferentes estados de funcionamiento resulta o no acorde a la dosificación y las condiciones en que se desarrolla la combustión.

Del mismo modo que los opacímetros, los analizadores de gases actuales suelen trabajar en combinación con un ordenador personal fijo o portátil que realiza las funciones de control del aparato de medida, cálculo y visualización.



La combinación permite, además de reducir los costes del equipo de medición, el desarrollo de pruebas específicas y la ejecución de pruebas específicas para la comprobación de los sistemas de depuración de los gases de escape. La representación gráfica de la composición de los gases y su evolución facilita la comprensión de los datos y el análisis de los resultados.

Para estos analizadores de gases, es importante llevar a cabo los mantenimientos necesarios que necesita, como los cambios de filtro y calibraciones. De esta forma se puede seguir usando la máquina en su mejor precisión.

NOTAS TÉCNICAS

En este apartado se localizan las averías más comunes relacionadas con el tratamiento de los gases de escape. En función de los fabricantes y sus diferentes modelos, el número de averías producidas en el transcurso de los años puede ser diferente.

Estas averías son seleccionadas de la plataforma online: www.einavts.com. Dicha plataforma dispone de una serie de apartados donde indican; marca, modelo, gama, sistema afectado y subsistema, y se pueden seleccionar independientemente en función del tipo de búsqueda que se quiera realizar.

AUDI

| Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHA), Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHB) | |
|--|---|
| Síntoma | P20EE00 - Catalizador SCR de óxido de nitrógeno (NO _x), banco 1 - Eficacia baja. P229F00 - Banco 1, sensor 2 de óxido de nitrógeno (NO _x) - Señal no plausible. Código de avería registrado en la unidad de control motor. El vehículo presenta uno o varios códigos de avería anteriores. Testigo de avería de motor (MIL) encendido. Testigo sistema de precalentamiento encendido. En el taller se observa el siguiente síntoma: "Error de funcionamiento del sistema AdBlue" NOTA: Este boletín informativo afecta solamente a los vehículos que se encuentran dentro de una fecha de producción específica |
| Causa | Mal funcionamiento del sensor de medición de los óxidos de nitrógeno (NO _x). |
| Solución | Procedimiento de reparación: <ul style="list-style-type: none"> Realizar lectura de códigos de avería registrados en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnosis. Confirmar que se registran los códigos de avería mencionados en el campo síntoma de este boletín. Sustituir el sensor para medir los óxidos de nitrógeno. Borrar los códigos de avería registrados en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnosis. Realizar un recorrido de prueba con el vehículo. Realizar una segunda lectura de códigos de avería en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnosis y confirmar que NO se registran los códigos de avería mencionados en el campo síntoma de este boletín. ATENCIÓN: Durante el recorrido de prueba, el sistema AdBlue realiza un auto test y, una vez finalizado, se apagarán los testigos de advertencia en el cuadro de instrumentos. |

LAND ROVER

| | |
|--|--|
| RANGE ROVER II (LP) 2.5 TD (25 6T (BMW)), RANGE ROVER II (LP) 4.0 (42 D), DISCOVERY II (LJ, LT) 2.5 Td5 (10 P), DISCOVERY II (LJ, LT) 4.0 V8 (56 D), DEFENDER (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P), DEFENDER Station Wagon (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P), DEFENDER Pick-up (LD_) 2.5 Td5 4WD (10 P) | |
| Síntoma | Pérdida de potencia. Funcionamiento incorrecto del motor. El rendimiento del motor es deficiente. Humo excesivo por el escape. Humo negro por el escape. Falsas explosiones. |
| Causa | Desgaste del retén interno de la válvula de recirculación de gases de escape (EGR). |
| Solución | Procedimiento de reparación: <ul style="list-style-type: none"> Comprobar el estado y funcionamiento de la válvula de recirculación de gases de escape (EGR). Sustituir la válvula de recirculación de gases de escape con la modificación de sus juntas. |

