



NOX REDUCTION SYSTEMS

▼ EN ESTE NÚMERO

INTRODUCCIÓN

2

LA COMBUSTIÓN Y LOS
GASES DE ESCAPE

2

NORMATIVA
ANTICONTAMINACIÓN

3

DMEDIDAS PARA
LA REDUCCIÓN DE LAS
EMISIONES
CONTAMINANTES

4

SISTEMAS DE
REDUCCIÓN CATALÍTICA
SELECTIVA SCR

7

EJEMPLOS DE FABRICANTES
QUE INCORPORAN EL
SISTEMA DE REDUCCIÓN
NOX CON ADBLUE

8

MANTENIMIENTO
DE LOS SISTEMAS
DE REDUCCIÓN NOX
CON ADBLUE

14

INTRODUCCIÓN

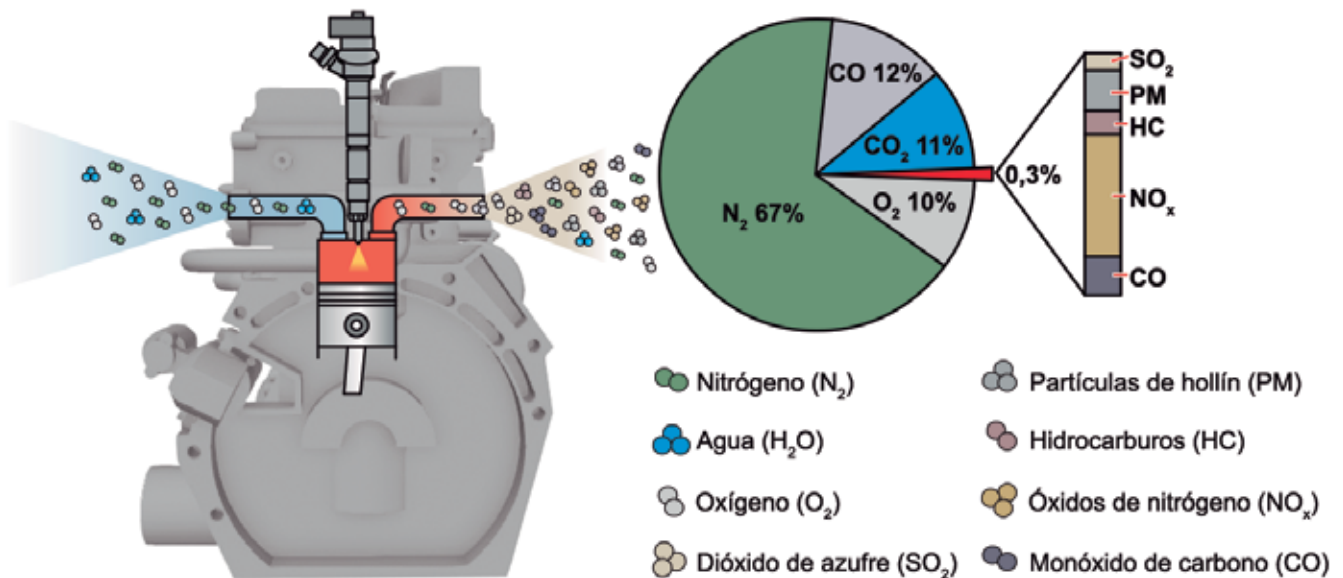
Una de las sustancias producidas por los motores de combustión más nocivas para las personas y el medio ambiente son los **óxidos de nitrógeno y sus derivados**. Según los niveles máximos de contaminación ambiental establecidos para las ciudades el dióxido de nitrógeno NO_2 no debería de superar los **200 mg/m^3** .

En realidad, cuando las condiciones meteorológicas son adversas, muchas veces estos niveles se llegan a triplicar, significando una grave amenaza contra la salud pública. Los óxidos de nitrógeno se producen, mayoritariamente, durante la combustión del motor diésel, cuando el régimen del motor es lento y la cantidad de gasoil inyectado es pequeña. Dado que el motor trabaja sin restricción de aire aspirado, bajo estas condiciones la mezcla aire/combustible resulta pobre, con lo que queda mucho aire que no participa directamente en la combustión. Como el aire está compuesto mayoritariamente de nitrógeno (78%) y oxígeno (21%), el restante de estos elementos que no ha interve-

nido en la combustión, reacciona debido a las altas temperaturas de la cámara de combustión, formando polución del aire y los óxidos de nitrógeno (NO_x), causantes de los serios problemas relacionados con la contaminación en las grandes ciudades.

En consecuencia, los fabricantes de automóviles han desarrollado diferentes soluciones para reducir, transformar y controlar las emisiones de óxidos de nitrógeno. Una de esas soluciones es la utilización del **agente AdBlue** para reducir por transformación los óxidos de nitrógeno.

El **AdBlue** es una marca registrada bajo la cual se comercializa un producto denominado técnicamente AUS32 (Aqueous Urea Solution, disolución de urea al 32,5%). Su misión es la de reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno NO_x en los motores Diésel. Para ello se aplica un proceso denominado SCR (**S**elective **C**atalytic **R**eduction, reducción catalítica selectiva). Este proceso se lleva a cabo en un catalizador específico para la acumulación y reducción de los NO_x .



LA COMBUSTIÓN Y LOS GASES DE ESCAPE

La combustión

La combustión, es una reacción química continua en la que un elemento **combustible**, en este caso el gasoil, reacciona y combina con otro elemento **comburente** (Oxígeno). Durante la combinación rápida del combustible con el oxígeno se libera energía térmica y luminosa, a la vez que se produce un óxido. La combustión es una **reacción exotérmica** debido a que durante dicho proceso se libera calor. Los tipos más frecuentes de combustibles son los materiales orgánicos que contienen carbono e hidrógeno.

En un motor diésel, la **combustión ideal** se produce cuando la totalidad del combustible reacciona con el oxígeno dando como únicos productos resultantes: **nitrógeno (N_2)**, **dióxido de carbono (CO_2)** y **agua (H_2O)**. Esto significa que el combustible se ha oxidado totalmente, es decir, que se ha quemado completamente. Sin embargo, en la realidad, debido a las características inherentes de la naturaleza de la combus-



ción y a que durante la combustión existe una continua variación de la proporción de la mezcla entre el aire y el combustible, **la combustión ideal no sucede en la práctica.**

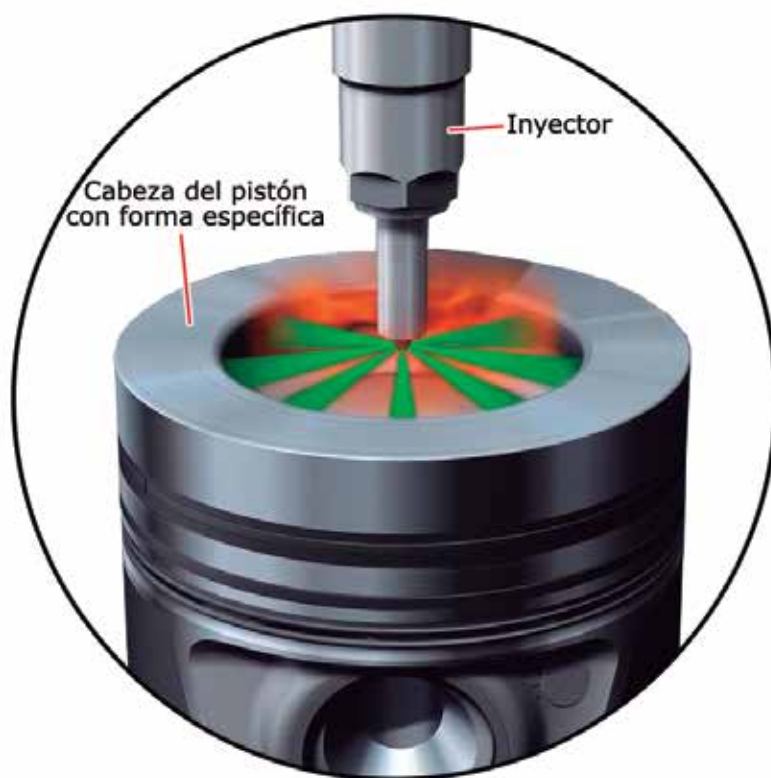
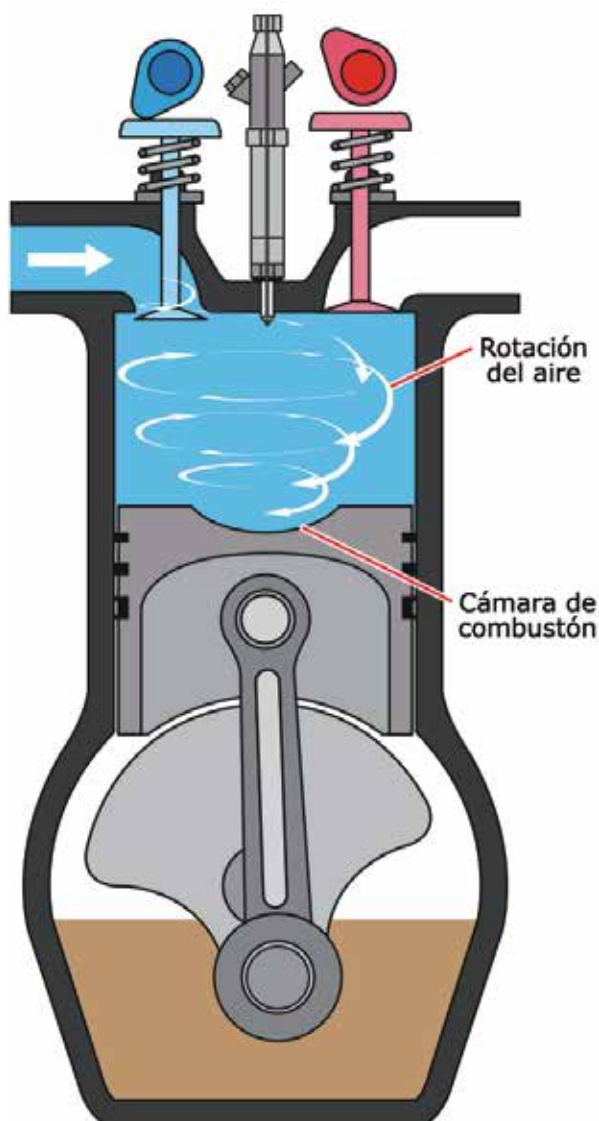
La combustión real (incompleta), tiene como resultado, además de O_2 , N_2 , CO_2 y H_2O , varios subproductos tóxicos como: carbono parcialmente oxidado **PM** (hollín), monóxido de carbono **CO**, hidrocarburos sin quemar **HC**, óxidos de nitrógeno **NO_x** derivado de la oxidación del nitrógeno y dióxido de azufre **SO₂** como subproducto de una combustión parcial del azufre contenido en el combustible diésel.

Los fabricantes de motores Diésel han estudiado y trabajado mucho el diseño de cada componente que participa directamente en la combustión (modificaciones endo-motrices), con el objetivo de conseguir una combustión lo más cercana posible a la ideal. Los componentes mecánicos y procesos que más se han estudiado y optimizado son: las cámaras de combustión, las válvulas, los pistones, los colectores de admisión y escape, los sistemas de recirculación de gases de escape, los sistemas de precalentamiento, los inyectores y el proceso de inyección. El resultado de este trabajo ha conseguido mejorar los factores más influyentes en el desarrollo de la combustión:

- **La dosificación del combustible:** Cuanto mejor sea la pulverización de combustible, mejor será la combustión, ya que las partículas de combustible serán de menor tamaño y habrá mayor superficie de contacto entre el mismo y el comburente (oxígeno). Para ello se ha potenciado las bombas de inyección capaces de suministrar más

de 2000 bar de presión. También se ha mejorado los inyectores aumentando el número de los orificios de inyección y rediseñando la orientación de los chorros de inyección, el número de inyecciones, la precisión en los tiempos y duración de la inyección. Todo esto gracias a la rapidez de cálculo de las gestiones electrónicas de inyección y la evolución de los sistemas de mecanizado de los componentes.

- **El tiempo de residencia:** Es el tiempo que la mezcla aire-combustible permanece dentro de la cámara de combustión, labrada en la cabeza de cada pistón. En este tiempo, la mezcla debe poder oxidarse al máximo posible. Esto tiene que ver directamente con la temperatura de la cámara de combustión, la relación de compresión y la geometría de las cámaras de combustión.
- **La turbulencia:** Es uno de los factores determinantes para que se produzca una buena combustión. La velocidad de entrada del aire en la cámara de combustión y su movimiento en forma de torbellino son decisivos para conseguir una buena homogenización entre el aire y el combustible. Así se consigue que un máximo de gotas de combustible sean rodeadas de aire fresco. Los fabricantes tratan de mejorar la turbulencia a través del diseño de las válvulas y los conductos de admisión...



Los gases de escape

Pese a todas las medidas adaptadas por los fabricantes para mejorar los factores influyentes y las condiciones de la combustión, rediseñando los componentes mencionados, lo cierto es que el desarrollo de la **combustión real** todavía está lejos de la **combustión completa ideal**.

Existen multitud de variables influyentes con escasa posibilidad de control: la variación de la temperatura de trabajo, la variación del régimen del motor, la calidad del gasoil, la variación del caudal de inyección en función de la demanda de par, etc. En consecuencia, el motor produce gases nocivos de escape según sean sus condiciones de funcionamiento:

Emisiones del motor con poca aceleración y bajas cargas

En estas condiciones hay mucho aire (O_2 y N_2) y poco gasóleo. En consecuencia, sobra oxígeno (O_2) y hay mucho nitrógeno N_2 . La temperatura pico de la combustión provoca la reacción de estos elementos formando óxidos de nitrógeno NO_x . Como hay poco gasóleo se produce poco CO y pocos hidrocarburos sin quemar (HC).

Emisiones del motor con altas revoluciones y altas cargas

Para acelerar, en el motor diésel se incrementa el combustible inyectado, se libera más calor que produce más presión que empuja con más fuerza al pistón. Hay más proporción de gasóleo con respecto al aire que entra en el cilindro (N y O_2). Durante la combustión se consume casi todo el oxígeno (O_2) generando más monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos no quemados (HC) y menos óxidos de nitrógeno (NO_x), pues no hay prácticamente oxígeno (O_2) sobrante de la combustión.

La elevada cantidad de combustible y el breve tiempo disponible para efectuar la combustión cuando la carga y el régimen de motor son elevados conlleva la formación de partículas sólidas. Las partículas sólidas están formadas por el combustible que no ha iniciado la oxidación. El hidrógeno de los hidrocarburos se disocia del carbono y se combina con el oxígeno del aire para formar agua (H_2O), con lo cual el carbono se agrupa formando concentraciones que por su tamaño son sólidos, de los cuales una menor parte son partículas visibles (10 – 20 %) y el resto invisible al ojo humano.

El hecho de que la proporción de gases contaminantes sea diferente entre altos y bajos regímenes y al mismo tiempo, diferente con alta y baja carga, conlleva que el motor Diésel precise de complementos anticontaminantes específicos para cada situación, lo que hace más compleja la tecnología de depuración de los gases de escape.

El aumento de prestaciones de los motores Diésel durante los últimos años influye en la composición de los gases de escape. La mayor presión y temperatura durante la combustión implica una mayor producción de NO_x .

Los NO_x se producen por una combustión pobre en combustible con exceso de oxígeno en condiciones de alta presión y temperatura. Son gases tóxicos y muy radioactivos cuya concentración está limitada en un máximo de **200 mg/m³**.

Son uno de los gases causantes de la lluvia ácida. Además, en las grandes ciudades producen el llamado “smog **fotoquímico**”. Se trata de una **niebla marrón** que produce diferentes efectos en las personas: irritación del sistema respiratorio y ocular para exposiciones breves. Y en caso de exposiciones prolongadas causa enfermedades respiratorias crónicas, cardiovasculares y cerebrovasculares.



NORMATIVA ANTICONTAMINACIÓN

La legislación europea sobre emisiones contaminantes es el conjunto de normas que regula los límites aceptables para las emisiones de gases emitidos por los motores de combustión interna. Todos los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea deben cumplir con estas normas. La normativa de emisiones está definida en una serie de directivas que la Unión Europea implanta de forma progresiva y cuyas restricciones son cada vez más severas debido al aumento incesante de la contaminación ambiental.

En el año 2001 la Comisión Europea lanzó el **programa CAFE (Clean Air For Europe)**. Una de las conclusiones fue la necesidad de reducir las emisiones del sector del transporte como parte de una estrategia global para mejorar la calidad del aire. En ese sentido la Comunidad Europea ha ido emitiendo, a modo de directivas, diversas órdenes a sus países miembros para cumplir unos compromisos

en materia de emisiones contaminantes. A estas directivas se las ha llamado EURO I, EURO II, EURO III, EURO IV, EURO V y EURO VI, cada una más estricta que la anterior.

El cumplimiento de la normativa se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado previo a su comercialización. Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas de hollín (PM), están reguladas para la mayoría de los vehículos, aplicándose normas diferentes según las características de los mismos.

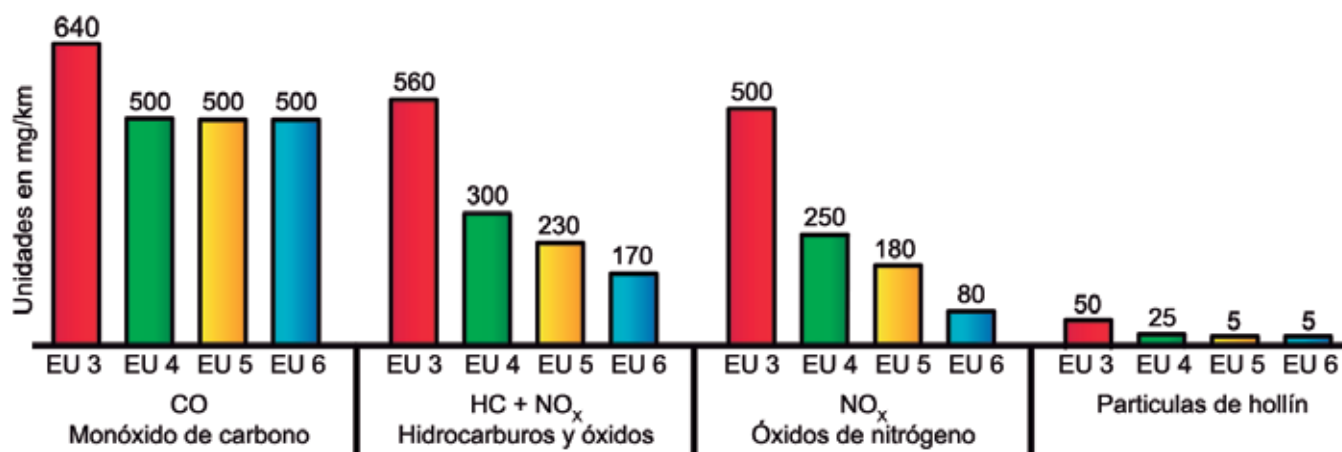
La cantidad máxima permisible de subproductos existente en las emisiones de gases procedentes de vehículos turismo se resume en las siguientes tablas en función del tipo de gas emitido, la fecha de entrada en vigor la normativa y el nivel de restricción correspondiente según sea el motor de gasolina o diésel, expresada en gramos por km:

DIÉSEL						
TYPE	DATE	CO	HC	HC + NOX	NOX	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

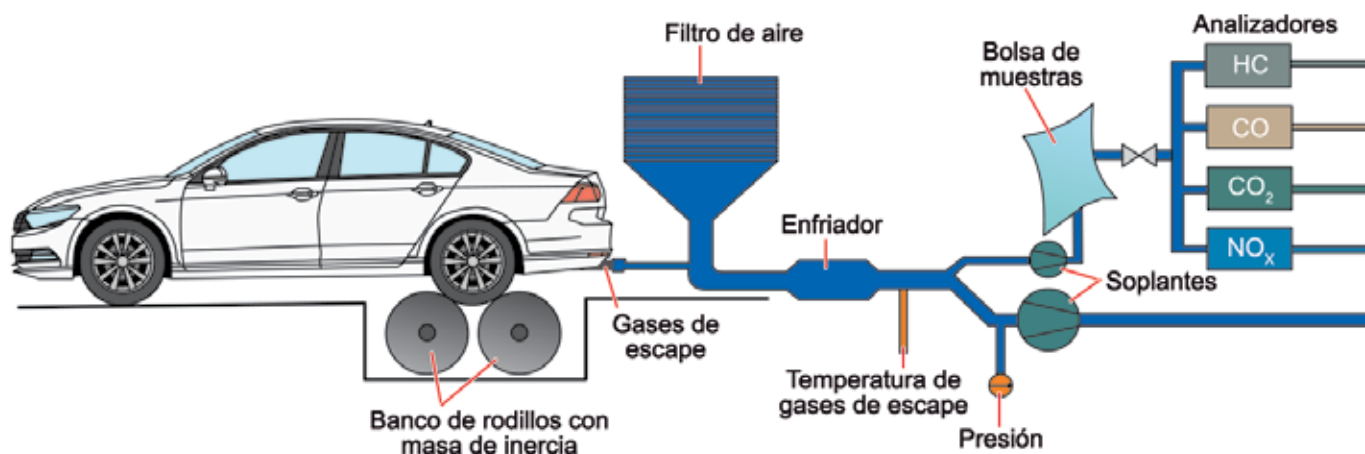
GASOLINA						
TYPE	DATE	CO	HC	HC + NOX	NOX	PM
EURO 1	JULIO DE 1992	2,72	-	0,97	-	-
EURO 2	ENERO DE 1996	2,2	-	0,5	-	-
EURO 3	ENERO DE 2000	2,3	0,2	-	0,15	-
EURO 4	ENERO DE 2005	1	0,1	-	0,08	-
EURO 5	SEPTIEMBRE DE 2009	1	0,1	-	0,06	0,005
EURO 6	SEPTIEMBRE DE 2014	1	0,1	-	0,06	0,0045

La gráfica muestra la reducción progresiva en función del tipo de gas emitido y de la directiva Euro aplicable.