CITROËN

| | |
|--------------------|--|
| C3 (FC_), C4 (LC_) | |
| Síntoma | P20E9 - Presión del aditivo reductor demasiado alta. NOTA: Este boletín informativo afecta solamente a los vehículos equipados con sistema de anticontaminación EURO 6. Es posible que al realizar una lectura de códigos de avería se registren otros códigos que no sean los mencionados. |
| Causa | Defecto del sistema de anticontaminación AdBlue después de realizar una intervención en el circuito. |
| Solución | Procedimiento de reparación: <ul style="list-style-type: none"> Realizar lectura de códigos de avería registrados en la unidad de control motor con el útil de diagnóstico. Confirmar que se registra el código de avería mencionado en el campo síntoma de este boletín. Confirmar que se reproduce el síntoma mencionado en el campo síntoma de este boletín. Realizar una purga del circuito de AdBlue. Borrar los códigos de avería registrados en la unidad de control motor con el útil de diagnóstico. Realizar una segunda lectura de códigos de avería en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnóstico y confirmar que NO se registran los códigos de avería mencionados en el campo síntoma de este boletín. Para más información consultar con su asesoramiento técnico habitual. NOTA: Si en la diagnosis aparecen fallos diferentes al código de avería mencionado en el campo síntoma de este boletín, deberán ser tratados individualmente. IMPORTANTE: No es necesario sustituir ninguna unidad ni componente para reparar esta avería. |

OPEL

| | |
|--|--|
| ASTRA H 1.9 CDTI (Z 19 DT), SIGNUM 1.9 CDTI (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Fastback 1.9 CDTI (Z 19 DT), VECTRA Mk II (C) Ranchera familiar 1.9 CDTI (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Ranchera familiar 1.9 CDTi (Z 19 DT), ZAFIRA Mk II (B) 1.9 CDTI (Z 19 DT), ASTRAVAN Mk V (H) 1.9 CDTI (Z 19 DT) | |
| Síntoma | P1901 - Funcionamiento incorrecto de la línea del circuito del sensor de presión del filtro de partículas. Pérdida de potencia. Vehículo en modo degradado o emergencia. Testigo de avería de motor (MIL) encendido. |
| Causa | El Filtro de partículas diesel (DPF) se ha atascado a consecuencia de varios ciclos de regeneración del DPF Interrumpidos. El tipo de conducción no es acorde con la tecnología del vehículo, (ciclos continuados de trayectos cortos o conducción continua por ciudad). |
| Solución | Procedimiento de reparación: <ul style="list-style-type: none"> Realizar una regeneración estática del filtro de partículas con máquina de diagnóstico. Realizar lectura de códigos de avería registrados en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnóstico. Borrar los códigos de avería registrados en la unidad de control motor (UCE) con el útil de diagnóstico. Reprogramar la unidad de control de motor (UCE) con software actualizado. Realizar una segunda lectura de códigos de avería en la unidad de control con el útil de diagnóstico. NOTA: Informar al usuario del vehículo, de la necesidad de adaptar un ciclo de conducción continuado de unos 20 minutos a un elevado régimen de revoluciones, el aviso de dicha necesidad, aparecerá en el cuadro de instrumentos mediante el parpadeo de una resistencia en espiral. |



Tecnología al día en automoción

El boletín de noticias Eure!TechFlash es complementario al programa de formación de ADI Eure!Car y tiene una misión clara:

Proporcionar una visión técnica actualizada sobre las innovaciones en el mundo de la automoción.

Con la asistencia técnica de AD Technical Centre (España) y con la ayuda de los principales fabricantes de piezas de repuesto, Eure!TechFlash intenta desmitificar las nuevas tecnologías y hacerlas transparentes para estimular a los técnicos profesionales para que sigan el ritmo de la tecnología y motivarlos a invertir en educación técnica de manera continua.

Eure!TechFlash se publicará 3 o 4 veces al año.

Eure!Car[®]

CERTIFIED MASTERCLASSES

El nivel de competencia técnica de los mecánicos es vital y en el futuro puede ser decisiva para la existencia

El programa Eure!Car contiene una exhaustiva serie de cursos de formación técnicos de alto nivel para técnicos profesionales, que están impartidos por las organizaciones nacionales de AD y sus distribuidores en 39 países.

continuada del técnico profesional.

Eure!Car es una iniciativa de Autodistribution International, con sede en Kortenberg, Bélgica (www.ad-europe.com).

Visite www.eurecar.org si desea más información o desea ver los cursos de formación.

Los socios industriales apoyando a Eure!Car



Start and charge systems



Nota limitativa: Las informaciones contenidas en esta guía no son exhaustivas y se facilitan únicamente a título informativo. No comportan responsabilidad alguna por parte del autor.