Para simular las emisiones de un vehículo circulando en carretera, se emplea un **banco de pruebas** de rodillos, en el cual se intentan reproducir las **condiciones de trabajo real**.

Mediante esta prueba se obtienen mediciones de los elementos contaminantes a modo representativo. Para ello se ha fijado un ciclo de conducción que simula las condiciones normales de utilización del vehículo.



Para analizar las emisiones de los gases de escape existen diversos fabricantes que comercializan diferentes analizadores de gases para motores de gasolina y diésel.

Los más comunes para los **motores de gasolina** son analizadores de **cuatro o cinco gases**, que con una sonda conectada en la salida

del silencioso trasero, permiten efectuar pruebas de las emisiones y comprobar que los valores de sustancias contaminantes son correctos.

Para los **motores diésel** se utiliza, además, un **analizador de opacidad**, denominado **opacímetro**.

MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES

A partir de la información que hasta ahora se ha explicado se puede resumir que los fabricantes están implantando dos clases de medidas

para reducir los gases contaminantes. Estas se pueden clasificar en medidas exo-motrices y medidas endo-motrices.

Medidas exo-motrices

Son las modificaciones e incorporaciones técnicas que se aplican a los elementos externos al motor. A continuación se describe las más relevantes:

Catalizador de oxidación

Su función principal es oxidar el monóxido de carbono (CO) y transformarlo en dióxido de carbono (CO₂) y los hidrocarburos sin quemar (HC) en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). Por lo cual se denominan (CO + HC) de “**dos vías**”. También existen catalizadores de oxidación de “**tres vías**” (incorporados mayoritariamente en los motores de gasolina), que además de transformar el CO y los HC también transforma los óxidos de nitrógeno (NO_x) en oxígeno y nitrógeno. Sin embargo, **en los motores Diésel solo se utilizan los catalizadores de “dos vías”**,

debido a que los motores Diésel trabajan en exceso de aire y, por ello, emiten gases de escape con una alta concentración de oxígeno (O₂) que impide la reducción de los óxidos de nitrógeno a nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂).

En consecuencia, para reducir los NO_x en los motores Diésel, los fabricantes han desarrollado un **catalizador especial denominado SCR que acumula y transforma los óxidos de nitrógeno**.

Filtro de partículas, DPF (Diesel Particulate Filter)

Tiene como objetivo **retener las partículas de hollín** (sólidas) de los gases de escape producidos por los motores Diésel. Cuando el volumen de partículas es suficientemente elevado las elimina mediante la combustión del hollín en el propio filtro a base de ciclos de regeneración. Algunos fabricantes utilizan **aditivos** para elevar la temperatura de los filtros de partículas hasta la necesaria (+450°C) para poder oxidar las partículas de modo que se transforman en CO₂ (gas).

Otra solución es ubicar el filtro de partículas junto con el catalizador de oxidación inmediatamente detrás del colector de escape y la turbina del turbocompresor. Esto hace innecesario el uso de aditivos puesto que la temperatura requerida para combustionar las partículas de hollín se consigue por proximidad a las cámaras de combustión. En contra partida un exceso de temperatura en el escape y la cámara de combustión **incrementa la formación de NO_x**.



Medidas endo-motrices

Son las modificaciones e incorporaciones técnicas que se aplican a los elementos internos del motor destinadas a evitar la producción de

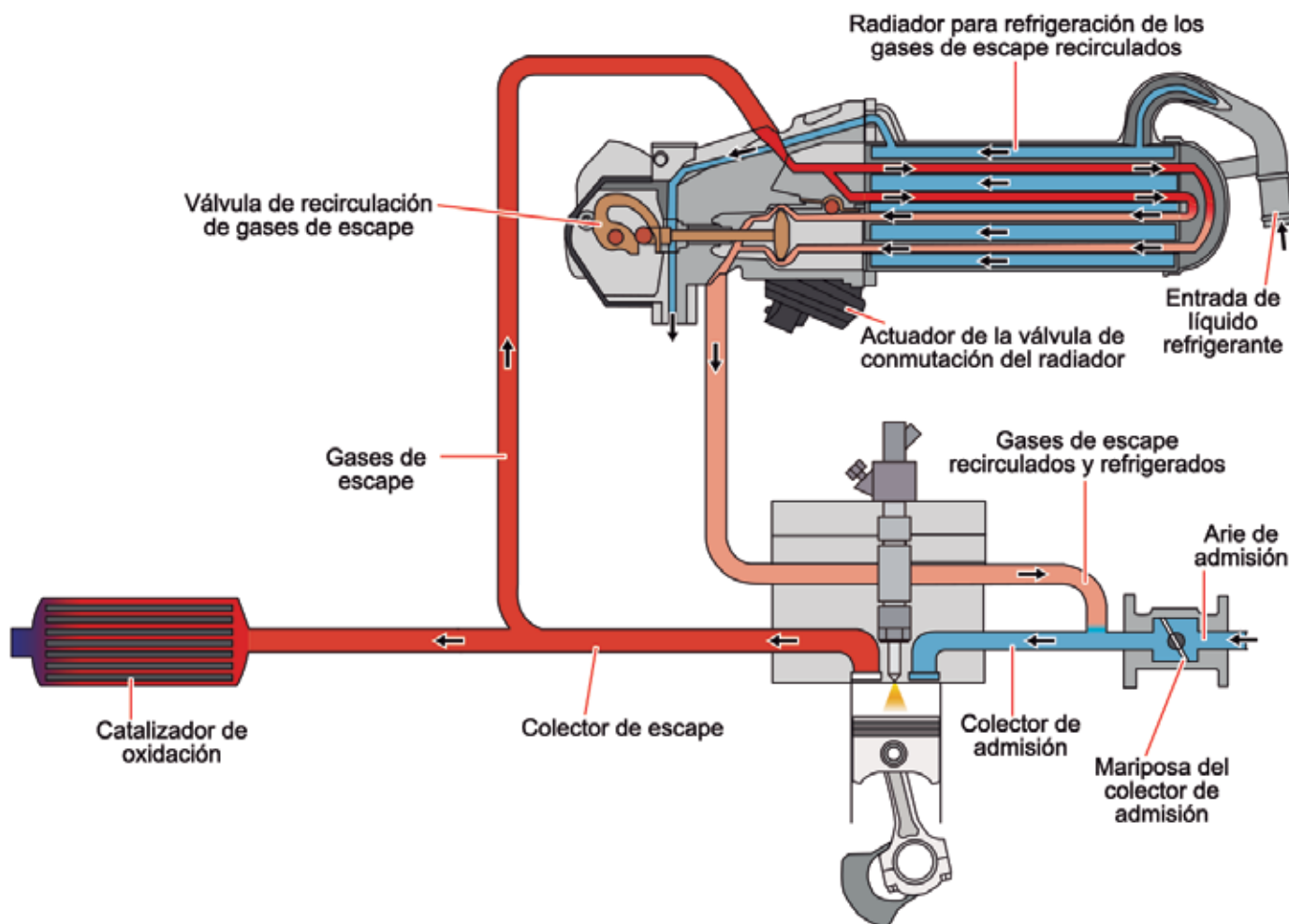
contaminantes. En los motores diésel, los más relevantes son:

Recirculación de los gases de escape (EGR)

El objetivo principal de este sistema, es la reducción del volumen efectivo de llenado de aire en los cilindros, disminuyendo con ello la cantidad de oxígeno excedente en la combustión, y la reducción de la temperatura pico durante la combustión. Con esto, es posible **contribuir en gran medida a reducir la formación de los óxidos de nitrógeno (NO_x)**, pero sólo cuando la carga del motor es baja.

Para mejorar el rendimiento del sistema de recirculación de gases de escape, se incorpora un **intercambiador de calor** para reducir su temperatura. Los gases refrigerados absorben más calor durante la

combustión por lo cual se reduce la temperatura máxima de la misma. No obstante, este sistema de recirculación presenta algunas **desventajas**. Al aumentar la tasa de gases de escape recirculados se reduce la cantidad de gases de escape que llegan a la turbina del turbo empeorando la respuesta de éste. Esto provoca que la presión de sobrealimentación sea inferior a la requerida para que el motor responda adecuadamente. Además, se da paso a que los gases de escape sucios accedan directamente a la entrada del colector de admisión, lo que provoca la acumulación de hollín en el sistema de admisión.



Recirculación de gases de escape a alta y baja presión

De cara a cumplir con la **normativa anticontaminación Euro VI**. Algunos fabricantes han optado por incorporar en sus vehículos un sistema

de recirculación de gases de escape más completo que puede funcionar combinando la recirculación de los gases de dos modos diferentes:

Recirculación de gases de escape a alta presión

En este modo, los gases procedentes del colector de escape son recondicionados hacia el colector de admisión mediante un conducto externo, de manera similar a los sistemas de recirculación convencionales, pero con la diferencia de que aquí no hace falta incorporar un refrigerador de gases de escape, ya que cuando su temperatura sea demasiado elevada se utiliza la modalidad de recirculación de gases de escape **a baja presión**. Una válvula accionada por un servomotor y

monitorizada por sensores se encarga de controlar el paso de los gases de escape **a alta presión** en función de las condiciones de trabajo del motor (en algunos casos esta válvula va refrigerada por líquido refrigerante).

Principalmente se aplica esta modalidad cuando la temperatura de los gases de escape no es demasiado elevada y el motor trabaja a ralentí o baja carga.

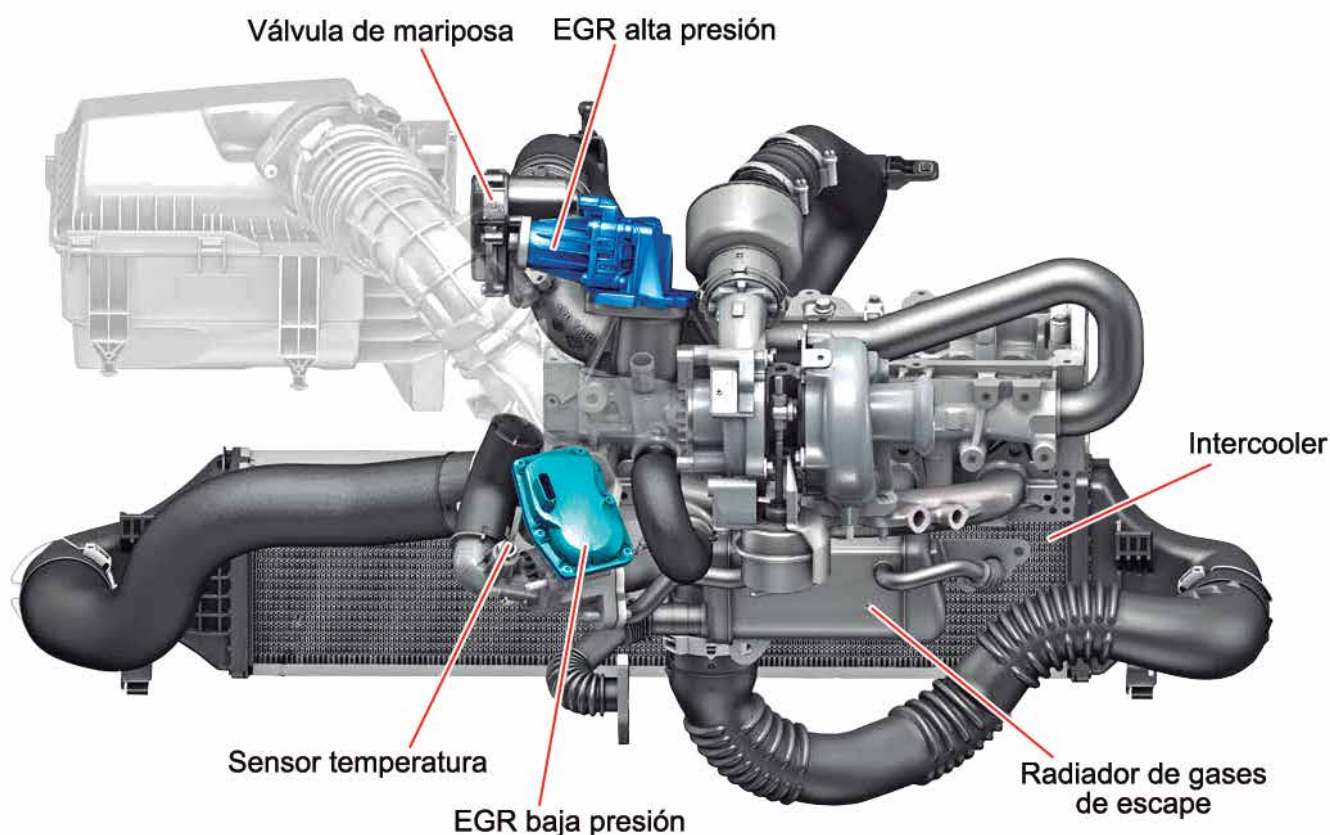
Recirculación de gases de escape a baja presión

En esta modalidad los gases **procedentes del filtro de partículas** son reconducidos exteriormente hacia la **zona de aspiración del turbocompresor**. Para ello, primeramente atraviesan un intercambiador de temperatura refrigerado por líquido refrigerante ubicado a la salida del mismo DPF. A continuación, una válvula accionada por un servomotor y monitorizada mediante sensores se encarga de regular la aspiración de los gases de escape **a baja presión** en función de las condiciones de trabajo del motor. Los gases de escape descarbonizados y con contenido de oxígeno reducido son reconducidos al lado de aspiración del turbocompresor para ser mezclados con el aire de admisión y vueltos a refrigerar en el Intercooler, (que en ocasiones utiliza líquido refrigerante para reducir la temperatura de los mismos). Finalmente, una unidad

de mando de mariposa controla el flujo global de aire más gases de escape introducidos en el colector de admisión.

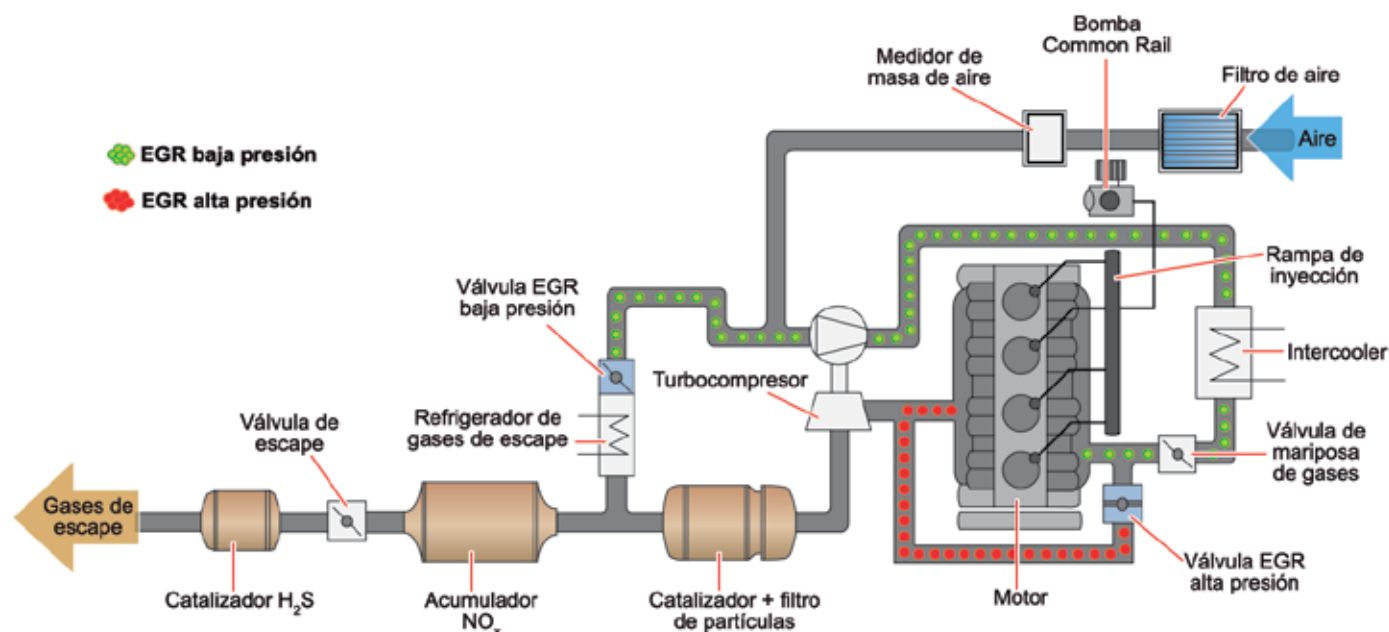
Ventajas:

- Los gases de escape están exentos de partículas sólidas y son recirculados a menor temperatura.
- No disminuye el caudal de gases de escape en el turbo, de manera que el motor responde mejor en situaciones de gran caudal de gases de escape recirculados y presiones de sobrealimentación elevadas.
- Los gases de escape reconducidos hacia el turbocompresor contribuyen a mantener su velocidad en los cambios de carga del motor y contienen menos oxígeno que ha sido combinado en el catalizador.



La unidad de control del motor decide combinar la modalidad de recirculación de gases de escape a partir de las señales recibidas por el régimen del motor, la demanda de par, la temperatura y presión de los gases de escape en el módulo de depuración y la información de las sondas lambda. De esta manera consigue **reducir el oxígeno sobrante de la combustión y disminuir la temperatura de las cámaras de**

combustión en un marco de funcionamiento del motor más amplio en comparación con los sistemas EGR convencionales. Por consiguiente, la recirculación de gases de escape no solo es posible en condiciones de trabajo del motor a bajas cargas o a ralentí, sino también a medias cargas con regímenes medios y altos.



En definitiva, este complejo sistema de recirculación de gases de escape permite en gran medida la **reducción de óxidos de nitrógeno**

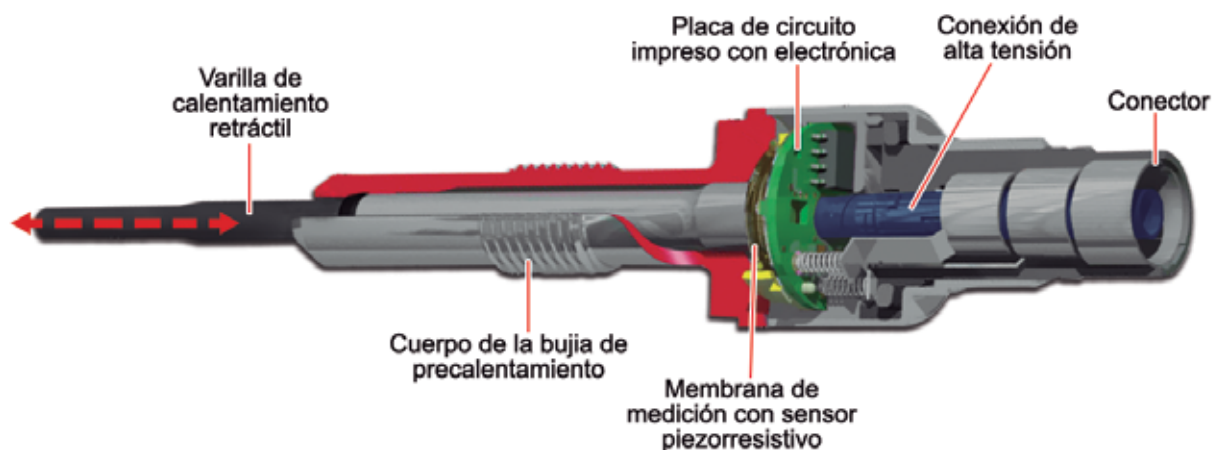
(NO_x) dado que disminuye cuantitativamente el nivel de aire ($N_2 + O_2$) aspirado por el motor.

Bujías de precalentamiento con sensor de presión

Son unos elementos dispuestos en la cámara de combustión de los motores diésel para facilitar el arranque en frío. Las bujías de precalentamiento con sensor de presión, además de realizar la función de calentar la cámara de combustión, añade también la capacidad de medir la presión reinante en dicha cámara para evitar la formación de emisiones contaminantes.

La función de calentador, se logra con una resistencia que permite un alto flujo eléctrico cuando está fría y se requiere un rápido calentamiento.

La peculiaridad de la estructura mecánica de esta bujía, es la incorporación de una varilla de calentamiento retráctil. Esta varilla o electrodo, queda expuesta a la cámara de combustión por un extremo, por lo cual se retrae en función de la presión dentro del cilindro. En el otro extremo de la varilla, parte interna del calentador superior, un sensor de tipo piezorresistivo detecta el valor de la presión en la cámara de combustión a tiempo real por la deformación de una membrana de medición que recibe el movimiento de la varilla ya mencionada.



La información obtenida de este sensor debidamente filtrada se transmite a la unidad de control del motor, para que ésta adapte el caudal y avance de inyección en toda la franja de revoluciones del motor. De

esta forma se optimiza el proceso de combustión para evitar la formación de **partículas y óxidos nítricos** en los gases de escape, alargando así el período de regeneración del filtro de partículas.

SISTEMAS DE REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA SCR

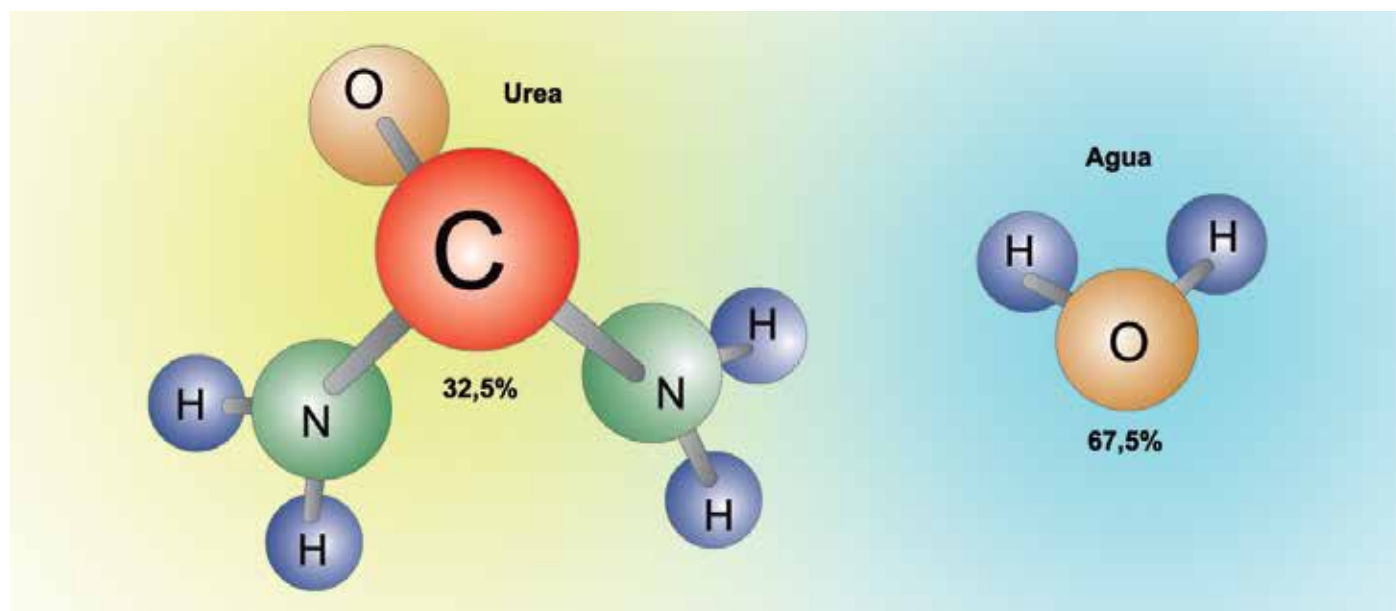
Para reducir aún más los **óxidos de nitrógeno (NO_x)** de los gases de escape en los motores diésel se transforman en sustancias inocuas. Para ello se recurre a un **catalizador** diseñado para **reducir únicamente** los NO_x. La denominación **SCR** hace referencia a la abreviatura en inglés (Selective Catalytic Reduction) **Reducción Catalítica Selectiva**. El catalizador SCR transforma los óxidos de nitrógeno de los ga-

ses de escape en nitrógeno (N₂) y agua (H₂O). Para conseguirlo se introduce, antes del catalizador de reducción, un **agente reductor** en el caudal de los gases de escape. El agente reductor que se utiliza es una **disolución acuosa de urea**, que durante el proceso de combinación con los óxidos de nitrógeno se transformará en amoníaco (NH₃). Aporta carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno a los gases de escape.

Agente reductor AdBlue

Se trata de un agente reductor formado por una disolución de un 32,5% de **urea CO (NH₂)₂ diluida en agua H₂O AUS32** (Aqueous Urea Solution 32,5%). Durante el proceso de reducción en el catalizador la urea se transforma en CO₂ y amoníaco NH₃. Este es el elemento que realmente transformará los NO_x en N₂ y H₂O. El hecho de emplear

urea diluida en agua es para conseguir un agente más seguro durante la manipulación, ya que el amoníaco es irritante para la piel y las mucosas. De este modo el AdBlue puede cumplir con las normativas DIN70070 e ISO 22241.



Propiedades principales del agente AdBlue

- Se congela a partir de -11° C.
- Se disgrega entre 70 °C y 80° C, produciendo amoníaco que provoca molestias olfativas.
- Puede corromperse con la presencia de impurezas o bacterias.

Indicaciones de uso y manejo del agente AdBlue

- Sólo utilizar agente reductor procedente de envases que cumplan con la normativa autorizada.
- No inhalar o ingerir el agente reductor.
- Si se ha extraído del depósito, no reutilizar el agente reductor ya que se puede degradar.
- Para añadir o rellenar depósito de agente reductor hay que utilizar los recipientes y adaptadores autorizados por el fabricante.

- Hay que proteger los conectores eléctricos ya que es muy penetrante.
- Al derramarse, la urea que contiene puede cristalizar y producir manchas blancas sobre las superficies.

- En caso de entrar en contacto con el agente reductor se recomienda lavarse inmediatamente con agua abundante la zona afectada, ya que puede irritar la piel, los ojos y las vías respiratorias.
- En caso de derrame hay que limpiar con un trapo húmedo y abundante agua fría. Si el agente ha cristalizado, se debe limpiar con una esponja y agua caliente.

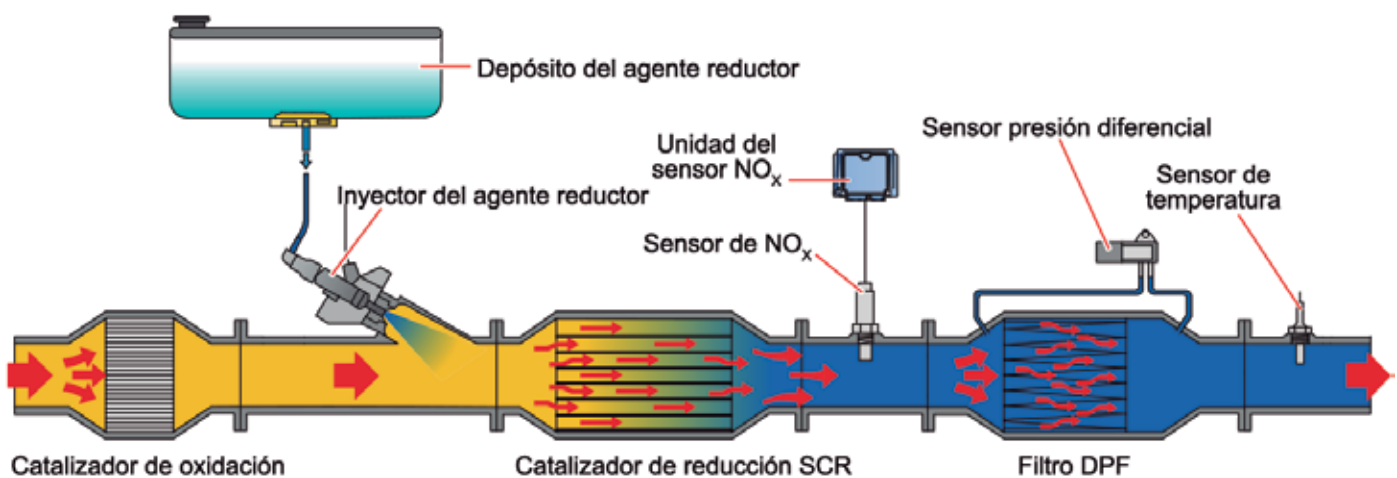
Arquitectura del sistema de gases de escape con catalizador SCR

La incorporación en la línea de escape del catalizador SCR ha hecho que los fabricantes opten por diferentes combinaciones a la hora de emplazarlo en conjunto con el resto de los elementos de depuración de los gases de escape. Por consiguiente, se obtienen tres bloques de tratamiento diferencial cuya combinación y disposición puede variar:

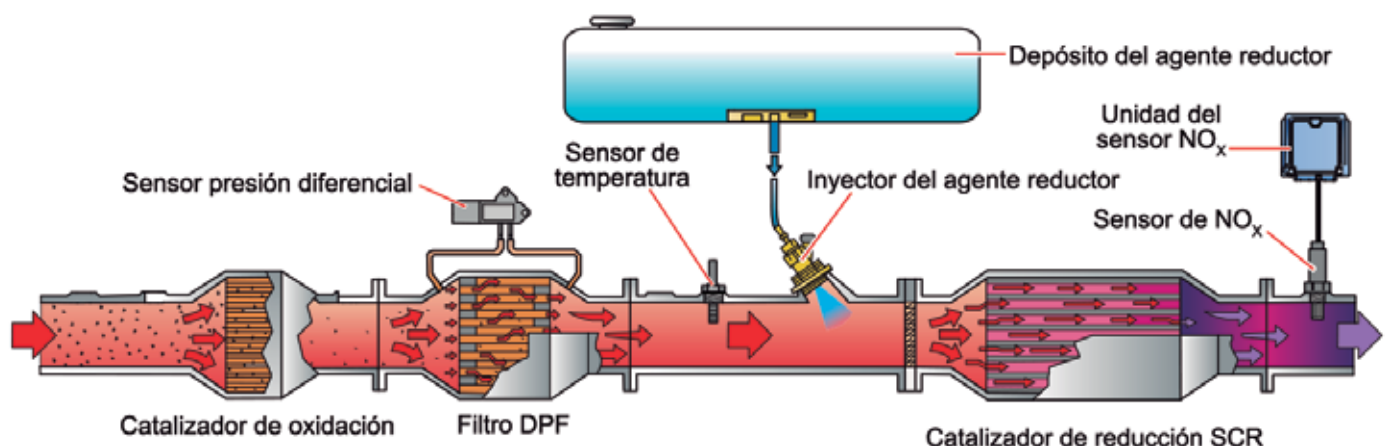
- Catalizador de oxidación
- Filtro de partículas
- Catalizador de reducción SCR

Con la implantación del sistema SCR para la reducción de los óxidos de nitrógeno, se incorpora al sistema de escape un catalizador de reducción. Según el fabricante del vehículo se considera la instalación de éste antes o después del filtro de partículas.

Sistema con el catalizador anterior del filtro de partículas



Sistema con el catalizador posterior del filtro de partículas



Componentes del sistema SCR

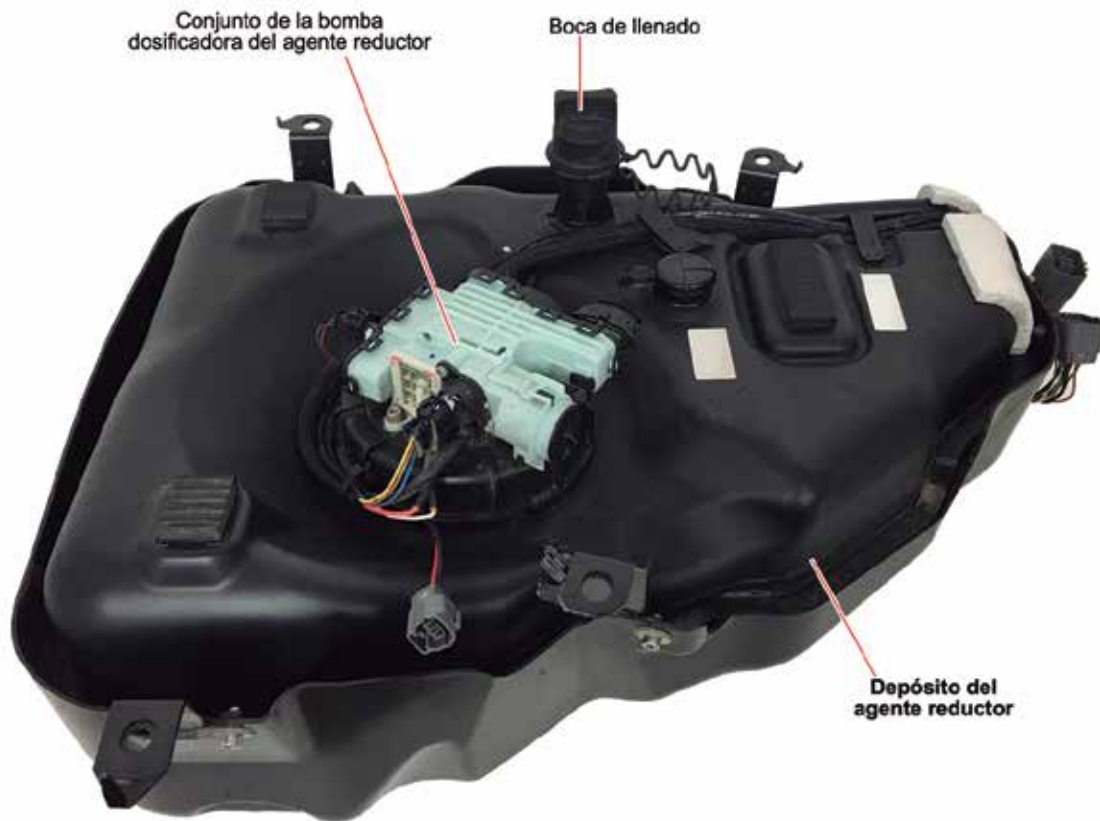
Generalmente, el sistema SCR consta de los siguientes elementos:

- Depósito para el agente reductor
- Inyector del agente reductor
- Tramo hidráulico
- Catalizador de reducción
- Sensor de NOx
- Unidad de control del sensor de NOx

Depósito para el agente reductor

Suele estar ubicado en la parte trasera del vehículo y próximo al depósito de combustible. Tiene una capacidad aproximada de 17 a 19 litros dependiendo del fabricante y la cilindrada del motor. Está fabricado en material plástico y dispone de una boca de llenado. En caso necesario es posible añadir agente reductor, utilizando un adaptador específico.

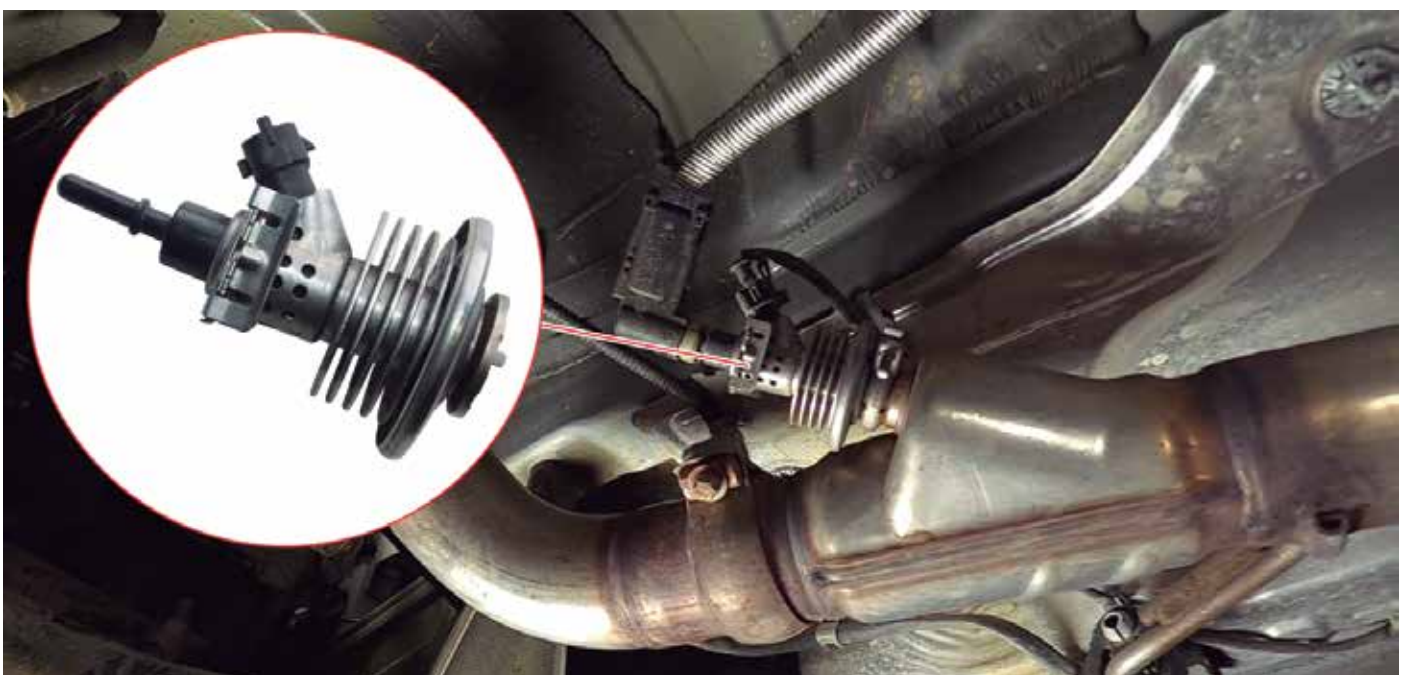
En el depósito se ubican componentes para el calentamiento, para detectar el nivel del agente reductor y en ocasiones un módulo que integra a otros componentes del sistema de dosificación de agente reductor.



Inyector del agente reductor

Tiene la función de inyectar el agente reductor en el caudal de gases de escape antes del mezclador. Está orientado de manera que el agen-

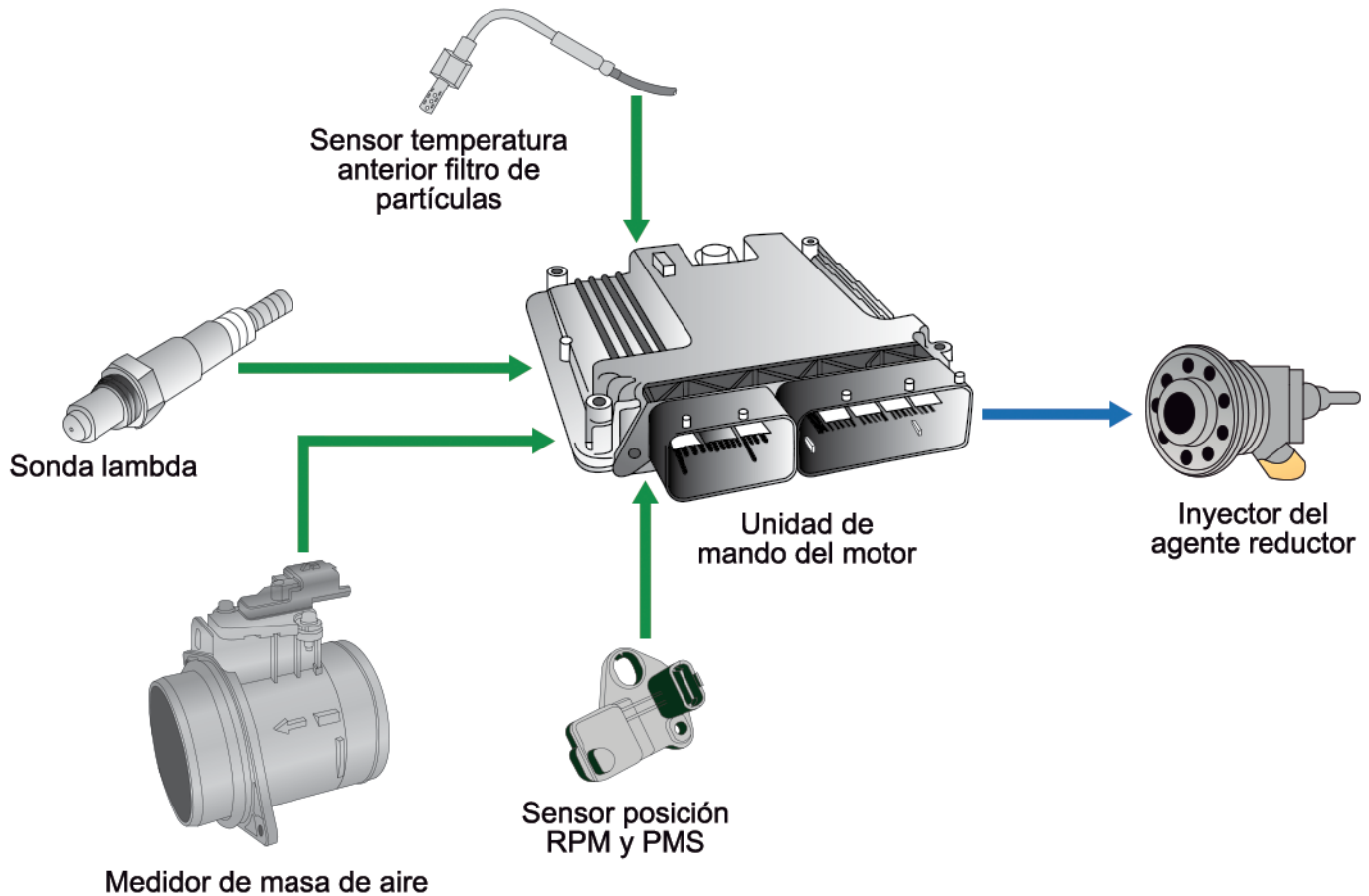
te reductor se introduce en el mismo sentido que los gases de escape, para conseguir una mejor homogeneización.



Cálculo de la cantidad de agente reductor a inyectar

La unidad de mando del motor calcula la cantidad de agente reductor a inyectar en función de tres factores básicos que son: el estado operati-

vo del motor, la temperatura de los gases de escape y la concentración de óxidos de nitrógeno después del catalizador de reducción.

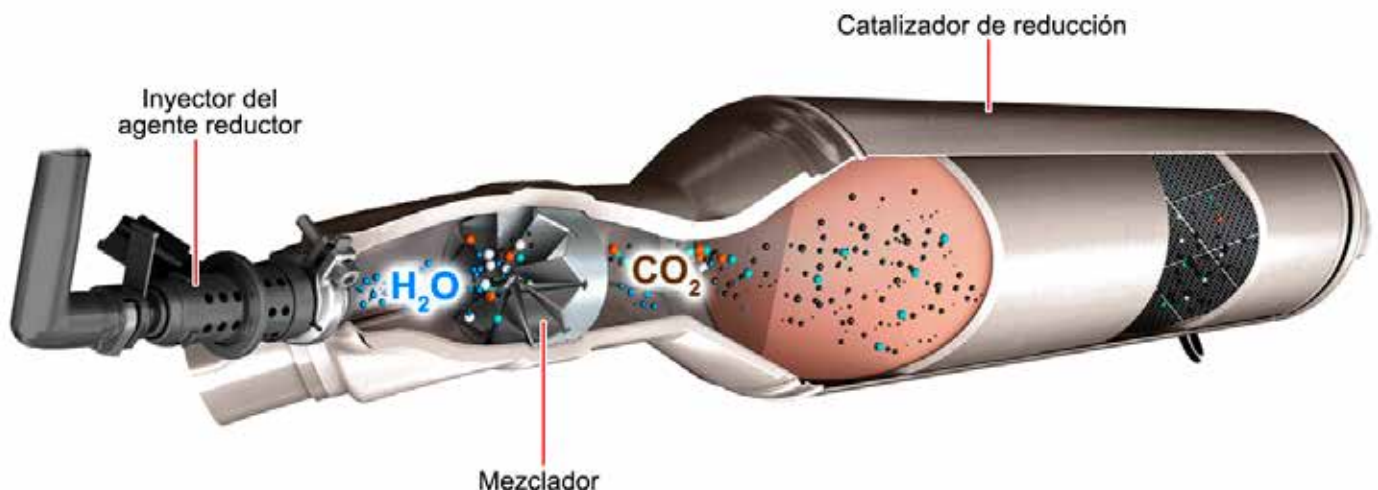


Tramo hidrolítico

Este trayecto comprende desde el inyector del agente reductor hasta el catalizador de reducción. En el trayecto hidrolítico va intercalado un mezclador. Al inyectar el agente reductor y por la acción del calor de

los gases de escape se evapora el agua contenida en el agente reductor. Por termólisis se disgrega el agente reductor en amoníaco y ácido isocianico.

Termólisis: Reacción en la que un compuesto se separa en al menos otros dos por acción del incremento de la temperatura.



Seguidamente se produce la hidrólisis, en la que el ácido isocianico reacciona con el agua. Al finalizar el tramo hidrolítico, el agente reductor se disgrega y forma dióxido de carbono y amoníaco. El amoníaco es la

sustancia que reacciona con los óxidos de nitrógeno en el catalizador de reducción. El CO_2 es un gas no tóxico.

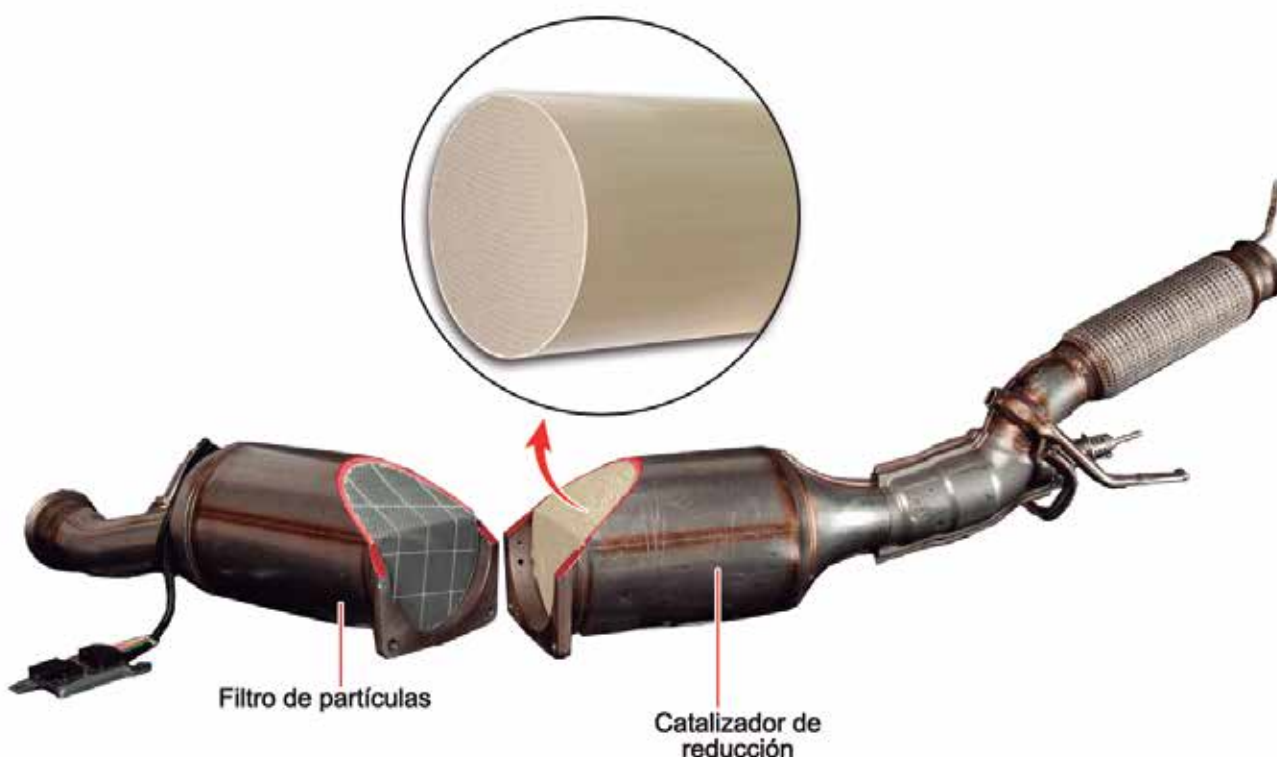
Hidrólisis: Reacción química entre una molécula de agua y otra molécula.

Catalizador de reducción

Puede ubicarse delante o detrás del filtro de partículas. El catalizador de reducción es operativo a partir de 200°C . El interior es un cuerpo cerámico con recubrimiento de zeolita de cobre, que forma una estructura porosa compuesta de aluminio, silicio y cobre.

Los gases de escape y el amoníaco que se ha formado en el tramo hidrolítico entran en el catalizador de reducción donde el amoníaco

reacciona con los óxidos de nitrógeno y forma nitrógeno y agua. Esta reacción se produce por el recubrimiento de zeolita de cobre y a raíz de esto los gases en la salida del catalizador de reducción se componen de dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), oxígeno (O_2) y nitrógeno (N_2), que son todos ellos elementos presentes en la atmósfera de forma natural.



Sensor de NOx

Está situado en la salida del catalizador de reducción. Su funcionamiento es muy similar al de una sonda lambda de banda ancha y la intensidad eléctrica de trabajo es del orden de microamperios. Por ello

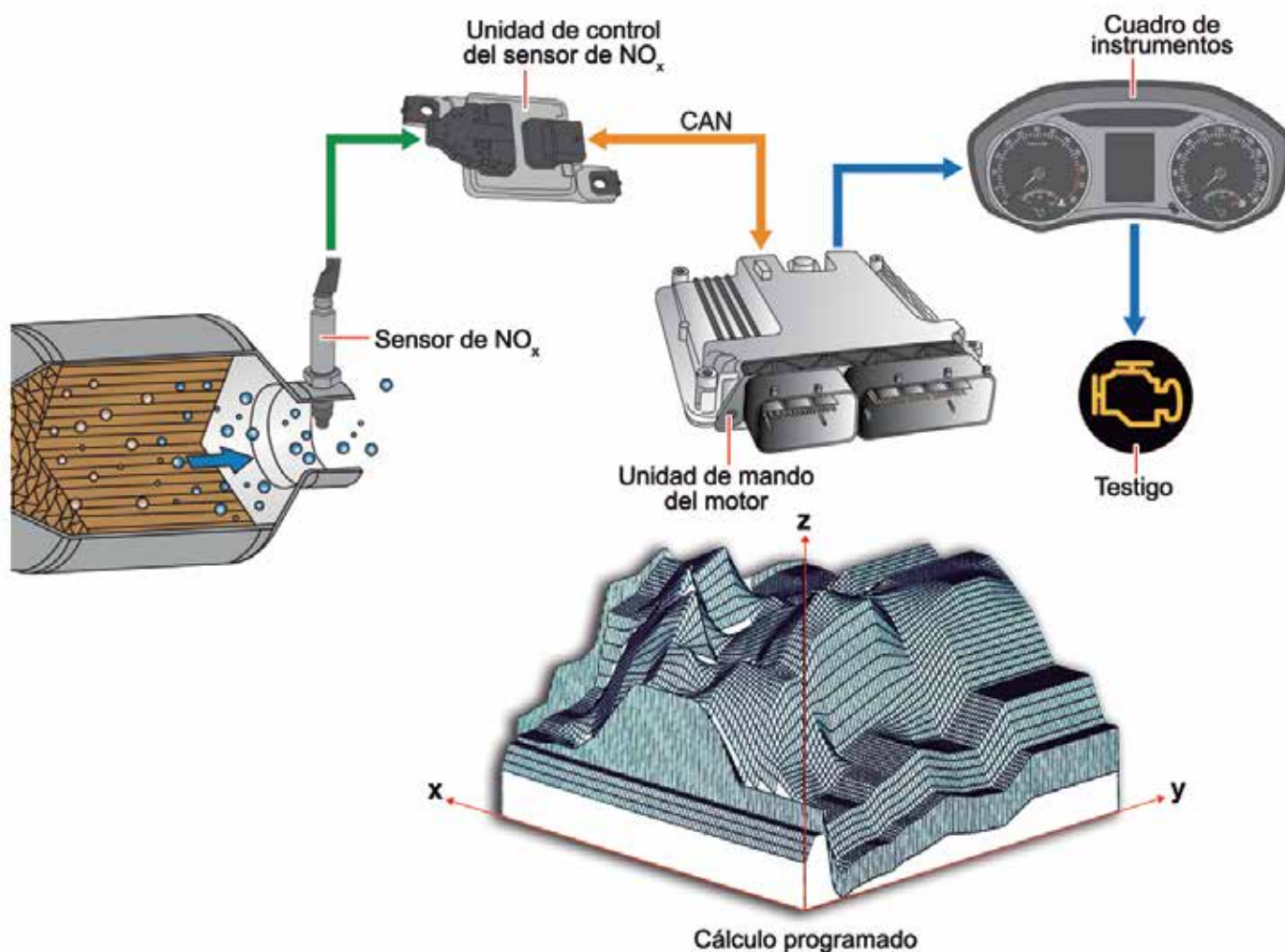
va unido directamente a la unidad de control para el sensor de NOx, que está más cercana que la unidad de mando de motor. La longitud del cable del sensor influye en la intensidad de la señal.



Unidad de control del sensor de NOx

Esta unidad gestiona la señal del sensor de NOx y la transmite a la unidad de mando vía CAN-Bus, para calcular el rendimiento del catalizador de reducción y vigilar el funcionamiento del sistema SCR como una función más del sistema EOBD de control de los dispositivos anticontaminación.

La unidad de mando de motor compara el valor medido con un modelo de cálculo programado. Si el rendimiento no se corresponde con el del modelo programado, se activa el testigo de emisiones de escape.



EJEMPLOS DE FABRICANTES QUE INCORPORAN EL SISTEMA DE REDUCCIÓN NOX CON ADBLUE

Son muchos los fabricantes que han incorporado este sistema en sus vehículos diésel para superar las normas de homologación, cada uno con una denominación distinta:

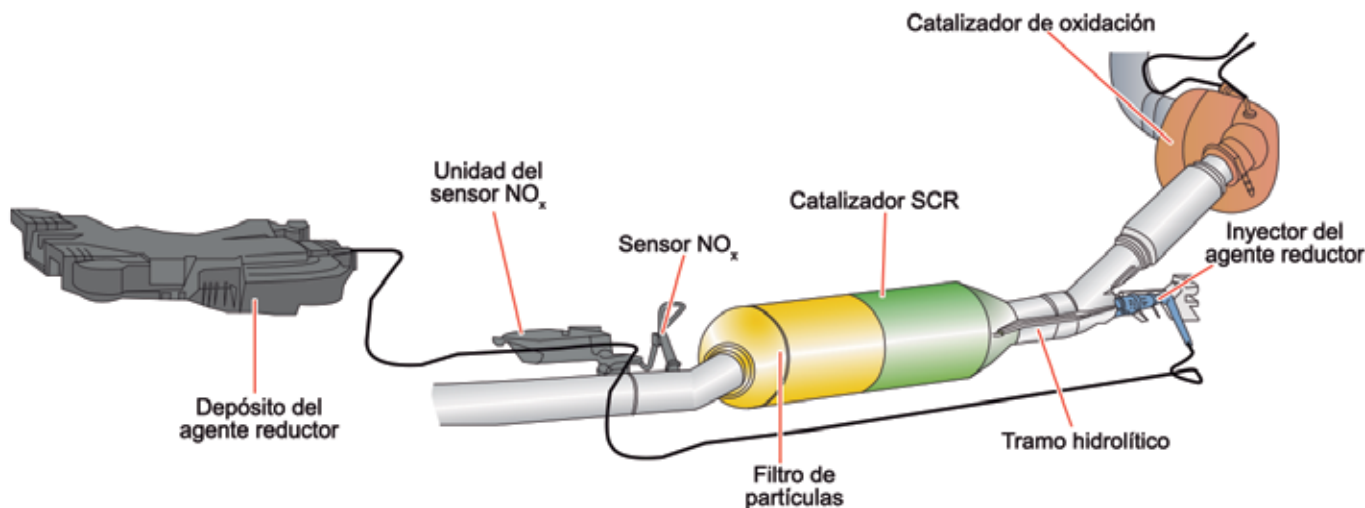
- Grupo PSA "Blue HDI"
- Mercedes Benz "BlueTEC"
- BMW "Blue Performance"
- Bosch "DENOXTRONIC"

A continuación se describen los dos primeros ejemplos.

Grupo PSA, Blue HDI

Se trata de la iniciativa del grupo PSA para cumplir con la normativa Euro VI incorporando un sistema de **reducción catalítica selectiva SCR** que utiliza agente reductor para disminuir las emisiones de **óxidos de nitrógeno**. Comercialmente denominado **Blue HDI**, el primer

modelo en incorporar este sistema fue el Citroën Gran C4 Picasso. La estructura de la línea de depuración de los gases de escape consiste en un **catalizador de oxidación (DOC)**, el **catalizador SCR** y el **filtro de partículas (FAP)**.



El funcionamiento del sistema Blue HDI es básicamente como ya se ha explicado en capítulos anteriores.

- Se inyecta el líquido AdBlue en la línea de escape.
- El líquido AdBlue inyectado se mezcla con los gases de escape en un mezclador que homogeneiza el gas de escape con el agente pulverizado.
- La mezcla homogeneizada pasa por el catalizador de reducción SCR donde al encontrarse con los óxidos de nitrógeno acumulados se convierte en vapor de agua (H₂O) y nitrógeno (N₂).

El depósito que se utiliza para acumular el agente reductor AdBlue es de 17 litros normalmente.

En este caso el grupo PSA ha optado por ubicar el **catalizador de reducción SCR** por encima del filtro de partículas y cercano al colector

de escape, con el fin de que alcance rápidamente su temperatura de trabajo. De esta manera puede obtener un funcionamiento eficaz desde las primeras fases de calentamiento del motor. El objetivo es que durante la circulación urbana ya esté totalmente operativo.

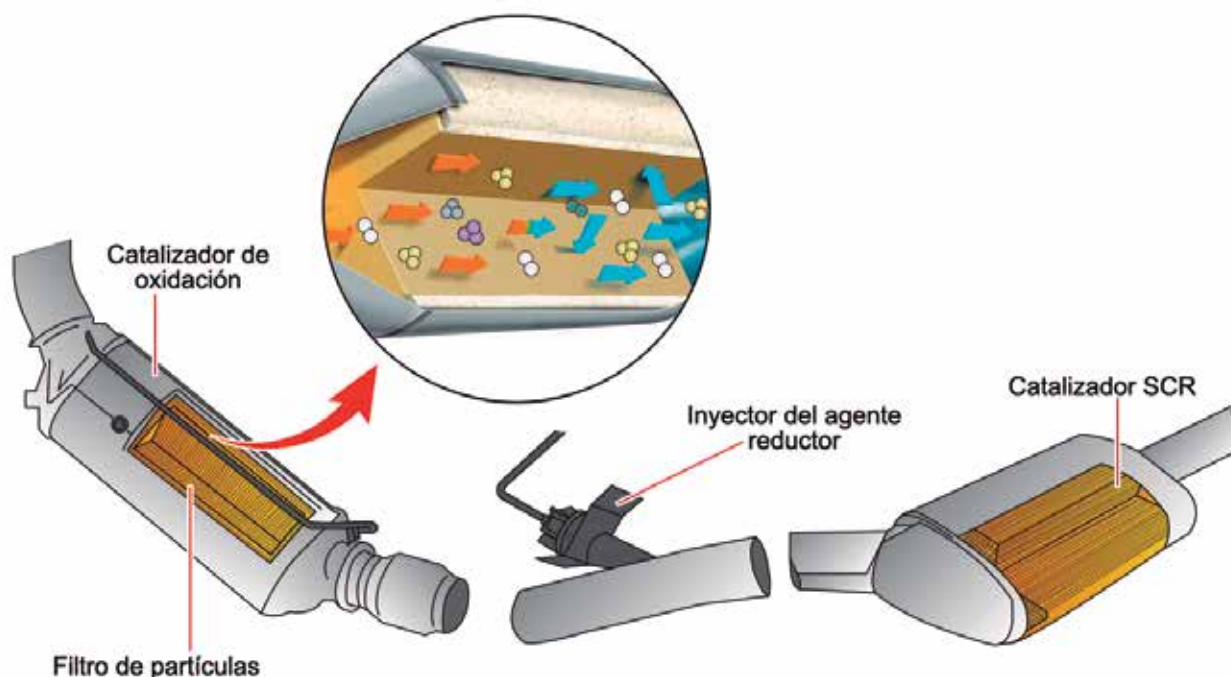
Además, el grupo PSA ofrece en algunos de sus modelos Blue HDI la opción de combinar el motor con sistema SCR junto con el sistema **Stop & Start** y un **cambio automático** más eficiente denominado Efficient Tronic Gearbox ETG6. Estos modelos pueden llegar a reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno NO_x de 180 mg/km a 80 mg/km.

La tecnología Blue HDI está disponible en Peugeot, en Citroën y en DS. En general han conseguido reducir los NO_x en un 90% y las emisiones de CO₂ entre un 2% y un 4% comparado con vehículos diésel convencionales.

Mercedes Benz, BlueTEC

Mercedes Benz introduce el sistema de **reducción catalítica selectiva SCR** mediante **agente reductor AdBlue** en la gama de motores que incorporan los siguientes modelos: E350, ML350, GL350 y R350.

La estructura del sistema se compone de un **catalizador de oxidación** junto a un **filtro de partículas**, un inyector de agente reductor y el **catalizador de reducción SCR** al final de la línea de escape.



Antes de emplear el inyector del agente reductor, en los primeros vehículos con BlueTEC se añadía entre el catalizador de oxidación y el filtro de partículas un catalizador acumulador de NOx (DeNox). Se trata de un método de reducción de óxidos de nitrógeno **no selectivo** que usa los compuestos químicos adecuados de los convertidores catalíticos. El catalizador DeNox, en conjunto con el **catalizador de reducción SCR**, se encarga de reducir los óxidos provenientes de la combustión incompleta.

Durante el trabajo con mezcla pobre, el DeNox acumula gases NOx que luego se transforman en N_2 y H_2O en la fase regeneración. En la mezcla rica se genera amoníaco que se almacena en el catalizador SCR y luego se consume en él durante el servicio de mezcla pobre.

El filtro de partículas se encarga de acumular las partículas de hollín. Durante el servicio de mezcla pobre, los NOx que no se pueden acumular en el DeNox se transforman en el catalizador SCR en nitrógeno molecular y agua con la intervención del amoníaco almacenado.

Dado que este sistema no es suficiente para poder cumplir con la Euro 6 y su coste es más elevado, se ha optado por una opción más económica y eficaz que es prescindir del catalizador DeNox y utilizar el inyector de AdBlue, para que inyecte directamente en el catalizador SCR las sustancias necesarias para la reducción del NOx.

MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE REDUCCIÓN NOX CON ADBLUE

Por tal de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de reducción NOx con AdBlue, se debe reponer el agente reductor con recargas periódicas. La recarga, la puede realizar el propio usuario del vehículo sin necesidad de acudir al taller, excepto si existe alguna avería relacionada con el sistema. Tampoco se requiere de ningún tipo reset o puesta a cero por diagnosis, puesto que existe un sensor de nivel real.

A partir de la **normativa anticontaminación Euro V** se exige que cuando un vehículo utilice un **agente o aditivo** para el tratamiento de los gases de escape, **la puesta en marcha del motor pueda ser bloqueada** en caso de que falte dicho agente o exista una avería que incremente los niveles de emisiones por encima de lo que estipula la normativa.

El sistema está programado para avisar acústica y visualmente al conductor con tiempo preventivo e insistentemente a través del cuadro de instrumentos. De esta manera el usuario podrá realizar la reparación de agente reductor antes de que la unidad de control impida la puesta en marcha del motor.



Indicaciones en el cuadro de instrumentos

- **Indicación por bajo nivel de agente reductor AdBlue.** Comprende también la autonomía restante en kilómetros en relación al agente reductor restante en el depósito.
- **Indicación de ausencia de agente reductor AdBlue.** Se indica la necesidad de repostar agente AdBlue. Mientras no se reponga el agente reductor el vehículo no se podrá poner en marcha después de haberlo parado. Hay equipos de diagnosis que permiten anular el bloqueo de la puesta en marcha del motor permitiendo realizar un recorrido de hasta 50 kilómetros.
- **Indicaciones relativas a posibles averías en el sistema SCR.** Dependiendo de la naturaleza que tenga la avería el sistema SCR está programado para permitir el funcionamiento del motor de manera limitada antes de proceder a impedir la puesta en marcha del motor o directamente prohibir la puesta en marcha del motor una vez que éste se haya parado.



Recargue AdBlue
Autonomía
2.400 km



Comprobar AdBlue
El motor no arrancará
en 1.000 km



Recargue AdBlue
No es posible
arrancar el motor

Eure!Car[®]

CERTIFIED MASTERCLASSES

techn

auto



BOSCH



brembo

Continental



KYB

Our Precision. Your Advantage

MAHLE



Nissens

DELIVERING THE DIFFERENCE

PHILIPS

SCHAEFFLER

Technical education for professional automotive repairers

www.eurecar.org

EXIDE
TECHNOLOGIES

FEDERAL-MOGUL
MOTORPARTS

Gates®

MANN
FILTER

metelligroup
AUTOMOTIVE PASSION

NGK NTK
SPARK PLUGS TECHNICAL CERAMICS
NGK SPARK PLUG EUROPE GmbH

SKF

TRW

Valeo

VARTA

ZF



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

del técnico profesional.

Eure!Car es una iniciativa de Autodistribution International, con sede en Kortenberg, Bélgica (www.autodistribution.international).

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

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.

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

Los socios industriales apoyando a Eure!Car



Advanced Driving Assistance 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.